



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - TJ 141502**

**VIRTUALISASI DAN EKSPLORASI PADA BENDA BERSEJARAH  
GARUDEYA MENGGUNAKAN PERANGKAT IMERSIF**

Yanuar Ramadhani Achmadianto  
NRP 0721134000023

Dosen Pembimbing  
Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc.  
Ahmad Zaini, ST., MT.

Departemen Teknik Komputer  
Fakultas Teknologi Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018





**FINAL PROJECT - TJ 141502**

**VIRTUALIZATION AND EXPLORATION OF HISTORICAL OBJECT  
GARUDEYA USING IMMERSIVE DEVICE**

Yanuar Ramadhani Achmadianto  
NRP 0721134000023

Supervisors  
Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc.  
Ahmad Zaini, ST., MT.

Department of Computer Engineering  
Faculty of Electrical Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2018

## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “**Virtualisasi dan Eksplorasi pada Benda Bersejarah Garudeya Menggunakan Perangkat Imersif**” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juni 2018

Yanuar Ramadhani Achmadiano  
NRP. 0721134000023

# LEMBAR PENGESAHAN

## VIRTUALISASI DAN EKSPLORASI PADA BENDA BERSEJARAH GARUDEYA MENGGUNAKAN PERANGKAT IMERSIF

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh: Yanuar Ramadhani Achmadianto  
(NRP: 07211340000023)

Tanggal Ujian : 29 Juli 2018

Periode Wisuda : September 2018

Disetujui oleh:

Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc.  
NIP: 196906131997021003

(Pembimbing I)

Ahmad Zaini, S.T., M.T.  
NIP: 197504192002121003

(Pembimbing II)

Arief Kurniawan, ST., MT.  
NIP: 197409072002121001

(Penguji I)

Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, ST., MT.  
NIP: 196806011995121009

(Penguji II)

Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, ST., MT.  
NIP: 197003131995121001

(Penguji III)

Mengetahui  
Kepala Departemen Teknik Komputer

Dr. I Ketut Eddy Purnama, S.T., M.T.  
NIP: 196907301995121001

TEKNIK KOMPUTER

## ABSTRAK

Nama Mahasiswa : Yanuar Ramadhani Achmadianto  
Judul Tugas Akhir : Virtualisasi dan Eksplorasi pada Benda Bersejarah Garudeya Menggunakan Perangkat Imer-sif  
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc.  
2. Ahmad Zaini, ST., MT.

Museum Mpu Tantular memiliki beragam koleksi benda bersejarah, salah satu diantaranya adalah perhiasan emas Garudeya. Perhiasan Garudeya adalah salah satu artefak berharga yang merupakan peninggalan dari zaman kerajaan hindu budha di Indonesia. Tidak mengherankan apabila beberapa bagian dari Garudeya telah hilang dan rusak. Replika yang dipajang di museum memiliki kualitas yang tidak sebanding dengan benda aslinya dan ruang lingkup eksplorasi yang dapat dilakukan sangatlah terbatas. Informasi sejarah yang terdapat di museum juga terkesan kurang menarik dan sangat monoton menyebabkan detail objek bersejarah menjadi kurang informatif. Dengan pembuatan museum virtual menggunakan teknologi imersif berupa VR dengan HMD dan *Leap Motion Controller* dapat merepresentasikan perhiasan Garudeya dengan nuansa nyata dalam dunia virtual sebagai sarana hiburan dan penyajian informasi yang unik. Dapat dilihat dari rata-rata responden sangat tertarik dengan konsep aplikasi ini sebesar 70% dan 90% responden tidak mengalami kesulitan dalam ekplorasi serta penyajian *User Interface*. Dari segi penyajian informasi terdapat peningkatan sebesar 33,3% dari jawaban benar responden sebelum dan sesudah mencoba aplikasi.

Kata Kunci: *Leap Motion*, *Virual Reality*, *Virtual Museum*, Garudeya.

*Halaman ini sengaja dikosongkan.*

## ABSTRACT

*Name* : Yanuar Ramadhani Achmadianto  
*Title* : *Virtualization and Exploration of Historical Object Garudeya Using Immersive Device*  
*Advisors* : 1. Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc.  
2. Ahmad Zaini, ST., MT.

Mpu Tantular Museum has a diverse collection of historical objects, one of which is the Garudeya gold jewelry. Garudeya jewelry is one of the artifacts of value that is the heritage of Hindu Buddhist kingdom in Indonesia. No wonder that some parts of Garudeya have been lost and damaged without repair. The replicas on display in the museum have a quality that is not comparable with the original object and the scope of exploration and interaction that can be carried out is very limited. The historical information presented in the museum is also unattractive and very monotonous causing the details of historical objects to be less informative. With the creation of virtual museum using immersive technology such as VR with HMD and Leap Motion Controller to represent Garudeya jewelry with a real nuance in the virtual world as a means of entertainment and unique information presentation. That fact is backed by the average respondents that are very interested in the concept of this application by 70% and 90% of respondents have no difficulty in the exploration and presentation of User Interface. In terms of information presentation there is an increase of 33.3% of the correct answers from the respondents before and after trying the application.

*Keywords: Leap Motion, Virtual Reality, Virtual Museum, Garudeya.*



*Halaman ini sengaja dikosongkan.*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan berkah, serta rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul Virtualisasi dan Eksplorasi pada Benda Bersejarah Garudeya Menggunakan Perangkat Imersif.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka pemenuhan bidang riset di Departemen Teknik Komputer ITS, Bidang Studi Game dan Perangkat Mobile, serta digunakan sebagai persyaratan menyelesaikan pendidikan S1. Tugas akhir ini dapat terselesaikan tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Keluarga, Orang tua, dan Saudara yang senantiasa memberikan dukungan moral maupun material dalam penyelesaian tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. I Ketut Eddy Purnama, ST., MT. selaku Kepala Departemen Teknik Komputer, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
3. Bapak Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc. dan Bapak Ahmad Zaini, ST., MT. atas bimbingan selama mengerjakan penelitian.
4. Bapak-ibu dosen pengajar Departemen Teknik Komputer atas pengajaran, bimbingan, serta perhatian yang diberikan kepada penulis selama ini.
5. Teman - teman GameTech, *B201-Crew* Laboratorium Bidang Studi Teknik Komputer dan Telematika.

Kesempurnaan hanya milik Allah SWT, untuk itu penulis memohon segenap kritik dan saran yang membangun serta mengucapkan maaf atas segala kekurangan yang ada dalam penulisan buku ini. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Amin.

Surabaya, Juni 2018

Penulis

*Halaman ini sengaja dikosongkan.*

# DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
<i>ABSTRACT</i> .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Sistematika Penulisan .....	3
1.6 Relevansi .....	4
<b>BAB 2 TEORI PENUNJANG</b> .....	5
2.1 Garudeya .....	5
2.1.1 Sejarah Garudeya .....	6
2.1.2 Bagian-bagian Perhiasan Garudeya .....	7
2.2 Perangkat Imersif .....	12
2.3 Museum Virtual .....	12
2.4 <i>Virtual Reality</i> dan <i>Head Mounted Device</i> .....	13
2.5 <i>Stereoscopic Display</i> .....	13
2.6 Vridge dan SteamVR .....	15
2.7 <i>Raycasting</i> atau <i>Linetracing</i> .....	16
2.8 <i>Leap Motion Controller</i> .....	17
2.8.1 Cara Kerja <i>Leap Motion Controller</i> .....	18
2.8.2 <i>Leap Motion Gesture</i> .....	19
2.9 <i>Physics Asset</i> .....	19
<b>BAB 3 DESAIN SISTEM DAN IMPLEMENTASI</b> .....	21
3.1 Desain Sistem .....	21
3.2 Perancangan Aplikasi .....	22
3.2.1 Skenario .....	23
3.2.2 Storyboard .....	24
3.3 Pembuatan Aset Game .....	33

3.3.1	Aset 3D.....	33
3.3.2	Aset Suara.....	34
3.4	Pembuatan Aplikasi .....	35
3.4.1	Aplikasi dan Eksplorasi .....	35
3.4.2	Virtualisasi Garudeya .....	43
3.4.3	Mode <i>Virtual Reality</i> .....	46
3.5	Kuesioner.....	50
BAB 4 PENGUJIAN DAN ANALISA.....		55
4.1	Metode Pengujian .....	55
4.2	Hasil Pengujian Aplikasi.....	56
4.2.1	Hasil Pengujian Performa Aplikasi.....	57
4.2.2	Hasil Pengujian Pemahaman Pengguna.....	60
BAB 5 PENUTUP.....		63
5.1	Kesimpulan .....	63
5.2	Saran .....	64
DAFTAR PUSTAKA .....		65
LAMPIRAN.....		67
BIOGRAFI PENULIS .....		71

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Garudeya .....	5
Gambar 2.2 Perhiasan Garudeya bagian atas .....	7
Gambar 2.3 Perhiasan Garudeya bagian tengah .....	9
Gambar 2.4 Perhiasan Garudeya bagian bawah .....	10
Gambar 2.5 Perhiasan Garudeya bagian samping .....	11
Gambar 2.6 Tampilan <i>Stereoscopic</i> .....	14
Gambar 2.7 Tampilan aplikasi Vridge .....	15
Gambar 2.8 Konsep raycasting .....	16
Gambar 2.9 Balok daerah interaksi Leap Motion Controller .....	17
Gambar 2.10 Contoh isyarat tangan leap motion, yaitu (a) Pinch dan (b) Swipe .....	19
Gambar 2.11 Penggunaan physics asset untuk simulasi fisika pada game engine .....	20
Gambar 3.1 Metodologi pembuatan aplikasi .....	21
Gambar 3.2 Diagram skenario aplikasi. ....	23
Gambar 3.3 Sketsa tampilan scene eksplorasi .....	25
Gambar 3.4 Sketsa tampilan ketika terfokus pada salah satu titik. ....	25
Gambar 3.5 Sketsa tampilan ketika UI disembunyikan .....	26
Gambar 3.6 Sketsa tampilan ketika berada dalam <i>Mannequin scene</i> ....	26
Gambar 3.7 Sketsa tampilan ketika berada dalam adegan <i>Showcase</i> ....	27
Gambar 3.8 Pembagian zona setiap <i>scene</i> pada mode VR .....	28
Gambar 3.9 Sketsa pembagian jarak pengguna dengan objek dan elemen UI .....	29
Gambar 3.10 Sketsa tampilan zona eksplorasi pada mode VR .....	30
Gambar 3.11 Sketsa tampilan zona <i>Mannequin</i> pada mode VR .....	31
Gambar 3.12 Sketsa tampilan zona <i>Showcase</i> pada mode VR .....	32
Gambar 3.13 Pembuatan Garudeya di Blender 3D .....	34
Gambar 3.14 Tampilan ketika adegan eksplorasi .....	36
Gambar 3.15 Tampilan ketika terfokus pada salah satu bagian Garudeya .....	36
Gambar 3.16 Tampilan ketika sebagian UI disembunyikan .....	37
Gambar 3.17 Mode <i>Mannequin</i> pada mode PC .....	38
Gambar 3.18 Tampilan showcase scene dengan kondisi pencahayaan pagi hari. ....	39
Gambar 3.19 Tampilan showcase scene dengan kondisi pencahayaan malam hari .....	39
Gambar 3.20 Tampilan mode VR pada zona eksplorasi. ....	40

Gambar 3.21 Tampilan mode VR pada zona <i>Mannequin</i> .....	41
Gambar 3.22 Tampilan mode VR pada zona <i>Showcase</i> .....	42
Gambar 3.23 Tampilan <i>pinch</i> tangan kanan untuk rotasi objek .....	42
Gambar 3.24 Tampilan <i>pinch</i> tangan kiri untuk translasi objek.....	43
Gambar 3.25 Tampilan Garudeya pada game engine.....	43
Gambar 3.26 Pembuatan pembatas tabrakan untuk simulasi fisika di game engine.....	44
Gambar 3.27 Hasil simulasi fisika di game engine .....	45
Gambar 3.28 Kebutuhan perangkat keras mode VR .....	46
Gambar 3.29 Gambaran umum aplikasi pada mode VR .....	47
Gambar 3.30 Diagram alur dari PC ke VR Vridge dan SteamVR .....	48
Gambar 3.31 Diagram alur <i>gaze input</i> .....	49
Gambar 4.1 Grafik persentase jawaban benar dari responden sebelum dan setelah mencoba aplikasi selama durasi 5 menit. ....	61

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kuisisioner Pengguna sebelum mencoba aplikasi .....	50
Tabel 3.2 Kuisisioner Pengguna setelah mencoba aplikasi.....	50
Tabel 3.3 Kuisisioner untuk mengukur tingkat pemahaman dan wawasan pengguna tentang Garudeya.....	52
Tabel 4.1 Persentase respon partisipan.....	57
Tabel 4.2 Persentase respon mengenai wawasan responden terhadap Garudeya.....	60
Tabel 4.3 Persentase respon mengenai pemahaman partisipan setelah mencoba aplikasi. ....	60



*Halaman ini sengaja dikosongkan.*

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Museum Mpu Tantular mempunyai beberapa koleksi berharga, salah satu diantaranya adalah perhiasan yang terbuat dari emas bernama Garudeya. Ditemukan pada tahun 1989, di Desa Plaosan, Kecamatan Wates, Kabupaten Kediri. Hiasan ini terbuat dari emas 22 karat dengan berat keseluruhan 1.163.09 gram [3]. Garudeya tersimpan di dalam lemari kaca bersamaan dengan benda koleksi lainnya di dalam ruangan dengan keamanan eksklusif dan jarang dibuka untuk umum. Karena berbagai macam hal, terdapat sebagian kerusakan dan beberapa perhiasan telah hilang. Selain itu replika dari Garudeya memiliki kualitas yang jauh dibawah benda aslinya. Sehingga kurang dapat dinikmati oleh pengunjung.

Pada umumnya, untuk mengetahui informasi dari peninggalan bersejarah harus ditempuh dengan melakukan observasi, berkunjung ke museum, melakukan wawancara dengan sejarawan, dan membaca buku atau wacana terkait peninggalan sejarah. Informasi yang disajikan sangatlah terbatas dan monoton, serta kurangnya unsur yang dapat menarik perhatian masyarakat umum.

Solusi dari permasalahan ini adalah dengan membuat benda virtual dari perhiasan Garudeya menjadi objek dimensi tiga. Perhiasan Garudeya dibuat dan ditata sebagai bentuk imajinasi ulang berdasarkan benda nyata yang ada pada museum sehingga tampak seperti sedia kala. Ditambah dengan mengimplementasikan sistem fisika yang dimiliki oleh *Game Engine* dan simulasi tali sebagai penghubung antar bagian Garudeya. Dengan demikian, objek virtual dapat memberikan *feedback* serta visual semirip mungkin dengan kondisi di dunia nyata dan dapat disajikan dengan lebih “hidup”. Dengan menggunakan teknologi imersif *Virtual Reality (VR)* dan *Leap Motion Controller*, maka terbatasnya ruang lingkup eksplorasi dapat teratasi. Hal ini yang dapat membuat pengguna lebih tertarik untuk melakukan eksplorasi dan mempelajari benda yang disimulasikan pada komputer. Dengan aplikasi ini pengguna dapat mengeksplorasi perhiasan Garudeya secara virtual dalam skala yang lebih besar. Aplikasi juga menyajikan informasi sejarah dan pemerian dari perhiasan Garudeya dengan sentuhan virtual yang unik.

Informasi sejarah dan detail virtualisasi yang disediakan dapat menambah wawasan pengguna lebih optimal, serta meningkatkan minat pelajar maupun masyarakat umum untuk mempelajari benda bersejarah.

## **1.2 Permasalahan**

Perhiasan Garudeya adalah salah satu artefak yang sangat berharga. Garudeya berasal dari zaman kerajaan sehingga tidak mengherankan apabila kondisi fisiknya tidak seindah dahulu dan beberapa bagiannya telah hilang. Replika yang dipajang di museum memiliki kualitas yang tidak sebanding dengan benda aslinya. Ruang lingkup eksplorasi dan interaksi sangatlah terbatas. Informasi sejarah yang disediakan di museum juga kurang menarik, dan sangat monoton menyebabkan detail objek bersejarah tersebut kurang informatif. Oleh karena itu diperlukan teknologi yang dapat merepresentasikan perhiasan Garudeya secara virtual sehingga dapat dipelajari dan dinikmati secara lebih leluasa.

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari tugas akhir ini adalah mengembangkan sebuah aplikasi untuk merepresentasikan objek bersejarah berupa perhiasan emas Garudeya yang terdapat pada Museum Mpu Tantular. Aplikasi ini dirancang dengan mempertimbangkan beberapa aspek pada virtualisasi perhiasan Garudeya, penyajian informasi seputar sejarah Garudeya, dan eksplorasi menggunakan perangkat imersif. Aplikasi dipadukan dengan perangkat imersif yang dapat memberikan nuansa nyata dalam eksplorasi perhiasan Garudeya secara virtual. Virtualisasi perhiasan Garudeya menjadi objek dimensi tiga dengan simulasi fisika sebagai representasi dari Garudeya yang asli. Selain menampilkan Garudeya secara virtual, aplikasi dirancang sehingga dapat menambah wawasan pengguna akan informasi sejarah dan pemerian benda sebagai sarana pembelajaran serta menjadi sarana hiburan.

## 1.4 Batasan Masalah

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, diberikan beberapa batasan masalah, diantaranya sebagai berikut:

1. Objek penelitian berupa benda peninggalan bersejarah hiasan Garudeya.
2. Virtualisasi perhiasan Garudeya menjadi objek dimensi tiga dan informasi sejarah serta pemerianya.
3. Aplikasi dijalankan menggunakan perangkat imersif berupa HMD yang mendukung VR dan *Leap Motion Controller* sebagai kontrol pengguna pada aplikasi.

## 1.5 Sistematika Penulisan

Laporan penelitian tugas akhir ini tersusun dalam sistematika dan terstruktur sehingga lebih mudah dipahami dan dipelajari oleh pembaca maupun seseorang yang hendak melanjutkan penelitian ini. Alur sistematika penulisan laporan penelitian ini yaitu :

1. Bab I Pendahuluan  
Bab ini berisi uraian tentang latar belakang, permasalahan, tujuan, metodologi, sistematika laporan dan relevansi.
2. Bab II Tinjauan Pustaka  
Pada bab ini berisi tentang uraian secara sistematis teori-teori yang berhubungan dengan permasalahan yang dibahas pada tugas akhir.
3. Bab III Desain dan Implementasi Sistem  
Bab ini berisi tentang penjelasan terkait sistem yang dibuat. Guna mendukung itu digunakanlah blok diagram alur dan *flowchart* agar sistem mudah dibaca dan dipahami.
4. Bab IV Pengujian dan Analisa  
Bab ini menjelaskan tentang pengujian yang dilakukan terhadap sistem dalam penelitian ini dan menganalisa sistem. Spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan juga disebutkan dalam bab ini. Tujuannya adalah sebagai variabel kontrol dari pengujian yang dilakukan.

## 5. Bab V Penutup

Bab ini merupakan penutup yang berisi kesimpulan yang diambil dari penelitian dan pengujian yang telah dilakukan. Saran dan kritik yang membangun untuk mengembangkan lebih lanjut juga dituliskan pada bab ini.

## 1.6 Relevansi

Penelitian ini memiliki relevansi dengan penelitian-penelitian tentang penerapan perangkat imersif *Virtual Reality* menggunakan *Head Mounting Device* dan *Leap Motion Controller* sebagai kontrol dalam aplikasi untuk menambahkan nuansa nyata untuk eksplorasi pada benda bersejarah virtual. Penelitian ini juga berkaitan dengan pembuatan dunia dan museum virtual.

## **BAB 2**

### **TEORI PENUNJANG**

Pada bab ini dibahas beberapa teori penunjang sebagai bahan acuan dan referensi yang dibutuhkan demi mendukung penelitian dalam tugas akhir ini.

#### **2.1 Perhiasan Garudeya.**

Koleksi Garudeya adalah sebuah benda dari emas yang ditemukan oleh saudara Seger tahun 1989. Merupakan sebuah koleksi unggulan yang terdapat di Museum Pu Tantular, Sidoarjo. Hiasan ini tersimpan di lemari kaca dan berada di dalam ruangan dengan keamanan eksklusif sehingga sangat jarang dapat dinikmati oleh masyarakat umum. Beberapa bagian dari perhiasan Garudeya terlihat rusak dan hilang replika dari perhiasan Garudeya yang terdapat pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Perhiasan Garudeya

Menurut data yang bersumber dari museum Mpu Tantular, perhiasan Garudeya terbuat dari emas 22 karat dengan berat keseluruhan 1.163.09 gram. Dengan dimensi panjang 37 cm dan lebar 22 cm. Dihiasi batu permata yang disusun secara simetris berdasarkan warna di bagian kiri dan kanannya ditambah dengan jenis batuan mirah, mata kucing (*cat eye*), jamrut, dan safir[3].

