

**IMPLEMENTASI METODE *FUZZY STATE MACHINE* UNTUK  
MENGATUR SKENARIO PADA *GAME FREE INDONESIA ANIMALS***

**SKRIPSI**

Oleh:  
**FARADILAH PUTRI DAMAYANTI**  
NIM. 18650022



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2022**

**IMPLEMENTASI METODE *FUZZY STATE MACHINE* UNTUK  
MENGATUR SKENARIO PADA *GAME FREE INDONESIAN ANIMALS***

**SKRIPSI**

Oleh:  
**FARADILAH PUTRI DAMAYANTI**  
NIM. 18650022

**Diajukan kepada:  
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2022**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

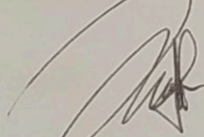
**IMPLEMENTASI METODE *FUZZY STATE MACHINE* UNTUK  
MENGATUR SKENARIO PADA *GAME FREE INDOONESIAN ANIMALS***

**SKRIPSI**

Oleh:  
**FARADILAH PUTRI DAMAYANTI**  
**NIM. 18650022**

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji  
Tanggal : 3 Juni 2022

Dosen Pembimbing I



Juniardi Nur Fadila, M.T  
NIP. 19920605 201903 1 015

Dosen Pembimbing II



Dr. M. Faisal, M.T  
NIP. 19740510 200501 1 007

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Informatika  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang



  
Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT  
NIP. 19771020 200912 1 001

## HALAMAN PENGESAHAN

### IMPLEMENTASI METODE *FUZZY STATE MACHINE* UNTUK MENGATUR SKENARIO PADA *GAME FREE INDONESIAN ANIMALS*

#### SKRIPSI

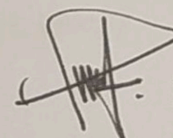

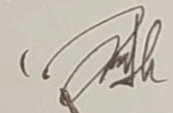

Oleh:

**FARADILAH PUTRI DAMAYANTI**  
NIM. 18650022

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji  
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)  
Pada Tanggal: 16 Juni 2022


#### Susunan Dewan Penguji

1. Penguji Utama : Dr. Yunifa Miftachul Arif, M.T  
NIP. 19830616 201101 1 004
2. Ketua Penguji : Zainal Abidin, M.Kom  
NIP. 19760613 200501 1 004
3. Sekretaris Penguji : Juniardi Nur Fadila, M.T  
NIP. 19920605 201903 1 015
4. Anggota Penguji : Dr. M. Faisal, M.T  
NIP. 19740510 200501 1 007

()  
()  
()  
()

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Informatika  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang



  
Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT  
NIP. 19771020 200912 1 001

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Faradilah Putri Damayanti  
NIM : 18650022  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Jurusan : Teknik Informatika  
Judul Skripsi : Implementasi Metode *Fuzzy State Machine*  
untuk Mengatur Skenario pada *Game Free Indonesian Animals*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan Skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 23 Juni 2022  
Yang membuat pernyataan,



Faradilah Putri Damayanti  
NIM. 18650022

## HALAMAN MOTTO

لَا يُكَلِّفُ اللَّهُ نَفْسًا إِلَّا وُسْعَهَا

*“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”*

(QS. Al – Baqarah : 286)

## HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

Karya ilmiah ini penulis persembahkan kepada kedua orang tua, keluarga, dosen, sahabat, dan seluruh orang yang berperan aktif dalam membantu penulis menyelesaikan penelitian ini.

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, Allah *subhanahu wa ta'ala* yang telah memberikan Taufik dan Hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Implementasi Metode *Fuzzy State Machine* untuk Mengatur Skenario pada *Game Free Indonesian Animals*” dengan baik.

Banyak pihak yang terlibat dalam penulisan skripsi ini yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materil. Untuk itu dalam kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. H.M. Zainuddin, MA selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
2. Dr. Sri Hariani, M.Si selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
3. Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang senantiasa memberikan dorongan untuk menyelesaikan skripsi ini.
4. Juniardi Nur Fadila, M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah dengan sabar memberikan arahan baik dalam penulisan hingga program yang dibuat dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Dr. M. Faisal, M.T selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk memberikan ilmu dan arahan dalam menyelesaikan skripsi ini.



5. Seluruh dosen dan staff akademika Jurusan Teknik Informatika yang memberikan ilmu yang sangat bermanfaat yang secara tidak langsung ikut terlibat dalam penyusunan skripsi ini.
6. Kedua orang tua saya, ayah Ismail dan ibu Ani Idawati yang telah memberikan suntikan dana terbesar dan selalu memberikan doa, semangat serta dukungan untuk menyelesaikan perkuliahan dan skripsi ini. Serta adik saya Muhammad Farhan Dzakwan yang telah memberikan motivasi untuk terus menyelesaikan skripsi ini.
7. Sahabat – sahabat saya yang beranggotakan penulis Kurniyatul Ainiah dan Yuliana Romadhoni yang selalu memberikan informasi serta saling memotivasi untuk menyelesaikan skripsi ini.
8. Seluruh keluarga besar Teknik Informatika terutama Angkatan 2018 “UFO” yang telah mendukung untuk saling menyelesaikan skripsi.
9. Seluruh pihak yang telah terlibat secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyusunan skripsi sejauh ini.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini tidak luput dari kesalahan yang jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sehingga skripsi ini dapat lebih dikembangkan dan berguna bagi penulis sendiri maupun pembaca pada umumnya.

Malang, 3 Juni 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	v
HALAMAN MOTTO .....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xvi
ABSTRAK .....	xvii
ABSTRACT .....	xviii
مستخلص البحث.....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Pernyataan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
<b>BAB II STUDI PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1 Penelitian Terkait .....	6
2.2 <i>Augmeted Reality</i> .....	11
2.2.1 Penerapan <i>Augmented Reality</i> .....	11
2.2.2 Cara Kerja <i>Augmented Reality</i> .....	16
2.2.3 Komponen Utama <i>Augmented Reality</i> .....	16
2.2.4 Vuforia SDK.....	18
2.3 <i>Marker</i> .....	19
2.3.1 <i>Marker Based Tracking</i> .....	20
2.3.2 <i>Markerless Based Tracking</i> .....	21
2.3.3 <i>Multi Target Marker</i> .....	22

