

# Rancang Bangun Aplikasi Simulasi Lalu Lintas pada Realitas X

Ahmad Syafiq Aqil Wafi, Hadziq Fabroyir

Departemen Informatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia  
e-mail: hadziq@if.its.ac.id

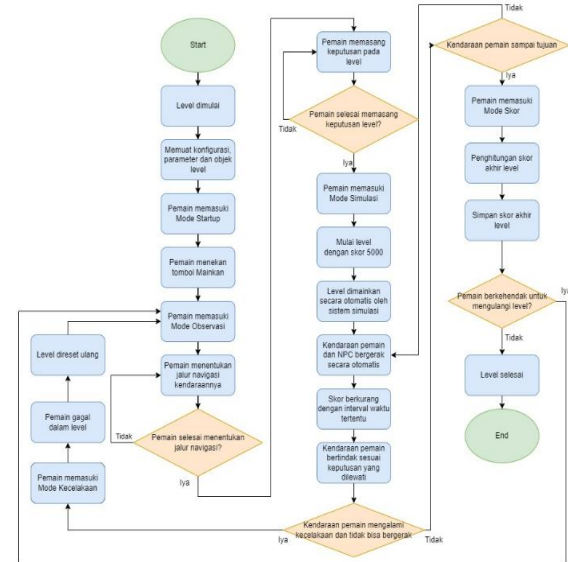
**Abstrak**—Lalu lintas adalah prasarana yang diperuntukkan bagi gerak pindah kendaraan, orang, dan/atau barang yang berupa jalan sebagai fasilitas pendukungnya. Lalu lintas juga merupakan salah satu tempat terjadinya kecelakaan lalu lintas. Berdasarkan data dari tahun 2007–2016, KNKT (Komite Nasional Keselamatan Transportasi) menyatakan bahwa ada 64 kasus kecelakaan yang terjadi di Indonesia. Menurut KNKT faktor utama penyebab kecelakaan adalah faktor manusia seperti pelanggaran lalu lintas, kurangnya pengetahuan lalu lintas, dan ketidakpatuhan lalu lintas. Sehingga diperlukan fasilitas yang dapat digunakan untuk meningkatkan pengetahuan masyarakat agar angka kecelakaan lalu lintas dapat dikurangi. Teknologi Realitas X pada Meta Quest 2 yang maju dalam beberapa tahun terakhir dapat dimanfaatkan untuk eksplorasi pengelolaan aplikasi simulasi lalu lintas sebagai alat sosialisasi kepada masyarakat mengenai pentingnya pengetahuan dan kedisiplinan terhadap lalu lintas. Aplikasi simulasi lalu lintas memiliki level dengan berbagai adegan menarik yang dapat dilakukan NPC seperti menerobos lampu merah, melebihi batas kecepatan, menyalip kendaraan di depan, berhenti mendadak, dan lain sebagainya. Pemain dapat menentukan keputusan terbaik terhadap gerakan kendaraan yang dikontrol untuk mencapai tujuan dengan selamat, cepat, dan aman (tidak membahayakan kendaraan yang lainnya). Dikemas dengan suasana yang asik dan menyenangkan, aplikasi berupa simulasi ini diharapkan dapat membuat masyarakat lebih tertarik untuk mengenal lebih baik peraturan di jalan raya, menjadi disiplin dalam berkendara, dan mengantisipasi terjadinya kecelakaan di jalan raya.

**Kata Kunci**—Simulasi Lalu Lintas, Unity, Meta Quest 2, Realitas Virtual (VR), Realitas Augmentasi (AR).

## I. PENDAHULUAN

**K**ECELAKAAN lalu lintas merupakan salah satu penyebab kematian tertinggi di Indonesia. KNKT (Komite Nasional Keselamatan Transportasi) menyimpulkan bahwa terjadi 64 kasus kecelakaan di Indonesia dari Tahun 2007–2016. Dari hasil investigasi 64 kasus tersebut, diketahui 698 korban meninggal sebanyak dan 1171 korban luka-luka. Berdasarkan data yang sama, 64 kasus kecelakaan tersebut terdiri atas 42 kasus kecelakaan tabrakan (65,6%), 19 kasus kecelakaan terguling (29,7%), dan kasus kecelakaan terbakar (4,7%). Faktor penyebab kecelakaan yang didapatkan yang paling utama adalah manusia, sarana, dan prasarana. Faktor manusia ini dapat terjadi karena beberapa hal seperti pelanggaran lalu lintas, kurangnya pengetahuan, atau ketidakpatuhan lalu lintas [1].

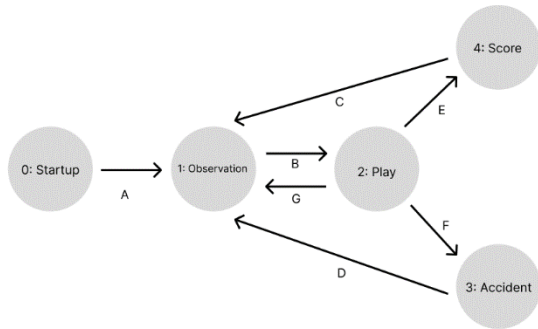
Pada saat ini teknologi semakin berkembang sehingga mempermudah dalam penyampaian informasi kepada masyarakat. Penyampaian informasi kepada masyarakat dapat dilakukan dengan media sosialisasi. Media sosialisasi atau agen sosialisasi atau sarana sosialisasi merupakan tempat sosialisasi terjadi. Agen sosialisasi adalah orang atau tempat yang membantu seorang individu belajar mengenai sesuatu