Berdasarkan pengamatan, beberapa identitas diperoleh bahwa terdapat gambar pergelangan dan telapak tangan kiri yang di dalamnya terdapat hiasan lidah api, gambar burung garuda membawa guci amerta, mengenakan kain bawah motif jlamprang, gambar raksasa membawa gada, mengenakan kain bawah bermotif jlamprang, gambar figur manusia yang bersifat demonis sedang menari, gambaran pemandangan hutan dengan beberapa orang yang berpakaian pertapa, dan hiasan circir yang terdapat pada sisi-sisi kanan-kirinya[3].

### **2.1.1 Sejarah Garudeya**

Dilihat dari reliefnya, hiasan ini diduga merupakan peninggalan dari Abad XII-XIII Masehi. Jika dihubungkan dengan adanya hiasan burung 'garuda' membawa 'amerta' yang dianalogkan dengan relief garuda candi Kidal (Malang) yang merupakan benda bersejarah abad XIII M pada masa kerajaan Singasari[3].

Jika ditinjau dari penggambaran paruh burung garuda yang menunjukkan adanya pengaruh Cina. Jika dilihat dari besarnya karat dan jenis batuanya, diduga benda ini berasal dari Siam, lalu dikirimkan ke Jawa karena sebagai cendera mata dari Raja Siam yang diperuntukkan bagi raja Jawa[3].

Berasumsi bahwa raja Airlangga dikenal dengan prasasti-prasasti kerajaannya yang menggunakan cap 'Garuda muka'. Serta dihubungkan dengan arca Wisnu naik garuda dari patirthan Belahan yang diduga sebagai arca perwujudan Airlangga. Sehingga benda tersebut berasal dari abad XI M[3].

Dugaan lain disebutkan bahwa Garudeya digunakan sebagai badong penutup dada milik raja Tohjaya dari kerajaan Singasari abad XIII M. Argumentasinya berdasarkan pada lokasi penemuan benda tersebut. Berbekal dari berita Pararaton yang menyebutkan bahwa raja Tohjaya meninggal di Katang Lumbang, di dekat desa Plaosan, kecamatan Ngasem terdapat sebuah tempat yang bernama Katang, dan di kecamatan Gurah terdapat sebuah daerah bernama Lumbang. Atas dasar toponim itulah, maka benda tersebut diduga milik raja Tohjaya yang terjatuh saat sang raja melarikan diri dan mati terbunuh di Katang Lumbang[3].

### 2.1.2 Bagian-bagian Perhiasan Garudeya

Perhiasan Garudeya dapat dipisahkan menjadi empat bagian, yaitu bagian atas, tengah, bawah, dan samping. Bagian-bagian tersebut terhubung dengan rantai emas yang menempel pada beberapa titik dari objek. Hampir seluruh bagian dari perhiasan Garudeya terbuat dari emas 22 karat. Terdapat batu permata yang disusun berdasarkan warna di bagian kiri dan kanannya serta beberapa batuan mirah, mata kucing (*cat eye*), jamrut, dan safir dibagian tertentu. Berdasarkan penjelasan dari [3] berikut adalah penjelasan singkat dari tiga bagian tersebut:

#### 1) Bagian atas



**Gambar 2.2** Perhiasan Garudeya bagian atas

Terdapat ornamen pergelangan dan telapak tangan kiri serta burung garuda membawa kendi (kamandalu) berisi air amrta (air kehidupan). Bagian atas membentuk lengkung kurawal, berhiaskan sulur yang bentuknya mirip dengan kelopak bunga teratai dengan ujung-ujungnya membentuk lidah api. Kelopak bunga teratai berjumlah lima lembar yang sedang mekar. Sementara di dalam sulur-sulur terdapat gambar pergelangan tangan kiri dengan telapak tangannya yang jari-jarinya terbuka. Di bagian dalam telapak tangan kiri terdapat guratan mirip huruf 'S', seolah sebuah lidah api yang keluar dari selubungnya. Bagian lengkung dibawahnya ini seolah tudung tinggi yang membentuk sirascakra bagi kepala burung

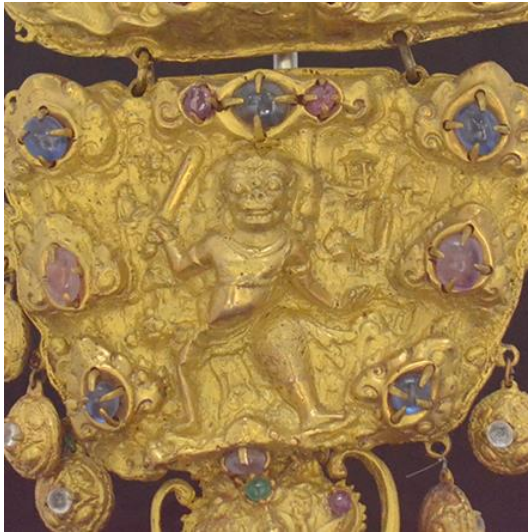


garuda yang berada di bawahnya. Pada bagian ini terdapat 7 tempat batu permata[3].

Hiasan burung garuda dengan tangan kiri membawa guci amerta, sementara tangan kanan diarahkan ke kanan dengan telapak tangan bersikap 'kartarimudra' (jari telunjuk dan tengah membentuk seperti guntin, tiga jari lain disatukan dengan ditekuk di bawahnya). Muka garuda menghadap ke arah depan dengan paruh yang terbuka. Berambut ikal, mata bundar melotot. Memakai kundala (anting), hara (kalung), keyura (kelat bahu), kankana (gelang), kuchabandha (ikat/hiasan dada), serta upavita (tali kasta). Mengenakan kain bawah motif 'jlamprang' dengan hiasan empat kelopak padma. Posisi kedua kaki seperti layaknya relief garuda yang terdapat pada candi Kidal dan arca dari Belahan, hanya saja kaki kiri garuda Belahan dan garuda candi Kidal, betis dan telapak kaki ditekuk dan tersembunyi di paha kiri. Sementara garuda ini betis dan telapak kaki kirinya dilempar keluar ke arah kiri, sehingga tampak seperti berlari. Kedua sayapnya dikembangkan lebar seperti garuda candi Kidal[3].

Pada bagian belakang Garuda sarat oleh hiasan sulur dan flora, menggambarkan pemandangan hutan, dan figur manusia yang masing-masing berada dalam ceruk. Figur manusia pada sisi kanan atas duduk dengan posisi kedua tangan bertumpu di atas kedua lutut kaki yang ditekuk ke atas (seperti seseorang sedang duduk di depan perapian). Kanan bawah, seseorang duduk dengan kaki kiri ditekuk ke atas, kaki kanan bersila, tangan kiri mengelus perutnya yang buncit, sementara tangan kanan berjuntai bertumpu, di depannya terdapat sebuah mangkuk. Di kiri atas terdapat sosok yang sama dengan gambar kanan bawah. Sementara kiri bawah seseorang duduk samadi dengan sikap 'padmasana' dengan sikap tangan 'dhyanamudra', yaitu kedua telapak tangan disatukan di pangkuan kedua kakinya dengan telapak menghadap ke atas (mengingatnkan kepada arca Budha Amitabha). Di belakang kepalanya ada 'sirascakra', yaitu lingkaran kesucian. Pada bagian ini terdapat 21 tempat batu permata[3].

## 2) Bagian tengah



**Gambar 2.3** Perhiasan Garudeya bagian tengah

Terdapat gambar figur raksasa dalam sikap berdiri ‘pratyaldha’ (kaki kanan ditekuk dan kaki kiri lurus). Berambut gimbal dengan ikat kepala sebagai mahkota dengan motif ‘dua tanduk’ (mirip kepala kala candi Jago) dengan hiasan bunga ditengahnya. Tangan kiri diayunkan ke samping kiri dengan sikap telapak tangan ‘abhayamudra’, sementara tangan kanan diarahkan ke samping kanan atas dengan membawa senjata gada. Muka raksasa menghadap ke arah depan dengan mata bundar melotot, serta mulut yang menyeringai dengan gigi-gigi dan taringnya. Memakai kundala (anting), hara (kalung), keyura (kelat bahu), kankana (gelang), kuchabandha (ikat/hiasan dada), serta upavita (tali kasta). Kain bawah motif ‘jlamprang’ dengan hiasan empat kelopak padma. Sekitar figur raksasa sarat oleh hiasan flora dengan pohon-pohon yang rindang, terdapat figur-figur manusia berpakaian pertapa. Figur manusia pada sisi kanan atas duduk bersila di dalam ceruk, dengan tangan kanan bertumpu, tangan kiri diletakkan dipangkuan paha kiri. Kanan atas, seseorang yang

berdiri memandang ke arah seseorang yang duduk tadi dengan tangan kanan diangkat sejajar bahu, sedang tangan kiri berjuntai ke bawah. Di belakangnya tampak sebuah bangunan balai dari kayu. Pada bagian ini terdapat 12 tempat batu permata[3].

### 3) Bagian bawah

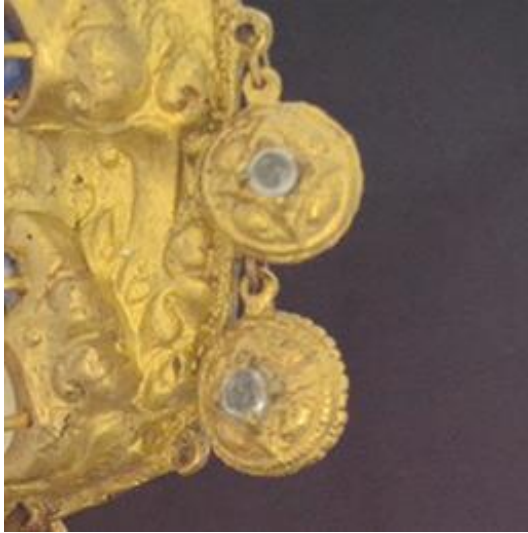


**Gambar 2.4** Perhiasan Garudeya bagian bawah

Bidang ketiga yang berada di bawah figur manusia berwajah raksasa dengan kedua tangan diangkat ke atas, sementara dua kaki dalam sikap menari dengan gaya 'berjingkrak'. Bergambar seseorang yang berdiri dengan posisi menari. Kedua tangan diangkat ke atas, dengan kedua telapak tangan menengadah ke atas. Sementara kedua kakinya ditekuk dengan kaki berjingkat. Figur ini berwajah raksasa dengan mata melotot dan mulut menyeringai. Mahkotanya adalah rambutnya yang disanggul tinggi (jata-makuta). Terdapat 'sirascakra' (lingkaran kesucian) di belakang kepalanya. Memakai kundala (anting), hara (kalung), keyura (kelat bahu),

kankana (gelang), kuchabandha (ikat/hiasan dada), serta nupura (binggel). [3].

#### 4) Bagian Samping



**Gambar 2.5** Perhiasan Garudeya bagian samping

Benda yang sarat dengan rangkain hiasan relief dan ornamen ini masih dihiasi dengan cincir (kelintingan) pada sisi-sisi kanan dan kirinya dengan jumlah total saat ini 13 buah. Kelintingan (cincir) yang menghiasi bagian samping Garudeya seperti cincir yang digunakan oleh para pendeta dari aliran tantra sebagai sarana prosesi upacara. Arca Bhairawa dari percandian Singosari mengenakan sabuk dari sederetan cincir yang diikatkan di perutnya. Begitu pula Bhairawa dari Padangroco mengenakan sabuk dengan gantungan cincir. Di Bali, para Sengguhu (semacam pedanda) memakai tanda-tanda kebesaran Bhairawa, yaitu gendang kecil dan cincir yang digantungkan pada sebuah cakra dengan gagang garuda. Dengan demikian cincir merupakan salah satu ciri dari sarana upacara tantra[3].

## 2.2 Perangkat imersif

Teknologi imersif adalah teknologi yang mengaburkan batasan antara dunia nyata dengan dunia digital atau simulasi, sehingga penggunanya bisa merasakan suasana yang mirip dengan dunia nyata secara virtual. Perangkat imersif merupakan suatu perangkat teknologi yang mendukung konsep tersebut. Dalam tugas akhir ini perangkat imersif bertujuan untuk memberikan suasana dan objek virtual yang lebih nyata dalam menggunakan aplikasi pada pengguna. Selain itu, perangkat immersif dapat memberikan fasilitas interaksi dan eksplorasi pada benda virtual secara lebih leluasa. Sehingga dunia virtual dapat memberikan sifat imersif dan pengalaman yang berbeda dibandingkan dengan menikmati museum secara konvensional.

Perangkat imersif yang digunakan berupa *Leap Motion Controller* dan perangkat *Head Mounted Device (HMD)* yang mendukung VR. Dengan menggunakan *Leap Motion*, aplikasi dapat membaca gerakan dan isyarat tangan dari pengguna untuk memfasilitasi aspek eksplorasi dan interaksi dalam dunia virtual secara lebih nyata. Sedangkan VR dan HMD bertujuan untuk menyajikan objek dunia virtual dan membawa pengguna seolah-olah berada pada dunia nyata yang sebenarnya dunia virtual demi memberikan pengalaman imersifitas yang lebih.

## 2.3 Museum Virtual

Museum menurut *International Council of Museums (ICOM)* adalah sebuah lembaga yang bersifat tetap, tidak mencari keuntungan, melayani masyarakat dan perkembangannya, terbuka untuk umum, memperoleh, merawat, menghubungkan, dan memamerkan artefak-artefak perihalnya diri manusia dan lingkungannya untuk tujuan studi, pendidikan, dan rekreasi [8].

Museum Virtual adalah perwujudan digital yang mengacu pada karakteristik dari museum, dengan tujuan untuk melengkapi, meningkatkan atau menambah kualitas museum melalui personalisasi, interaksi, *user experience*, dan kekayaan dari konten.

Museum Virtual sebagai jejak digital dari museum fisik tetap berkomitmen terhadap sistem pengetahuan, pelestarian jangka panjang, dan penyampaian koleksi dengan cara yang istimewa. Selain itu museum virtual menyediakan peluang baru untuk publik dengan cara

yang sebelumnya tidak dapat dilakukan melalui modifikasi, eksperimen, dan kombinasi koleksi digital dari aslinya. Pengguna aktif berpartisipasi dengan berbagai cara baru seperti peningkatan ‘kehadiran’ benda, pengalaman imersif, komunikasi multi arah, dan penceritaan interaktif.

## **2.4 *Virtual Reality dan Head Mounted Device***

*Virtual Reality* (VR) merupakan teknologi yang dapat membuat pengguna berinteraksi dengan lingkungan simulasi komputer atau dunia maya. *Virtual reality* menjadi pokok dalam pendidikan modern, pelatihan, dan sarana hiburan sebagai alat yang lebih efisien dan imersif. Teknologi VR seakan-akan membuat pengguna tergabung dalam sebuah dunia maya secara keseluruhan. Ketika tergabung dalam dunia tersebut, pengguna tidak bisa melihat dunia nyata di sekitarnya. VR pada umumnya menyajikan pengalaman visual, yang ditampilkan pada sebuah layar komputer atau melalui sebuah penampil *stereoscopic*. Beberapa VR dilengkapi dengan fitur pelacakan gerak kepala menggunakan sensor *gyroscope*. Pelacakan gerak kepala bertujuan untuk melihat dunia maya di sekitar pengguna dengan sudut pandang 360 derajat mengikuti perputaran kepala pengguna.

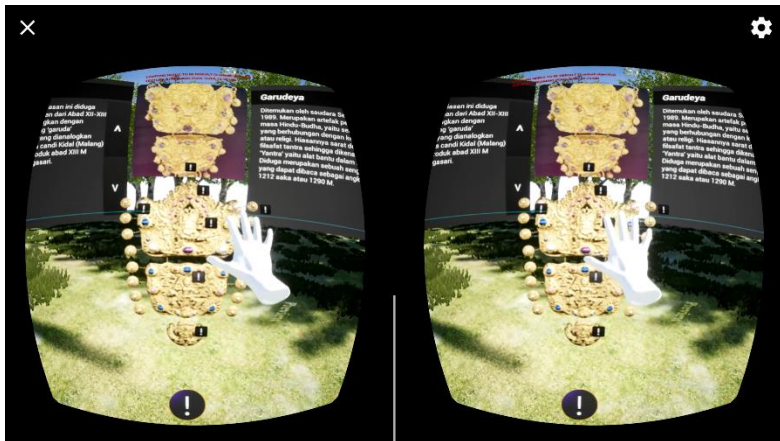
*Head-mounted display* (HMD) adalah perangkat penampil yang dikenakan pada kepala atau sebagai suatu bagian dari helm. HMD memiliki penampil optik kecil di dalamnya sebagai lensa untuk setiap mata. HMD yang digunakan pada tugas akhir ini mempunyai dua buah lensa cembung dan tempat *smartphone* tersendiri. HMD dengan dua lensa menyajikan dua gambar dimensi dua dari *smartphone* yang berbeda sudut pandang dari fokus yang sama untuk ditransmisikan ke mata kanan dan kiri pengamat. Sehingga mata kiri hanya melihat visi yang diperuntukkan mata kiri dan begitu pula untuk mata kanan seperti layaknya penglihatan manusia. Gambar tersebut ditampilkan dalam resolusi tinggi untuk meningkatkan kualitas VR.

## **2.5 *Stereoscopic Display***

*Stereoscopic* adalah suatu teknik untuk menciptakan atau meningkatkan ilusi kedalaman dalam sebuah foto atau video melalui persepsi kedalaman dari kedua mata. Mata menerima informasi visual yang berbeda dikarenakan adanya jarak antara dua mata (*‘interocular distance’*). Sehingga terdapat sedikit perbedaan sudut dan perspektif

yang diterima setiap mata. Hal ini disebut sebagai *disparitas binocular*. Kemudian otak akan menggabungkan kedua visi mata tersebut untuk menentukan jarak dan mendapatkan persepsi kedalaman dari sebuah citra. Hal ini disebut sebagai *binocular vision*.

Terdapat beberapa teknik *stereoscopic* yang mampu memanfaatkan cara kerja mata. Sebagian besar metode *stereoscopic* menyajikan dua gambar dimensi dua terpisah yang berbeda sudut pandang dari focus yang sama untuk ditransmisikan ke mata kanan dan kiri pengamat. Sehingga mata kiri hanya melihat visi yang diperuntukkan mata kiri dan begitu pula untuk mata kanan seperti layaknya penglihatan manusia. Gambar dimensi dua tersebut dikombinasikan oleh otak untuk mendapatkan persepsi kedalaman dimensi tiga. Teknik ini berbeda dari *3D displays* yang memang menampilkan gambar dimensi tiga secara penuh. Memungkinkan pengamat untuk meningkatkan informasi tentang objek dimensi tiga yang sedang ditampilkan oleh mata. Teknik *stereoscopic* yang saat ini populer yaitu *side-by-side stereoscopic display*.



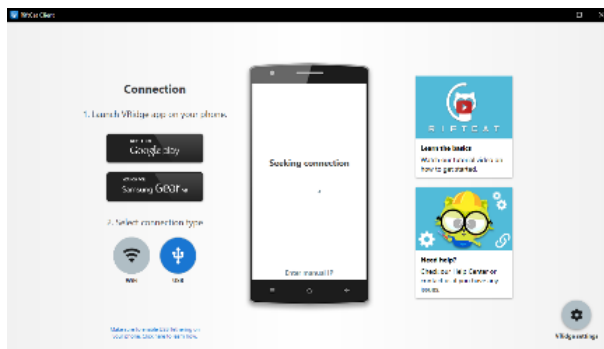
**Gambar 2.6** Tampilan *stereoscopic*

Teknik *Side-by-side* adalah salah satu teknik *stereoscopic* yang menyajikan gambar atau video yang dibagi menjadi dua bagian, pandangan kiri dan pandangan kanan seperti pada Gambar 2.10. Cara termudah untuk meningkatkan kedalaman gambar adalah menyajikan dua gambar yang berbeda ke mata pengguna, yang mewakili dua

perspektif dari objek yang sama dengan perspektif bahwa mata secara alami sedang dalam pengelihatian binokular.

## 2.6 Vridge dan SteamVR

SteamVR adalah sebuah sistem VR dengan perangkat *headset* yang mendukung penggunaan perangkat VR pada komputer. Perangkat *headset* yang dimaksud antara lain HTC Vive dan Oculus Rift. Perangkat tersebut menggunakan dua buah lensa sebagai tampilan dengan resolusi dan *refresh rate* yang tinggi untuk menyalurkan data. Hal ini bertujuan untuk membuat *virtual reality* terasa lebih nyata. Kedua lensa berada diantara mata pengguna dan tampilan layar untuk membuat fov (*field of view*) lebih cembung serta membantu mata untuk lebih fokus pada LCD. Perangkat *headset* ini dihubungkan ke komputer melalui jaringan kabel.