2.4 <i>Finite State Machine</i> (FSM).....	23
2.5 <i>Fuzzy State Machine</i> (FUSM) .....	24
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>27</b>
3.1 Desain Penelitian .....	27
3.2 Skenario Aplikasi .....	29
3.3 Desain Sistem .....	32
3.4 Desain Aplikasi .....	35
3.4.1 Pembuatan <i>Marker</i> .....	35
3.4.2 <i>Upload Marker</i> ke <i>Vuforia Developer</i> .....	36
3.4.3 Pembuatan Objek 3D .....	37
3.4.4 <i>Storyboard</i> Aplikasi.....	37
3.5 Implementasi <i>Finite State Machine</i> .....	40
3.6 Implementasi <i>Fuzzy State Machine</i> .....	41
3.7 Desain <i>Fuzzy</i> .....	44
3.8 Desain Pengujian .....	69
3.8.1 Pengujian Aplikasi.....	69
3.8.2 Pengujian <i>Finite State Machine</i> .....	70
3.8.3 Pengujian <i>Fuzzy State Machine</i> .....	71
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>72</b>
4.1 Implementasi .....	72
4.1.1 Desain <i>Interface Game</i> .....	72
4.1.2 Implementasi <i>Fuzzy</i> .....	76
1.1.2 <i>Output</i> masing – masing variabel .....	80
1.1.3 Penentuan <i>output</i> animasi .....	80
1.2 Pengujian Aplikasi .....	81
1.2.1 Pengujian Simulasi Matlab .....	81
1.2.2 Pengujian Aplikasi.....	90
1.2.3 Pengujian <i>Fuzzy State Machine</i> dengan <i>Rules</i> .....	97
1.3 Hasil Akhir .....	97
1.3.1 Karakter Gajah.....	98
1.3.2 Karakter Badak .....	98
1.3.3 Karakter Tapir.....	98

1.3.4 Karakter Harimau .....	99
1.3.5 <i>Marker</i> Terdeteksi.....	99
1.4 Integrasi dalam Islam .....	102
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>107</b>
1.5 Kesimpulan.....	107
1.6 Saran .....	107
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Output</i> karakter virtual permainan catur .....	6
Gambar 2.2 Desain perubahan perilaku pada NPC.....	7
Gambar 2.3 Tampilan <i>user interface</i> perubahan senjata NPC.....	8
Gambar 2.4 <i>Hero</i> dan struktur menara dalam permainan .....	8
Gambar 2.5 <i>Application architecture</i> .....	9
Gambar 2.6 Simulasi <i>game</i> dengan jumlah NPC yang banyak .....	10
Gambar 2.7 Output <i>game</i> edukasi penjelajahan museum tua di Indonesia .....	11
Gambar 2.8 Penerapan <i>Augmented Reality</i> pada bidang Pendidikan .....	12
Gambar 2.9 Penerapan <i>Augmented Reality</i> pada bidang <i>game</i> .....	14
Gambar 2.10 Penerapan <i>Augmented Reality</i> pada bidang <i>marketing</i> .....	15
Gambar 2.11 Penerapan <i>Augmented Reality</i> pada bidang medis.....	16
Gambar 2.12 <i>Marker unwrapping</i> .....	20
Gambar 2.13 <i>Marker based tracking</i> .....	21
Gambar 2.14 <i>Markerless based tracking</i> .....	21
Gambar 2.15 Penerapan <i>multi target</i> .....	23
Gambar 2.16 Model FSM .....	24
Gambar 3.1 Diagram blok pengembangan aplikasi .....	28
Gambar 3.2 Diagram blok desain rancangan aplikasi.....	33
Gambar 3.3 Pembuatan <i>marker</i> .....	36
Gambar 3.4 <i>Upload marker</i> ke <i>database Vuforia</i> .....	36
Gambar 3.5 Pembuatan objek 3D .....	37
Gambar 3.6 Rancangan <i>Finite State Machine</i> .....	41
Gambar 3.7 Rancangan <i>Fuzzy State Machine</i> .....	43
Gambar 3.8 Tampilan <i>input</i> , proses, dan <i>output</i> pada Matlab .....	45
Gambar 3.9 Kurva variabel jarak .....	47
Gambar 3.10 Kurva variabel ketepatan serang .....	48
Gambar 3.11 Kurva variabel kecepatan .....	50
Gambar 3.12 Kurva variabel <i>health</i> .....	52
Gambar 3.13 <i>Membership output</i> .....	53
Gambar 3.14 Diagram pohon kombinasi jarak dekat sekali .....	54

Gambar 3.15 Diagram pohon kombinasi jarak dekat.....	55
Gambar 3.16 Diagram pohon kombinasi jarak jauh .....	56
Gambar 4.1 <i>Splash screen</i> .....	73
Gambar 4.2 Halaman utama.....	73
Gambar 4.3 (a) Latar belakang, (b) Petunjuk.....	74
Gambar 4.4 Menu <i>scan AR</i> .....	75
Gambar 4.5 <i>Panel reward</i> .....	75
Gambar 4.6 Keluar .....	76
Gambar 4.7 Diagram blok implementasi <i>fuzzy</i> .....	76
Gambar 4.8 Letak proses <i>fuzzifikasi</i> .....	78
Gambar 4.9 Letak proses <i>inference</i> .....	79
Gambar 4.10 Letak proses <i>defuzzifikasi</i> .....	79
Gambar 4.11 Letak <i>log</i> ketika <i>scan marker</i> .....	80
Gambar 4.12 Letak <i>output animasi</i> .....	81
Gambar 4.13 <i>Output</i> simulasi Matlab .....	82
Gambar 4.14 Output perilaku berdasarkan jarak dan ketepatan serang.....	82
Gambar 4.15 <i>Output</i> perilaku berdasarkan jarak dan kecepatan.....	83
Gambar 4.16 <i>Output</i> perilaku berdasarkan jarak dan <i>health</i> .....	84
Gambar 4.17 <i>Output</i> perilaku berdasarkan ketepatan serang dan kecepatan.....	86
Gambar 4.18 <i>Output</i> perilaku berdasarkan ketepatan serang dan <i>health</i> .....	86
Gambar 4.19 <i>Output</i> perilaku berdasarkan kecepatan dan <i>health</i> .....	88
Gambar 4.20 Tampilan halaman <i>splash screen</i> .....	91
Gambar 4.21 Tampilan halaman menu utama .....	91
Gambar 4.22 Tampilan halaman latar .....	91
Gambar 4.23 Tampilan halaman petunjuk.....	91
Gambar 4.24 Tampilan halaman keluar .....	91
Gambar 4.25 Tampilan halaman <i>scan marker</i> .....	91
Gambar 4.26 Tampilan halaman ketika <i>marker</i> terdeteksi .....	92
Gambar 4.27 Tampilan halaman ketika <i>marker</i> berada pada jarak dekat sekali ..	92
Gambar 4.28 Tampilan halaman ketika <i>marker</i> berada pada jarak dekat sekali dan saling bertabrakan .....	92
Gambar 4.29 Tampilan halaman ketika <i>marker</i> berada pada jarak dekat.....	92
Gambar 4.30 Tampilan halaman ketika <i>marker</i> berada pada jarak jauh.....	92

Gambar 4.31 Tampilan <i>panel reward</i> .....	92
Gambar 4.32 Karakter gajah .....	98
Gambar 4.33 Karakter badak .....	98
Gambar 4.34 Karakter tapir.....	99
Gambar 4.35 Karakter harimau.....	99
Gambar 4.36 Tampilan halaman ketika <i>marker</i> terdeteksi .....	100
Gambar 4.37 Tampilan halaman ketika <i>marker</i> berada pada jarak dekat sekali	100
Gambar 4.38 Tampilan halaman ketika <i>marker</i> berada pada jarak dekat sekali dan saling bertabrakan .....	101
Gambar 4.39 Tampilan halaman ketika <i>marker</i> berada pada jarak dekat.....	101
Gambar 4.40 Tampilan halaman ketika <i>marker</i> berada pada jarak jauh.....	102