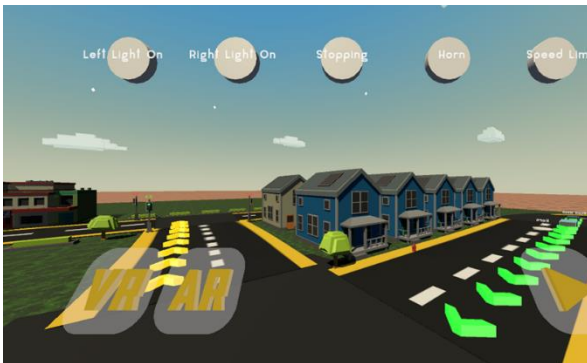
Gambar 1. Alur level.

yang kemudian menjadikannya dewasa[2]. Salah satu media sosialisasi yang dapat dimanfaatkan adalah melalui aplikasi XR (Extended Reality). Aplikasi gim merupakan suatu perangkat lunak yang dihasilkan dari gabungan dari beberapa disiplin ilmu yang saling bekerja sama seperti pengembangan perangkat lunak, suara, seni, sistem kontrol, kecerdasan buatan, dan faktor manusia [3].

Pengembangan aplikasi akan dikembangkan menggunakan Unity. Unity merupakan salah satu *game engine* populer yang paling banyak digunakan. Unity dikembangkan oleh Unity Technologies. Unity mendukung bahasa pemrograman C# untuk pengembangan gim. Unity merupakan *game engine cross-platform*. Pengembangan aplikasi gim XR mengalami banyak pengembangan di beberapa tahun terakhir. Terutama platform perangkat keras Meta Quest 2 yang menjadi salah satu platform XR yang populer. XR (Extended Reality) atau dalam Bahasa Indonesia Realitas X atau Realitas Terkembang merupakan istilah umum untuk lingkungan yang dihasilkan komputer yang menggabungkan dunia fisik dan virtual atau menciptakan pengalaman yang sepenuhnya virtual bagi pengguna. Teknologi XR terletak pada persimpangan antara VR (Virtual Reality), AR (Augmented Reality), dan MR (Mixed Reality). XR dapat membuka spektrum kesempatan baru dari lingkungan dengan pengalaman nyata dan maya. Hal ini dapat dijadikan sarana untuk meningkatkan kesadaran masyarakat untuk belajar mengenai peraturan lalu lintas melalui aplikasi simulasi lalu lintas. Masyarakat yang mencoba aplikasi ini diharapkan untuk mendapat pengetahuan agar lebih disiplin dalam berkendara di jalan raya. Dirangkum sebagai aplikasi simulasi lalu lintas yang



Gambar 2. Finite State Machine pada mode alur aplikasi simulasi lalu lintas.



Gambar 3. Contoh tampilan bermain menggunakan mode VR.



Gambar 4. Contoh tampilan bermain menggunakan mode AR.

asik untuk setiap pelajaran yang dapat dipetik oleh masyarakat yang memainkannya.

## II. URAIAN PENELITIAN

### A. Rancangan Aplikasi

Aplikasi bertujuan untuk sosialisasi pengetahuan berlalu lintas yang baik, benar, dan disiplin. Desain aplikasi akan disesuaikan dengan keadaan nyata sehingga aplikasi ini akan berbentuk aplikasi simulasi lalu lintas. Pemain akan diberikan suatu kendaraan dan berperan sebagai pengemudi di suatu simulasi lalu lintas. Pemain memiliki tugas untuk mengantarkan kendaraan mereka untuk bergerak dari garis *start* hingga garis *finish* dengan selamat.

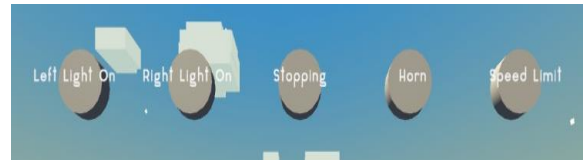
Aplikasi simulasi lalu lintas dikembangkan dengan aset-aset yang telah tersedia. Aset-aset seperti model kendaraan, gedung-gedung, properti jalan, rambu lalu lintas, dan antarmuka pengguna diambil dari Unity Asset Store oleh Synty Studios. Aset-aset ini berhasil dibeli sehingga dapat digunakan pada pengembangan secara legal sesuai dengan syarat dan ketentuan yang berlaku. Penggunaan aset dari Unity Asset Store ini dilakukan agar implementasi lebih



Gambar 5. Tampilan keputusan akan dieksekusi oleh kendaraan pemain.



Gambar 6. Tampilan keputusan setelah dieksekusi oleh kendaraan pemain.



Gambar 7. Tampilan keputusan yang tersedia pada Observation Mode.

fokus ke pengembangan dan penyempurnaan sistem simulasi lalu lintas.

Aplikasi simulasi lalu lintas dikembangkan menggunakan Oculus Integration SDK yang tersedia pada Unity Registry sebagai sarana pengembangan aplikasi dengan perangkat keras Meta Quest 2. Hal ini dilakukan untuk mempercepat pengembangan aplikasi. Aplikasi diimplementasikan menggunakan 2 mode, yaitu mode VR dan mode AR. Fungsi Passthrough dari Meta Quest 2 akan digunakan ketika menggunakan mode AR. Passthrough merupakan suatu fitur yang memperbolehkan pengguna untuk melihat keadaan nyata di sekitar secara *real-time*. Fitur ini mematikan fitur VR untuk sementara karena tampilan akan tergantung dengan keadaan nyata di luar realitas maya. Passthrough memanfaatkan kamera yang ada pada VR Headset.