**Gambar 2.7** Tampilan aplikasi Vridge

Vridge adalah aplikasi berbasis android yang digunakan untuk menjalankan aplikasi VR pada *smartphone* yang sebenarnya ditujukan untuk perangkat PC (Gambar 2.5). VR *Headsets* seperti Oculus Rift atau HTC Vive dijalankan layaknya perangkat *mobile VR headsets* seperti *Google Cardboard*. Cara kerjanya adalah menyalurkan aplikasi dari perangkat PC dan mengirimkannya ke *smartphone* melalui kabel USB/sinyal wifi. Data dari sensor yang dimiliki *smarthphone* disalurkan ke PC untuk digunakan dalam fitur *head tracking* layaknya VR *headsets* pada perangkat PC[6]. Dengan kata lain, aplikasi VR dijalankan pada perangkat PC dengan tampilan yang disalurkan ke layar *smartphone*

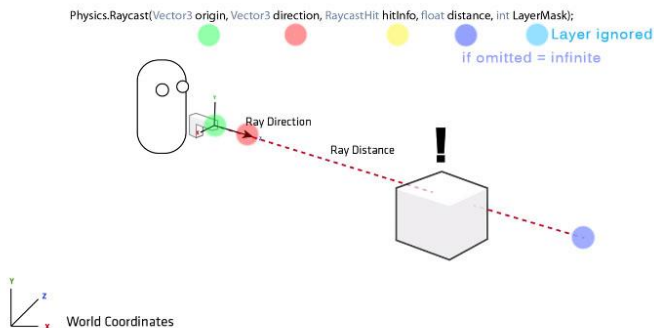


dalam format tampilan *stereoscopic*. Sehingga pengguna dapat merasakan pengalaman VR dengan perangkat yang lebih sederhana dan ringkas namun dengan kualitas tampilan yang lebih tinggi.

Aplikasi Vridge perlu di *install* pada kedua perangkat PC dan *smartphone* yang kemudian dihubungkan melalui jaringan nirkabel atau menggunakan kabel. Penyaluran data melalui kabel lebih cepat jika dibandingkan dengan nirkabel. Untuk menghubungkan kedua perangkat, USB *debugging* dan USB *tethering* pada *smartphone* harus dalam kondisi aktif serta jenis Lalu, Vridge akan secara otomatis melakukan koneksi antara PC dan Android. Kemudian aplikasi dapat dijalankan menggunakan SteamVR dengan tampilan yang disalurkan ke perangkat *smartphone* secara *stereoscopic* sehingga dapat dinikmati dengan menggunakan HMD dengan dua lensa.

## 2.7 Raycasting atau Linetracing

*Raycasting* atau *linetracing* adalah teknik render yang dimodelkan pixel per pixel, baris per baris, dari titik orisinil seakan sinar keluar dari suatu tempat dan berhenti pada jarak yang telah ditentukan dalam bentuk garis. Pancaran garis sinar tersebut akan bergerak lurus satu arah dari titik dari titik awal sampai akhir hingga menemukan atau menabrak sebuah objek terdekat yang menghalangi jalur sinar tersebut.



**Gambar 2.8** Konsep *raycasting* [13]

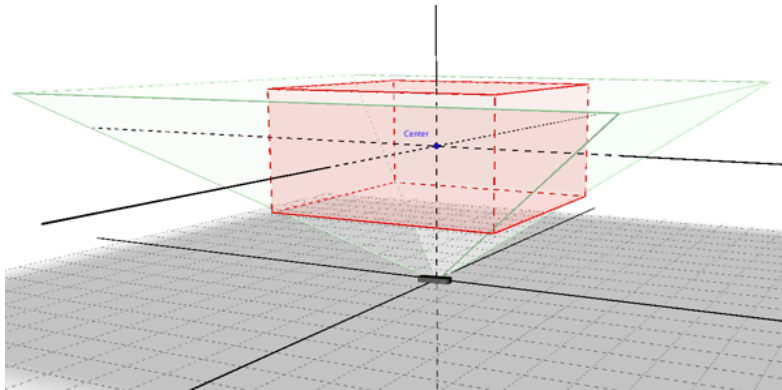
Pada umumnya metode raycasting digunakan oleh kamera pada suatu dunia virtual. Seperti yang dijelaskan pada Gambar 2.2, dari titik

orisinal kamera atau karakter menembakkan garis sinar yang bergerak lurus satu arah hingga mengenai suatu objek didepannya. Objek yang terkena garis sinar dapat memberikan informasi bahwa objek tersebut telah terkena sinar. Beberapa data yang dapat diperoleh antara lain data nama/ID, lokasi, rotasi, label, *interfaces*, dan data-data seputar properti objek lainnya. Sehingga dapat diketahui jarak dari sumber ke objek, melakukan referensi ke objek, dan lain sebagainya.

Salah satu contoh penggunaan raycasting pada dunia virtual adalah permainan *first person shooter* yang menjadikan pistol sebagai titik orisinal dari *raycasting* untuk menembak objek yang ada didepannya.

## 2.8 Leap Motion Controller

*Leap Motion controller* adalah sebuah perangkat berukuran kecil yang dapat dihubungkan menggunakan USB ke sebuah PC. *Leap Motion controller* dilengkapi dengan dua kamera IR monokromatik dan tiga LED inframerah. Perangkat ini memancarkan cahaya LED dan menggunakan sensor kamera untuk memindai area didepannya.



**Gambar 2.9** Balok daerah interaksi *Leap Motion Controller* [14]

Perangkat ini memindai area sebesar yang dijelaskan oleh Gambar 2.3, dengan jarak sekitar satu meter. Komponen LED menembakkan titik-titik cahaya yang mengenai benda-benda disekitarnya dan menghasilkan sebuah pola titik 3D sebagai data yang kemudian dikirim melalui kabel USB ke PC sebagai input. Kamera *Leap Motion* memiliki

*frame rate* pengambilan gambar sebanyak 50 hingga 200 fps. *Leap Motion* dapat mendeteksi tangan dan jari yang berada di area pancaran, dengan keakuratan sekitar 0,01 mm. Objek yang dapat ditangkap oleh kamera *Leap Motion* adalah objek yang terpapar cahaya dari LED yang dipancarkan. Sumber cahaya lain seperti lampu bohlam dan cahaya matahari juga dapat terbaca oleh kamera inframerah serta dapat mengganggu proses penangkapan objek sesungguhnya. Sehingga, *Leap Motion Controller* bekerja lebih baik pada kondisi ruangan sedikit cahaya.

Perangkat ini memindai area lalu mengirim data ke komputer melalui kabel USB. Data yang sudah terkirim diolah oleh perangkat lunak *Leap Motion Service*. Objek-objek seperti latar belakang, kepala/badan manusia, dan pencahayaan disekitar alat diseleksi. Data tersebut kemudian direpresentasikan sebagai gambar *stereo* hitam-putih yang mendekati spektrum cahaya inframerah. *Leap Motion* memiliki algoritma sendiri dalam melakukan fungsi *detecting*, *tracking* tangan dan jari manusia untuk mendapatkan informasi seperti posisi tulang, setiap jari, pergelangan tangan, sendi, serta membedakan tangan kiri dan kanan. Perangkat ini dapat melacak kedua tangan dan sepuluh jari pengguna secara bersamaan. Dapat pula digunakan untuk mendeteksi *hand gesture* (gerakan isyarat tangan). *Leap motion* sendiri memiliki beberapa isyarat tangan bawaan yang dapat digunakan.

### **2.8.1 Cara Kerja Leap Motion Controller**

*Leap Motion* bekerja dengan kombinasi antara perangkat lunak *Leap Service* yang terpasang pada di komputer dengan perangkat keras *Leap Motion Controller* terhubung oleh kabel USB. Kamera melakukan pindai daerah sepanjang dan selebar dua kaki di depan dan samping kamera. Lalu, hasil pemindaian sensor *Leap Motion Controller* disimpan dalam *memory* and dilakukan beberapa pencocokan resolusi. Data ini berupa gambar *stereo* mendekati spektrum inframerah yang terbagi menjadi kiri dan kanan. Setelah itu data disalurkan ke *Leap Motion Service* melalui kabel USB. Di sisi perangkat lunak, data mentah tersebut dihitung menggunakan algoritma Leap untuk dikompensasi dan disarin objek yang tidak dibutuhkan lalu dilakukan rekonstruksi ulang sebagai data 3D. Algoritma pelacakan dan teknik penyaringan menafsirkan data posisi selancar mungkin. Data ini dikirim lagi ke sebuah protokol yang mengkomunikasikan dengan *Leap Motion Control*

*Panel* dan *client libraries* yang mengorganisir data ke API. Kemudian didapatkan *Leap Motion input* yang terkontrol dan dapat digunakan.

## 2.8.2 Leap Motion Gesture

Selain mendeteksi posisi setiap tulang, jari, dan tangan, Leap Motion juga dapat mengenali isyarat tangan. Beberapa isyarat yang dapat langsung digunakan antara lain *Swipe*, *Circle*, *Key Tap*, *Screen Tap*, *Grab*, dan *Pinch*. Isyarat tangan yang digunakan pada tugas akhir ini adalah *pinch gesture* dan *swipe gesture* seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.4.

*Pinch gesture* merupakan isyarat tangan mencubit atau mendekatkan ujung jari telunjuk ke ujung ibu jari. Data yang didapatkan dari *Pinch gesture* antara lain kekuatan *pinch*, posisi tangan ketika melakukan *pinch*, kondisi *pinch* pada tangan kanan atau kiri. *Pinch* tangan kanan untuk inisiasi rotasi objek sedangkan kanan kiri untuk translasi objek. Posisi tangan ketika *pinch* menentukan arah objek.

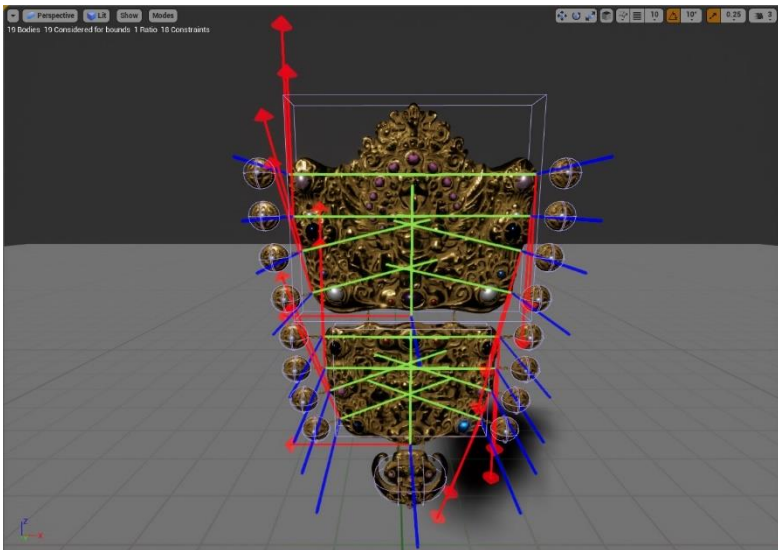
*Swipe gesture* merupakan pergerakan isyarat tangan yang bergerak dari satu posisi ke posisi lain secara panjang dan linear dalam durasi yang singkat. Terdiri dari empat macam yaitu *swipe up*, *swipe down*, *swipe left*, dan *swipe right*. Data yang diolah dari *swipe gesture* adalah arah gerakan tangan dan kecepatan tangan berpindah posisi. Digunakan untuk inisiasi fungsi perputaran zona aplikasi pada mode VR. Arah perputaran ditentukan oleh arah *swipe gesture* ke kanan atau ke kiri.



**Gambar 2.10** Contoh isyarat tangan *leap motion*, yaitu (a) *Pinch* dan (b) *Swipe*

## 2.9 Physics Asset

*Physics Asset* digunakan untuk mendefinisikan hukum fisika dan tabrakan yang terjadi antara karakter dan elemen-elemen yang terdapat didalam *game*. Untuk dapat mengimplementasikan sistem fisika dibutuhkan beberapa *constraints* atau pembatas yang ditentukan pada objek. Sehingga dapat digunakan untuk simulasi fisik apapun secara waktu nyata. Kalkulasi dan segala fungsi tabrakan antar objek dihitung oleh *game engine* secara akurat menggunakan sistem *PhysX 3.3 physics engine* yang terdapat pada *Unreal Engine*. Dengan menerapkan simulasi ini pada aplikasi, dapat meningkatkan kualitas imersifitas nuansa nyata karena pengguna dapat merasakan adanya *feedback* atas interaksi yang dilakukan pada objek tersimulasi.



**Gambar 2.11** Penggunaan *physics asset* untuk simulasi fisika pada *game engine*

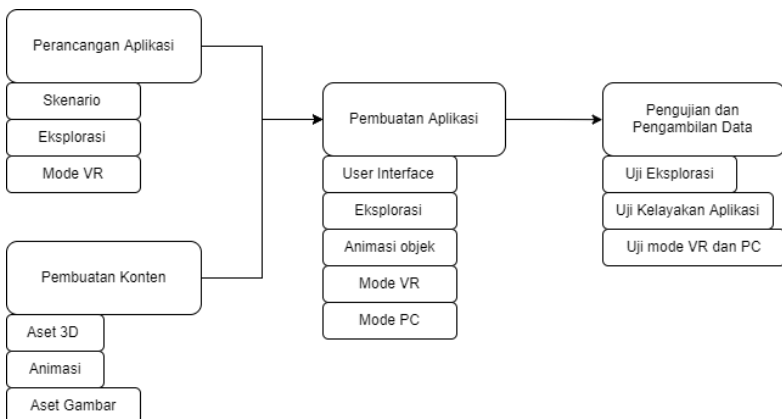
## BAB 3

### DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

Bab ini menjelaskan desain sistem beserta dengan implementasinya. Desain sistem merupakan konsep dari pembuatan dan perancangan infrastruktur aplikasi yang tersusun secara sistematis dan urut demi memperlancar proses pengerjaan. Terdapat pelaksanaan teknis untuk merancang aplikasi yang dijelaskan pada bab ini sehingga dapat diimplementasikan dan diuji pada bab berikutnya.

#### 3.1 Desain Sistem

Desain sistem merupakan konsep dari pembuatan dan perancangan infrastruktur aplikasi dan kemudian dibentuk menjadi diagram alur. Setiap blok pada desain sistem terdapat pelaksanaan teknis yang dijelaskan pada bab ini untuk merancang aplikasi sehingga dapat diimplementasikan dan diuji untuk bab berikutnya. Dari konsep pembuatan didapatkan diagram scenario seperti yang dijelaskan pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Metodologi pembuatan aplikasi

Tugas akhir ini bertujuan untuk membuat aplikasi virtual objek bersejarah Garudeya sebagai media eksplorasi objek dengan ruang lingkup yang lebih luas, penyaji informasi sejarah, dan media hiburan.

Aplikasi menampilkan perhiasan Garudeya sebagai objek dimensi tiga di dalam dunia virtual yang dibuat senyata mungkin sehingga benda yang divisualisasikan tampak lebih detail dan lebih informatif. Pembuatan aplikasi ini menggunakan teknologi beserta perangkat imersif untuk merepresentasikan eksplorasi terhadap perhiasan garudeya. Hasil akhir dari penelitian ini adalah aplikasi dengan sistem eksplorasi secara menyeluruh dan secara detail menampilkan objek bersejarah seperti sedia kala dengan virtualisasi yang mencakup visualisasi dan simulasi yang lebih nyata serta menyajikan informasi sejarah dengan sentuhan virtual yang unik.

### 3.2 Perancangan Aplikasi

Perancangan aplikasi berguna untuk mendapatkan gambaran dari konsep pembuatan aplikasi dengan membagi proses pengerjaan menjadi beberapa tahapan. Terdapat tiga tahap utama dalam merancang dan mengimplementasikan desain sistem pada aplikasi. Berikut ini merupakan tahapan perancangan aplikasi:

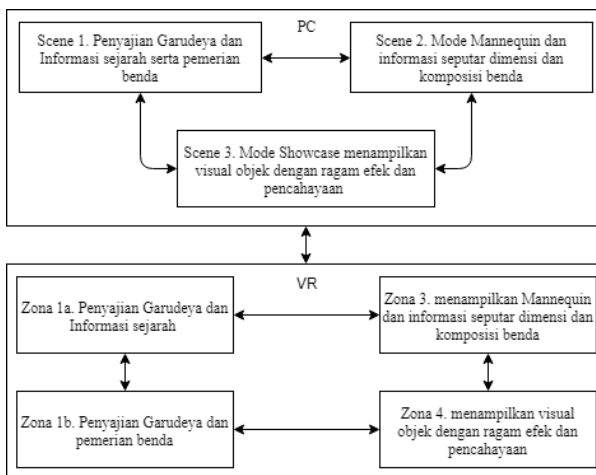
1. **Pengumpulan dan Pembuatan Aset:** Pada tahapan ini dilakukan riset mengenai perhiasan Garudeya untuk mendapatkan informasi sejarah dan pemerian benda. Selain itu, dilakukan pembuatan aset yang terdapat dalam aplikasi berupa virtualisasi perhiasan Garudeya menjadi objek dimensi tiga, desain *user interface*, aset gambar, dan aset suara. Perangkat-perangkat yang digunakan dalam pembuatan aset-aset yaitu sebagai berikut:
  - a) Pengambilan gambar perhiasan Garudeya dari berbagai sudut pandang dilakukan di museum menggunakan Kamera Digital.
  - b) Pembuatan objek dimensi tiga menggunakan perangkat lunak gratis Blender 3D.
  - c) Pembuatan aset gambar untuk *user interface* menggunakan Adobe Illustrator dan Photoshop.
  - d) Perekaman aset suara menggunakan perekam suara pada *smartphone*.
2. **Pengembangan dan Pembuatan Aplikasi:** Pada tahap ini dimulai pembuatan aplikasi sesuai yang rancangan pada tahap sebelumnya. Aplikasi dikembangkan dengan menggunakan *Unreal Game Engine*. Pengembangan aplikasi turut mempertimbangkan fungsi perangkat imersif untuk merepresentasikan perhiasan Garudeya

demikian untuk mendapatkan nuansa nyata. Untuk mendukung perangkat imersif VR dibutuhkan perangkat lunak Vridge 2.0 dan SteamVR. Sedangkan untuk *Leap Motion Controller* dibutuhkan perangkat lunak *Leap Motion Service*. Aplikasi menyediakan dua mode yaitu, mode VR dan PC. Didalam mode VR terdapat tampilan dan sistem kontrol yang berbeda dengan mode PC. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan pengalaman menggunakan aplikasi yang berbeda sesuai preferensi pengguna.

3. **Pengujian dan pengambilan data:** Tahap ini bertujuan untuk mendapatkan *feedback* dengan cara menguji kelancaran program, kesesuaian fungsi, dan kelayakan aplikasi sebagai media eksplorasi, media pembelajaran, serta media hiburan untuk digunakan masyarakat umum.

### 3.2.1 Skenario

Berdasarkan hasil riset literatur dan lapangan mengenai perhiasan Garudeya, aplikasi ini berisi dengan pengetahuan umum, informasi sejarah, dan pemerian objek. Ditampilkan juga hasil virtualisasi perhiasan Garudeya dalam bentuk objek dimensi tiga yang dibuat sedemikian rupa sehingga tampak seperti sedia kala juga kegunaannya.



**Gambar 3.2** Diagram skenario aplikasi



Pada diagram yang dijelaskan pada Gambar 3.2, aplikasi dirancang untuk memiliki dua mode, yaitu mode PC dan mode VR yang dapat dipilih sesuai preferensi pengguna. Aplikasi juga memiliki beberapa pembagian *scene* berdasarkan kesesuaian fungsi antara lain fungsi eksplorasi (*exploration scene*), penyajian informasi (*learning scene*), dan peragaan (*mannequin scene*).

### 3.2.2 Storyboard

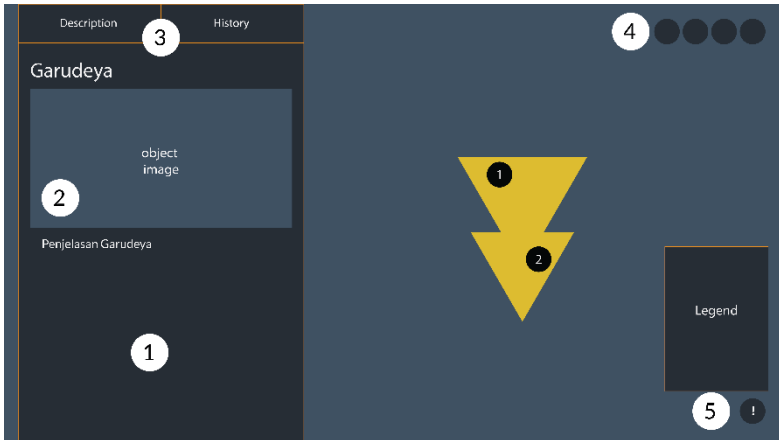
Tahapan berikutnya adalah membuat sketsa desain sebagai penunjang visual dari rancangan aplikasi berupa *storyboard*. *Storyboard* adalah sketsa atau gambar rancangan yang tersusun secara berurutan dari awal mulai hingga berakhirnya suatu aplikasi atau permainan dan berisi informasi rinci dari tahapan-tahapan yang terjadi di dalam aplikasi. Dengan membuat sebuah *storyboard*, aplikasi yang dibuat memiliki konsep dan rancangan yang jelas untuk membangun alur/plot, *scenario*, *User Interface*, serta struktur pada permainan.

