

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN TEKNOLOGI  
AUGMENTED REALITY RAMBU-RAMBU LALU LINTAS  
SEBAGAI MEDIA PENGENALAN**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Sarjana  
Program Studi Informatika



disusun oleh

**HARIYANTO**

**19.11.3046**

Kepada

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA  
YOGYAKARTA**

**2023**

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN TEKNOLOGI  
AUGMENTED REALITY RAMBU-RAMBU LALU LINTAS  
SEBAGAI MEDIA PENGENALAN**

**SKRIPSI**

untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Sarjana  
Program Studi Informatika



disusun oleh  
**HARIYANTO**

**19.11.3046**

Kepada

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA  
YOGYAKARTA**

**2022**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN TEKNOLOGI  
AUGMENTED REALITY RAMBU-RAMBU LALU LINTAS  
SEBAGAI MEDIA PENGENALAN**

yang disusun dan diajukan oleh

**Hariyanto**

**19.11.3046**

telah disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi  
pada tanggal 23 Agustus 2023

**Dosen Pembimbing,**



**Rifda Fatmaha Alfa Aziza, M.Kom**

**NIK. 190302392**

**HALAMAN PENGESAHAN  
SKRIPSI  
PERANCANGAN DAN PEMBUATAN TEKNOLOGI  
AUGMENTED REALITY RAMBU-RAMBU LALU LINTAS  
SEBAGAI MEDIA PENGENALAN**

yang disusun dan diajukan oleh

**Hariyanto  
19.11.3046**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
pada tanggal 16 Agustus 2023

**Susunan Dewan Penguji**

**Nama Penguji**

**Majid Rahardi, S.Kom., M.Eng.  
NIK. 190302393**

**Arifiyanto Hadinegoro, S.Kom., M.T.  
NIK. 190302289**

**Rifda Faticha Alfa Aziza, M.Kom  
NIK. 190302392**

**Tanda Tangan**



Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer  
Tanggal 23 Agustus 2023

**DEKAN FAKULTAS ILMU KOMPUTER**



**Hanif Al Fatta, S.Kom., M.Kom.  
NIK. 190302096**

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini,

Nama mahasiswa : Hariyanto

NIM : 19.11.3046

Menyatakan bahwa Skripsi dengan judul berikut:

**Perancangan Dan Pembuatan Teknologi Augmented Reality Rambu-Rambu Lalu Lintas Sebagai Media Pengenalan**

Dosen Pembimbing : Rifda Faticha Alfa Aziza, M.Kom

1. Karya tulis ini adalah benar-benar **ASLI** dan **BELUM PERNAH** diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas AMIKOM Yogyakarta maupun di Perguruan Tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan dan penelitian **SAYA** sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan disebutkan dalam Daftar Pustaka pada karya tulis ini.
4. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab **SAYA**, bukan tanggung jawab Universitas AMIKOM Yogyakarta.
5. Pernyataan ini **SAYA** buat dengan sesungguhnya, apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka **SAYA** bersedia menerima **SANKSI AKADEMIK** dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Perguruan Tinggi.