Simulasi lalu lintas akan memiliki level yang dapat diselesaikan oleh pemain. Pemain akan melakukan observasi atau pengamatan pada level sehingga pemain akan memberikan solusi berupa keputusan-keputusan yang dapat dipasang untuk menyelesaikan level tersebut. Pemain dapat menguji solusi yang telah mereka buat pada simulasi lalu lintas. Simulasi lalu lintas kemudian akan menjalankan solusi yang diberikan oleh pemain untuk memeriksa keefektifan dan ketertiban solusi pemain untuk menyelesaikan level. Adapun alur untuk menyelesaikan level dapat dilihat pada Gambar 1.

Simulasi lalu lintas memiliki mode-mode alur di dalamnya. Mode-mode ini digunakan untuk membuat alur level menjadi lebih teratur. Mode-mode ini antara lain adalah *Startup Mode*,

Tabel 1.  
Hasil Pengambilan Data Partisipan Dalam Menyelesaikan Task

KODE	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6
KN-VR-1	15,760	12,671	12,657	11,250	11,750	14,717
KN-VR-2	10,637	10,629	14,730	7,728	8,465	10,900
KN-VR-3	17,457	18,864	16,427	16,623	18,029	20,491
KN-VR-4	12,808	14,802	15,455	13,758	12,949	13,954
KN-VR-5	47,182	53,908	40,362	25,299	30,336	35,962
KN-AR-1	18,740	22,255	28,309	12,683	19,803	19,356
KN-AR-2	17,349	21,222	24,050	12,629	13,939	18,078
KN-AR-3	26,594	26,050	42,633	20,203	31,564	18,607
KN-AR-4	22,867	18,760	22,221	15,921	19,244	16,568
KN-AR-5	40,832	28,752	33,374	28,318	37,632	31,337
KN-VR-Total	103,844	110,874	99,631	74,658	81,529	96,024
KN-AR-Total	126,382	117,039	150,587	89,754	122,182	103,946
SIM-1	470	581	489	387	536	490
SIM-2	4944	4944	4989	4989	4990	4944

Tabel 2.  
Hasil Uji Wilcoxon Signed-Rank yang Dikumpulkan

KODE PENGUJIAN	JUMLAH SAMPEL	UJI STATISTIK	P-VALUE
KN-1	6	0,000000	0,031250
KN-2	6	0,000000	0,031250
KN-3	6	1,000000	0,062500
KN-4	6	0,000000	0,031250
KN-5	6	6,000000	0,437500
KN-Total	6	0,000000	0,031250

*Observation Mode, Play Mode, Accident Mode, dan Score Mode.* Pemain akan memulai level pada *Startup Mode* untuk melihat penjelasan dan deskripsi garis besar suatu level. Pemain kemudian dilanjutkan pada *Observation Mode* untuk melakukan observasi atau pengamatan pada level. Pemain juga dapat memberikan solusinya pada *Observation Mode*. Setelah pemain menyelesaikan solusinya, selanjutnya pemain masuk pada *Play Mode* untuk menjalankan simulasi lalu lintas. Kendaraan-kendaraan, lampu lalu lintas, dan simulasi lalu lintas secara keseluruhan akan berjalan secara *real-time* pada *Play Mode*. Pemain dapat melihat hasil dari solusi yang telah mereka berikan. Pada *Play Mode* terdapat 3 kemungkinan, yaitu kendaraan pemain berhasil mencapai garis *finish* dengan selamat, kendaraan pemain tidak berhasil mencapai garis *finish* karena kesalahan navigasi, dan kendaraan pemain mengalami kecelakaan diperjalanan. Jika pemain berhasil mencapai garis *finish* dengan selamat, maka pemain akan dipindahkan menuju *Score Mode* untuk melihat informasi mengenai skor pemain. Jika pemain tidak berhasil mencapai garis *finish* karena kesalahan navigasi, maka pemain dapat kembali ke *Observation Mode* untuk memperbarui dan memperbaiki solusi yang mereka berikan. Sedangkan jika pemain mengalami kecelakaan, maka pemain akan dipindahkan menuju *Accident Mode* agar pemain dapat melihat bahwa solusi yang mereka berikan belum benar dan perlu diperbaikinya kembali pada *Observation Mode*. Perubahan alur untuk setiap mode ini menggunakan prinsip FSM (Finite State Machine) untuk mempermudah perubahan mode. Finite State Machine atau yang terkadang disebut dengan Finite State Automata adalah sebuah model komputasi yang dapat diimplementasikan dengan perangkat keras atau perangkat lunak dan dapat digunakan untuk melakukan simulasi terhadap logika sekuntial dan beberapa program komputer. Gambar 2 merupakan FSM yang digunakan pada level simulasi lalu lintas.

**B. Implementasi Mode Navigasi Kontrol**

Aplikasi simulasi lalu lintas memiliki 2 jenis mode navigasi kontrol yang dapat digunakan, yaitu mode VR dan

mode AR. Pemain dibebaskan untuk mengubah mode navigasi kontrol kapanpun saat memainkan level. Kedua mode navigasi kontrol ini akan diujikan kepada pemain untuk menguji pengalaman pemain dalam melakukan navigasi kontrol VR dan AR.