Aplikasi yang dikembangkan pada tugas akhir ini, memiliki tujuan utama, yaitu sebagai museum virtual tentang perhiasan Garudeya yang berfungsi sebagai sarana eksplorasi benda dan pembelajaran sejarah interaktif. Aplikasi mempunyai dua mode, yaitu mode PC dan mode VR. Pada mode PC, pengguna melakukan interaksi dengan menggunakan perangkat *keyboard* dan *mouse*. Sedangkan interaksi pada mode VR dengan elemen *user interface* dalam skala dunia, aplikasi didukung dengan *Leap Motion Controller* untuk mendeteksi isyarat tangan dan metode *Gaze Input* (masukan dengan tatapan) sehingga perlu dipertimbangkan batasan-batasannya dalam pembuatan aplikasi.

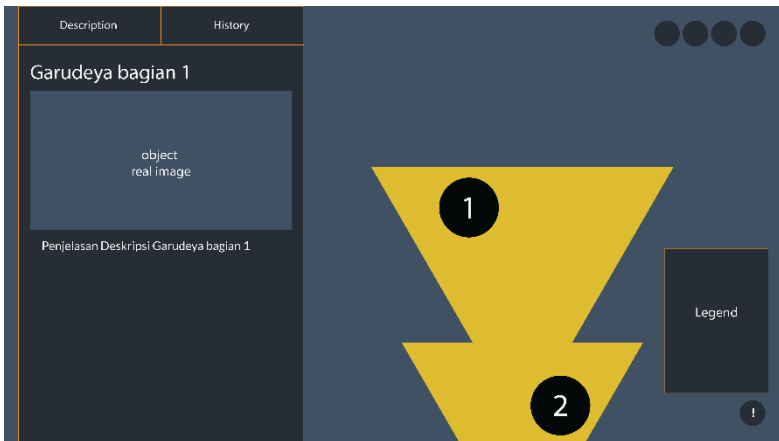
Tampilan desain *storyboard* dari aplikasi ditunjukkan pada Gambar 3.3 hingga Gambar 3.12.

Aplikasi mode PC dimulai dengan *Exploration scene* seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.3. Pada bagian ini aplikasi menampilkan seluruh bagian dari perhiasan Garudeya dan beberapa tombol di sekitarnya yang berukuran relatif kecil. Tombol tersebut merupakan *points of interest* yang jika diinteraksikan, tampilan akan beralih fokus lalu mengubah teks informasi (nomor 1) dan foto dari Garudeya asli (nomor 2) sesuai pilihan seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.4. UI *tab bar* (nomor 3) yang dapat dipilih untuk mengganti informasi teks pada UI nomor 1, antara menampilkan informasi sejarah atau pemerian perhiasan Garudeya. UI dengan nomor 4 adalah kumpulan tombol

navigasi untuk berpindah antar *scene*, dari *exploration scene* menuju ke *Mannequin scene*, *VR scene*, atau *Showcase scene* serta tombol UI toggle. Tombol nomor 5 adalah tombol untuk memunculkan atau menyembunyikan informasi bantuan berisi cara menggunakan aplikasi pada adegan ini.



**Gambar 3.3** Sketsa tampilan *scene* eksplorasi

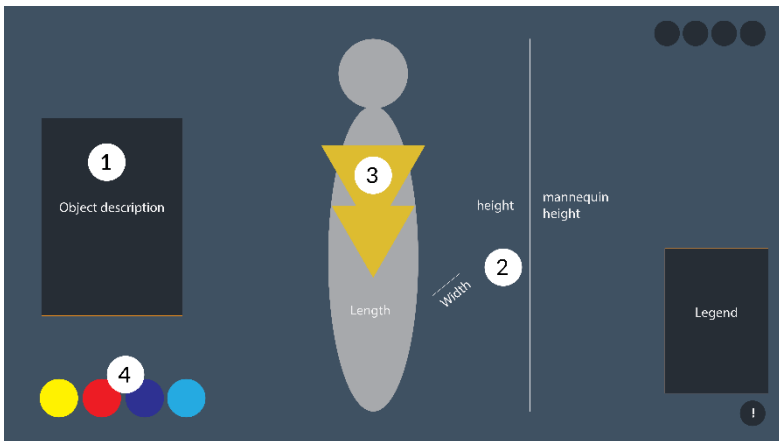


**Gambar 3.4** Sketsa tampilan ketika terfokus pada salah satu titik

Tombol UI *Toggle* berfungsi untuk memunculkan atau menyembunyikan semua elemen UI dari layar sehingga pengguna mendapatkan visual penuh dari objek. Seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.5. Pengguna dapat melakukan eksplorasi pada perhiasan Garudeya dengan cara menggunakan *mouse* untuk memeriksa objek secara lebih leluasa dan lebih rinci tanpa terhalang elemen UI.

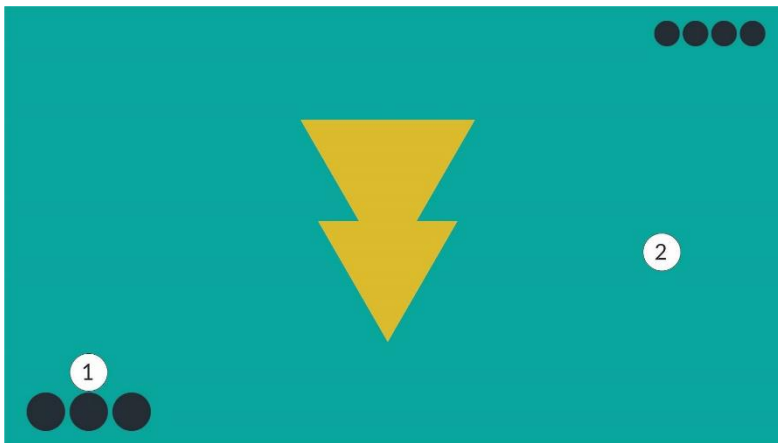


**Gambar 3.5** Sketsa tampilan ketika UI disembunyikan



**Gambar 3.6** Sketsa tampilan ketika berada dalam *Mannequin scene*

*Scene* berikutnya ditampilkan pada Gambar 3.6 merupakan bagian *Mannequin scene*. Adegan ini menampilkan perhiasan Garudeya yang sedang dikenakan oleh sebuah *mannequin* setinggi dua meter dibagian dada (nomor 3). Pada UI di bagian kiri (nomor 1) menyajikan beberapa informasi terkait dimensi, berat, dan bahan pembuatan/komposisi dari perhiasan Garudeya disertai dengan daftar permata yang ada. Perbandingan ukuran Garudeya dengan *mannequin* lebih diperjelas lagi dengan ditampilkannya UI di sebelah masing-masing benda (nomor 2). Ditambah dengan tampilan bola-bola yang merepresentasikan setiap material dari perhiasan Garudeya (nomor 4). Adegan ini bertujuan untuk mempermudah pengguna untuk mendapatkan petunjuk seputar objek dalam skala perbandingan dengan model manusia sekaligus dimensi dan komposisi objek.

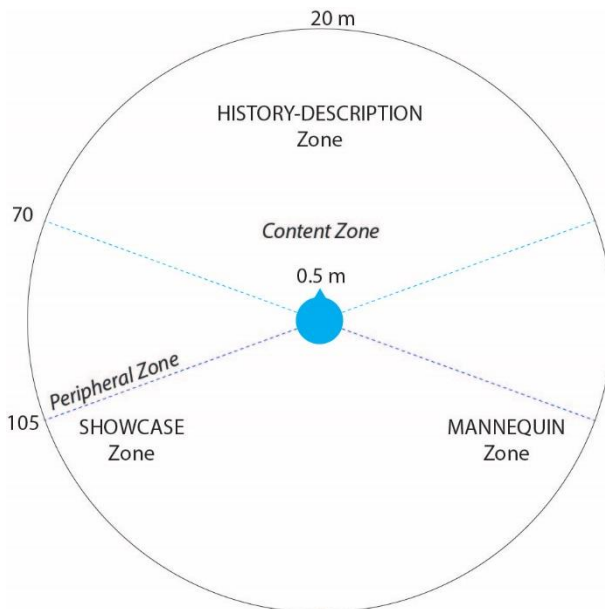


**Gambar 3.7** Sketsa tampilan ketika berada dalam adegan *Showcase*

Bagian selanjutnya terlihat pada Gambar 3.7 yang menunjukkan sketsa *Showcase scene* yang menampilkan perhiasan Garudeya dengan latar lingkungan hutan sebagai dekorasi (nomor 2). Objek ditampilkan dengan beragam pengaturan *Lighting* antara lain pencahayaan ketika pagi hari dan malam hari. Ditambah dengan *Post Processing Effect* yang memberikan beragam efek yang dapat meningkatkan kualitas visual objek. Aplikasi ini *dirender* dengan metode *Post Based Render*, yaitu metode *render* dalam *game engine* yang memproses gambar secara

langsung sehingga kualitas tampilan objek-objek yang ada di dalam suatu *scene* terpengaruh oleh kondisi lingkungan secara waktu nyata. *Scene* ini juga diisi dengan lingkungan buatan yang mirip dengan dunia nyata untuk meningkatkan kualitas visual dari perhiasan Garudeya. Pengguna dapat mengatur pencahayaan *scene* ini melalui tombol-tombol dibagian kiri bawah layar (nomor 1).

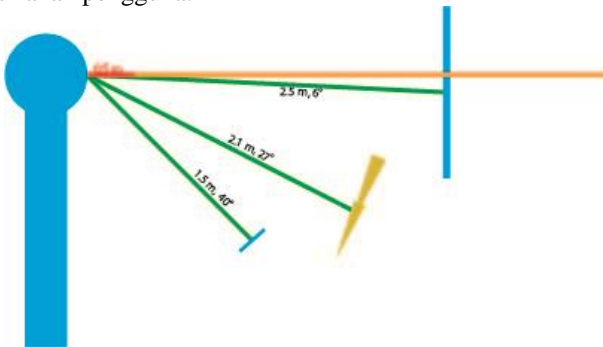
Ketika memasuki mode VR, aplikasi tidak lagi menggunakan *mouse* dan *keyboard* untuk membaca masukan. Melainkan dengan menggunakan perangkat *Leap Motion Controller* untuk deteksi isyarat tangan pengguna dan *gaze input* atau masukan menggunakan tatapan. Tampilan aplikasi beralih dari monitor PC menjadi tampilan *stereoscopic side-by-side* pada *smartphone* dan digunakan dengan HMD berlensa dua. Perubahan interaksi dari mode PC ke mode VR dikarenakan memanfaatkan konsep dari VR yaitu membuat dunia virtual serasa seperti dunia nyata.



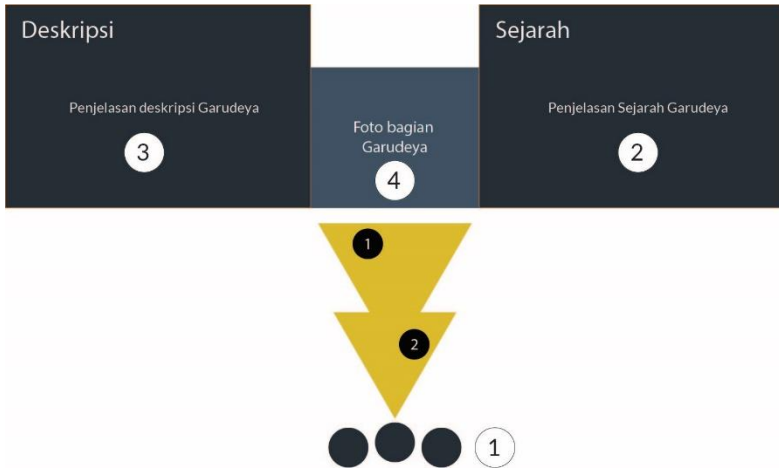
**Gambar 3.8** Pembagian zona setiap *scene* pada mode VR [10]

Sketsa pada Gambar 3.8 dibuat dengan mempertimbangkan keuntungan terbesar antara VR imersif dengan mode PC yang menggunakan “layar datar” yaitu ketika merepresentasikan benda yang disajikan dalam skala super. Mengindikasikan bahwa immersifitas sangat membantu dalam menampilkan data atau objek dalam hal imersif. Cara paling natural untuk memvisualisasikan sebuah geometri yaitu dikelilingi oleh objek itu sendiri<sup>[11]</sup>.

Elemen-elemen UI disesuaikan dan ditampilkan pada skala dunia. Semua elemen UI dianggap sebagai benda dimensi tiga. Elemen-elemen UI terbagi dan tertata pada ruang virtual. Properti UI seperti dimensi dan rotasi senantiasa dibandingkan terhadap posisi pengguna. Elemen UI berubah dan menyesuaikan dengan posisi UI ke pengguna. Semakin jauh jarak suatu UI dengan posisi pengguna semakin besar ukuran dari elemen UI. Pada Gambar 3.5 dijelaskan pembagian jarak antar objek dan UI yang terbagi menjadi tiga, yaitu UI *Foreground* dimana elemen UI berada di bagian paling dekat dengan pengguna, ditempatkan lebih rendah dari jarak pandang pengguna. UI *Midground* berada di tengah dan bagian atas objek selaras dengan jarak pandang pengguna. Objek dan elemen UI dirotasi terhadap sudut pandang pengguna agar objek lebih nyaman untuk dilihat. UI *Background* berada di bagian paling jauh dengan yang nantinya berisi informasi. Untuk dapat dibaca dari jarak pandang pengguna, elemen UI dibuat lebih luas dengan ukuran *font* yang cukup besar. Pemilihan jenis *font* juga berpengaruh terhadap kenyamanan pengguna.



**Gambar 3.9** Sketsa pembagian jarak pengguna dengan objek dan elemen UI[10]

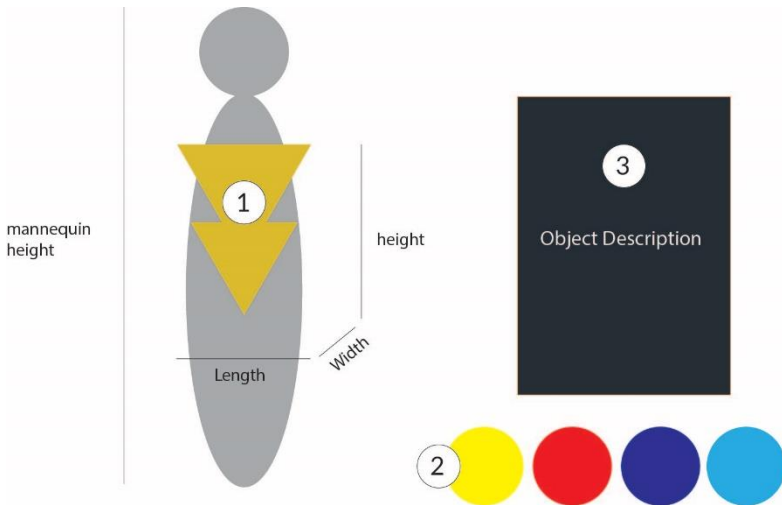


**Gambar 3.10** Sketsa tampilan zona eksplorasi pada mode VR

Ketika menjalankan mode VR, pengguna dihadapkan pada zona Eksplorasi dengan tampilan seperti pada Gambar 3.10. Pada zona ini aplikasi menampilkan seluruh bagian dari perhiasan Garudeya. Terdapat beberapa tombol bantuan dimensi tiga berukuran relatif kecil namun cukup mudah terlihat (nomor 1), dua layar lebar berisi teks informasi sejarah dan pemerian benda (nomor 2 dan 3), serta layar berisi foto bagian Garudeya yang asli (nomor 5). Elemen UI tersebut mempunyai perbedaan posisi seperti yang dijelaskan pada Gambar 3.9. Posisi tombol nomor 1 berada di bagian bawah dengan jarak sekitar satu meter dan sudut sebesar kurang lebih  $40^\circ$  menghadap kepala pengguna. Perhiasan Garudeya ditampilkan pada jarak sekitar dua meter dan sudut sekitar  $27^\circ$  menghadap kepala pengguna. Juga terdapat kumpulan tombol di depan Garudeya sebagai poin indikasi adanya informasi terkait bagian tertentu dari Garudeya. Apabila salah satu poin indikasi diinteraksikan, maka konten informasi teks serta gambar pada layar nomor 2, 3, dan 4 berganti sesuai pilihan masing-masing. Elemen UI nomor 2, 3, dan 4 berada selaras dengan jarak pandang kepala pengguna sejauh 2,5 hingga tiga meter dan sudut sebesar kurang lebih  $6^\circ$ . Selain itu ukuran UI juga menyesuaikan dengan jarak antar UI dan pengguna, semakin jauh dari pengguna ukuran UI dan font juga semakin besar.

Perancangan UI ini bertujuan untuk memberikan kenyamanan pada pengguna selama menikmati aplikasi dengan tampilan VR.

Pada mode ini interaksi dilakukan dengan menggunakan fungsi *Gaze Input* menggunakan metode *raycasting/linetracing*. Interaksi juga menggunakan perangkat *Leap Motion Controller* dengan mendeteksi isyarat tangan. Untuk mengganti tampilan zona dihadapan pengguna dengan melakukan isyarat tangan *swipe* ke kanan atau kiri. Setelah isyarat tangan berhasil terdeteksi, komponen *scene* akan berotasi sesuai arah isyarat tangan.

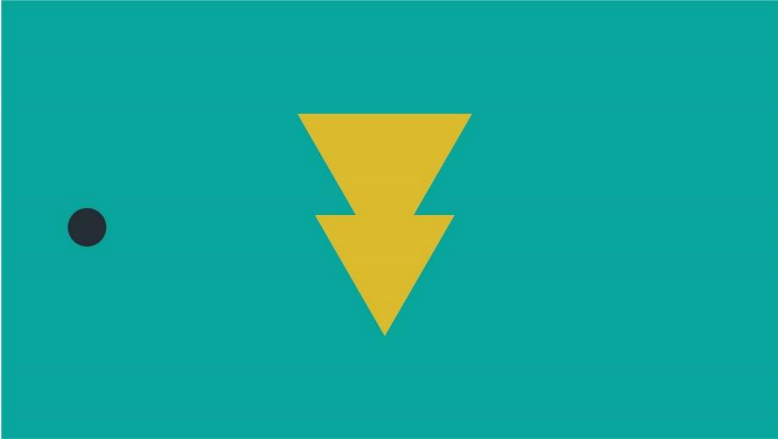


**Gambar 3.11** Sketsa tampilan zona *Mannequin* pada mode VR

Zona selanjutnya dijelaskan pada Gambar 3.11. Pada mode VR di bagian zona *Mannequin*, ditampilkan objek 3D Garudeya dan sebuah model manusia (*mannequin*) setinggi dua meter yang sedang mengenakannya di bagian dada (nomor 1). Posisi *mannequin* berada di depan dengan posisi Garudeya sejajar dengan pengguna. Ditambah dengan beberapa informasi terkait seperti deskripsi benda meliputi ukuran benda dan berat benda juga daftar permatanya yang menempel pada Garudeya (nomor 3), dan bola-bola dengan warna *material* sebagai indikasi bahan pembuatan perhiasan Garudeya beserta permatanya. Hal ini bertujuan untuk memudahkan pengguna mendapatkan petunjuk



seputar objek dalam skala perbandingan dengan model manusia sekaligus komposisi dan deskripsi objek. Pada *scene* ini pengguna dapat membandingkan Garudeya tampak dikenakan sejajar dengan dilihat dari sudut pandang pengguna.



**Gambar 3.12** Sketsa tampilan zona *Showcase* pada mode VR

Bagian selanjutnya terlihat pada Gambar 3.11 yang menunjukkan sketsa zona *Showcase* yang menampilkan perhiasan Garudeya. Berbeda dengan mode PC, latar belakang tetap berupa hutan tetap terlihat disetiap zona. Pada bagian ini, perhiasan Garudeya ditampilkan dengan. Ditambah dengan *Post Processing Effect* yang memberikan beragam efek yang dapat meningkatkan kualitas visual objek. Aplikasi ini dirender dengan metode *Post Based Render*, yaitu metode *render* dalam *game engine* yang memproses gambar secara langsung sehingga kualitas tampilan objek-objek yang ada di dalam suatu *scene* terpengaruh oleh kondisi lingkungan secara waktu nyata. *Scene* ini juga diisi dengan lingkungan buatan yang mirip dengan dunia nyata untuk meningkatkan kualitas visual dari perhiasan Garudeya. Pengguna dapat mengatur pencahayaan *scene* ini melalui tombol dibagian kiri Garudeya. Selain itu, pengguna menggunakan isyarat tangan *swipe* dan *pinch* untuk memutar serta melakukan *zoom in* atau *out* pada Garudeya.

### 3.3 Pembuatan Aset

Data yang digunakan dalam perancangan aplikasi berupa aset 2D dan model 3D serta pengumpulan data berupa informasi dari objek yang digunakan sebagai media pembelajaran. Pada bagian ini dijelaskan langkah kerja pembuatan aset.