Yogyakarta, 16 Agustus 2023

Yang Menyatakan,

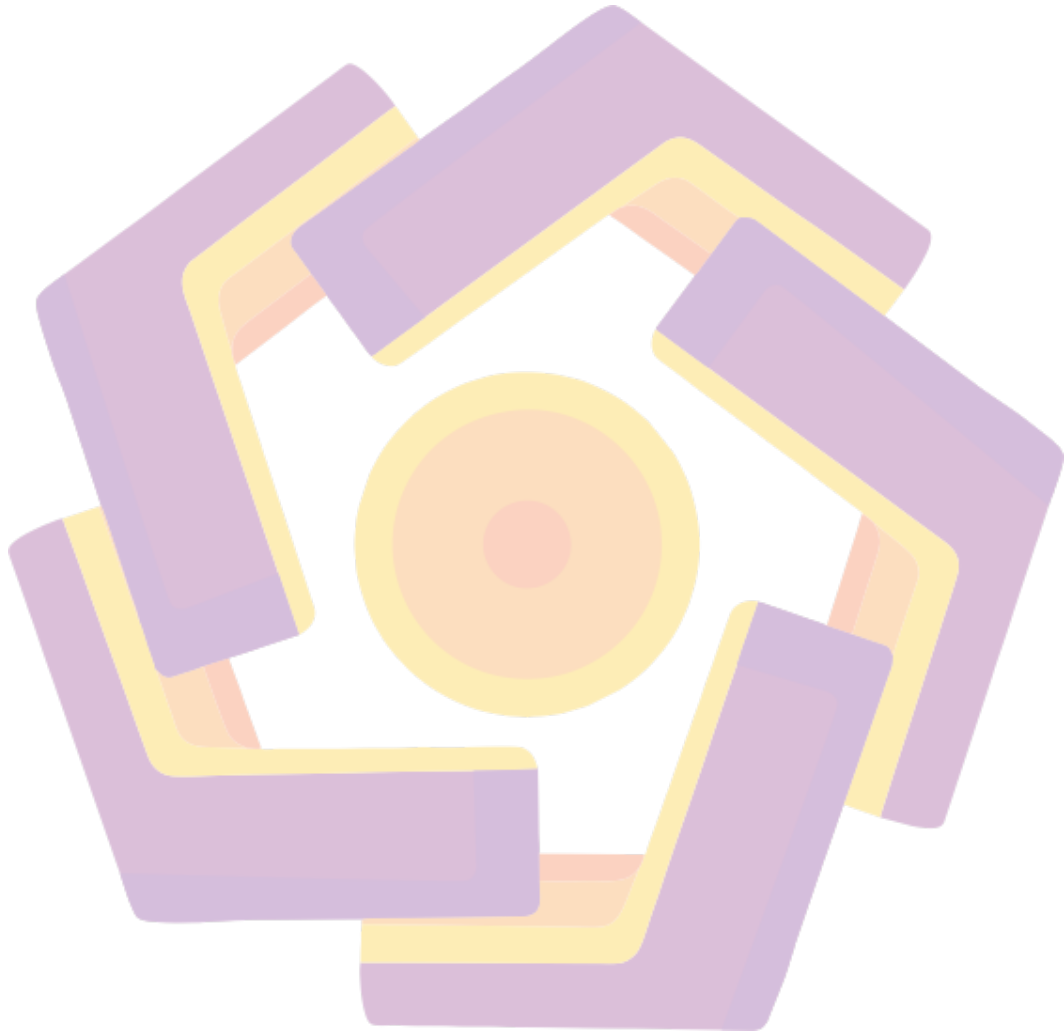


Hariyanto

## **MOTTO**

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum, sebelum mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri.”

QS Al-Rad 11



## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya peneliti mampu menyelesaikan Tugas Akhir Skripsi dengan judul “Perancangan Dan Pembuatan Teknologi Augmented Reality Rambu-Rambu Lalu Lintas Sebagai Media Pengenalan” dengan baik dan tepat waktu. Tugas Akhir Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Ilmu Komputer dengan Program Studi Informatika Universitas Amikom Yogyakarta. Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dan dukungan dari pihak baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberi kelancaran dalam menyelesaikan naskah skripsi dengan baik dan tepat waktu.
2. Bapak Hanif Al Fatta, S.Kom., M.Kom, selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Amikom Yogyakarta.
3. Ibu Rifda Fatcha Alfa Aziza, M.Kom. selaku dosen pembimbing skripsi atas segala bimbingan arahan serta saran yang diberikan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Bapak Muhammad Tofa Nurcolis, M.Kom, selaku dosen wali yang telah membantu penulis dalam mengikuti dan menyelesaikan studi di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Amikom Yogyakarta.
5. Seluruh staff pengajar Fakultas Ilmu Komputer Universitas Amikom Yogyakarta yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang tak ternilai selama penulis menempuh belajar Pendidikan di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Amikom Yogyakarta.
6. Bapak Ibu orang tua serta kakak-kakak penulis yang selalu memberikan doa, bantuan, motivasi, dan perhatian dari awal hingga akhir berjalan dengan baik.
7. Semua pihak secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah dengan tulus dan ikhlas memberikan doa dan bimbingan sehingga dapat terselesaikannya skripsi ini dengan baik.