Mode VR adalah mode kontrol navigasi yang secara keseluruhan menggunakan realitas virtual dalam bermain. Seluruh hal yang dilihat oleh pemain meliputi langit, gedung, kendaraan, dan lain sebagainya berada pada realitas virtual. Pemain dapat bergerak pada mode VR dengan menggunakan *analog* pada kontroler kiri untuk bergerak maju, mundur, kiri, dan kanan. Pemain juga dapat bergerak ke atas, bawah, rotasi kiri, dan kanan dengan menggunakan *analog* pada kontroler kanan. Contoh tampilan oleh pemain dalam bermain dalam mode VR dapat dilihat pada Gambar 3.

Mode AR adalah mode kontrol navigasi yang menggabungkan realitas virtual dengan kehidupan nyata. Fungsi Passthrough akan dinyalakan ketika pemain berada pada mode AR. Pemain dapat melihat keadaan sekitar pada dunia nyata melalui kamera Meta Quest 2 ketika fungsi Passthrough menyala. Dengan cara ini pemain dapat meletakkan peta simulasi lalu lintas pada bidang datar seperti meja atau lantai. Mode AR memiliki cara kerja yang berbeda dengan mode VR. Pemain dapat bergerak dalam mode AR dengan cara menahan tombol X kemudian melakukan *dragging* pada kontroler kiri. Pemain dapat melepaskan tombol X ketika posisi peta simulasi lalu lintas berhasil ditempatkan di posisi yang nyaman. Meskipun cara kerja mode AR secara ideal adalah meletakkan peta simulasi lalu lintas pada bidang datar, pemain juga dapat bermain pada mode AR layaknya bermain pada mode VR. Dengan cara ini pemain dapat berkeliling peta simulasi lalu lintas meskipun sedang menggunakan mode AR. Contoh tampilan oleh pemain dalam bermain dalam mode AR dapat dilihat pada Gambar 4.

**C. Implementasi Simulasi Lalu Lintas**

Terdapat beberapa sistem simulasi lalu lintas yang perlu diimplementasikan untuk mengembangkan aplikasi simulasi

Tabel 3.  
Hasil Uji Hipotesis Wilcoxon Signed-Rank

KODE PENGUJIAN	UJI STATISTIK	P-VALUE	MENERIMA H0
KN-1	0,000000	0,031250	Tidak
KN-2	0,000000	0,031250	Tidak
KN-3	1,000000	0,062500	Ya
KN-4	0,000000	0,031250	Tidak
KN-5	6,000000	0,437500	Ya

Tabel 4.  
Kesimpulan Hasil Uji Hipotesis Wilcoxon Signed-Rank

KODE PENGUJIAN	DESKRIPSI PENGUJIAN	KESIMPULAN HIPOTESIS
KN-1	Pengujian kontrol navigasi VR dan AR untuk bergerak maju, mundur, kiri, dan kanan.	Terdapat perbedaan signifikan antara dua mode navigasi VR dan AR
KN-2	Pengujian kontrol navigasi VR dan AR untuk bergerak atas, bawah, hadap kanan, dan hadap kiri.	Terdapat perbedaan signifikan antara dua mode navigasi VR dan AR
KN-3	Pengujian kontrol navigasi VR dan AR untuk bergerak menyusuri jalanan dari garis start hingga garis finish.	Tidak didapat perbedaan signifikan antara dua mode navigasi VR dan AR
KN-4	Pengujian kontrol navigasi VR dan AR untuk bergerak menyusuri jalanan dari garis finish hingga garis start.	Terdapat perbedaan signifikan antara dua mode navigasi VR dan AR
KN-5	Pengujian kontrol navigasi VR dan AR untuk bergerak menyusuri jalanan dari garis start hingga garis finish sambil melakukan peletakan keputusan, pemindahan keputusan, dan penghapusan keputusan.	Tidak didapat perbedaan signifikan antara dua mode navigasi VR dan AR

lalu lintas. Sistem simulasi lalu lintas meliputi sistem jalan raya, sistem lampu lalu lintas, sistem navigasi kendaraan pemain, sistem navigasi kendaraan NPC, dan sistem skoring.

Jalan raya pada aplikasi simulasi lalu lintas dikembangkan menggunakan *plugin* Curve-Editor oleh Sebastian Lague. *Plugin* ini dapat digunakan untuk membuat kurva dari suatu titik ke titik yang lain untuk membuat *path*. Fitur ini dapat dimanfaatkan untuk membuat jalan raya. Namun *plugin* ini memiliki keterbatasan yaitu ketidakmampuan untuk membuat persimpangan seperti pertigaan dan perempatan. Oleh karena itu dikembangkan fitur tambahan untuk menyelesaikan masalah ini. Solusi untuk membuat persimpangan adalah dengan cara membuat kombinasi jalur pada setiap ujung jalan pada persimpangan.

Sistem lampu lalu lintas merupakan sistem yang bekerja untuk mengatur durasi lampu lalu lintas agar pergantian lampu lalu lintas bisa teratur. Lampu lalu lintas pada pertigaan dan perempatan memiliki durasi lampu hijau dan lampu kuning yang sama. Durasi lampu merah pada perempatan lebih lama daripada durasi lampu merah pada pertigaan. Hal ini dikarenakan durasi lampu merah perlu menyesuaikan total durasi lampu merah pada masing-masing lampu lalu lintas disetiap ujung jalan.