#### 3.3.1 Aset 3D

Pembuatan objek tiga dimensi dilakukan menggunakan aplikasi Blender 3D. Format keluaran dari aplikasi tersebut berupa file objek 3D dengan format (obj, fbx, atau dae) beserta *Bone* atau tulangnya yang nantinya digunakan sebagai simulasi fisik rantai pada *game engine*. Terdapat beberapa langkah pembuatan objek hingga menghasilkan objek dimensi tiga yang tampak seperti aslinya, yaitu *Modelling (Solid Geometry dan Sculpting)*, *Retopology*, *UV mapping*, *Normal Mapping*, dan *Texturing*, serta *Rigging* untuk *output* yang mempunyai animasi. Hasil akhir ditampilkan pada Gambar 2.13. Berikut ini merupakan penjelasan masing-masing langkah yang diterapkan.

##### a. Modelling/Sculpting

*Modelling* adalah proses pembuatan aset 3D dari rekonstruksi objek. Teknik *Sculpting* digunakan jika hasil akhir model membutuhkan tingkat kerumitan dan detail yang lebih kompleks.

##### b. Retopology

*Retopology* bertujuan untuk menata kembali *topology* atau pemetaan titik-titik dari model tiga dimensi yang telah dibuat di langkah sebelumnya. Sehingga objek tampak lebih rapi dengan jumlah *poly count* yang tentunya lebih rendah dan dapat mempermudah proses kerja pada *Game Engine*.

##### c. UV mapping

*UV mapping* merupakan proses dengan cara memecah atau memetakan objek tiga dimensi menjadi gambar dua dimensi untuk ditambahkan warna, detail, dan tekstur lalu diproyeksikan kembali menjadi objek tiga dimensi.

##### d. Normal Mapping

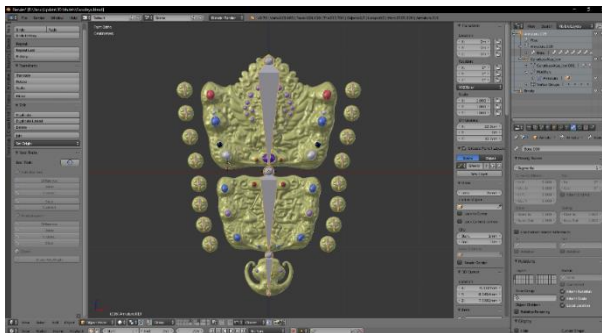
*Normal Mapping* adalah suatu proses yang menggunakan *RGB* untuk membuat pemetaan yang membuat objek tampak tiga dimensi pada bidang dua dimensi. Pemetaan ini dapat ditambahkan kedalam *material* pada *game engine* untuk memberikan efek timbul atau tenggelam pada objek tiga dimensi.

**e. Texturing and shading**

*Texturing and shading* adalah proses pemberian karakteristik permukaan pada objek tiga dimensi. Termasuk pemberian warna, kilauan, tingkat kekasaran, refleksi cahaya, dan lain sebagainya.

**f. Rigging**

Merupakan proses pembuatan atau pemetaan tulang pada objek tiga dimensi. Sedangkan tulang (biasa disebut *bone*) merupakan objek pembentuk badan pada objek tiga dimensi sehingga gerakan animasi objek lebih mudah untuk diarahkan.



**Gambar 3.13** Pembuatan Garudeya di Blender 3D

### 3.3.2 Aset Suara

Pembuatan aset suara yang dimaksud adalah suara narasi dari penjelasan informasi sejarah perhiasan Garudeya. Hal ini bertujuan untuk memudahkan penyampaian informasi sekaligus eksplorasi pada objek. Aset suara narasi dibuat dengan cara melakukan perekaman menggunakan *smartphone* berdasarkan naskah (detailnya dilampirkan). Terdapat total enam narasi yang disuarakan. Hasil akhir aset suara berformat WAV yang dapat dibaca oleh *game engine*.

### 3.4 Pembuatan Aplikasi

Pembuatan aplikasi Garudeya terbagi menjadi beberapa proses yaitu pembuatan sistem eksplorasi, sistem VR, virtualisasi Garudeya, desain aplikasi, dan pembuatan UI (*User Interface*) tampilan informasi untuk penyajian informasi. Sistem eksplorasi menentukan apa saja yang dapat dilakukan dan didapatkan oleh pengguna dengan melakukan eksplorasi pada objek. Sistem eksplorasi menentukan kendali pengguna terhadap objek terhadap dua mode yang disediakan. Sistem VR memberikan tampilan, eksplorasi, dan interaksi serta pengalaman yang berbeda dari mode sebelumnya. Virtualisasi Garudeya menjelaskan pembuatan Garudeya dimensi tiga bersamaan dengan simulasi fisika pada game engine.

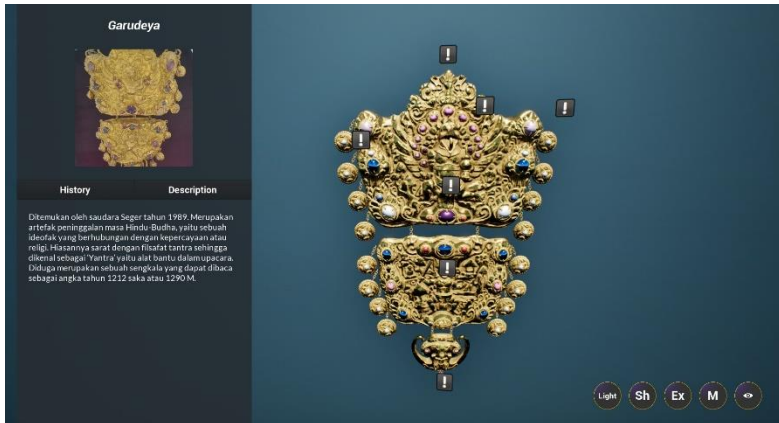
#### 3.4.1 Aplikasi dan Eksplorasi

Aplikasi dijalankan pada perangkat laptop ASUS ROG untuk mode PC dan perangkat android sebagai tampilan VR dengan komputasi aplikasi tetap dijalankan pada perangkat PC. Spesifikasi perangkat yang digunakan sebagai berikut :

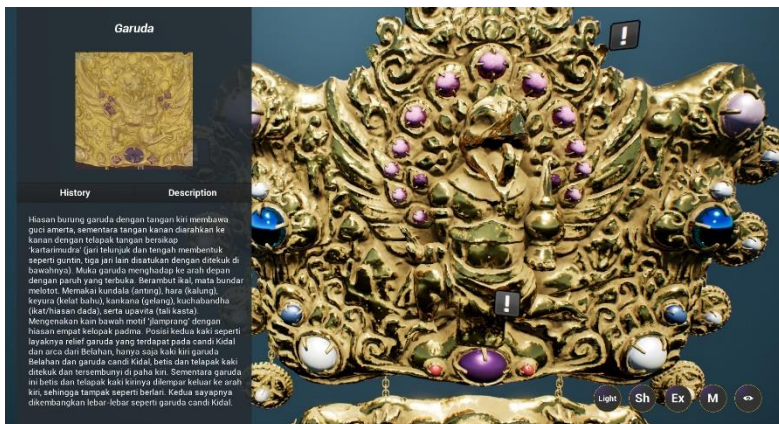
1. Laptop Asus ROG G750JX dengan spesifikasi:
  - a. NVIDIA GeForce GTX 770M
  - b. OS Windows 10
  - c. 16 GB Ram
  - d. I7 4700HQ – 2.8 GHz (8 CPUs)
  
2. Samsung Galaxy Note 5
  - a. Processor Octa-core (4 x 2.1 GHz Cortex-A57)
  - b. Display 1440 x 2560 pixels
  - c. 4 GB RAM
  - d. OS Android 7.0 (Nougat)
  - e. GPU Mali-T760MP8

Eksplorasi objek pada mode PC dilakukan menggunakan mouse, tombol klik kanan untuk memutar objek terhadap *x-axis* dan *z-axis* (*Roll and Yaw*), *scroll button* untuk menjalankan fungsi *zoom in/out*, dan klik kiri untuk mengaktifkan atau berinteraksi dengan elemen yang terdapat pada UI.

*Scene* pertama adalah tampilan adegan eksplorasi yang menampilkan Garudeya secara utuh, ditampilkan pada Gambar 3.14. Disertai dengan UI yang menjelaskan nama bagian, informasi sejarah, dan pemerian benda serta menampilkan gambar dari Garudeya asli. Perhiasan Garudeya ditampilkan dengan tambahan tombol berindikasi tanda seru. Terdapat tombol-tombol navigasi untuk berpindah *scene*.



**Gambar 3.14** Tampilan ketika adegan eksplorasi



**Gambar 3.15** Tampilan ketika terfokus pada salah satu bagian Garudeya

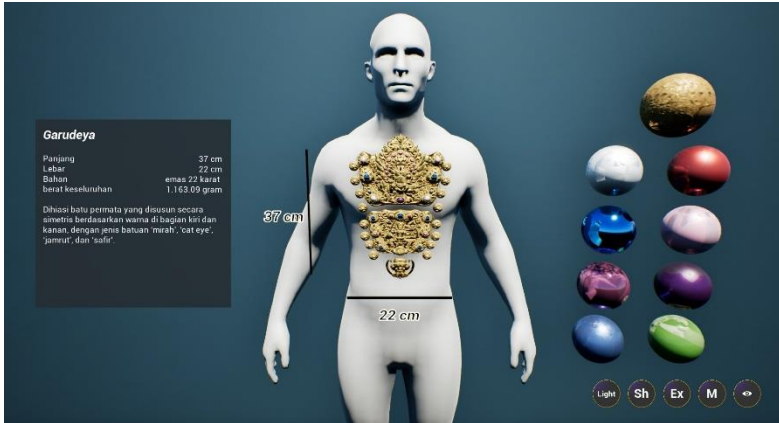
Beberapa bagian dari perhiasan Garudeya yang memiliki informasi sejarah berindikasikan dengan tombol diatas masing-masing bagian yang berada pada bidang dunia virtual dan dapat menerima masukan. Tombol tersebut memiliki pembatas yang menerima input dari pengguna melalui perangkat *mouse* dan *keyboard*. Tombol memiliki identifikasi masing-masing untuk menentukan fungsi yang dijalankan. Setelah tombol berhasil diinteraksikan, maka kamera berganti fokus tampilan ke bagian Garudeya yang terpilih dan menampilkan informasi sejarah atau pemerian benda serta memainkan aset suara berupa narasi sejarah. Pengguna bisa menggerakkan benda seperti rotasi dan translasi menggunakan *mouse*. Melanjutkan pada teks bagian berikutnya atau berpindah fokus dengan cara menekan tombol indikasi lain yang tersedia. Tampilan aplikasi ketika terfokuskan pada bagian objek dijelaskan pada Gambar 3.15.

Pada *Exploration scene* aplikasi menyajikan informasi kepada pengguna tentang perhiasan Garudeya sesuai dengan bagian-bagian yang merepresentasikan informasi tersebut. Informasi dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu pemerian benda dan penjelasan sejarah yang dapat dibaca secara bergantian. Penyajian informasi diiringi narasi bertujuan untuk mempermudah pengguna untuk membayangkan dan menyerap informasi sejarah dengan lebih optimal.



**Gambar 3.16** Tampilan ketika sebagian UI disembunyikan

Salah satu dari empat tombol navigasi adalah *UI Toggle* yang berfungsi untuk menyembunyikan beberapa elemen UI dari layar dan menampilkan Garudeya tanpa halangan UI (Gambar 3.16). Selain itu, pengguna tetap dapat melakukan interaksi untuk memeriksa Garudeya secara lebih leluasa dan lebih rinci.



**Gambar 3.17** Mode *Mannequin* pada mode PC

Tampilan adegan berikutnya ditunjukkan pada Gambar 3.17. Pada scene ini adalah *Mannequin Mode*, perhiasan Garudeya ditampilkan dengan sebuah *mannequin* yang sedang mengenakannya. Ditambah dengan beberapa informasi terkait fisik objek seperti ukuran, berat, dan bahan pembuatan Garudeya sehingga pengguna mendapatkan petunjuk seputar kegunaan objek, komposisi, dan dimensi atau perbandingan ukuran Garudeya.

*Scene* terakhir pada mode PC adalah *Showcase mode* yang menampilkan objek secara menyeluruh ditambah dengan *Post Process Effects* dan kondisi pencahayaan yang beragam. Dengan menggunakan metode PBR (*Post Based Render*) tampilan dari suatu objek dapat berganti-ganti sesuai dengan kondisi lingkungan sekitarnya. Menampilkan visual dari objek sesuai kondisi lingkungan virtual yang disediakan sehingga pengguna dapat lebih menikmati dan mendapatkan informasi visual perhiasan Garudeya lebih optimal. Tampilan pada *scene* ini dijelaskan pada Gambar 3.18 dan Gambar 3.19.



**Gambar 3.18** Tampilan *showcase scene* dengan kondisi pencahayaan pagi hari.



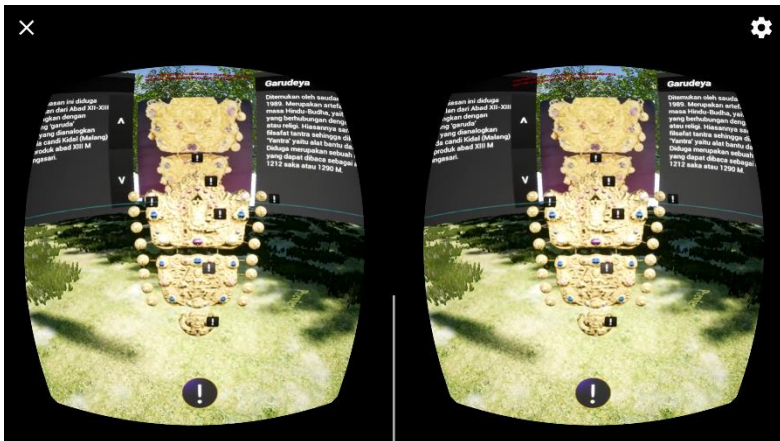
**Gambar 3.19** Tampilan *showcase scene* dengan kondisi pencahayaan malam hari.

Pada mode VR terdapat beberapa perbedaan dari segi tampilan dan sistem interaksi yang digunakan. Masukkan dari perangkat *leap motion* antara lain syarat tangan *swipe* untuk berganti zona dan *pinch* untuk rotasi serta translasi Garudeya. Masukkan lain yang diterapkan adalah *Gaze input* dengan metode *raycasting* atau *line tracing* dari kamera untuk melakukan interaksi dengan objek yang terdapat pada



dunia virtual. Pengguna menatap suatu objek selama satuan waktu tertentu sesuai indikasi yang muncul. Ketika durasi *gaze input* habis maka sebuah fungsi akan dijalankan atau diaktifkan sesuai bagian interaksi yang dipilih. Dengan adanya fitur *head tracking* pengguna dapat menoleh ke berbagai arah. Untuk berpindah zona pengguna melakukan isyarat tangan *swipe* ke arah kanan atau kiri. Setelah itu, objek di sekeliling pemain akan berputar kearah sesuai dengan masukkan yang dilakukan pengguna. *Swipe gesture* hanya dapat dilakukan ketika objek dalam kondisi diam. Apabila objek masih berotasi, maka aplikasi tidak akan menjalankan fungsi perputaran zona. Hal ini bertujuan agar tidak terjadi pergantian zona yang berulang.

UI juga berganti sesuai dengan tampilan pada mode VR. Tombol-tombol ditampilkan sebagai objek 3D yang melayang atau menempel diatas objek. Elemen UI dan objek 3D mengelilingi pengguna sehingga menambah nuansa imersif ketika berada pada mode VR.



**Gambar 3.20** Tampilan mode VR pada zona eksplorasi

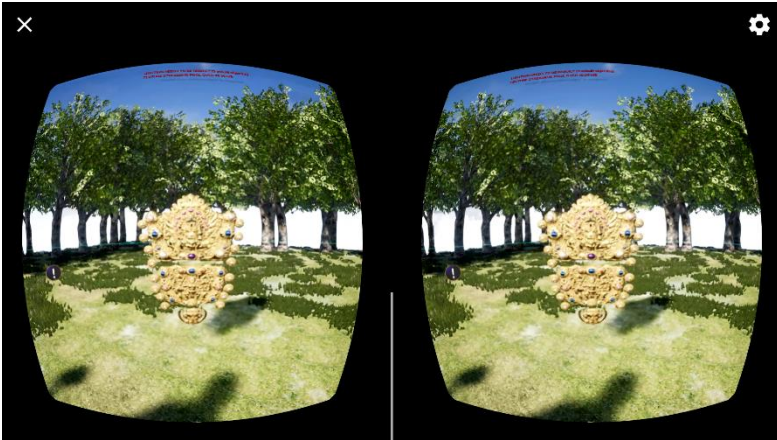
Ketika memasuki mode VR, pengguna berhadapan dengan pada *Exploration Zone* yang berisi informasi sejarah dan gambar dari Garudeya asli ditampilkan di layar besar yang berada di belakang objek (Gambar 3.20). Seperti pada mode PC, terdapat tombol-tombol yang tersebar di beberapa bagian-bagian Garudeya. Tombol tersebut merupakan tombol dimensi tiga yang dapat diinteraksikan dengan melakukan *gaze input* (dipandang selama satuan waktu tertentu). Setelah

*gaze input* berhasil dijalankan maka informasi teks dan gambar yang terdapat pada layar besar akan berganti sesuai data yang tersedia pada bagian tersebut. Dikarenakan informasi berupa teks yang ditampilkan pada layar tidak sedikit dan melebihi kapasitas ukuran layar, pengguna dapat melakukan *scroll* untuk berpindah teks dengan cara melakukan *gaze input* pada tombol navigasi atas atau bawah di samping layar.



**Gambar 3.21** Tampilan mode VR pada zona *Mannequin*

Pada zona *Mannequin* yang berada pada sebelah kanan pengguna ketika memasuki mode VR, ditampilkan sebuah *mannequin* yang sedang mengenakan perhiasan Garudeya. Modem manusia atau *Mannequin* memiliki tinggi sekitar dua meter pada umumnya dan diposisikan sejajar dengan sudut pandang pengguna. Disertai dengan tampilan informasi pada layar tentang dimensi benda (panjang dan lebar benda), berat benda, bahan pembuatan, dan deskripsi singkat tentang visual perhiasan Garudeya. Ditambah dengan beberapa objek bola dengan warna yang berbeda-beda yang berada di bawah layar informasi. Bola-bola tersebut berfungsi untuk menunjukkan *material* pembuat Garudeya di dunia virtual. Zona ini bertujuan untuk memudahkan pengguna mendapatkan informasi visual dari peragaan *mannequin*, komposisi, dimensi, dan beragam jenis dan warna permata direpresentasikan pada bola dengan material serupa.

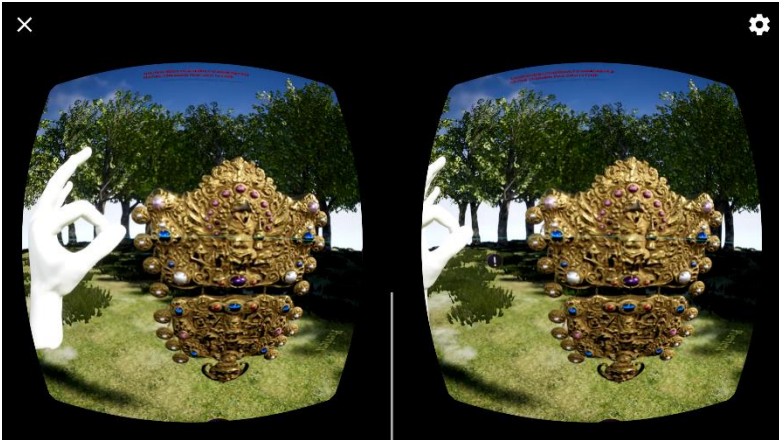


**Gambar 3.22** Tampilan mode VR pada zona *Showcase*

Zona *Showcase* menampilkan perhiasan Garudeya dengan properti efek fisika yang aktif merepresentasikan sifat objek di dunia nyata. Dengan latar lingkungan berupa hutan dan rumput untuk memperindah visual perhiasan Garudeya. Selain itu, pengguna dapat melakukan eksplorasi objek dengan isyarat tangan *pinch*. Isyarat *pinch* tangan kanan untuk rotasi objek ke kanan atau kiri dan *pinch* tangan kiri untuk mendekatkan atau menjauhkan objek (Gambar 3.23 dan 3.24).