Yogyakarta, <tanggal bulan tahun>

Penulis



Hariyanto

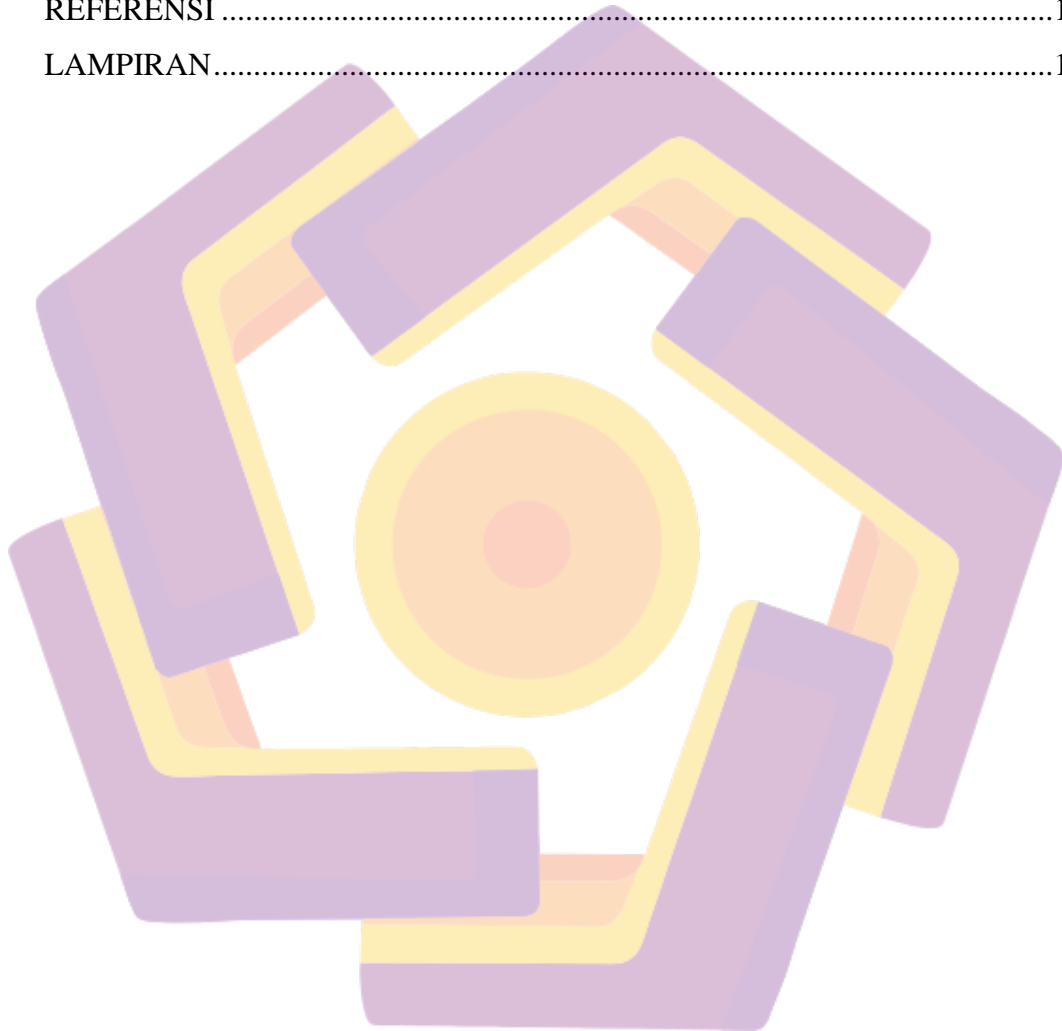
## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....	iv
MOTTO .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
INTISARI .....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 Studi Literatur.....	6
2.2 Dasar Teori.....	15
2.2.1 Rambu Lalu Lintas.....	15
2.2.2 Android .....	17
2.2.3 Unity 2021 .....	19
2.2.4 Augmented Reality .....	19
2.2.5 Marker (Marker Based Tracking) .....	20
2.2.6 Vuforia SDK .....	21



2.2.7 Blender 3D .....	24
2.2.8 CorelDraw .....	24
2.2.9 Metode MDLC (Multimedia Development Life Cycle) .....	25
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>27</b>
3.1 Deskripsi Umum.....	27
3.2 Objek Penelitian .....	27
3.3 Alur Penelitian.....	28
3.4 Identifikasi.....	28
3.5 Metode Pengumpulan Data .....	29
3.5.1 Observasi.....	29
3.5.2 Studi Pustaka.....	29
3.5.3 Kuesioner .....	29
3.6 Analisis Kebutuhan .....	32
3.6.1 Kebutuhan Fungsional .....	32
3.6.2 Kebutuhan Non Fungsional .....	33
3.7 Metode MDLC .....	35
3.7.1 Concept (Konsep) .....	35
3.7.2 Design (Perancangan) .....	36
3.7.3 Pengumpulan Bahan (Material Collecting) .....	61
3.7.4 Pembuatan (Assembly) .....	77
3.7.5 Testing (Pengujian Aplikasi) .....	93
3.7.6 Distribusi.....	95
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>96</b>
4.1 Marker .....	96
4.2 Objek 3D .....	97
4.3 User Interface .....	101
4.4 Pengujian .....	106
4.4.1 Pengujian Alpha.....	107