Tabel 5.  
Tabel Durasi Rata-rata Pengujian Mode Kontrol Navigasi

KODE PENGUJIAN	DURASI RATA-RATA VR	DURASI RATA-RATA AR
KN-1	13,134	20,191
KN-2	10,515	17,878
KN-3	17,982	27,609
KN-4	13,954	19,264
KN-5	38,842	33,374
KN-Total	94,427	118,315

Tabel 6.  
Hasil Pengujian Penyelesaian Level 1

KODE	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	RATA-RATA
SIM-1	470	581	489	387	536	490	492,17
SIM-2	4944	4944	4989	4989	4990	4944	4966,7

Sistem navigasi kendaraan digunakan untuk kendaraan pemain dan kendaraan NPC. Sistem navigasi merupakan sistem yang bekerja untuk menjalankan sebuah kendaraan agar dapat bergerak mengikuti *path* pada kurva jalan. Setiap *path* memiliki 2 lajur, yaitu lajur maju dan mundur. Lajur maju terletak pada bagian kiri jalan, sedangkan lajur mundur terletak pada bagian kanan jalan. Sistem navigasi kendaraan memberikan solusi agar jalanan dapat dilewati kendaraan secara dua arah. Sistem navigasi kendaraan menambahkan *offset* atau selisih jarak relatif horizontal dari pusat *path* ke arah samping jalan. Dengan mengubah *offset*, maka kendaraan dapat berubah lajur. Secara ideal, *offset* pada jalur kiri bernilai negatif. Hal ini karena lajur kiri berada di sebelah kiri dari garis pusat *path*.

Sistem navigasi kendaraan pemain merupakan sistem navigasi yang dikhususkan untuk kendaraan pemain. Kendaraan pemain bergerak sepanjang *path* atau jalan yang ditentukan oleh pemain. Kendaraan pemain akan bergerak secara berurutan sesuai dengan *path* yang ditentukan oleh pemain. Kendaraan pemain dapat melakukan aksi tertentu selama melakukan navigasi di jalan. Kendaraan pemain dapat melakukan eksekusi pada keputusan-keputusan yang dipasang oleh pemain. Kendaraan pemain hanya akan melakukan eksekusi pada keputusan yang dilewatinya. Keputusan yang berhasil dieksekusi tersebut akan diaktifkan sehingga kendaraan pemain akan melakukan aksi sesuai dengan jenis keputusan tersebut. Keputusan yang telah diaktifkan tidak akan dapat dieksekusi kembali oleh kendaraan pemain.

Sistem navigasi kendaraan NPC merupakan sistem navigasi yang dikhususkan untuk kendaraan NPC. Kendaraan NPC bergerak pada *path* atau jalan yang telah ditentukan pada proses pengembangan level. Kendaraan NPC memiliki dua buah sensor untuk mengendalikan kecepatan kendaraan. Dua sensor ini adalah sensor lampu lalu lintas dan sensor darurat kendaraan. Sensor lampu lalu lintas akan membuat kendaraan NPC berhenti ketika lampu lalu lintas di hadapannya berwarna merah dan akan berjalan kembali ketika lampu lalu lintas di hadapannya tersebut berwarna hijau. Sensor darurat kendaraan merupakan sensor yang berfungsi untuk membuat kendaraan NPC menjaga jarak dengan kendaraan di depannya. Apabila kendaraan di depan NPC jauh, maka kendaraan NPC akan bergerak lebih cepat. Namun apabila kendaraan di depan NPC dekat, maka kecepatan kendaraan NPC akan melambat. Kendaraan NPC juga memiliki keputusan spesifik yang hampir sama dengan

keputusan kendaraan pemain. Keputusan spesifik hanya akan dieksekusi oleh kendaraan NPC dengan nama yang telah ditentukan. Hal ini dilakukan untuk mencegah kendaraan NPC yang lain melakukan eksekusi pada keputusan spesifik yang tidak diinginkan.

Sistem skoring merupakan sistem skor yang diimplementasikan pada level aplikasi. Pemain akan diberikan skor awal bernilai 5000 untuk setiap level. Skor pemain hanya akan muncul ketika pemain berada pada *Play Mode*. Ketika pemain berada pada *Play Mode*, skor pemain akan berkurang pada *interval* waktu tertentu. Pemain bisa mendapatkan tambahan atau pengurangan skor saat berada pada *Play Mode*. Skor pemain akan bertambah jika kendaraan pemain melakukan suatu aksi yang memberikan *reward*. Sedangkan skor pemain akan berkurang jika kendaraan pemain melakukan suatu aksi yang memberikan *penalty*. Skor pemain akan berhenti dan diberikan kepada pemain ketika pemain berhasil menyelesaikan level pada *Score Mode*. Skor tertinggi pemain pada suatu level akan disimpan pada penyimpanan lokal sehingga pemain dapat meningkatkan skor level tertentu setiap saat.