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Karakteristik hewan .....	29
Tabel 3.2 Skenario aplikasi .....	30
Tabel 3.4 <i>Storyboard</i> aplikasi .....	38
Tabel 3.7 Nilai variabel jarak .....	46
Tabel 3.8 Nilai variabel ketepatan serang .....	48
Tabel 3.9 Nilai variabel kecepatan .....	50
Tabel 3.10 Nilai variabel <i>health</i> .....	52
Tabel 3.11 Nilai variabel perilaku .....	53
Tabel 3.12 Pengujian <i>Finite State Machine</i> .....	70
Tabel 4.1 Perbandingan hasil Matlab dengan <i>Console Unity</i> .....	89
Tabel 4.3 Pengujian <i>button interface</i> .....	93
Tabel 4.5 Pengujian jarak, sudut, dan pencahayaan terhadap <i>marker</i> .....	95



## ABSTRAK

Damayanti, Faradilah Putri. 2022. **Implementasi Metode *Fuzzy State Machine* untuk Mengatur Skenario pada *Game Free Indonesian Animals***. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Juniardi Nur Fadila, M.T (II) Dr. M. Faisal, M.T

---

Kata Kunci: *Augmented Reality, Fuzzy State Machine, Finite State Machine, Game*

Untuk menampilkan beberapa objek, *Augmented Reality* membutuhkan animasi agar lebih menarik. Terdapat suatu masalah ketika menggunakan banyak animasi untuk satu objek yaitu penampilan karakter yang tidak sesuai dan pergerakan animasi pertarungan yang terlalu cepat, sehingga masalah tersebut dapat diatasi dengan pengolahan animasi menggunakan *Finite State Machine*. Selain itu, jika hanya menambahkan *Finite State Machine* tidak dapat menyelesaikan masalah ketika terdapat beberapa perilaku yang berbeda. Dalam studi sebelumnya, beberapa konsep menggabungkan *Finite State Machine* dengan *fuzzy* yang dapat membuat manajemen animasi lebih terkontrol. Sehingga dalam penelitian ini menggunakan *Finite State Machine* untuk mengontrol animasi pada *Augmented Reality*. Pada penelitian ini menggunakan 4 *marker* dan maksimal melakukan *scan* sebanyak 2 *marker* yang kemudian untuk proses penentuan pengambilan keputusan animasi objek akan dipilih dengan nilai *fuzzy*. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh persentase sebesar 70,83% untuk pengujian akurasi *marker* berdasarkan jarak, sudut, dan pencahayaan. Sedangkan pengujian yang membandingkan antara *Fuzzy State Machine* dan *rules* diperoleh persentase sebesar 96,29%.

## ABSTRACT

Damayanti, Faradilah Putri. 2022. **Implementation of the Fuzzy State Machine Method to Set the Scenario in the Free Indonesian Animals Game.** Undergraduate Thesis. Department of Informatics Engineering, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisors: (I) Juniardi Nur Fadila, M.T (II) Dr. M. Faisal, M.T

---

Keywords: *Augmented Reality, Fuzzy State Machine, Finite State Machine, Game*

For displaying some object, Augmented Reality needs animations to make it more attractive. It will make some problems when we used a lot of animation for one object it will display characters that are not suitable and the movement of the battle animation is too fast, so we need to manage the animation with Finite State Machine. Furthermore, only adding Finite State Machine stop does not solve the problem when we used several different behaviors. In a recent study, several concepts combining Finite State Machine with fuzzy make animation management more controllable. So in this study, we try to use Finite State Machine to control the animation on ar. We used 4 markers and we scan 2 markers of them maka the object animation will be selected by the value of fuzzy. Based on the test results obtained a percentage of 70.83% for testing marker accuracy based on distance, angle, and lighting. While the test that compares the Fuzzy State Machine and the rules obtained a percentage of 96.29%.

## مستخلص البحث

دامايانتي ، فاراديلة بوتري. 2022. تنفيذ طريقة آلة الدولة الضبابية لضبط السيناريو في لعبة الحيوانات الإندونيسية المجانية. فرضية. قسم هندسة المعلوماتية ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، جامعة الولاية الإسلامية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المستشارون : (1) جونياردني نور فضيلة M.T , (2) دكتور محمد فيصل M.T

الكلمات الرئيسية: الواقع المعزز ، آلة الدولة الضبابية ، اللعبة

لعرض بعض العناصر ، يتطلب الواقع المعزز رسوماً متحركة لجعله أكثر تشويقاً. هناك مشكلة عند استخدام العديد من الرسوم المتحركة لكائن واحد ، وهي ظهور الشخصيات غير المتطابقة وحركة الرسوم المتحركة القتالية سريعة جداً ، بحيث يمكن التغلب على هذه المشكلة عن طريق معالجة الرسوم المتحركة باستخدام آلة الدولة المحدودة. بالإضافة إلى ذلك ، فإن إضافة آلة الحالة المحدودة ببساطة لا يمكن أن تحل المشكلة عندما يكون هناك العديد من السلوكيات المختلفة. في الدراسات السابقة ، تجمع بعض المفاهيم بين آلة الحالة المحدودة والغامض مما يجعل إدارة الرسوم المتحركة أكثر قابلية للتحكم. لذلك في هذه الدراسة باستخدام آلة الحالة المحدودة للتحكم في الرسوم المتحركة في الواقع المعزز. في هذه الدراسة باستخدام 4 علامات ومحد أقصى 2 علامات تم مسحها ضوئياً ، ثم بالنسبة لعملية اتخاذ القرار ، سيتم تحديد كائن الرسوم المتحركة بقيمة غامضة. بناءً على نتائج الاختبار تم الحصول على نسبة 70.83٪ لاختبار دقة العلامة بناءً على المسافة والزوايا والإضاءة. بينما حصل الاختبار الذي يقارن آلة الدولة الضبابية والقواعد على نسبة 96.29٪.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Dibentuknya lembaga internasional untuk konservasi alam atau biasa disebut IUCN (*International Union for Conservation of Nature*) disebabkan karena menurunnya populasi keanekaragaman hayati di dunia. Menurut data IUCN *Red List*, Indonesia memiliki jumlah terbanyak untuk keanekaragaman hayati yang dilindungi yaitu sebesar 13.652 pada tahun 2021 untuk kawasan negara di Asia Tenggara. (IUCN, 2021). Sedangkan Surat Keputusan Direktur Jenderal KSDAE Nomor SK. 180/IV-KKH/2015 yang dikeluarkan pada tanggal 30 Juni 2015 tentang Penetapan Dua Puluh Lima Satwa Terancam Punah prioritas untuk ditingkatkan populasinya sebesar 10% pada tahun 2015 – 2019. Adapun kegiatan prioritas dalam rangka meningkatkan populasi 25 satwa terancam punah adalah pembinaan populasi/ habitat, penanggulangan konflik, perlindungan dan pengamanan, penyadartahuan, rehabilitasi dan pelepasliaran, serta pengelolaan dan pengembangan pangkalan data (Direktoral Jenderal KSDAE, 2016).