4.4.2 Pengujian Beta .....	116
4.5 Distribution (Pendistribusian) .....	119
BAB V PENUTUP .....	120
5.1 Kesimpulan .....	120
5.2 Saran .....	121
REFERENSI .....	122
LAMPIRAN.....	125



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Keaslian Penelitian .....	10
Tabel 3. 1 Observasi Anak Dibawah Umur Mengendarai Kendaraan Bermotor ..	30
Tabel 3. 2 Kebutuhan Perangkat Lunak Untuk Perancangan .....	33
Tabel 3. 3 Kebutuhan Perangkat Keras Untuk Perancangan .....	34
Tabel 3. 4 Kebutuhan Perangkat Keras Untuk Pengujian Aplikasi .....	34
Tabel 3. 5 Deskripsi Konsep .....	35
Tabel 3. 6 Skenario Use Case SplashScreen .....	38
Tabel 3. 7 Skenario Use Case Mulai AR .....	39
Tabel 3. 8 Skenario Use Case Petunjuk Penggunaan .....	40
Tabel 3. 9 Skenario Use Case Kuis .....	41
Tabel 3. 10 Skenario Use Case Materi .....	42
Tabel 3. 11 Skenario Use Case Rambu Larangan .....	42
Tabel 3. 12 Skenario Use Case Rambu Perintah .....	43
Tabel 3. 13 Skenario Use Case Rambu Peringatan .....	44
Tabel 3. 14 Skenario Use Case Rambu Petunjuk .....	44
Tabel 3. 15 Skenario Use Case Tentang .....	45
Tabel 3. 16 Skenario Use Case Keluar .....	46
Tabel 3. 17 Asset Objek 3D dan Marker .....	72
Tabel 3. 18 Asset Interface .....	73
Tabel 3. 19 Asset Rambu Larangan .....	74
Tabel 3. 20 Asset Rambu Peringatan .....	75
Tabel 3. 21 Asset Rambu Perintah .....	75
Tabel 3. 22 Asset Rambu Petunjuk .....	76
Tabel 3. 23 Code SplashScreen dan Loading .....	78
Tabel 3. 24 Code TampilanMain Menu .....	80
Tabel 3. 25 Code Mulai AR .....	81
Tabel 3. 26 Code Program Berpindah Scene Pada Kuis .....	82
Tabel 3. 27 Code Program Jawaban Pilihan Ganda Kuis .....	83
Tabel 3. 28 Code Program Skor Kuis .....	84

Tabel 3. 29 Code Program Swipe Preview dan Next.....	84
Tabel 3. 30 Code Program Tampilan Materi .....	86
Tabel 3. 31 Kode Program Tampilan Rambu Larangan .....	88
Tabel 3. 32 Kode Program Tampilan Tentang.....	89
Tabel 3. 33 Pertanyaan Kuesioner .....	94
Tabel 4. 1 Pembahasan Marker.....	96
Tabel 4. 2 Pengujian Tombol dan Interface .....	107
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Augmented Reality .....	109
Tabel 4. 4 Spesifikasi Smartphone Untuk Pengujian.....	111
Tabel 4. 5 Kinerja Aplikasi Yang Terpasang Pada Smartphone.....	111
Tabel 4. 6 Spesifikasi Beberapa Smartphone Pada Pengujian Interface.....	112
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Interface Pada Beberapa Smartphone.....	112
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Aplikasi Terhadap Cahaya .....	113
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Terhadap Jarak Dan Sudut .....	115
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Ukuran Marker .....	116
Tabel 4. 11 Hasil Pertanyaan Kuesioner.....	116
Tabel 4. 12 Bobot Pilihan Jawaban.....	117
Tabel 4. 13 Perhitungan Bobot Nilai Kuesioner.....	117
Tabel 4. 14 Jarak Interval.....	118