#### D. Implementasi Keputusan

Keputusan merupakan salah satu aspek penting dalam aplikasi simulasi lalu lintas. Keputusan merupakan bagian dari solusi yang dapat ditentukan oleh pemain dalam menyelesaikan level. Pemain dapat memasang keputusan ketika pemain berada di dalam *Observation Mode*. Keputusan yang dipasang akan dieksekusi oleh kendaraan pemain ketika pemain berada di dalam *Play Mode*. Pemain dapat memasang, memindahkan, dan menghapus keputusan yang ada. Keputusan akan dieksekusi oleh kendaraan pemain hanya ketika keputusan tersebut dilewati oleh kendaraan pemain. Gambar 5 merupakan contoh keputusan *Stopping* yang belum dieksekusi karena belum dilewati oleh kendaraan pemain. Sedangkan Gambar 6 merupakan tampilan keputusan *Stopping* yang aktif dan berhasil dieksekusi setelah dilewati oleh kendaraan pemain.

Terdapat beberapa jenis keputusan yang dapat dimanfaatkan oleh pemain untuk menyelesaikan level. Jenis-jenis keputusan ini antara lain adalah *Left Light On*, *Right Light On*, *Stopping*, *Horn*, dan *Speed Limit*. *Left Light On* berfungsi untuk mengaktifkan lampu sen kiri kendaraan pemain dengan durasi yang ditentukan pemain. *Right Light On* berfungsi untuk mengaktifkan lampu sen kanan kendaraan pemain dengan durasi yang ditentukan pemain. *Stopping* berfungsi untuk membuat kendaraan pemain berhenti dengan durasi yang ditentukan pemain. *Horn* berfungsi untuk mengaktifkan bunyi klakson kendaraan pemain dengan durasi yang ditentukan pemain. Keputusan *Horn* berfungsi untuk membuat kendaraan di depan kendaraan pemain menjadi sedikit lebih cepat selama beberapa saat. Keputusan *Horn* juga berfungsi untuk mencegah kendaraan NPC di belakang kendaraan pemain untuk menyalip kendaraan pemain. *Speed Limit* berfungsi untuk membatasi kecepatan maksimal yang dapat ditempuh oleh kendaraan pemain dengan batas kecepatan yang ditentukan pemain. Contoh tampilan dari keputusan-keputusan yang tersedia pada aplikasi simulasi lalu lintas dapat dilihat pada Gambar 7.

Setiap keputusan memiliki properti yang berbeda-beda.

Properti merupakan besaran nilai yang dapat diubah oleh pemain. Salah satu contoh dari properti dari keputusan adalah durasi aksi yang dapat dilakukan oleh keputusan. Salah satu contohnya adalah kendaraan pemain dapat berhenti selama  $x$  detik sebelum kendaraan tersebut dapat bergerak kembali.

#### E. Implementasi Level

Level merupakan *scene* yang dapat dimainkan oleh pemain. Level ini dibangun sedemikian rupa untuk memiliki kesulitan yang bertambah sesuai nomor level. Saat ini terdapat 6 level yang tersedia pada aplikasi simulasi lalu lintas. Level 1 adalah level pengenalan yang mudah untuk dimainkan. Sedangkan Level 6 merupakan level akhir yang membutuhkan pengalaman yang didapatkan dari level-level sebelumnya.

### III. PENGUJIAN DAN EVALUASI

#### A. Metode Pengujian

Pengujian merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan timbal balik mengenai hal positif dan negatif tentang aplikasi simulasi lalu lintas dari partisipan. Ada dua pengujian yang dilakukan, yaitu pengujian manfaat aplikasi simulasi lalu lintas dan pengujian kontrol navigasi. Pengujian manfaat aplikasi simulasi lalu lintas merupakan pengujian yang dilakukan untuk menguji manfaat aplikasi simulasi lalu lintas terhadap pengetahuan dan pengalaman yang didapatkan partisipan setelah memainkan simulasi lalu lintas. Pengujian kontrol navigasi merupakan pengujian yang dilakukan untuk membandingkan kenyamanan dan kemudahan kontrol mode VR dengan mode AR.

Pengujian manfaat aplikasi simulasi lalu lintas dan pengujian kontrol navigasi akan dilakukan pada Level 1 saja. Hal ini karena Level 1 dianggap telah menggunakan seluruh fitur yang dapat dilakukan pada aplikasi. Partisipan akan melakukan pengujian kontrol navigasi terlebih dahulu sebelum melakukan pengujian manfaat aplikasi simulasi lalu lintas.

Pada awal pengujian, partisipan akan diberikan pengetahuan umum oleh penulis mengenai informasi aplikasi simulasi lalu lintas. Kemudian penulis akan menjelaskan fitur dan tujuan dari aplikasi. Selanjutnya penulis akan menjelaskan mengenai cara kontrol mode VR dan mode AR.

Partisipan kemudian dipersilahkan untuk mencoba navigasi pada mode VR dan mode AR. Ketika partisipan sudah merasa nyaman pada kedua mode tersebut, maka uji coba kontrol navigasi akan dilakukan. Selama pengujian, penulis akan menghitung durasi waktu yang dibutuhkan oleh partisipan untuk menyelesaikan *task* tertentu untuk masing-masing mode.

Setelah partisipan melakukan pengujian navigasi kontrol pada kedua mode, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian manfaat aplikasi simulasi lalu lintas. Pengujian ini dilakukan oleh partisipan dengan cara menyelesaikan Level 1. Setelah partisipan menyelesaikan Level 1, partisipan akan diminta untuk mengisi kuesioner yang telah disediakan. Pada uji coba ini, partisipan dibebaskan untuk menggunakan mode kontrol yang diminati. Uji coba ini akan menghasilkan skor partisipan dan waktu penyelesaian level.