Banyaknya satwa endemik Indonesia yang hampir punah mengharuskan mereka untuk segera dikenalkan kepada generasi – generasi muda terutama anak. Memperkenalkan anak dengan hewan langka digunakan sebagai media pembelajaran agar membentuk pola pikir untuk menjaga lingkungan. Berdasarkan KBBI, proses pembelajaran setiap individu untuk mendapatkan pengetahuan dan pemahaman sebuah obyek tertentu yang lebih spesifik berakibat pada pola pikir,

perilaku dan akhlak (Sembiring *et al.*, 2018). Proses pembelajaran ini harus dilakukan dengan cara – cara yang baik sesuai dengan yang telah difirmankan oleh Allah *subhanahu wa ta'ala* dalam surah An – Nahl ayat 125 yang berbunyi :

أُدْعُ إِلَى سَبِيلِ رَبِّكَ بِالْحُكْمَةِ وَالْمَوْعِظَةِ الْحَسَنَةِ وَجَادِهِمْ بِالَّتِي هِيَ أَحْسَنُ إِنَّ رَبَّكَ هُوَ أَعْلَمُ بِمَنْ ضَلَّ عَنْ

سَبِيلِهِ ۗ وَهُوَ أَعْلَمُ بِالْمُهْتَدِينَ

“Serulah (manusia) kepada jalan Tuhanmu dengan hikmah dan pengajaran yang baik, dan berdebatlah dengan mereka dengan cara yang baik. Sesungguhnya Tuhanmu, Dialah yang lebih mengetahui siapa yang sesat dari jalan-Nya dan Dialah yang lebih mengetahui siapa yang mendapat petunjuk.” (QS. An – Nahl : 125) (Cordoba, 2019)

Menurut tafsir Jalalain oleh Imam Jalaluddin Al – Mahalli cetakan tahun 2008 : 1052 , Allah *subhanahu wa ta'ala* memerintahkan kepada nabi Muhammad untuk menyeru manusia dengan hikmah Al – Quran dan pelajaran yang baik serta nasihat yang lemah lembut. Ketika terjadi perbedaan pendapatn, bantahlah dengan cara yang baik pula seperti menyeru mereka untuk menyembah Allah *subhanahu wa ta'ala* dengan menampilkan tanda – tanda kebesaran – Nya atau dengan hujjah – hujjah yang jelas (Mahalli, 2008).

Menurut tafsir Muyassar oleh Dr. ‘Aid al – Qarni cetakan tahun 2008 : 476, para nabi dan pengikutnya diseru oleh Allah *subhanahu wa ta'ala* untuk menyuruh seluruh manusia memeluk agama islam dan menjalankan hukum – hukum islam dengan cara dan metode yang baik. Bersikap lemah lembut dan sopanlah ketika menyeru mereka dan janganlah marah, bersikap kasar, ataupun mengucapkan kata – kata yang menyakitkan. Doronglah mereka untuk berbuat kebaikan dan wanti – wantilah mereka untuk berbuat keburukan. Ketika melakukan diskusi, berikanlah

ide atau tanggapan dengan menjauhi celaan yang bisa menyakiti mereka dan hindarilah sikap bangga diri dan sombong (Qarni, 2008b).

Pada tafsir Ibnu Katsir karangan Dr. ‘Abdullah bin Muhammad cetakan tahun 2003 : 121, Allah *subhanahu wa ta’ala* berfirman seraya memerintahkan nabi Muhammad untuk menyeru manusia dengan penuh hikmah. Jika manusia membutuhkan untuk berdialog dan bertukar pikiran, hendaklah dilakukan dengan cara yang baik, lemah lembut, serta tutur kata yang baik pula seperti ketika Allah *subhanahu wa ta’ala* memerintahkan kepada nabi Musa dan nabi Harun kepada Fir’aun (Muhammad, 2003b).

Berdasarkan ketiga tafsir tersebut, jika dikaitkan dengan penelitian yang dilakukan maka hendaklah diciptakan suatu media dakwah yang dapat digunakan sesuai dengan aturan – aturan islam. Dakwah dilakukan dengan memberikan penyampaian yang sopan santun sehingga dapat dengan mudah diterima dan ketika menemui suatu perbedaan pendapat yang mengakibatkan perselisihan argumen, bantahlah dengan bantahan yang baik dan lemah lembut sehingga tidak menyakiti pihak manapun. Sehingga dibuatlah media pembelajaran sebagai salah satu media dakwan kepada generasi muda untuk memperkenalkan hewan – hewan langka. Terdapat komponen – komponen yang harus dipenuhi agar dakwah dalam bentuk pembelajaran ini dapat berjalan dengan baik yaitu adanya guru, siswa, tujuan, metode, materi, alat pembelajaran (media), serta evaluasi (Riyana, 2019).

Berdasarkan 7 komponen yang harus dipenuhi tersebut, salah satu komponen yang mempengaruhi proses pembelajaran adalah alat pembelajaran (media). Dengan menggunakan media pembelajaran yang tepat, maka baik guru maupun siswa akan lebih efektif dalam menyampaikan dan menerima materi. Salah satu materi yang dapat disampaikan untuk generasi muda saat ini adalah memperkenalkan hewan langka kepada mereka. Dengan memperkenalkan hewan langka kepada generasi muda, diharapkan akan menumbuhkan rasa untuk menjaga lingkungan dan melindungi hewan langka.

Penelitian yang dilakukan oleh Fransnesa *et al.*, (2017) mengembangkan aplikasi berbasis *Augmented Reality* untuk meningkatkan kepedulian terhadap hewan langka. Penelitian ini telah menerapkan aspek yang telah ditafsirkan pada surah An – Nahl ayat 125 yaitu penelitian telah tepat dengan sasaran anak – anak yang lebih mudah menerima pembelajaran melalui suatu permainan. Namun, terdapat kekurangan pada penelitian ini yaitu permainan hanya menerapkan 1 *marker* saja. Sehingga anak – anak hanya dapat *scan marker* tanpa adanya interaksi antar objeknya.

Terdapat 2 penelitian lain yang serupa dengan mengembangkan *game* mengenai hewan langka yang dilakukan oleh Primadela Oktaviando Duan Dana (2018) dan Damayanti *et al.*, (2020). Kedua penelitian ini juga telah menerapkan aspek yang telah ditafsirkan pada surah An – Nahl ayat 125 yaitu penelitian telah tepat dengan sasaran anak – anak. Namun sama seperti penelitian sebelumnya, kedua penelitian ini juga masih memiliki kekurangan yang masih bisa untuk lebih dikembangkan yaitu masih menggunakan grafis 2D dan menampilkan informasi

berupa tulisan panjang. Hal ini akan lebih cepat membuat anak bosan karena tidak adanya interaksi langsung pada *game*.