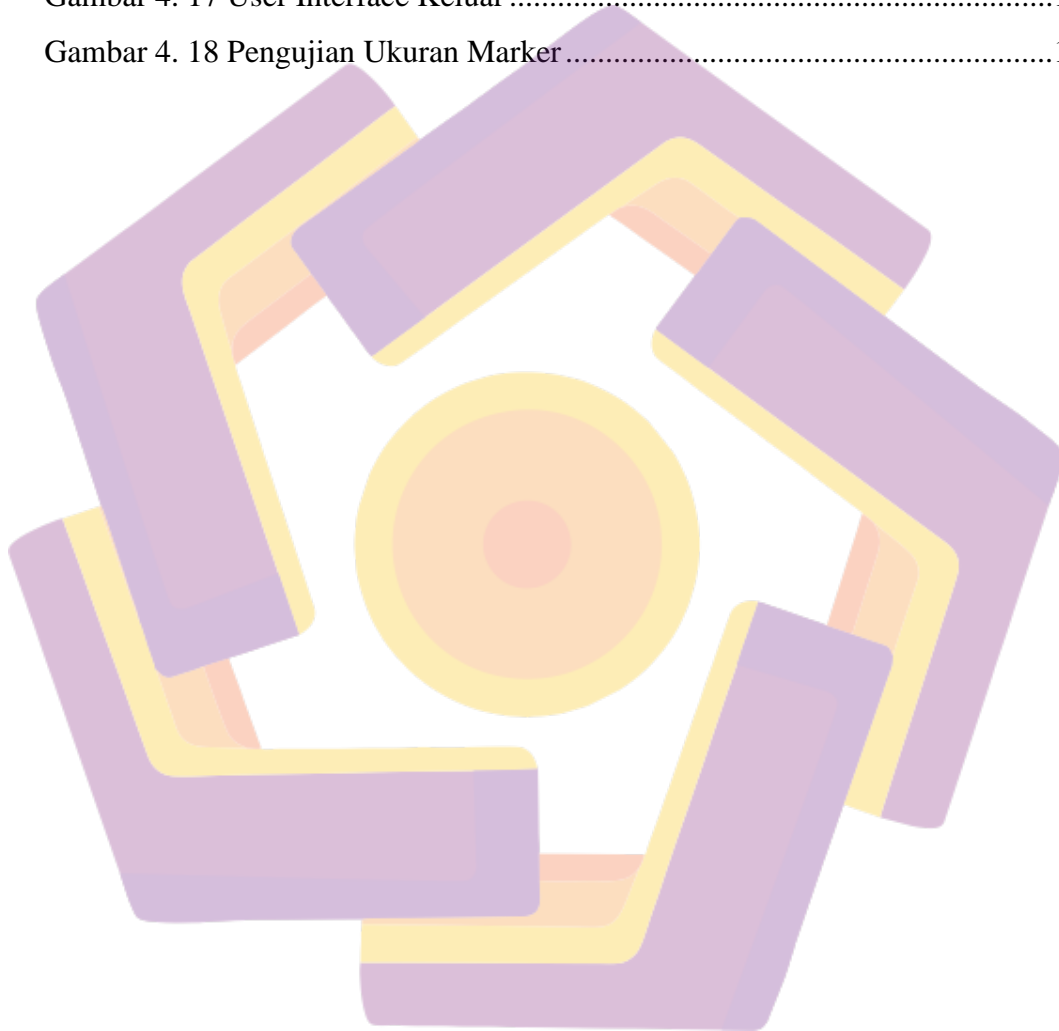
## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Contoh Rambu peringatan .....	15
Gambar 2. 2 Contoh Rambu Larangan .....	16
Gambar 2. 3 Contoh Rambu Peringatan .....	16
Gambar 2. 4 Contoh Rambu Petunjuk .....	17
Gambar 2. 5 Versi android.....	18
Gambar 2. 6 Software Unity 3D .....	19
Gambar 2. 7 Augmented Reality .....	20
Gambar 2. 8 Metode Marker Based Tracking.....	21
Gambar 2. 9 Vuforia SDK .....	21
Gambar 2. 10 Contoh Kontras Gelap Terang yang Baik.....	22
Gambar 2. 11 Contoh Gambar Deteksi Pola dengan Sudut.....	23
Gambar 2. 12 Contoh Deteksi dengan Pola Gambar .....	23
Gambar 2. 13 Software Blender 3D.....	24
Gambar 2. 14 Software CorelDraw.....	25
Gambar 2. 15 Tahapan Metode MDLC .....	25
Gambar 3. 1 Alur Penelitian .....	28
Gambar 3. 2 Diagram Pertanyaan 1 .....	30
Gambar 3. 3 Diagram Pertanyaan 2 .....	30
Gambar 3. 4 Diagram Pertanyaan 3 .....	31
Gambar 3. 5 Diagram Pertanyaan 4 .....	31
Gambar 3. 6 Diagram Pertanyaan 5 .....	31
Gambar 3. 7 Flowchart Aplikasi.....	36
Gambar 3. 8 Use Case Diagram.....	38
Gambar 3. 9 Activity Diagram Mulai AR.....	47
Gambar 3. 10 Activity Diagram Kuis .....	48
Gambar 3. 11 Activity Diagram Materi .....	48
Gambar 3. 12 Contoh Activity Diagram Rambu Larangan .....	49
Gambar 3. 13 Activity Diagram Unduh Marker .....	49
Gambar 3. 14 Activity Diagram Tentang.....	50