Setelah partisipan melakukan pengujian navigasi kontrol

dan pengujian manfaat aplikasi simulasi lalu lintas, langkah selanjutnya adalah pengambilan data hasil pengujian. Pengambilan data dilakukan dengan cara pengisian formulir kuesioner yang berisi pertanyaan-pertanyaan yang dapat dijawab oleh partisipan

Pengujian dari partisipan akan dianggap telah selesai setelah partisipan menjawab seluruh pertanyaan pada formulir dan memberikannya kepada penguji. Pengujian ini direncanakan akan diujikan kepada 6 mahasiswa. Hasil pengujian akan disimpulkan dan dipertimbangkan setelah pengujian telah selesai diujikan secara keseluruhan.

### B. Hasil dan Pembahasan Pengujian

Pengujian aplikasi simulasi lalu lintas diujikan kepada partisipan menggunakan metode pengujian yang telah dijelaskan. Pengujian telah berhasil diujikan kepada 6 mahasiswa. Jumlah ini telah sesuai dengan rencana awal pengujian. Data-data hasil pengujian akan diproses setelah seluruh data didapatkan dari semua partisipan. Rincian dari data penyelesaian setiap task untuk setiap partisipan dapat dilihat pada Tabel 1.

Uji Wilcoxon akan digunakan untuk mengetahui perbedaan data antara performa pemain dalam menggunakan mode VR dan AR. Uji Wilcoxon merupakan pengujian yang digunakan untuk menganalisis perbedaan antara pasangan dari dua kelompok data. Uji Wilcoxon diajukan oleh Frank Wilcoxon dalam riset papernya pada tahun 1945. Uji Wilcoxon didasarkan pada pengujian hipotesis statistik nonparametrik yang digunakan untuk menguji data yang dapat dirangking tanpa harus memiliki nilai numerik. Analisa dari hasil uji coba aplikasi simulasi lalu lintas akan menggunakan Wilcoxon Signed-Rank untuk membandingkan efektifitas dalam penggunaan mode VR dan AR. Uji ini memiliki asumsi bahwa pasangan data yang diobservasi memiliki informasi mengenai selisih dan perbedaan tanda. Rumus penggunaan uji Wilcoxon dituliskan pada persamaan (1).

$$W = \sum_{i=1}^N [sgn(x_{i2} - x_{i1}) \cdot R_i] \quad (1)$$

Dengan  $W$  adalah hasil uji statistik yang dicari.  $sgn$  adalah fungsi  $sign$ .  $x_{i1}$  dan  $x_{i2}$  adalah pasangan data ke- $i$ .  $R_i$  adalah rangking atau peringkat dari  $i$ .

Penghitungan statistik Wilcoxon Signed-Rank akan dilakukan menggunakan library SciPy pada bahasa pemrograman python. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil uji statistik dan p-value yang lebih akurat.

Dari data pengujian Wilcoxon Signed-Rank yang didapatkan, hasil uji dikumpulkan menjadi satu untuk melihat hasil uji statistik dan p-value. Hasil statistik pengujian ini disajikan pada Tabel 2.

Setiap kode pengujian pada Tabel 2 dapat dilakukan hipotesis sebagai berikut.

1. H0: Tidak adanya perbedaan antara pengujian kontrol navigasi VR dan AR
2. H1: Adanya perbedaan antara pengujian kontrol navigasi VR dan AR

Masing-masing hipotesis didasarkan pada pengambilan keputusan sebagai berikut.

3. H0 ditolak ketika hasil p-value < alfa sehingga menerima H1
4. H0 tidak berhasil ditolak ketika hasil uji  $\geq$  alfa sehingga menerima H0

Uji hipotesis yang dilakukan akan menggunakan alfa 0,05. Sehingga hasil akhir pengujian hipotesis akan menghasilkan Tabel 3.

Berdasarkan pengujian hipotesis didapatkan kode pengujian KN-1, KN-2, dan KN-4 menerima H0. Hal ini dapat diartikan bahwa adanya perbedaan antara pengujian kontrol navigasi VR dan AR. Sedangkan kode pengujian KN-3 dan KN-5 berhasil menolak H0. Hal ini dapat diartikan bahwa tidak adanya perbedaan antara penggunaan VR dan AR pada kode pengujian KN-3 dan KN-5. Kesimpulan hasil uji hipotesis disajikan pada Tabel 4.

Hasil penghitungan durasi untuk setiap kode pengujian dapat ditelusuri lebih dalam untuk mendapatkan durasi total dan durasi rata-rata untuk setiap mode kontrol navigasi dari jumlah sampel 6 partisipan. Adapun penghitungan durasi total dan durasi rata-rata untuk setiap mode kontrol navigasi disajikan pada Tabel 5 dengan satuan detik.

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa secara keseluruhan partisipan membutuhkan durasi lebih lama untuk menyelesaikan *task* dalam mode AR dari pada mode VR.

Pengujian Level 1 merupakan pengujian yang dilakukan oleh partisipan setelah menyelesaikan pengujian mode kontrol navigasi. Partisipan diberikan *task* untuk menyelesaikan Level 1 dengan pengetahuan yang telah dipahami pada pengujian kontrol navigasi. Partisipan akan dijelaskan mengenai aturan permainan dan target permainan oleh penulis sebelum menyelesaikan Level 1. Apabila partisipan memahami aturan bermain dan tujuan dari permainan, maka pengujian Level 1 akan dilakukan.