**Gambar 3.23** Tampilan *pinch* tangan kanan untuk rotasi objek



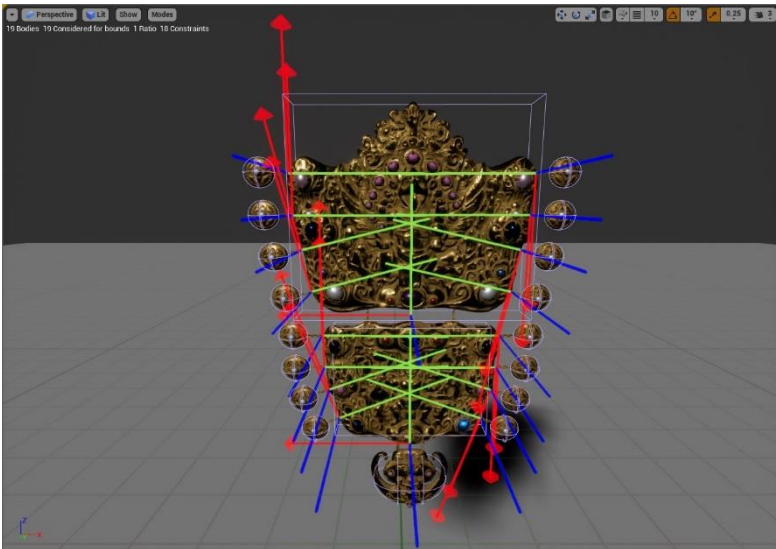
**Gambar 3.24** Tampilan *pinch* tangan kiri untuk translasi objek

### 3.4.2 Virtualisasi Garudeya



**Gambar 3.25** Tampilan Garudeya pada *game engine*

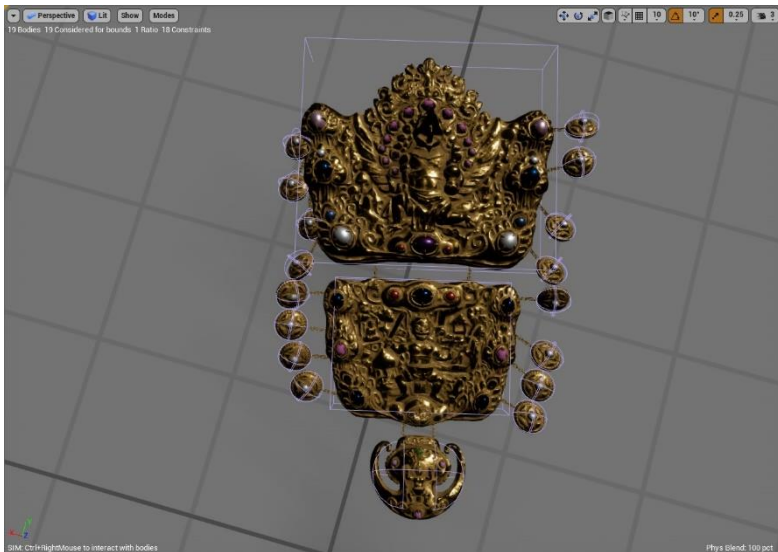
Virtualisasi objek mencakup proses pembuatan objek berdasarkan referensi dari suatu benda menjadi benda virtual dimensi tiga dan memiliki ciri-ciri, sifat, dan berfungsi layaknya di dunia nyata. Objek virtualisasi pada dunia virtual dibuat tersimulasi pada *game engine* sehingga identik dengan objek aslinya. Pembuatan objek virtual perhiasan Garudeya dilakukan dalam beberapa tahap pada pembuatan aset, dimulai dari *sculpting/modelling*, *Retopology*, *UV mapping*, *Rigging*, dan *Texturing*. Setelah itu, Garudeya 3D di import ke dalam *game engine* seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.20.



**Gambar 3.26** Pembuatan pembatas tabrakan untuk simulasi fisika di *game engine*

Dilakukan implementasi fitur simulasi fisika yang disediakan pada *game engine*, atau biasa disebut dengan *Physics Assets* pada perhiasan Garudeya. Sebelum simulasi fisika di *Game Engine* dilakukan, objek tiga dimensi perlu ditambahkan *Constraints collision* (batasan tabrakan) disetiap bagian objek (Gambar 3.26). Bagian-bagian tersebut antara lain bagian atas Garudeya dengan ukiran Garuda, bagian tengah dengan ukiran Raksasa, bagian bawah dengan ukiran figur manusia yang sedang menari, dan 16 bagian kecil disebut *circir* atau

kelintingan yang masing-masing terhubung dengan rantai di setiap sisinya. Rantai yang menghubungkan bagian demi bagian dari objek tidak termasuk dalam pembatas tabrakan. Pembatas tabrakan tersebut bertujuan untuk membatasi setiap bagian dari objek 3D agar tidak saling menyatu dan menimbulkan reaksi dari tabrakan antar pembatas. Serta pemberian fungsi tertentu apabila pembatas saling bertabrakan satu sama lain akan terjadi timbal balik berdasarkan hukum aksi-reaksi layaknya di dunia nyata. *Constraints* tersebut terhubung secara otomatis berdasarkan dengan bagian-bagian objek yang telah terpasang tulang (*Bone*). Tulang-tulang tersebut telah dibuat pada tahap *rigging* yang dibuat memanjang dari satu titik awalan sendi ke titik yang sepanjang bagian objek 3D yang terpengaruh oleh pergerakan tulang. Kemudian tulang tersebut di *export* bersamaan dengan objek tiga dimensi dan di *import* ke *game engine* dalam satu *mesh*. Setelah di *import* kedalam *game engine* dan setiap bagian perhiasan Garudeya diberikan *constraints* maka akan menghasilkan efek yang ditampilkan pada Gambar 3.27.



**Gambar 3.27** Hasil simulasi fisika di *game engine*

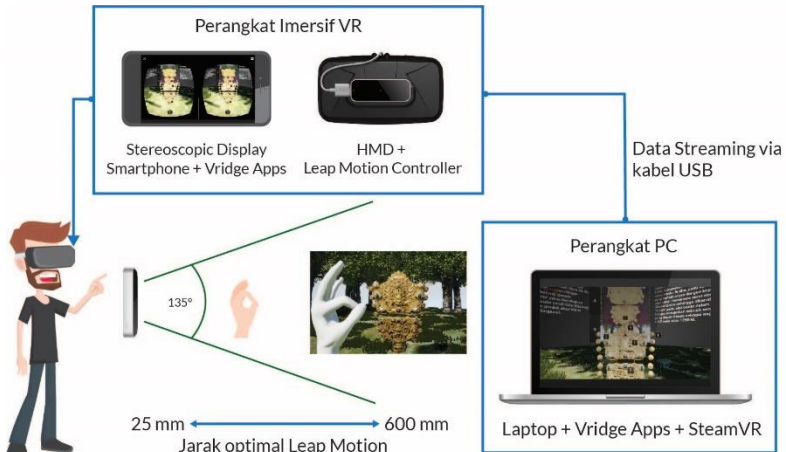
### 3.4.3 Mode Virtual Reality

Pada mode VR dibutuhkan aplikasi pihak ketiga yaitu SteamVR pada perangkat PC dan Vridge 2.0 yang di pasang pada kedua perangkat PC dan *smartphone*. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan kualitas tampilan yang mendekati perangkat VR seperti Oculus Rift hanya dengan menggunakan perangkat *smartphone* yang cukup kuat. Setelah aplikasi diinstall ke perangkat PC dan Android kemudian dapat saling dihubungkan dengan menggunakan jaringan nirkabel maupun kabel USB. Proses ini dijelaskan pada Gambar 3.29 dan alur penggunaan pada Gambar 3.30. Dikarenakan jaringan via kabel memberikan koneksi yang lebih stabil dan transfer data yang relatif cepat jika dibandingkan dengan jaringan nirkabel dipilihlah kabel micro USB. Proses penyaluran data tampilan dari PC ke perangkat Android menjadi tampilan VR terjadi dengan lancar dan mendapatkan fps (*framerate per second*) dengan rata-rata 60 fps sesuai dengan standar VR[10]. Hal ini bertujuan untuk menghindari efek samping penggunaan perangkat VR seperti *motion sickness*, pusing, dan mual.

Kebutuhan perangkat keras untuk mode VR yang digunakan pada tugas akhir ini antara lain HMD dua lensa dengan tempat *smartphone* yang mendukung tampilan *stereoscopic*, kabel micro USB, *smartphone*, *Leap Motion Controller*, dan kabel penghubung USB 2.0 seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.28.



**Gambar 3.28** Kebutuhan perangkat keras mode VR



**Gambar 3.29** Gambaran umum aplikasi pada mode VR

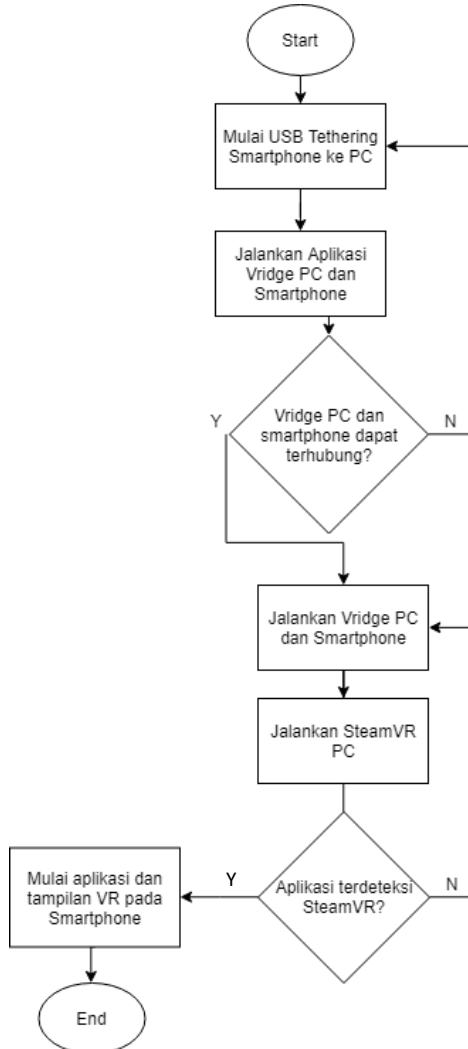
Interaksi selama mode VR dilakukan dengan metode *gaze input* atau tatapan dan deteksi isyarat tangan dari *Leap Motion Controller*. Hal ini bertujuan untuk *menambahkan* tingkat imersifitas selama penggunaan aplikasi.

Perangkat *Leap Motion Controller* sebagai deteksi tangan pada lingkungan VR menggunakan isyarat tangan *swipe* dan *pinch*. Isyarat *swipe* tangan kanan digunakan untuk pergantian zona, *pinch* tangan kiri untuk mendekatkan atau menjauhkan objek, dan *pinch* tangan kanan untuk rotasi Garudeya. *Swipe* dilakukan dengan cepat ke arah kanan atau kiri untuk pergantian zona dengan perputaran sesuai arah *swipe*. Untuk mendekatkan objek ke arah pengguna, tangan kiri dalam kondisi *pinch gesture* didekatkan ke kamera dan sebaliknya untuk menjauhkan objek dari pengguna, tangan kiri dalam kondisi isyarat *pinch* dijauhkan dari kamera. Pengguna dapat memutar objek dengan melakukan *pinch gesture* pada tangan kanan. Untuk memutar objek ke arah kanan, posisikan tangan di sebelah kanan kamera dan sebaliknya.

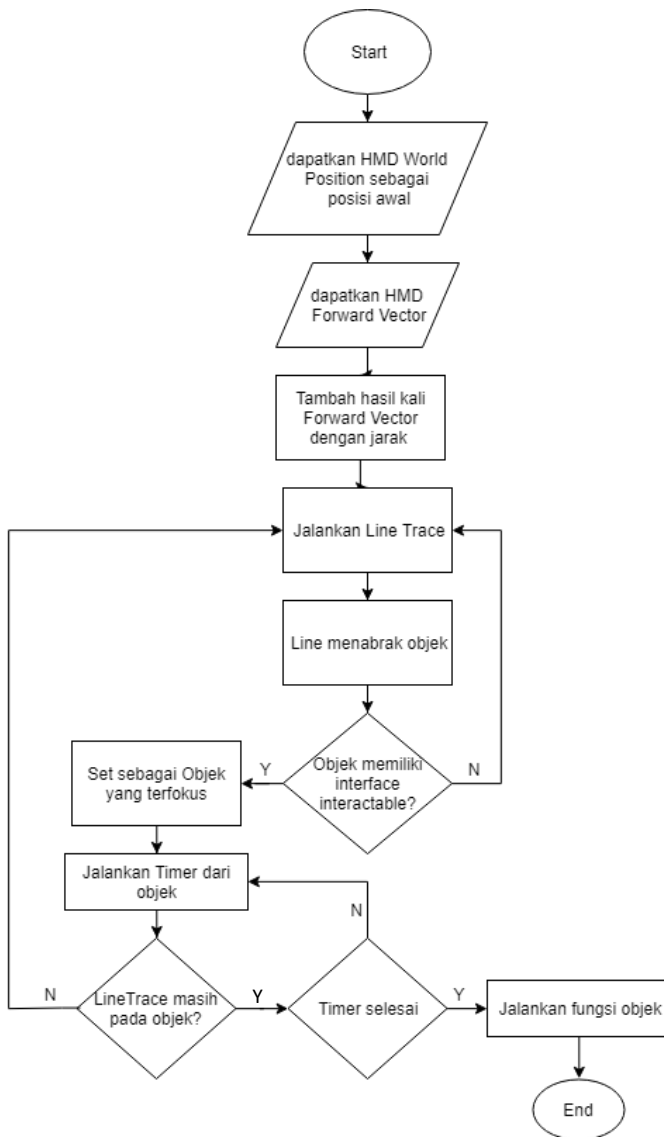
Dengan adanya fitur *headtracking* yang disediakan oleh Vridge, *gaze input* dengan metode *raycasting/linetracing* dapat diterapkan. Metode ini menembakkan garis sinar dari kamera karakter yang bergerak lurus satu arah hingga mengenai suatu objek didepannya. Objek yang terkena garis sinar dapat memberikan informasi. Dengan menatap salah satu elemen pada dunia virtual selama durasi tertentu



kemudian aplikasi menjalankan fungsi terkait dengan objek yang dipilih. Hal ini dijelaskan melalui diagram pada Gambar 3.31.



**Gambar 3.30** Diagram alur dari PC ke VR Vridge dan SteamVR



**Gambar 3.31** Diagram alur gaze input

### 3.5 Kuisisioner

Tujuan utama dari kuisisioner adalah untuk menguji tingkat kesesuaian sistem aplikasi dengan tujuan pembuatan aplikasi. Diperlukan respon dan timbal balik dari pengguna/responden demi mengetahui kelayakan aplikasi, sebelum dirilis pada publik. Selain itu, timbal balik yang dapat berpengaruh pada konten dan fitur dari aplikasi.

Berikut ini merupakan kuisisioner dengan beberapa pertanyaan dan skala nilai jawaban di setiap poin pertanyaan, dimana skala 'sangat tidak setuju' merupakan skala terendah menandakan pernyataan negatif dan skala 'sangat setuju' merupakan skala tertinggi dengan pernyataan positif.

**Tabel 3.1:** Kuisisioner pengguna sebelum mencoba aplikasi.

<b>Pertanyaan</b>	<b>Pilihan Jawaban</b>
1. Apakah Anda mengetahui tentang <i>virtual museum</i> ?	a. Tahu b. Tidak tahu
2. Menurut Anda, apakah dengan adanya <i>virtual museum</i> dapat meningkatkan penyampaian informasi terkait benda bersejarah?	a. Sangat Setuju b. Setuju c. Tidak Setuju d. Sangat Tidak Setuju

**Tabel 3.2:** Kuisisioner pengguna setelah mencoba aplikasi.

<b>Pertanyaan</b>	<b>Pilihan Jawaban</b>
3. Apakah Anda menikmati menggunakan aplikasi Garudeya?	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sangat Setuju</li><li>• Setuju</li><li>• Tidak Setuju</li><li>• Sangat Tidak Setuju</li></ul>

<b>Pertanyaan</b>	<b>Pilihan Jawaban</b>
4. Apakah konsep dari aplikasi ini menarik?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sangat Setuju</li> <li>• Setuju</li> <li>• Tidak Setuju</li> <li>• Sangat Tidak Setuju</li> </ul>
5. Apakah Anda mengalami kesulitan saat menggunakan aplikasi?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sangat Setuju</li> <li>• Setuju</li> <li>• Tidak Setuju</li> <li>• Sangat Tidak Setuju</li> </ul>
6. Apakah informasi yang disampaikan mudah dipahami?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sangat Setuju</li> <li>• Setuju</li> <li>• Tidak Setuju</li> <li>• Sangat Tidak Setuju</li> </ul>
7. Apakah aplikasi menambah wawasan Anda mengenai benda bersejarah Garudeya?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sangat Setuju</li> <li>• Setuju</li> <li>• Tidak Setuju</li> <li>• Sangat Tidak Setuju</li> </ul>
8. Apakah Anda setuju jika aplikasi seperti ini terdapat pada museum?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sangat Setuju</li> <li>• Setuju</li> <li>• Tidak Setuju</li> <li>• Sangat Tidak Setuju</li> </ul>
9. Apakah penggunaan aplikasi interaktif seperti ini dapat meningkatkan minat Anda untuk mengunjungi museum?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sangat Setuju</li> <li>• Setuju</li> <li>• Tidak Setuju</li> <li>• Sangat Tidak Setuju</li> </ul>
10. Apakah penggunaan aplikasi seperti ini dapat meningkatkan wawasan Anda mengenai koleksi benda bersejarah?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sangat Setuju</li> <li>• Setuju</li> <li>• Tidak Setuju</li> <li>• Sangat Tidak Setuju</li> </ul>

Kuisisioner yang tertera pada Tabel 3.1 untuk pengguna sebelum mencoba aplikasi. Pertanyaan 1 dan 2 ditujukan untuk mengetahui pengalaman dan kepuasan partisipan terhadap Museum Mpu Tantular. Pertanyaan 3 dan 4 ditujukan untuk mengetahui pengetahuan partisipan terhadap koleksi Garudeya. Pertanyaan 5 dan 6 ditujukan untuk mengetahui pengetahuan partisipan mengenai *virtual museum* secara garis besar. Pertanyaan 7 dan 8 ditujukan untuk mengetahui kepuasan partisipan setelah mencoba aplikasi dan respon partisipan terhadap konsep aplikasi. Pertanyaan 9, 10 dan 11 ditujukan untuk mengetahui kenyamanan partisipan menggunakan aplikasi dengan melihat tingkat kemudahan navigasi UI dari aplikasi, penyampaian informasi, dan kelihain partisipan melakukan interaksi dengan objek virtual. Pertanyaan 12, 13 dan 14 ditujukan untuk mengetahui minat dan ketertarikan partisipan apabila aplikasi *virtual museum* dijalankan dan ditempatkan pada Museum.

Selain itu diperlukan kuisisioner untuk mengukur tingkat penyampaian informasi dan pemahaman pengguna terhadap informasi yang disajikan. Kuisisioner berisi beberapa pertanyaan yang menguji pemahaman pengguna sebelum dan sesudah mencoba aplikasi. Kuisisioner berkaitan dengan informasi sejarah dari Garudeya pada Tabel 3.3.

**Tabel 3.3** Kuisisioner untuk mengukur tingkat pemahaman dan wawasan pengguna tentang Garudeya.

Pertanyaan	Pilihan Jawaban
1. Apakah Anda mengetahui tentang perhiasan <i>Garudeya</i> yang berada di Museum Mpu Tantular?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Tahu</li> <li>b. Tidak Tahu</li> </ul>
2. Apakah Anda mengetahui tentang sejarah Garudeya?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Tahu</li> <li>b. Tidak Tahu</li> </ul>

<b>Pertanyaan</b>	<b>Pilihan Jawaban</b>
3. Pada tahun ke berapakah Garudeya ditemukan?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. 1989</li> <li>b. 1990</li> <li>c. 1988</li> <li>d. 1987</li> </ul>
4. Apa komposisi utama pada Garudeya?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Emas 24 karat</li> <li>b. Kuningan</li> <li>c. Besi</li> <li>d. Emas 22 karat</li> </ul>
5. Dari 4 bagian Garudeya, dimanakah figur 'Garuda membawa guci Amerta' terukir?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Atas</li> <li>b. Tengah</li> <li>c. Bawah</li> <li>d. Samping</li> </ul>
6. Apakah kegunaan utama Garudeya pada masa kerajaan?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Yantra</li> <li>b. Tantra</li> <li>c. Amerta</li> <li>a. Sengkala</li> </ul>
7. Berapakah jumlah Circir yang ada di kanan dan kiri Garudeya?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. 16</li> <li>b. 18</li> <li>c. 14</li> <li>d. 20</li> </ul>
8. Berapakah kira-kira berat dari Garudeya?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. 1 kg</li> <li>b. 3 kg</li> <li>c. 4 kg</li> <li>d. 6 kg</li> </ul>

<b>Pertanyaan</b>	<b>Pilihan Jawaban</b>
9. Apakah simbol Garuda di Garudeya dalam mitologi Hindu?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Kebebasan</li> <li>b. Kehancuran</li> <li>c. Kenikmatan</li> <li>a. Keindahan</li> </ul>
10. Apakah sifat dari figur raksasa dalam ikonografi Hindu?	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Kroda/demonis</li> <li>b. Amerta/air suci</li> <li>c. Agni/api</li> <li>d. Sirascakra/lingkaran kesucian</li> </ul>

Kuisisioner pada Tabel 3.3 berkaitan dengan informasi sejarah dan pemerian dari Garudeya yang disajikan di dalam aplikasi. Pertanyaan 1 adalah 1989. Jawaban untuk pertanyaan 3 adalah 1989. Jawaban untuk pertanyaan 4 adalah Emas 22 Karat. Jawaban untuk pertanyaan 5 adalah Atas. Jawaban untuk pertanyaan 6 adalah Yantra. Jawaban untuk pertanyaan 7 adalah 16. Jawaban untuk pertanyaan 8 adalah 1 kg. Jawaban untuk pertanyaan 9 adalah kebebasan. Jawaban untuk pertanyaan 10 adalah Kroda/demonis.