Gambar 3. 15 Activity Diagram Petunjuk Penggunaan.....	50
Gambar 3. 16 Activity Diagram Keluar.....	50
Gambar 3. 17 Sequence Diagram Menu Mulai AR.....	51
Gambar 3. 18 Sequence Diagram Menu Kuis.....	52
Gambar 3. 19 Sequence Diagram Materi.....	53
Gambar 3. 20 Contoh Sequence Diagram Rambu Larangan.....	54
Gambar 3. 21 Sequence Diagram Tentang .....	54
Gambar 3. 22 Sequence Diagram Petunjuk Penggunaan.....	55
Gambar 3. 23 Desain Tampilan SplashScreen.....	56
Gambar 3. 24 Desain Tampilan Main Menu.....	56
Gambar 3. 25 Desain Tampilan Petunjuk Penggunaan.....	57
Gambar 3. 26 Desain Tampilan Mulai AR .....	57
Gambar 3. 27 Desain Tampilan Kuis.....	58
Gambar 3. 28 Desain Tampilan Selesai Mengerjakan Soal.....	59
Gambar 3. 29 Desain Tampilan Menu Materi .....	59
Gambar 3. 30 Contoh Desain Tampilan Rambu Larangan.....	60
Gambar 3. 31 Desain Tampilan Menu Tentang.....	60
Gambar 3. 32 Desain Tampilan Alert Konfirmasi Keluar.....	61
Gambar 3. 33 Membuka CorelDraw.....	61
Gambar 3. 34 Membuat Tampilan SplashScreen Di CorelDraw.....	62
Gambar 3. 35 Membuat Tampilan Main Menu Di CorelDraw.....	63
Gambar 3. 36 Membuat Panel AR di CorelDraw .....	63
Gambar 3. 37 Membuat Icon Aplikasi di CorelDraw .....	64
Gambar 3. 38 Membuat Asset Rambu Larangan di CorelDraw .....	64
Gambar 3. 39 Eksport Asser Rambu Larangan.....	65
Gambar 3. 40 Membuat Marker di CorelDraw.....	65
Gambar 3. 41 Mengedit Tombol dan Panel di CorelDraw .....	66
Gambar 3. 42 Membuka Software Blender .....	67
Gambar 3. 43 Modelling Objek .....	67
Gambar 3. 44 Menambahkan Material Ke Objek.....	68
Gambar 3. 45 Eksport Objek 3D.....	68

Gambar 3. 46 Membuka Dan Login Ke Vuforia .....	69
Gambar 3. 47 Membuat License Manager .....	70
Gambar 3. 48 Membuat Target Manager di Vuforia .....	70
Gambar 3. 49 Membuat Database di Vuforia .....	71
Gambar 3. 50 Menambahkan Database Marker Ke Vuforia .....	71
Gambar 3. 51 Deteksi Bintang Pada Marker .....	72
Gambar 3. 52 Membuat Project di Unity Hub .....	77
Gambar 3. 53 Membuat Tampilan SplashScreen dan Loading .....	78
Gambar 3. 54 Pembuatan Tampilan Main Menu .....	79
Gambar 3. 55 Setting Audio_Backsound .....	80
Gambar 3. 56 Membuat Scene Mulai AR di Unity .....	81
Gambar 3. 57 Membuat Scene Kuis di Unity .....	82
Gambar 3. 58 Membuat Scene Materi di Unity .....	86
Gambar 3. 59 Membuat Scene Rambu Larangan di Unity .....	88
Gambar 3. 60 Membuat Scene Tentang di Unity .....	88
Gambar 3. 61 Build Setting .....	90
Gambar 3. 62 Player Setting .....	90
Gambar 3. 63 Icon Setting .....	91
Gambar 3. 64 Other Setting .....	92
Gambar 3. 65 Build Aplikasi .....	92
Gambar 4. 1 Objek 3D Rambu Lalu Lintas Lokasi Putar Balik .....	98
Gambar 4. 2 Objek 3D Bagian Tepi Jalan Sebelah Kiri Yang Rawan Runtuh.....	98
Gambar 4. 3 Objek 3D Rambu Lalu Lintas Jalan Bergelombang .....	99
Gambar 4. 4 Objek 3D Lokasi Bengkel Kendaraan Bermotor .....	99
Gambar 4. 5 Objek 3D Peringatan Penyempitan Badan Jalan Di Bagian Kiri ....	100
Gambar 4. 6 Objek 3D Rambu Lalu Lintas Perintah Mengikuti Ke Arah Kiri ...	100
Gambar 4. 7 Objek 3D Rambu Lalu Lintas Permukaan Jalan Licin.....	101
Gambar 4. 8 User Interface SplashScreen .....	101
Gambar 4. 9 User Interface Main Menu .....	102
Gambar 4. 10 User Interface Petunjuk Penggunaan .....	102
Gambar 4. 11 Tampilan Mulai AR .....	103