Pengujian Level 1 akan menghasilkan 2 buah data, yaitu data durasi partisipan dalam menyelesaikan Level 1 dan skor akhir partisipan untuk menyelesaikan Level 1. Hasil pengujian pada Tabel 1 telah disajikan ulang untuk *task* penyelesaian Level 1 pada Tabel 6. Kode pengujian SIM-1 merupakan durasi partisipan dalam menyelesaikan Level 1 dalam satuan detik. Kode pengujian SIM-2 merupakan skor akhir partisipan dalam menyelesaikan Level 1.

Pada Tabel 6 didapatkan bahwa durasi rata-rata partisipan untuk menyelesaikan Level 1 adalah 492,17 detik atau sekitar 8 menit. Didapatkan juga bahwa skor rata-rata partisipan untuk menyelesaikan Level 1 adalah 4966,7. Skor ini terbilang cukup tinggi untuk menyelesaikan Level 1. Skor tertinggi yang bisa diraih pada Level 1 untuk saat ini adalah sebesar 4991. Skor tertinggi dari partisipan diraih oleh P-5 dengan skor sebesar 4990. Selisih 1 skor dari skor tertinggi ini disebabkan karena P-5 tidak menggunakan *speed limit* yang sesuai sehingga sampai pada garis *finish* agak terlambat. P-3 dan P-4 memiliki kasus yang mirip dengan P-5 sehingga menyebabkan selisih skor yang sedikit. P-1 dan P-6 menghasilkan skor sama yang kurang maksimal, hal ini dikarenakan kedua partisipan lupa dalam melakukan sen kiri pada belokan pertigaan kedua.

Partisipan akan diberikan kuesioner berupa daftar pertanyaan setelah menyelesaikan pengujian kontrol navigasi dan pengujian Level 1. Berdasarkan hasil pengisian kuesioner, sebagian besar partisipan yang bekerja sama telah memiliki pengalaman dalam bermain gim VR dan AR. Hasil pengisian kuesioner menunjukkan bahwa rata-rata partisipan memberikan tingkat kemudahan 8 dari 10. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi simulasi lalu lintas mudah dimainkan. Untuk tingkat kemudahan kontrol antara mode

VR dan AR, secara keseluruhan partisipan lebih nyaman dan lebih menyukai bermain dalam mode VR.

Berdasarkan hasil kuesioner, seluruh partisipan berpendapat bahwa aplikasi simulasi lalu lintas membantu masyarakat dalam meningkatkan pengetahuan lalu lintas. Beberapa partisipan menyebutkan bahwa aplikasi telah mencakup keadaan lalu lintas pada jalan raya sesungguhnya. Ada juga partisipan yang menyebutkan bahwa pembelajaran melalui simulasi lalu lintas seperti ini interaktif untuk mendemonstrasikan kejadian sesungguhnya di jalan raya. Beberapa partisipan beranggapan bahwa *user interface* pada aplikasi masih perlu diperbaiki karena terlalu dekat dengan pemain. Ada juga yang menyarankan untuk memberikan status waktu secara *real-time* yang terjadi pada aplikasi, seperti sisa waktu lampu lalu lintas dan sisa waktu setiap keputusan. Hal ini merupakan saran yang sangat baik untuk meningkatkan performa permainan pemain. Ada juga yang menyarankan bahwa pada properti keputusan akan lebih baik jika pemain dapat menambah atau mengurangi properti dengan cara ditahan. Hal ini cukup dipahami karena terkadang untuk menambah atau mengurangi nilai dari properti perlu melakukan gerakan berulang-ulang yang dapat membuat pemain lelah.

#### IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Hasil dari perancangan, pengembangan dan pengujian aplikasi lalu lintas yang telah dilakukan berhasil menghasilkan aplikasi simulasi lalu lintas yang dapat

dimainkan. Kesimpulan dari perancangan dan pengembangan aplikasi simulasi lalu lintas adalah sebagai berikut;(1)Perancangan simulasi lalu lintas berhasil dikembangkan dengan memanfaatkan teknologi XR yang dapat digunakan untuk meningkatkan pemahaman dan kesadaran masyarakat mengenai cara berlalu lintas yang baik menggunakan Unity dan Oculus Integration SDK yang dapat dimainkan menggunakan Meta Quest;(2)Dari hasil pengujian simulasi lalu lintas dapat ditarik kesimpulan bahwa secara keseluruhan, partisipan melakukan kesalahan pada tahap awal permainan pada Level 1. Kemudian partisipan berusaha untuk menyelesaikan Level 1 dengan meletakkan keputusan-keputusan yang cocok digunakan untuk meraih level tinggi yang mengantarkan kendaraan pemain sampai di tujuan dengan selamat. Partisipan dapat menyelesaikan Level 1 dan menghasilkan skor yang tinggi. Hal ini menunjukkan adanya perubahan antara pengetahuan sebelum dan sesudah menyelesaikan Level 1.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Supriatna and Sutono, "Media sosialisasi rambu-rambu lalulintas dengan metode augmented reality berbasis android," *Media Jurnal Informatika*, vol. 8, no. 1, 2018.
- [2] Soerjono Soekanto and Budi Sulistyowati, *Sosiologi Suatu Pengantar*. Jakarta : Raja Grafindo Persada, 2013.
- [3] S. Aleem, L. F. Capretz, and F. Ahmed, "Game development software engineering process life cycle: a systematic review," *Journal of Software Engineering Research and Development*, vol. 4, no. 1, Dec. 2016, doi: 10.1186/s40411-016-0032-7.