Berdasarkan kekurangan yang terdapat dari penelitian – penelitian sebelumnya, terdapat berbagai macam teknologi informasi saat ini yang telah sangat berkembang untuk mendukung media pembelajaran agar semakin interaktif. Salah satu teknologi informasi tersebut adalah *Augmented Reality* (AR). Terdapat masalah pada penerapan *Augmented Reality* (AR) tanpa *Finite State Machine* (FSM) adalah hasil *scan marker* menampilkan karakter yang tidak sesuai dan pergerakan animasi pertarungan yang terlalu cepat. Untuk mengatasi masalah tersebut, dibuatlah *game* dengan konsep menambahkan kecerdasan buatan *Finite State Machine* (FSM) agar animasi pertarungan menjadi lebih terkontrol (Hidayat et al., 2019). Penambahan logika *fuzzy* pada penerapan metode *Finite State Machine* (FSM) digunakan untuk menentukan *output* dari *input* yang diberikan. *Fuzzy* sendiri merupakan suatu metode yang digunakan untuk memecahkan masalah yang masih belum jelas kepastiannya. *Fuzzy* memindahkan aspek linguistik ke dalam model matematis yang bertujuan untuk memberikan validasi (Ahmadi et al., 2018).

Berdasarkan kekurangan – kekurangan pada penelitian sebelumnya, penulis akan mengembangkan aplikasi *game* untuk proses pembelajaran berbasis *mobile Augmented Reality* dengan menggabungkan *Fuzzy* dan metode *Finite State Machine* (FSM) untuk mengenalkan hewan langka. *Game* nantinya akan menggunakan *Multiple Image Target* yang menampilkan 3D objek hewan langka. Dua *marker* akan dilakukan *scan* sekaligus dan akan dilihat variabel antar kedua objek. Variabel yang digunakan adalah jarak, kecepatan, ketepatan serang, dan



nyawa yang akan mempengaruhi interaksi antar keduanya. Aplikasi ini dikembangkan guna menjadi salah satu sarana memperkenalkan hewan langka kepada anak yang nantinya akan ditampilkan berupa animasi 3D secara nyata melalui perangkat *mobile*.

### **1.2 Pernyataan Masalah**

- a. Bagaimana kesesuaian antara kemunculan gambar dan objek pada *game Free Indonesian Animals*?
- b. Bagaimana kesesuaian pergerakan objek yang dihasilkan dengan menerapkan metode *Fuzzy State Machine* dengan menggunakan *Multiple Image Target* pada *game Free Indonesian Animals*?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

- a. Menganalisa kesesuaian antara kemunculan gambar dan objek pada *game Free Indonesian Animals* yang dapat disertai dengan audio yang sesuai dengan objek yang ditampilkan.
- b. Menganalisa kesesuaian pergerakan objek dengan menerapkan *Fuzzy State Machine* pada *game Free Indonesian Animals* yang diuji berdasarkan variabel jarak, kecepatan, ketepatan serang, dan nyawa.

### **1.4 Batasan Masalah**

- a. Objek berupa 3D dari hewan yang dilindungi berdasarkan IUCN *Red List* dan menggunakan 4 objek 3D hewan
- b. Maksimal *marker* yang dideteksi sebanyak 2 *marker*
- c. Marker berupa gambar berwarna
- d. Interaksi yang dilakukan berupa *idle*, *run*, *attack*, dan *prepare*

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian yang dilakukan diharapkan dapat menjadi salah satu media pembelajaran interaktif bagi guru sekolah dasar untuk mengenalkan satwa langka Indonesia kepada anak dengan menggunakan *game*. Sehingga dengan anak berinteraksi langsung dengan melakukan *scan Augmented Reality*, diharapkan ingatan mereka akan lebih kuat, memiliki minat belajar yang lebih, serta menjadi salah satu cara belajar agar anak tidak selalu melihat layar *gadget* hanya untuk bermain tanpa adanya unsur pembelajaran.

## BAB II

### STUDI PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terkait

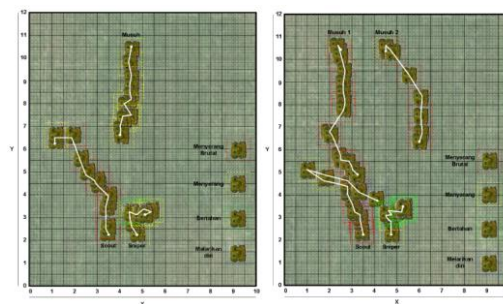
Penelitian yang menerapkan *Fuzzy State Machine* dilakukan oleh Alvim & De Oliveira Cruz (2008) dan diterapkan pada karakter virtual permainan catur yang mampu bereaksi dalam bentuk ekspresi wajah sesuai dengan gerakan pemain. *State* yang digunakan adalah focus, senang, marah, dan terkejut. Penelitian ini mengusulkan *Fuzzy State Machine* yang memanfaatkan jenis fungsi baru untuk mentransfer nilai diantara *stae – state* nya. Penelitian ini menghasilkan ekspresi wajah yang berkualitas baik dan mereproduksi suasana hati yang konsisten untuk karakter dalam *game*.



Gambar 2.1 *Output* karakter virtual permainan catur  
(Sumber : Alvim & De Oliveira Cruz, 2008)

Penelitian yang dilakukan oleh Arif *et al.*, (2011) membuat *game* dengan mendesain perilaku NPC menggunakan HFSM yang digunakan untuk mengatur NPC dalam penyerangan dan menggunakan logika *fuzzy* agar lebih bervariasi. Pengujian pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *Torque Game Engine*. NPC yang digunakan ada 2 yaitu NPC *Scout* dan NPC *Sniper*. Perilaku

NPC *Scout* ada 4, yaitu menyerang brutal, menyerang, melarikan diri, dan bertahan. Sedangkan NPC *Sniper* memiliki 3 perilaku, yaitu menyerang, bertahan, dan melarikan diri. Variabel yang mempengaruhi NPC *Scout* adalah jumlah amunisi dan kesehatan. Sedangkan variabel yang mempengaruhi NPC *Sniper* adalah jumlah amunisi dan jarak musuh. Hasil dari penelitian ini memperoleh tingkat kemenangan menyerang mencapai 80% jika melawan musuh dengan perilaku menyerang dan menghindar.



Gambar 2.2 Desain perubahan perilaku pada NPC  
(Sumber : Arif *et al.*, 2011)

Penelitian yang dilakukan oleh peneliti yang sama dilakukan oleh Arif *et al.*, (2012) dengan menggunakan *fuzzy sugeno* untuk pergantian senjata pada NPC. Penelitian menggunakan FSM untuk mendesain perilaku NPC dan logika *fuzzy* yang digunakan untuk menentukan penentuan perubahan senjata pada NPC berdasar variabel yang dimiliki. Pengujian dilakukan menggunakan Matlab dan dilanjutkan dengan menguji coba FPS menggunakan *Torque Game Engine*. Penelitian ini memperoleh hasil dengan menerapkan logika *fuzzy* dapat menghasilkan perubahan senjata pada NPC yang lebih bervariasi berdasarkan dengan variabel yang dimiliki.