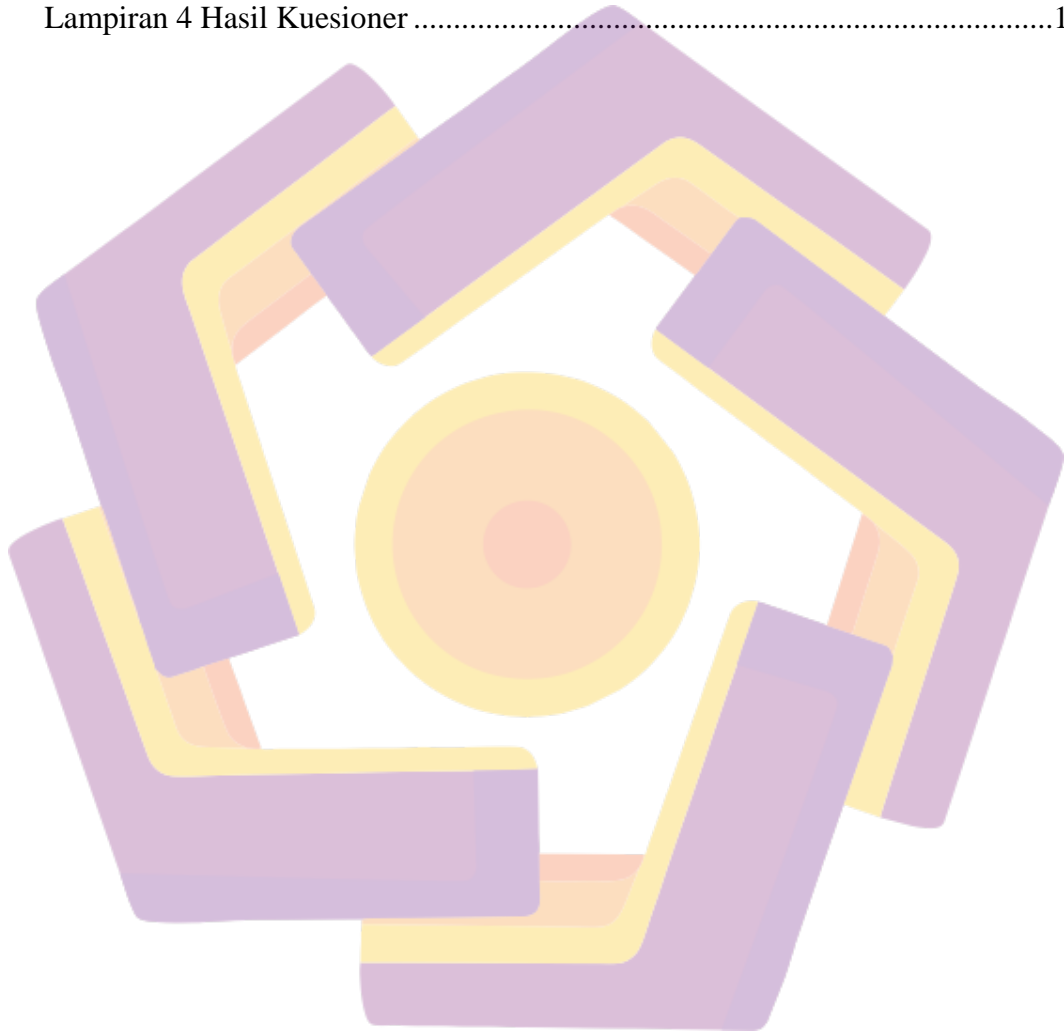
Gambar 4. 12 User Interface Kuis Soal .....	103
Gambar 4. 13 User Interface Selesai Kuis .....	104
Gambar 4. 14 User Interface Materi .....	104
Gambar 4. 15 Tampilan Rambu Larangan.....	105
Gambar 4. 16 User Interface Tentang.....	106
Gambar 4. 17 User Interface Keluar .....	106
Gambar 4. 18 Pengujian Ukuran Marker.....	116





## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Kuesioner 1 .....	125
Lampiran 2 Dokumentasi Kuesioner 2 .....	125
Lampiran 3 Dokumentasi Kuesioner 3 .....	125
Lampiran 4 Hasil Kuesioner .....	126



## INTISARI

Rambu lalu lintas merupakan suatu prasarana hal penting yang diperlukan pengguna jalan dalam kehidupan sehari-hari untuk berpindah ke suatu tempat ke tempat lain. Rambu lalu lintas diciptakan untuk sebuah prasarana mengatur pengguna jalan agar sesuai tempat dan berjalan dengan lancar. Mobilitas pengguna jalan yang tinggi berpotensi meningkatnya terjadi kecelakaan lalu lintas. Berdasarkan data yang dikeluarkan Badan Pusat Statistik (BPS) tentang perkembangan jumlah kendaraan bermotor yang meliputi Mobil Penumpang, Mobil Bis, Mobil Barang dan Sepeda Motor pada tahun 2020 terdapat 136.137.451 kendaraan. Sedangkan pada tahun 2021 terdapat 141.992.573 kendaraan bermotor. Seiring meningkatnya kendaraan bermotor, terdapat peningkatan juga pada kecelakaan lalu lintas. Berdasarkan data statistik yang dikeluarkan Korlantas Polri pada laman Badan Pusat Statistik (BPS) tentang kecelakaan di Indonesia tahun 2020 tercatat sebanyak 100.028 korban kecelakaan, sedangkan data kecelakaan di Indonesia tahun 2021 meningkat menjadi 103.645 korban kecelakaan yang mencakup korban luka ringan, korban luka berat dan korban meninggal dunia.

Pada perancangan ini menggunakan teknologi Augmented Reality sebagai media pengenalannya. Augmented Reality (AR) merupakan teknologi realtime dalam menggabungkan dunia nyata dengan objek maya atau virtual. Augmented Reality dapat digunakan untuk media pembelajaran pengenalan yang dapat memberikan interaksi dalam proses pembelajarannya.

Penelitian ini mengembangkan aplikasi pengenalan rambu-rambu lalu lintas dengan augmented reality sebagai sarana untuk memberikan edukasi kepada pengguna jalan terutama anak di bawah umur yang sudah mengendarai sepeda motor yang belum paham betul dengan rambu-rambu lalu lintas dengan media yang berbeda. Hasil akhir dari rancangan ini berupa aplikasi yang dapat di jalankan pada smartphone dengan sistem operasi android.

**Kata kunci:** Augmented Reality, rambu lalu lintas, aplikasi.

## ABSTRACT

Traffic signs are an important infrastructure that is needed by road users in everyday life to move from one place to another. Traffic signs were created as an infrastructure to regulate road users so that they fit the place and run smoothly. High mobility of road users has the potential to increase traffic accidents. Based on data released by the Central Statistics Agency (BPS) regarding the development of the number of motorized vehicles which include Passenger Cars, Buses, Freight Cars, and Motorcycles in 2020 there were 136,137,451 vehicles. Whereas in 2021 there will be 141,992,573 motorized vehicles. As motorized vehicles increase, there is also an increase in traffic accidents. Based on statistical data released by Korlantas Polri on the website of the Central Statistics Agency (BPS) regarding accidents in Indonesia in 2020 there were 100,028 accident victims, while accident data in Indonesia in 2021 increased to 103,645 accident victims which included minor injuries, serious injuries and victims die.

In this design using Augmented Reality technology as a media introduction. Augmented Reality (AR) is a real-time technology that combines the real world with virtual or virtual objects. Augmented Reality can be used for introductory learning media that can provide interaction in the learning process.

This research develops an application to recognize traffic signs with augmented reality as a means to provide education to road users, especially minors who are already riding motorbikes and do not understand traffic signs with different media. The result of this design is an application that can be run on a smartphone with the Android operating system.

**Keywords:** Augmented Reality, traffic signs, applications.