## **BAB 4**

### **PENGUJIAN DAN ANALISA**

Pada bab ini dibahas mengenai pengujian dari aplikasi dengan data dari kuisisioner. Pengujian pada penelitian ini dilakukan dalam beberapa bagian yaitu pengujian kelancaran program, kesesuaian fungsi, dan kelayakan aplikasi.

#### **4.1 Metode Pengujian**

Pengujian aplikasi serta pengujian respon pengguna dengan melihat hasil kuesioner yang diberikan kepada pengguna aplikasi untuk mengetahui ketercapaian tujuan dari tugas akhir. Nilai ketercapaian tujuan dapat ditinjau dari segi performa aplikasi yang dilihat dari ketertarikan pengguna terhadap konsep, tampilan aplikasi serta kemudahan pengguna memainkan aplikasi. Penilaian terhadap ketercapaian edukasi dilihat dari pemahaman pengguna setelah mencoba aplikasi.

Pengujian performa dari aplikasi dan alat dilakukan dengan cara memainkan aplikasi untuk mengetahui kemampuan serta keterbatasan dari aplikasi. Pengujian ini meliputi performa *software* dan *hardware* dari perangkat imersif. Performa ketika aplikasi dijalankan pada mode VR dengan komputasi program dihitung di komputer dan menyalurkan tampilan ke layar *smartphone*, serta dikombinasikan dengan menggunakan perangkat *Leap Motion* sebagai input interaksi.

Pengujian wawasan dan pemahaman pengguna dilakukan dengan cara memberikan kuisisioner kepada para partisipan yang telah mencoba aplikasi. Pengujian dilakukan dimana partisipan mencoba aplikasi pada mode VR dengan interaksi menggunakan *Leap Motion* dan *gaze input* untuk memilih tombol indikasi.

Kuisisioner pertama terdiri dari dua poin pertanyaan berisikan pertanyaan mengenai wawasan pengguna terhadap konsep *virtual museum* dan kemampuan penyampaian informasi seputar benda bersejarah dengan menerapkannya. Kuisisioner kedua mencakup pengalaman pengguna setelah menggunakan aplikasi, kemudahan saat menggunakan aplikasi, kenyamanan pengguna dengan UI, kemudahan pengguna dalam menyerap informasi yang disajikan, keabsahan aplikasi dalam menambah wawasan pengguna, dan minat responden apabila



aplikasi interaktif sejenis ditempatkan pada museum. Kuisisioner ketiga berisi pertanyaan seputar sejarah dan pemerian benda bersejarah Garudeya. Pengujian tentang pemahaman pengguna setelah mencoba aplikasi. Kemampuan aplikasi dalam menyajikan informasi seputar Garudeya serta tingkat pemahaman pengguna dalam menyerap informasi yang disajikan. Pertanyaan kuisisioner mencakup informasi sejarah dan pemerian Garudeya yang ditampilkan pada UI aplikasi. Pertanyaan berupa soal dan jawaban pilihan ganda dengan empat opsi jawaban dan satu jawaban benar setiap soalnya.

Kuisisioner dapat dilihat pada Table 3.1, Tabel 3.2, dan Tabel 3.3. Kuisisioner pertanyaan dan opsi jawaban sebagian besar telah sesuai dengan relevansi pertanyaan. Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 partisipan diberi pertanyaan pengetahuan pengguna seputar konsep *virtual museum* dan pengalaman pengguna setelah mencoba aplikasi. Tabel 3.3 partisipan diberi pertanyaan mengenai informasi yang disajikan dalam aplikasi untuk mengukur kemampuan penyampaian informasi aplikasi serta tingkat pemahaman pengguna terhadap benda.

## 4.2 Hasil Pengujian Aplikasi

Pengujian performa imersif dari aplikasi imersif mendapatkan hasil yang baik apabila ditinjau dari kemampuan aplikasi mengkombinasikan unsur *virtual reality* dengan perangkat keras *Leap Motion Controller*. Kegunaan *Leap Motion Controller* pada aplikasi berfungsi untuk memudahkan interaksi pengguna dengan elemen-elemen yang terdapat di dalam dunia Virtual. Data dari *Leap Motion* divisualisasikan di dalam aplikasi berupa dua tangan dan sepuluh jari dalam bentuk *model/mesh* 3D. Isyarat tangan yang digunakan adalah *swipe gesture* yang berfungsi untuk mengganti tampilan objek didepan pemain dengan objek lainnya. Deteksi *swipe gesture* oleh leap sangat akurat dan aplikasi menjalankan fungsi mengganti objek yang diamati pengguna dengan rotasi yang cukup halus. Ketika aplikasi dalam mode VR dan Leap Motion mendeteksi tangan dan isyarat secara terus menerus, fps aplikasi cenderung turun pada tingkat yang mudah terlihat. Dikarenakan temperature perangkat *leap motion* dan *smartphone* cepat sekali naik ketika digunakan dalam kurun waktu tertentu. Metode *Gaze Input* menghasilkan interaksi yang sangat cepat dan cukup akurat pada elemen-elemen dalam aplikasi. Metode ini mengirim masukan kepada *character* ketika suatu objek di tatap dalam durasi beberapa detik. Lalu

di saat durasi habis fungsi terkait objek tersebut dijalankan. Terdapat beberapa *points of interest* berupa tombol 3D kecil yang tersebar di setiap bagian Garudeya dan dapat menerima masukan dari *gaze input*. Terdapat dua buah layar besar dibelakang objek yang berfungsi untuk menampilkan informasi terkait Garudeya. Informasi dapat diganti ketika pengguna melakukan *gaze input* di salah satu *point of interest* pada Garudeya. Satu layar menyajikan sebuah foto terkait bagian yang terpilih, dan layar lainnya berisi informasi sejarah atau pemerian benda. Ketika suatu *point* diinteraksikan maka informasi terkait bagian Garudeya pada layar dibelakang objek akan berganti sesuai point yang aktif. Informasi tersebut diambil melalui sebuah database lokal. Lalu sebuah file suara akan dimainkan yang dapat membantu menjelaskan informasi secara auditori. Dari segi program, hasil pengujian pada level, menu pertama yang ditampilkan adalah UI berisi instruksi cara melakukan *gesture* yang ada dan instruksi untuk *gaze input*. UI instruksi dapat diaktif-nonaktifkan dengan menatap sebuah tombol dibawahnya. Desain UI dipilih menggunakan warna dan pemilihan *font* yang memudahkan untuk dibaca pengguna dalam lingkungan VR yang cukup terang. Objek utama yaitu Garudeya dibuat sedemikian rupa sehingga mirip dengan benda aslinya seperti sedia kala sesuai dengan imajinasi pembuat. Garudeya dihiasi dengan *material* berwarna emas dan beberapa *material* perhiasan seperti zamrud, cateye, mirah, dan safir yang tertempel pada objek. *Material* tersebut memiliki nilai *metallic* dan *roughness* yang berbeda-beda sesuai karakteristik setiap perhiasan. Pada mode Mannequin, Garudeya ditampilkan di dada sebuah model 3D manusia mengindikasikan kegunaan Garudeya. Ditampilkan pula komposisi utama pembuat Garudeya, dimensi dan beratbenda, material penyusun perhiasan, dan lain sebagainya.

#### 4.2.1 Hasil Pengujian Performa Aplikasi

**Tabel 4.1** Persentase respon partisipan

Pertanyaan	Jawaban	
	Pernah	Tidak Pernah
1	80%	20%

<b>Pertanyaan</b>	<b>Jawaban</b>			
2	Sangat Setuju	Setuju	Tidak Setuju	Sangat Tidak Setuju
	40%	60%	0%	0%
3	Sangat Setuju	Setuju	Tidak Setuju	Sangat Tidak Setuju
	10%	90%	0%	0%
4	Sangat Menarik	Menarik	Tidak Menarik	Sangat Tidak Menarik
	30%	70%	0%	0%
5	Sangat Setuju	Setuju	Tidak Setuju	Sangat Tidak Setuju
	10%	40%	40%	10%
6	Sangat Mudah	Mudah	Tidak Mudah	Sangat Tidak Mudah
	20%	70%	10%	0%
7	Sangat Setuju	Setuju	Tidak Setuju	Sangat Tidak Setuju
	30%	70%	0%	0%
8	Sangat Setuju	Setuju	Tidak Setuju	Sangat Tidak Setuju
	30%	70%	0%	0%
9	Sangat Setuju	Setuju	Tidak Setuju	Sangat Tidak Setuju
	30%	60%	10%	0%

Pertanyaan	Jawaban			
	Sangat Setuju	Setuju	Tidak Setuju	Sangat Tidak Setuju
10	50%	50%	0%	0%

Dilihat dari hasil kuesioner pada Tabel 4.1 dapat disimpulkan bahwa dari 10 partisipan, ada 80% yang mengetahui tentang *virtual museum*. Sedangkan 20% sisanya tidak pernah mendengar sama sekali tentang konsep *virtual museum*. Lalu, sebanyak 40% partisipan memilih opsi sangat setuju apabila adanya *virtual museum* dapat meningkatkan penyampaian informasi terkait benda bersejarah, dan sebanyak 60% memilih opsi setuju. Sejumlah 10% responden sangat menikmati menggunakan aplikasi ini, dan 90% memilih opsi menikmati saja. Lalu sebanyak 30% sangat tertarik dengan konsep dari aplikasi ini, dan 70% responden memilih opsi menarik. Ketika responden mencoba aplikasi ini sebanyak 40% tidak merasa kesulitan, 40% sedikit kesulitan, dan hanya 10% yang merasa kesulitan. Namun, jika dilihat dari kemudahan penyampaian informasi, 20% merasa informasi sangat mudah dipahami, dan 20% merasa mudah memahami informasi yang disajikan. Lalu, aplikasi ini dapat menambah wawasan para responden, 30% memilih sangat setuju, dan 70% memilih setuju. Sejumlah 30% responden sangat setuju jika aplikasi ini dan sejenisnya ditempatkan di museum dan 70% lainnya juga menyetujui. Sebanyak 30% responden sangat menyetujui dan lebih berminat mengunjungi museum dengan adanya aplikasi interaktif ini, 60% responden mengaku setuju, dan hanya 10% memilih opsi tidak setuju. Penggunaan aplikasi mengenai koleksi museum atau benda bersejarah seperti ini dapat menambah wawasan, sebanyak 50% memilih sangat setuju dan 50% sisanya memilih setuju.

## 4.2.2 Hasil Pengujian Pemahaman Pengguna

**Tabel 4.2** Persentase respon mengenai wawasan responden terhadap Garudeya.

Pertanyaan	Jawaban	
	Tahu	Tidak Tahu
1	40%	60%
2	40%	60%

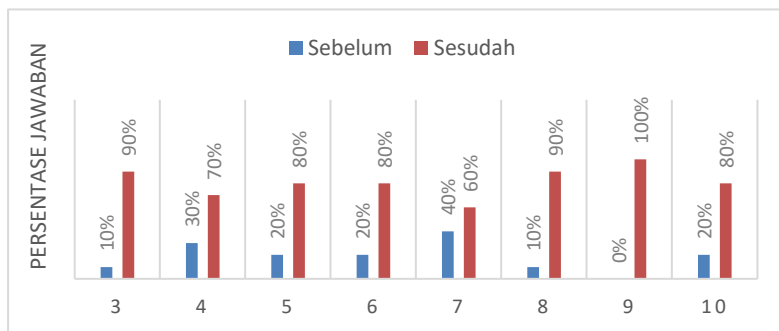
**Tabel 4.3** Persentase respon pemahaman partisipan setelah mencoba aplikasi.

Pertanyaan	Jawaban			
	a	b	c	d
3	90%	0%	0%	10%
4	0%	30%	0%	70%
5	80%	10%	10%	0%
6	80%	0%	20%	0%
7	60%	20%	10%	10%
8	90%	0%	0%	10%
9	100%	0%	0%	0%
10	80%	0%	20%	0%

Berdasarkan data yang didapatkan pada Tabel 4.2, sebanyak 40% responden mengaku mengetahui tentang perhiasan Garudeya dan 60% sisanya tidak tahu. Berdasarkan Tabel 4.3 didapatkan persentase wawasan dan pemahaman responden tentang benda bersejarah Garudeya setelah menyelesaikan aplikasi dengan durasi kurang lebih 5 menit.

Persentase jawaban benar pada pertanyaan 3 sebesar 90% dari total responden dengan 10% dari responden menjawab kurang tepat. Persentase responden menjawab benar pada pertanyaan 4 sebesar 70%. Persentase jawaban benar pada pertanyaan 5 sebesar 80%. Persentase jawaban benar pada pertanyaan 6 sebesar 80%. Persentase jawaban

benar pada pertanyaan 7 sebesar 60%. Persentase jawaban benar pada pertanyaan 8 sebesar 90%. Persentase jawaban benar pada pertanyaan 9 sebesar 100%. Persentase jawaban benar pada pertanyaan 10 sebesar 80%.



**Gambar 4.1** Grafik persentase jawaban benar dari responden sebelum dan setelah mencoba aplikasi selama durasi 5 menit.

Jumlah persentase jawaban benar pada Tabel 4.3 dari para responden cenderung tinggi. Perbandingan jumlah responden yang menjawab dengan benar setelah mencoba aplikasi dengan responden yang menjawab benar sebelum mencoba aplikasi terlihat sangat signifikan. Persentase responden menjawab benar secara keseluruhan lebih tinggi daripada responden yang menjawab salah. Hal ini dapat dianalisa bahwa aplikasi ini memudahkan penyerapan informasi kepada sebagian besar responden. Jika dibandingkan dari jumlah jawaban benar responden sebesar 65 poin atau 92,85% jawaban benar setelah mencoba aplikasi. Dibandingkan dengan 15 poin atau 21,42% terjadi kenaikan jawaban benar sebesar 33,3%. Hal ini dapat dianalisa bahwa aplikasi ini memudahkan penyerapan informasi kepada sebagian besar responden.

*Halaman ini sengaja dikosongkan.*

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dengan adanya aplikasi museum virtual Garudeya, maka informasi sejarah dan pemerian tentang perhiasan Garudeya yang disajikan secara lebih menarik, unik, dan lebih informatif. Aplikasi ini memberikan pengalaman baru dalam menikmati benda bersejarah secara virtual sebagai sarana pembelajaran maupun hiburan. Dengan memanfaatkan perangkat imersif berupa leap motion dan VR, objek dapat dinikmati dengan lebih leluasa. Rekonstruksi dan virtualisasi dari perhiasan Garudeya menghasilkan objek virtual yang tampak lebih 'hidup' dengan kualitas visual yang lebih indah.

Berdasarkan hasil implementasi dan data pengujian, mayoritas responden tertarik dengan konsep aplikasi ini dan konsep *virtual museum* secara garis besar. Dapat dilihat dari 30% responden memilih opsi sangat tertarik dan 70% sisanya memilih opsi tertarik. Sejumlah 30% responden memilih sangat setuju dan 70% memilih setuju apabila aplikasi ini ditempatkan di museum. Dapat disimpulkan bahwa aplikasi menampilkan perhiasan Garudeya secara lebih menarik, unik, dan visual yang lebih optimal serta meningkatkan minat pengguna terhadap benda bersejarah.

Setelah responden mencoba aplikasi ini, sebanyak 50% responden mengaku tidak mengalami kesulitan dalam menggunakan aplikasi, sebanyak 40% merasa sedikit kesulitan, dan hanya 10% yang merasa kesulitan. Mengindikasikan bahwa aplikasi menyajikan kontrol untuk eksplorasi dan tampilan UI yang cukup mudah digunakan.

Selain itu, jika dilihat dari ketercapaian dari segi edukasi, sebagian besar responden menjawab pertanyaan seputar sejarah dan pemerian Garudeya dengan jumlah poin jawaban benar sebanyak 65 poin setelah mencoba aplikasi. Dibandingkan dengan 15 poin jawaban benar, terjadi kenaikan poin jawaban benar sebesar 33,3%. Dengan responden menjawab benar paling rendah adalah 60% dan yang paling tinggi adalah 100%. Dapat disimpulkan bahwa aplikasi meningkatkan kualitas penyampaian informasi dengan lebih optimal.



## 5.2 Saran

Untuk pengerjaan aplikasi selanjutnya ditambahkan fitur-fitur pada sistem eksplorasi maupun interaksi *leap motion* terhadap objek, sekaligus menambah konten aplikasi menjadi lebih luas. Selain itu dari segi desain dan aset, kualitas aset 3D dari Garudeya dapat lebih diperindah lagi dan dari *User Interface* dapat ditingkatkan sehingga lebih memudahkan pengguna di dalam aplikasi. Perbaikan ini dapat mempengaruhi hasil akhir dari tujuan dan menambah minat serta kualitas penyerapan informasi seputar Garudeya menjadi lebih optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sejarah Berdirinya Museum Mpu Tantular  
<http://www.museum-mputantular.com/profile/sejarah-berdirinya-museum/> Diakses pada 25 Maret 2017
- [2] Bawonosari, L. “Pembuatan Museum Virtual Budaya Dan Sejarah: dalam internet”;  
<http://www.publication.gunadarma.ac.id>, 13-10-2014.  
Diakses 24 Maret 2017
- [3] Sedyawati, Edi.2016. “Menguak Misteri Perhiasan Emas Garudeya Koleksi Museum Mpu Tantular”. Von Vaber, Museum Pu Tantular Sidoarjo-Jawa Timur.18 Mei 2016.
- [4] Immersive Technology.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Immersive\\_technology](https://en.wikipedia.org/wiki/Immersive_technology).  
Diakses pada 4 Februari 2018.
- [5] Leap Motion Controller. <https://developer.leapmotion.com/>.  
Diakses pada 4 Juni 2018.
- [6] VRidge Riftcat FAQ. <https://support.riftcat.com/hc/en-us/articles/360000146105-VRidge-FAQ>. Diakses pada 4 Juni 2018.
- [7] Teknologi Imersif.  
[https://id.wikipedia.org/wiki/Teknologi\\_imersif](https://id.wikipedia.org/wiki/Teknologi_imersif). Diakses pada 4 Juni 2018.
- [8] The Vimm Definition of a Virtual Museum. <https://www.vimm.eu/2018/01/10/the-vimm-definition-of-a-virtual-museum/>. Diakses pada 06 Juli 2018.

- [9] S. Reeve and J. Flock. “Basic Principles of Stereoscopic 3D v1”, 2010.
- [10] Alger, M. Visual Design Methods for Virtual Reality. C-Base Raumstation, Berlin, Germany, 2015.
- [11] Mizell, D.W., Jones, S.P., Slater, M. and Spanlang, B., 2002. “Comparing immersive virtual reality with other display modes for visualizing complex 3D geometry”. *Boeing and University College*. Diakses pada 20 Juli 2014.
- [12] Colgan, A. 12 FAQs About the VR Developer Mount. <http://blog.leapmotion.com/12-faqs-vr-developer-mount/>. Diakses pada 20 Juli 2018.
- [13] Tonin, A. UNITY – JS Script – Ray casting. <http://www.lucedigitale.com/blog/tag/unity-2/page/43/>. Diakses pada 20 Juli 2018.
- [14] InteractionBox. <https://developer-archive.leapmotion.com/documentation/java/api/Leap.InteractionBox.html>. Diakses pada 20 Juli 2018.