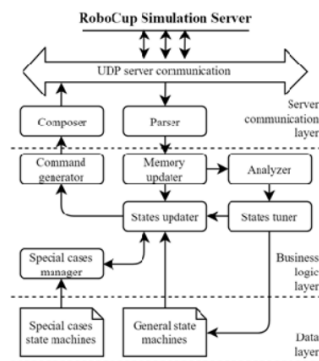
Gambar 2.3 Tampilan *user interface* perubahan senjata NPC  
S(Sumber : Arif et al., 2012)

Penelitian yang membandingkan antara 2 teknik dilakukan oleh Waltham & Moodley (2016) dengan membandingkan *Fuzzy State Machine* (FuSM) dengan *Emotional Behaviour Tree* (EBT). Pada penelitian ini penerapan FuSM dan EBT digunakan untuk mengontrol perilaku karakter *hero* dalam *game*. Implementasi FuSM *hero* tetap berhubungan dengan implementasi EBT *hero* karena setiap *state* di FuSM merangkum cabang EBT. Hasil dari penelitian ini diperoleh bahwa penerapan EBT berhasil karena mampu menghancurkan rata – rata 1 pertahanan musuh. Namun, kinerja keseluruhan tidak sesuai dengan keadaan *fuzzy*. Oleh karena itu, peneliti menyarankan dalam pengambilan keputusan karakter, emosi yang mempengaruhi keputusan harus dibatasi.



Gambar 2.4 *Hero* dan struktur menara dalam permainan  
(Sumber : Waltham & Moodley, 2016)

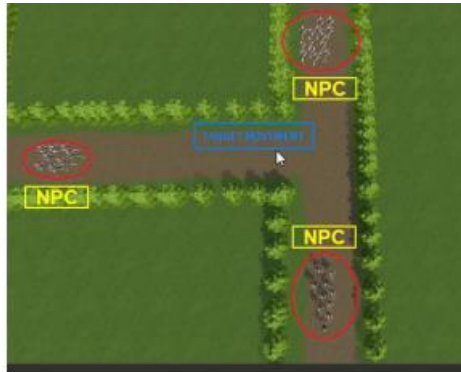
Penelitian lain dilakukan oleh Postnikov *et al.*, (2019) menggunakan *Fuzzy State Machine* untuk mengontrol player dalam simulasi sepak bola virtual. Pada penelitian ini, penulis mengusulkan untuk menggunakan *fuzzy* di lingkungan multi agen. Terdapat banyak parameter dan modul yang diterapkan penulis dan disesuaikan dengan parameter *fuzzy*. Saat membentuk *action*, *player* harus memperhitungkan berbagai aksi dari *player* lain. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan simulasi tanpa elemen *fuzzy*, menunjukkan bahwa semua tindakan pemain sangat skematis dan monoton. Sehingga dengan penggunaan hierarki *fuzzy* memungkinkan *user* untuk menambahkan fleksibilitas pada pemain.



Gambar 2.5 *Application architecture*  
(Sumber : Postnikov *et al.*, 2019)

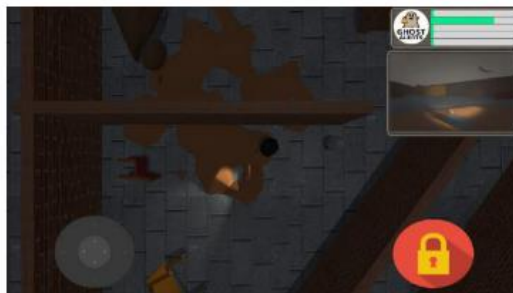
Penelitian mengenai *game* pertarungan dilakukan oleh Fadila & Arif (2020) menggunakan konsep RVO untuk mendeteksi halangan dan menghindari halangan tersebut. Simulasi dilakukan pada Unity dan RVO difungsikan sebagai *crowd navigation* ketika pemain mendekati kerumunan dari NPC yang berkumpul. Berdasarkan hasil uji coba yang dilakukan, diperoleh hasil dengan menambahkan konsep RVO, maka pergerakan NPC dapat diatur menjadi lebih baik. Namun masih

terdapat kekurangan yaitu penanganan NPC dalam jumlah ribuan masih harus diperbaiki.



Gambar 2.6 Simulasi *game* dengan jumlah NPC yang banyak  
(Sumber : Fadila & Arif, 2020)

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Rozikin *et al.*, (2021) yang menerapkan *Fuzzy State Machine* pada *game* edukasi penjelajahan museum tua di Indonesia. FSM menggambarkan tindakan musuh, sedangkan logika *fuzzy* digunakan untuk menentukan perilaku berdasarkan variabel yang ada. Dalam penelitian ini menggunakan 3 variabel yaitu jarak, waktu, dan kondisi. Terdapat 2 pengujian yaitu pengujian FuSM dan pengujian perangkat. Diperoleh hasil untuk pengujian FuSM berhasil 100% dengan semua *rule* yang telah ditentukan. Namun, untuk pengujian perangkat hanya 90% dimana terdapat 1 perangkat yang tidak bisa menjalankan *game* ini.



Gambar 2.7 *Output game* edukasi penjelajahan museum tua di Indonesia  
(Sumber : Rozikin *et al.*, 2021)

Perbedaan antara penelitian terkait dengan penelitian yang dilakukan terletak pada teknologi yang digunakan. Keseluruhan penelitian belum ada yang menggunakan *Augmented Reality*, sedangkan pada penelitian ini menggunakan *Augmented Reality*. Terdapat pula perbedaan pada jumlah parameter *input* yang digunakan. Pada penelitian sebelumnya, maksimal berjumlah 3 parameter *input* sedangkan pada penelitian ini telah menerapkan 4 parameter *input* dimana masing – masing parameter *input* tersebut memiliki 3 variabel.

## **2.2 Augmented Reality**

*Augmented Reality* (AR) merupakan teknologi yang menggabungkan antara dunia nyata dengan komponen maya. Bukan bertujuan untuk menggantikan dunia nyata, teknologi ini menempatkan objek virtual dengan mengintegrasikan teknologi pengenalan objek kamera dengan program komputer. Ketika gambar yang sudah ada ditangkap oleh kamera, maka objek virtual akan muncul di layar (Chiu *et al.*, 2021).

### **2.2.1 Penerapan Augmented Reality**

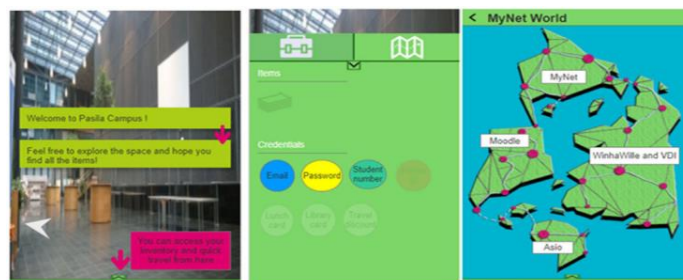
Terdapat banyak bidang yang telah menerapkan teknologi *Augmented Reality* (AR) seperti visualisasi medis, hiburan, iklan, pemeliharaan dan perbaikan, anotasi,



perencanaan jalur robot, dll (Furht, 2011). Beberapa penelitian terkait penerapan *Augmented Reality* beberapa dilakukan pada bidang pendidikan, *game*, *marketing*, dan medis.

a. Pendidikan

Penelitian yang dilakukan oleh Nguyen *et al.*, (2018) mengembangkan aplikasi yang interaktif berbasis *Augmented Reality* (AR) guna memperkenalkan suatu Lembaga Pendidikan bagi mahasiswa baru. Pengembangan aplikasi ini dilatarbelakangi karena kurang fleksibelnya masa orientasi mahasiswa baru yang hanya mengakses *smartphone* dan e – learning tanpa adanya interaksi yang menyenangkan. Sehingga dibuatlah solusi alternatif yang menyenangkan dan santai yang menawarkan lingkungan yang aman, terbuka, serta merangsang mahasiswa baru untuk melihat lingkungan universitas sebelum mereka tiba di kampus secara langsung. Aplikasi ini bertujuan untuk membantu mahasiswa baru beradaptasi dengan lingkungan pendidikan baru mereka serta memungkinkan mahasiswa untuk belajar mengenai lingkungan, mata kuliah, dan kampus yang akan mereka ikuti untuk beberapa tahun ke depan dengan menerapkan teknologi *Augmented Reality* (AR).



Gambar 2.8 Penerapan *Augmented Reality* pada bidang Pendidikan  
(Sumber : Nguyen *et al.*, 2018)

b. *Game*

Selain bidang pendidikan, ada pula penerapan *Augmented Reality* (AR) yang cukup banyak dikembangkan yaitu pada bidang *game*. Salah satu *game* yang menerapkan *Augmented Reality* (AR) dikembangkan oleh Zhang, (2017) berupa *Real Time Strategy Game* dengan menerapkan algoritma SIFT. *Scale Invariant Feature Transform* (SIFT) adalah salah satu Teknik yang paling efektif dalam pencocokan gambar. Namun, SIFT ini memiliki kelemahan utama yaitu terdapat banyak titik kunci redundan yang terletak sangat dekat satu sama lain dalam gambar. Titik kunci yang berlebihan ini menyebabkan peningkatan kompleksitas komputasi sementara menurunkan kinerja pencocokan gambar (Hosseini-Nejad *et al.*, 2020). Untuk mempelajari pengaruh nilai relevansi parameter pada algoritma SIFT yang diusulkan, maka dilakukan pencocokan dengan menggunakan 4 langkah utama yaitu perubahan cahaya dan sudut gambar pada parameter, menggunakan 6 parameter utama ( $\sigma$ ,  $r$ ,  $\text{thresh}$ , NBP, NBO, dan  $\text{magnif}$ ), melihat nilai awal dari 6 parameter di algoritma SIFT sebagai titik tengah dan 3 nilai valid untuk kiri dan kanan, serta yang terakhir adalah kinerja parameter indikator yang ditentukan sesuai dengan perubahan nilai parameter. Hasil dari penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa metode SIFT yang diusulkan memenuhi persyaratan system *Augmented Reality* (AR) dalam hal efisiensi dan akurasi.



Gambar 2.9 Penerapan *Augmented Reality* pada bidang *game*  
(Sumber : Zhao *et al.*, 2019)

### c. *Marketing*

Terdapat penelitian lain disamping bidang pendidikan dan *game* yaitu pada bidang *marketing* yang dilakukan oleh Adrianto *et al.*, (2017). Penelitian ini menggunakan 3Ds Max untuk membuat objek 3D. Langkah – langkah yang dilakukan yaitu dengan pewarnaan proses dan implementasi tekstur yang dibuat sesuai model rumah yang telah dirancang. *Marker* yang digunakan adalah brosur kantor pemasaran yang berbentuk *portrait* dan berwarna. Teknik pengujian gambar dilakukan dengan menggunakan 2 teknik yaitu *Edge Detection* dan *Light Detection*. Pengujian dengan *Edge Detection* memperoleh hasil bahwa objek 3D akan tampil pada sudut  $30^{\circ} - 90^{\circ}$  sedangkan untuk pengujian sudut  $10^{\circ}$  objek 3D tidak dapat ditampilkan. Selain dilakukan pengujian sudut, dilakukan pula pengujian jarak *marker* dengan kamera *Augmented Reality* (AR) dan diperoleh hasil bahwa objek 3D akan tampil pada jarak 10 – 40 cm dengan kecepatan waktu yang berbeda sedangkan untuk pengukuran pada jarak 50 cm objek 3D tidak dapat ditampilkan. Pengujian dengan *Light Detection* memperoleh hasil bahwa objek 3D mampu tampil pada semua kondisi cahaya kecuali pada cahaya redup dan tanpa *flash*.



Gambar 2.10 Penerapan *Augmented Reality* pada bidang *marketing*  
(Sumber : Adrianto *et al.*, 2017)

#### d. Medis

Penerapan *Augmented Reality* pada bidang medis dilakukan oleh Hu *et al.*, (2021) yang diterapkan pada operasi ortopedi. *Augmented Reality* diterapkan pada alat yang dipasang di kepala atau lebih terkenal dengan sebutan HMD (*Head – Mounted Display*). Hal ini dipilih karena AR memiliki potensi untuk meningkatkan akurasi, efisiensi, dan reproduktifitas operasi. *Platform* yang digunakan adalah *Video See – Through (VST)* dan *Optical See – Through (OST)*. Untuk perangkat VST, lingkungan sekitar direkam oleh 1 atau 2 kamera dimana konten virtual ini didaftarkan ke adegan yang akan ditangkap dengan teknik berbasis gambar yang kemudian ditampilkan ke *user*. Sedangkan OST, memungkinkan pandangan langsung pengguna melalui optik semi – transparan dimana konten virtual yang diproyeksikan dan realitas tembus pandang digabungkan. *Platform AR* yang diimplementasikan oleh penulis mencapai kesalahan untuk tampilan sebesar  $6,31 + 2,55 \text{ arcmin}$  untuk VST dan  $7,72 + 3,73 \text{ arcmin}$  untuk OST. Sedangkan kesalahan untuk navigasi sebesar  $4,90 + 1,04 \text{ mm}$ ,  $5,96 + 2,22 \text{ mm}$  untuk sistem VST dan  $4,36 + 0,80 \text{ mm}$ ,  $5,65 + 1,42 \text{ mm}$  untuk sistem OST.



Gambar 2.11 Penerapan *Augmented Reality* pada bidang medis  
(Sumber : Hu et al., 2021)

### 2.2.2 Cara Kerja *Augmented Reality*

*Augmented Reality* (AR) merupakan teknologi yang menggabungkan antara dunia nyata dengan komponen maya. Komponen maya yang biasanya digunakan berupa gambar 3D, animasi 3D, video atau suara sehingga *user* dapat merasakan seakan hal tersebut nyata. Quraish et al., (2016) menulis dalam penelitiannya mengenai cara kerja *Augmented Reality* adalah sebagai berikut.