## LAMPIRAN

### A. Sejarah Garudeya

Ditemukan oleh saudara Seger tahun 1989. Merupakan artefak peninggalan masa Hindu-Budha, yaitu sebuah ideofak yang berhubungan dengan kepercayaan atau religi. Hiasannya sarat dengan filsafat tantra sehingga dikenal sebagai 'Yantra' yaitu alat bantu dalam upacara. Banyak kemiripan dengan kesenian yang berkembang pada masa kerajaan Singasari. Sehingga secara historis, Garudeya dapat dihubungkan dengan raja Kertanagara, sebagai raja yang tekun dan rajin dalam melakukan upacara-upacara tantra. Diduga merupakan sebuah sengkala yang dapat dibaca sebagai angka tahun 1212 saka atau 1290 M. Beberapa versi sejarah yang dapat disimpulkan:

1. Dilihat dari reliefnya, hiasan ini diduga merupakan peninggalan dari Abad XII-XIII Masehi. Jika dihubungkan dengan adanya hiasan burung 'garuda' membawa 'amerta' yang dianalogkan dengan relief garuda candi Kidal (Malang) yang merupakan produk abad XIII M masa kerajaan Singasari.
2. Jika ditinjau dari penggambaran paruh burung garuda yang menunjukkan adanya pengaruh Cina. Jika dilihat dari besarnya karat dan jenis batuanya, diduga benda ini berasal dari Siam, dan sampainya di Jawa karena sebagai cendera mata dari Raja Siam yang diperuntukkan bagi raja Jawa.
3. Berasumsi bahwa mungkin karena raja Airlangga dikenal dengan prasasti-prasasti kerajaannya yang menggunakan cap 'Garuda muka'. Serta dihubungkan dengan arca Wisnu naik garuda dari patirthan Belahan yang diduga sebagai arca perwujudan Airlangga. Sehingga benda tersebut berasal dari abad XI M.
4. Satu dugaan lagi disebutkan bahwa benda yang disebut sebagai badong penutup dada itu milik raja Tohjaya dari kerajaan Singasari abad XIII M. Argumentasinya berdasar pada tempat temuan benda tersebut, yakni di desa Plaosan kecamatan Wates Kediri. Berbekal dari berita Pararaton yang menyebutkan bahwa

raja Tohjaya meninggal di Katang Lumbang. Di dekat desa Plaosan, di kecamatan Ngasem terdapat sebuah tempat yang bernama Katang, sementara di bagian lain, yaitu di kecamatan Gurah terdapat nama daerah bernama Lumbang. Atas dasar toponim itulah, maka benda tersebut diduga milik raja Tohjaya yang terjatuh saat sang raja melarikan diri dan mati terbunuh di Katang Lumbang.

## B. Pemerian Garudeya

Garudeya memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Panjang	37 cm
Lebar	22 cm
Made of	emas 22 karat
berat keseluruhan	1.163.09 gram

Garudeya Dihiasi batu permata yang disusun secara simetris berdasarkan warna di bagian kiri dan kanan, dengan jenis batuan ‘mirah’, ‘cat eye’, ‘jamrut’, dan ‘safir’.

Artefak ini dapat dipisahkan menjadi beberapa bagian, yaitu:

### 1. Atas

Terdapat ornamen pergelangan dan telapak tangan kiri serta burung garuda membawa kendi (kamandalu) berisi air kehidupan (amerta). Bagian atas membentuk lengkung kurawal, berhiaskan sulur yang bentuknya mirip dengan kelopak bunga teratai dengan ujung-ujungnya membentuk lidah api. Kelopak bunga teratai berjumlah lima lembar yang sedang mekar. Sementara di dalam sulur-sulur terdapat gambar pergelangan tangan kiri dengan telapak tangannya yang jari-jarinya terbuka. Di bagian dalam telapak tangan kiri terdapat guratan mirip huruf ‘S’, seolah sebuah lidah api yang keluar dari selubungnya. Bagian lengkung dibawahnya ini seolah tudung tinggi yang membentuk sirascakra bagi kepala burung garuda yang berada di bawahnya. Pada bagian ini terdapat 7 tempat batu permata.

Hiasan burung garuda dengan tangan kiri membawa guci amerta, sementara tangan kanan diarahkan ke kanan dengan telapak tangan bersikap ‘kartarimudra’ (jari telunjuk dan tengah membentuk seperti

guntin, tiga jari lain disatukan dengan ditekuk di bawahnya). Muka garuda menghadap ke arah depan dengan paruh yang terbuka. Berambut ikal, mata bundar melotot. Memakai kundala (anting), hara (kalung), keyura (kelat bahu), kankana (gelang), kuchabandha (ikat/hiasan dada), serta upavita (tali kasta). Mengenakan kain bawah motif 'jlamprang' dengan hiasan empat kelopak padma. Posisi kedua kaki seperti layaknya relief garuda yang terdapat pada candi Kidal dan arca dari Belahan, hanya saja kaki kiri garuda Belahan dan garuda candi Kidal, betis dan telapak kaki ditekuk dan tersembunyi di paha kiri. Sementara garuda ini betis dan telapak kaki kirinya dilempar keluar ke arah kiri, sehingga tampak seperti berlari. Kedua sayapnya dikembangkan lebar-lebar seperti garuda candi Kidal.

Pada bagian belakang Garuda sarat oleh hiasan sulur dan flora, menggambarkan pemandangan hutan, terdapat gambar figur manusia yang masing-masing berada dalam ceruk. Figur manusia pada sisi kanan atas duduk dengan posisi kedua tangan bertumpu di atas kedua lutut kaki yang ditekuk ke atas (seperti seseorang sedang duduk di depan perapian). Kanan bawah, seseorang duduk dengan kaki kiri ditekuk ke atas, kaki kanan bersila, tangan kiri mengelus perutnya yang buncit, sementara tangan kanan berjungai bertumpu, di depannya terdapat sebuah mangkuk. Di kiri atas terdapat sosok yang sama dengan gambar kanan bawah. Sementara kiri bawah seseorang duduk samadi dengan sikap 'padmasana' dengan sikap tangan 'dhyanamudra', yaitu kedua telapak tangan disatukan di pangkuan kedua kakinya dengan telapak menghadap ke atas (mengingat kepada arca Budha Amitabha). Di belakang kepalanya ada 'sirascakra', yaitu lingkaran kesucian. Pada bagian ini terdapat 21 tempat batu permata.

## 2. Tengah

Terdapat gambar figur raksasa dalam sikap berdiri 'pratyalidha' (kaki kanan ditekuk dan kaki kiri lurus). Berambut gimplal dengan ikat kepala sebagai mahkota dengan motif 'dua tanduk' (mirip kepala kala candi Jago) dengan hiasan bunga ditengahnya. Tangan kiri diayunkan ke samping kiri dengan sikap telapak tangan 'abhayamudra', sementara tangan kanan diarahkan ke samping kanan atas dengan membawa senjata gada. Muka raksasa menghadap ke arah depan dengan mata bundar melotot, serta mulut yang menyeringai dengan gigi-gigi dan taringnya. Memakai kundala

(anting), hara (kalung), keyura (kelat bahu), kankana (gelang), kuchabandha (ikat/hiasan dada), serta upavita (tali kasta). Kain bawah motif 'jlamprang' dengan hiasan empat kelopak padma.

Sekitar figur raksasa sarat oleh hiasan flora dengan pohon-pohon yang rindang, terdapat figur-figur manusia berpakaian pertapa. Figur manusia pada sisi kanan atas duduk bersila di dalam ceruk, dengan tangan kanan bertumpu, tangan kiri diletakkan dipangkuan paha kiri. Kanan atas, seseorang yang berdiri memandang ke arah seseorang yang duduk tadi dengan tangan kanan diangkat sejajar bahu, sedang tangan kiri berjuntai ke bawah. Jauh di belakangnya tampak sebuah bangunan balai dari kayu. Pada bagian ini terdapat 12 tempat batu permata yang batunya masih ada.

### 3. Bawah

Bidang ketiga terdapat figur manusia berwajah raksasa dengan kedua tangan diangkat ke atas, sementara dua kaki dalam sikap menari dengan gaya 'berjengkak'. Bergambar seseorang yang berdiri dengan posisi menari. Kedua tangan diangkat ke atas, dengan kedua telapak tangan menengadah ke atas. Sementara kedua kakinya ditekuk dengan kaki berjingkat. Figur ini berwajah raksasa dengan mata melotot dan mulut menyeringai. Mahkotanya adalah rambutnya yang disanggul tinggi (jata-makuta). Terdapat 'sirascakra' (lingkaran kesucian) di belakang kepalanya. Memakai kundala (anting), hara (kalung), keyura (kelat bahu), kankana (gelang), kuchabandha (ikat/hiasan dada), serta nupura (binggel). Benda yang sarat dengan rangkain hiasan relief dan ornamen ini masih dihiasi dengan circir (kelintangan) pada sisi-sisi kanan dan kirinya, yang sekarang jumlahnya tinggal 13 buah.

### 4. Samping

Kelintangan (circir) yang menghiasi bagian samping Garudeya seperti circir yang digunakan oleh para pendeta dari aliran tantra sebagai sarana prosesi upacara. Arca Bhairawa dari percandian Singosari mengenakan sabuk dari sederetan circir yang diikatkan di perutnya. Begitu pula Bhairawa dari Padangroco mengenakan sabuk dengan gantungan circir. Di Bali, para Sengguhu (semacam pedanda) memakai tanda-tanda kebesaran Bhairawa, yaitu gendang kecil dan circir yang digantungkan pada sebuah cakra dengan gagang garuda

(Moens, 1974; Surasmi, 2007). Dengan demikian circir merupakan salah satu ciri dari sarana upacara tantra.

### **C. Identitas Garudeya**

Beberapa identitas yang diperoleh adalah:

1. Gambar pergelangan dan telapak tangan kiri yang di dalamnya terdapat hiasan lidah api.
2. Gambar burung garuda membawa guci amerta, mengenakan kain bawah motif jlamprang.
3. Gambar raksasa membawa gada, mengenakan kain bawah motif jlamprang.
4. Gambar figur manusia yang bersifat demonis sedang menari
5. Gambaran pemandangan hutan dengan beberapa orang yang sebagian berpakaian pertapa.
6. Hiasan circir yang terdapat pada sisi-sisi kanan-kirinya.

Merupakan artefak peninggalan pada masa Hindu-Budha, atas dasar motif sikap telapak tangan (mudra), garuda dengan amertanya, raksasa membawa gada, figur manusia yang berpakaian kedewaan bersifat demonis, serta hiasan flora sulur-sulur teratai yang mendasarinya. Semua itu merupakan motif-motif pengaruh dari kepercayaan Hindu-Budha dari India. Berikut ini penjelasan lebih lanjut dari identitas diatas.

1. Di Indonesia, lukisan tangan sejauh ini dapat ditelusuri dari peninggalan masa pra aksara dari leang Maros Sulawesi, yaitu cap-cap tangan kanan dan kiri dari manusia purba (Bernet Kempers, 1959; Hamka, 1980). Namun dalam hal hiasan tangan dan telapak tangan masa Hindu dan Budha, berhubungan dengan figur arca dewa. Di dalam ikonografi Hindu dan Budha, tangan dan telapak tangan berhubungan dengan sikap gerak tangan sebuah arca yang disebut hasta dan mudra. Hasta adalah sikap lengan seluruhnya dengan sikap tangan beserta jari-jarinya, sedangkan Mudra adalah sikap telapak tangan beserta jari-jarinya (Maulana, 1984). Lukisan telapak tangan kiri dengan jari-jari yang terbuka, menunjuk kepada mudra tertentu. Hal ini



mengingatkan kepada suatu kepercayaan tantra, yang dalam ritual upacaranya memiliki tiga aspek, yaitu: mudra, jari-jari yang berjalani dalam sikap-sikap tertentu; dharani, syair mistik dan mantra; serta dharana, yaitu konsentrasi yoga (Priastana, 2004). Dalam hal ini mudra merupakan salah satu dari panca-Makara yang disebut Pancatattwa (Surasmi, 2007), yaitu sikap tangan yang menimbulkan tenaga-tenaga gaib (Soediman, 1977; Soekmono, 1988). Atas dasar relevansi tersebut dapat diduga bahwa gambar telapak tangan kiri yang terdapat di bagian atas benda tersebut menunjuk kepada keberadaannya sebagai ciri dari aliran kiri dalam kepercayaan tantrayana. Seperti yang diuraikan oleh Pott (1966) bahwa ajaran tantrayana terdiri dari dua aliran, yaitu *right hand path* atau aliran kanan (*pawritti*) dan *left hand path* atau aliran kiri (*niwritti*). Aliran kanan menekan dan mengendalikan organ indera dari panca-Ma, sementara aliran kiri justru membebaskan organ indera dari panca-Ma.

2. Garuda dikenal dalam mitologi Hindu sebagai lambang kebebasan, hidup bebas di alam terbuka yang tidak terikat oleh sesuatu batas (Santiko, 1971). Sementara hubungan antara garuda dengan amerta dapat dilihat di dalam *Adiparwa* (*Mahabharata parwa pertama*) yang disebut cerita 'Garudeya', yaitu ketika garuda menebus dewi Winata ibunya, dari perbudakan dewi Kadru dengan siasat menukarnya dengan air amerta milik para dewa (Santiko, 1971; Mellema dan Poerwadarminta, 1934). Di Indonesia, fragmen relief garuda dikenal dalam seni arca, relief candi, serta fragmen ornamen prasasti maupun yoni. Dalam seni arca dapat disebutkan sebagai contoh adalah garuda yang menyertai arca Wisnu dari candi Banon Jawa Tengah. Bentuk garuda di sini digambarkan sangat kecil berdiri di belakang kaki arca Wisnu. Sementara arca Wisnu naik garuda dari patirthan Belahan, penggambaran arca garuda besarnya melebihi arca Wisnu yang berada di atas pundaknya (Bernet Kempers, 1959). Penggambaran garuda di relief candi dijumpai pada dinding kaki candi Kidal, candi Kedaton, dan candi Suku (Bernet Kempers, 1959). Sedangkan fragmen

ornamen ‘garuda muka’ di prasasti dapat dijumpai pada sejumlah prasasti raja Airlangga yang memang digunakan sebagai cap kerajaan (Susanti, 2010), dan fragmen ornamen pada batu yoni salah satunya dijumpai di candi Sawentar-Blitar.

Hiasan garuda membawa amerta dalam artefak yang kita bahas ini, tidak begitu saja dapat diduga sebagai makna yang berhubungan dengan peristiwa Adiparwa. Itu haruslah berhubungan dengan garuda yang melambangkan kebebasan, sedangkan air amerta berarti air suci abadi (Zoetmulder, 2004; Mardiwasito, 1986; Wojowasito, 1977). Kebebasan dan keabadian ini hanya dapat dipahami apabila kita berbicara tentang ‘jivan mokta’, yang merupakan salah satu ciri dari aliran tantra mengenai usaha mempercepat proses pencapaian moksa, yaitu pembebasan dari semua ikatan duniawi untuk mencapai kesempurnaan, walaupun yang bersangkutan masih hidup (Pitono, 1969; Sulaiman, 1980; Santiko, 1990). Juga perlu mendapat perhatian di sini bahwa garuda dalam pandangan Budhisme kalacakra, merupakan burung nyawa yang rakus sebagai tunggangan dari Budha Amoghasiddhi (Moens, 1974).

3. Dalam ikonografi Hindu, figur raksasa dalam posisi berdiri membawa gada dapat diidentikkan sebagai Mahakala. Mahakala adalah salah satu aspek dari dewa Siwa yang bersifat kroda/demonis (Soekmono, 1988). Di Jawa, Mahakala dapat dijumpai pada candi-candi Hindu. Penempatannya bersandingan sebagai penjaga pintu ruang utama bersama Nandiswara, yang juga merupakan aspek Siwa yang bersifat santa. Berkenaan dengan figur Mahakala dalam pembahasan ini yang berdiri sendiri tanpa Nandiswara, pun dilihat dari sikap berdirinya yang merentangkan kakinya (seperti berdirinya arca Catuhkaya dari Pejeng-Bali (Bernet Kempers, 1956), tidak dapat dihubungkan dengan Mahakala sebagai penjaga kuil Siwa. Dalam pandangan kepercayaan Budhisme kalacakra, disebutkan bahwa Mahakala adalah pembunuh besar sebagai penguasa lapangan mayat, yang dikalahkan oleh sang Budha. Di lapangan mayat itulah ketika api pembakaran membubung tinggi dan menghancurkan apa yang

dibakar, di sanalah tempat Mahakala dengan rambutnya yang bernyala-nyala kemerah-merahan dengan sifat krodanya, dilingkupi oleh agni (api) gelap dalam wujud seekor burung garuda sebagai burung nyawa yang rakus (Moens, 1974).

4. Figur terakhir adalah figur berwajah demonis dengan pakaian kedewaan sedang melakukan sebuah gerakan menari. Dalam paham Hindu, dewa yang melakukan tarian seolah-olah tanpa berhenti adalah Siwa, oleh karenanya disebut sebagai Nrta atau Tandava murti (Harshananda, 1999). Pun dalam kepercayaan Hindu-Budha, Siwa melakukan tarian ketika dalam wujudnya sebagai Bhairawa, yaitu dewa lapangan mayat yang berwajah raksasa yang terkenal dalam aliran tantra (Moens, 1974; Soekmono, 1988). Gambaran figur ini posisi gerak kakinya menyerupai gerak kaki arca Bhairawa dari Singosari (Bernet Kempers, 1959; Soekmono, 1988), arca Bhairawa atau Bhima dari Pura Kebo Edan Gianyar-Bali (Bernet Kempers, 1956; Surasmi, 2007), serta relief-relief raksasa dari biaro Bahal I (Sulaiman, 1985). Yang semuanya menunjuk kepada suatu tarian dalam prosesi upacara tantra. Dengan demikian dapat diasumsikan bahwa gambaran itu adalah 'Siwa' yang menari, yang dalam aliran tantra dikenal sebagai 'Bhairawa'.
5. Lukisan pemandangan hutan dengan sebuah 'bale' sebagai latar belakang, serta beberapa orang yang sebagian berpakaian pertapa di dalam ceruk, ada yang berperut buncit tanda kekenyangan dengan wadah mangkuk di depannya, ada figur pertapa melakukan samadi yang penggambarannya mirip dhyani Budha Amitabha. Suasana relief semacam ini mengingatkan kepada adanya sebuah mandala (lingkungan pertapaan). Namun pertapaan di dalam hutan yang aneh ini, pertapa di satu sisi berperut buncit tanda kekenyangan, di sisi lain lagi duduk samadi seolah tanpa terganggu, akan mudah dipahami apabila kita mengkorelasikan dengan naskah Sang Hyang Kamahayanikan (Sumongokarso, 1988) dan Sutasoma (Woro Retno Mastuti dan Bramantyo, 2009) yang menguraikan tentang

keberadaan mandala pertapaan dan tata aturan dalam melakukan tapa. Dalam hal ini aturan-aturan tersebut mirip dengan cerita yang terdapat dalam naskah Tantu panggelasan tentang cerita Pu Bharang yang melakukan tapa Bhairawa (Pigeaud, 1924), serta cerita Bubuksa Gagangaking, dalam hal ini Bubuksa pun melakukan tapa Bhairawa (Soewito, 1975). Lingkungan mandala semacam ini dalam naskah Nagarakretagama disebut sebagai 'karesyan' yang di dalamnya termasuk 'caturbhasma mandala' dan 'katyagan caturasrama' (Pigeaud, 1960; Slametmulyana, 1979; Robson, 1995; Riana, 2009). Bhasma berarti abu, biasanya berupa abu sisa pembakaran pembakaran mayat, yang merupakan salah satu unsur yang sangat penting untuk upacara tantra, yaitu dipakai untuk melumuri tubuh si sadhaka dalam upacara tersebut (Santiko, 1990). Apabila relief ini dikorelasikan dengan gambar Garuda, Mahakala, dan Bhairawa, maka tidak diragukan lagi bahwa lukisan dari semua relief itu menggambarkan suatu wanasrama mandala Bhasma, yaitu sebuah ksetra dari aliran tantra sebagai tempat melakukan prosesi upacara tantra. Hal ini tentunya kita ingat akan naskah Tantu Panggelaran bahwa wanasrama di Kalyasem merupakan pusat aliran Siwa Bhairawa tempat Pu Bharang melakukan samadi (Pigeaud, 1924). Juga naskah Calon Arang yang menyebutkan tempat upacara yang dilakukan oleh Calon Arang di sebuah tempat angker atau pekuburan (Poerbatjaraka, 1975).

6. Kelintingan (circir) yang menghiasi pinggir-pinggirnya, mengingatkan kepada circir yang digunakan oleh para pendeta dari aliran tantra sebagai sarana prosesi upacara. Arca Bhairawa dari percandian Singosari mengenakan sabuk dari sederetan circir yang diikatkan di perutnya. Begitu pula Bhairawa dari Padangroco mengenakan sabuk dengan gantungan circir. Di Bali, para Sengguhu (semacam pedanda) memakai tanda-tanda kebesaran Bhairawa, yaitu gendang kecil dan circir yang digantungkan pada sebuah cakra dengan gagang garuda (Moens, 1974; Surasmi, 2007). Dengan demikian circir merupakan salah satu ciri dari sarana upacara tantra.

*Halaman ini sengaja dikosongkan.*

## **BIOGRAFI PENULIS**



Yanuar Ramadhani Achmadianto, lahir pada 24 Januari 1996 di Malang. Penulis lulus dari SMP Negeri 21 Malang pada tahun 2011 kemudian melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 4 Malang hingga lulus pada tahun 2013. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan sarjana ke Departemen Teknik Komputer ITS Surabaya pada bidang studi Game dan Perangkat Mobile. Saat di kuliah penulis aktif dalam berbagai organisasi termasuk Asisten Lab B201 dan Commtch 2017. Selama masa kuliah penulis mengikuti perlombaan internasional Intel Realsense Challenge 2014 dan BEMC Unair 2016. Penulis sangat tertarik dengan segala hal yang berhubungan dengan Game, dan berencana melanjutkan studi pada bidang yang berkaitan.