- a. Kamera menangkap *marker* dan mengirimkannya ke *processor*
- b. Gambar yang telah terdaftar dalam *processor* kemudian diolah dan dicari suatu pola
- c. Perangkat lunak kemudian menghitung posisi pola yang telah dibuat untuk mengetahui posisi objek virtual
- d. Selanjutnya dilakukan identifikasi pola dan mencocokkan dengan informasi yang dimiliki perangkat lunak

### 2.2.3 Komponen Utama *Augmented Reality*

Menurut Quraish et al., (2016) terdapat 4 komponen utama pada *Augmented Reality* yaitu *display*, perangkat *input*, *tracking*, dan komputer.

- a. *Display*

Ada 3 jenis *display* dalam *Augmented Reality* yaitu alat yang dipasang di kepala atau lebih terkenal dengan sebutan HMD (*Head – Mounted*

*Display*), *handheld display*, dan *spatial display*. HMD adalah perangkat tampilan yang dikenakan di kepala sebagai bagian dari helm dan menempatkan gambar lingkungan nyata dan virtual di atas pandangan sebenarnya. *Handheld display* menggunakan perangkat komputasi kecil dengan tampilan pengguna yang dapat dipegang. Hal tersebut menggunakan teknik *Video – See – Through* untuk *overlay* grafis ke lingkungan nyata menggunakan sensor. *Spatial Augmented Reality* (SAR) memanfaatkan proyektor video, elemen optik, hologram, tag frekuensi radio, dan teknologi pelacakan lainnya untuk ditampilkan langsung ke objek fisik tanpa mengharuskan pengguna untuk menggunakan layar. Ada 3 pendeteksian berbeda untuk SAR terutama mengenai cara mereka meningkatkan kualitas yaitu dengan *Video – See – Through* (VST), *Optical – See – Through* (OST), dan *Direct Augmentation*.

b. Perangkat *input*

Ada banyak jenis perangkat *input* untuk system *Augmented Reality*. Sistem *Augmented Reality* seluler yang dilakukan oleh Reitmayr & Schmalstieg (2003) menggunakan sarung tangan. Penelitian lain yang dilakukan oleh Feldman *et al.*, (2005) menggunakan gelang nirkabel. Seperti contoh pada *smartphone*, telepon bisa digunakan sebagai alat petunjuk seperti Google Sky Map yang mengharuskan pengguna mengarahkan telepon ke arah bintang atau planet yang ingin diketahui namanya. Perangkat *input* yang dipilih sangat bergantung pada jenis aplikasi yang digunakan untuk suatu tampilan yang diinginkan.

c. *Tracking*

Alat pelacak terdiri dari kamera digital, GPS, akselerometer, kompas *solid state*, sensor nirkabel, dll. Masing – masing teknologi ini memiliki tingkat akurasi yang berbeda dan sangat bergantung pada jenis system yang sedang dikembangkan.

d. Komputer

Sistem *Augmented Reality* membutuhkan CPU yang kuat dan RAM yang cukup besar untuk diproses gambar kamera. Sejauh ini sistem komputasi seluler menggunakan laptop dalam konfigurasi, tetapi dengan munculnya teknologi ponsel pintar dan iPad diharapkan dapat diganti dengan yang lebih ringan dan lebih canggih.

Dalam mengembangkan teknologi *Augmented Reality* (AR) tidak terlepas dari *Software Development Kit* (SDK). SDK adalah seperangkat alat pengembangan perangkat lunak yang memungkinkan pembuatan aplikasi untuk suatu perangkat lunak tertentu seperti *software framework*, *hardware platform*, *video game console*, sistem komputer, sistem operasi, atau *platform* pengembangan yang serupa. Perusahaan membuat SDK untuk membantu pengembang perangkat lunak mudah mengintegrasikan dengan layanan mereka (Square, 2018).

#### **2.2.4 Vuforia SDK**

SDK yang banyak diterapkan adalah Vuforia. Vuforia adalah *platform Augmented Reality* (AR) perusahaan yang komprehensif dan skalabel yang menyediakan solusi pengembangan konten AR tercepat, termudah, dan terancang

untuk membantu industry mengatasi tantangan dan memenuhi kebutuhan bisnis (PTC Digital Transforms Physical, 2021).

Vuforia memberikan kemudahan dalam pengambilan gambar objek 3D pada sistem operasi android. Vuforia (QCAR) adalah produk dari Qualcomm Connected Experiences; Inc. Vuforia (QCAR) adalah *platform* perangkat lunak yang terbaik untuk aplikasi *Augmented Reality* (AR) dengan lingkungan dunia nyata. Vuforia juga menyediakan kemampuan untuk aplikasi seluler agar dapat melihat *Augmented Reality* (AR) serta merupakan perangkat lunak yang unggul, stabil, serta efisien secara teknis untuk menampilkan gambar berbasis komputer dan memudahkan *developer*. Vuforia dapat digunakan di berbagai perangkat lunak seperti iOS, Android, dan Unity 3D (Peng, 2015). Menurut Amin & Govilkar (2015) Vuforia SDK mendukung berbagai jenis *target* seperti *image target 2D*, *image target 3D*, *multi target*, *cylinder target*, *markerless image target*, *frame marker*, *cloud recognition target*, dan juga mendukung untuk *text target*.

### **2.3 Marker**

*Marker* akan lebih mudah deteksi jika berbentuk kotak dan memiliki batas berwarna hitam tebal dan garis hitam di dalam gambar putih pada *marker*. Perhitungan dari *marker unwrapping* dapat dideskripsikan sebagai :  $(x_c, y_c), i = 1, 2, 3, 4$  karena 4 sudut *marker* diperoleh setelah mendeteksi *frame*. Posisi 4 sudut pada dunia nyata dideskripsikan sebagai :  $(x_m, y_m), i = 1, 2, 3, 4$ . (Anuroop Katiyar *et al.*, 2015).

Setelah mengetahui cara perhitungan dari *marker unwrapping*, selanjutnya untuk dapat menggunakan *marker* pada aplikasi AR yaitu dengan mengintegrasikan



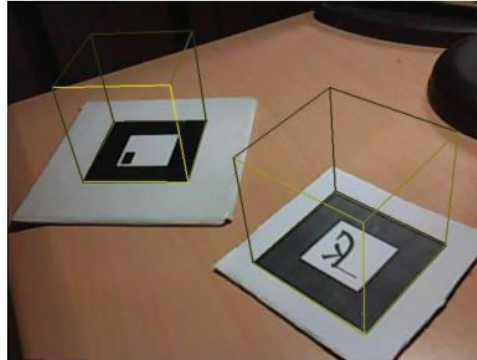
*marker* tersebut. Pelacakan berbasis *computer vision* secara garis besar dibedakan menjadi 2 yaitu *marker based tracking* dan *markerless based tracking* (Furht, 2011). Prosedur *marker unwrapping* untuk menemukan ID terdapat pada gambar 2.12



Gambar 2.12 *Marker unwrapping*  
(Sumber : Anuroop Katiyar *et.al.*, 2015)

### 2.3.1 *Marker Based Tracking*

*Marker based tracking* adalah metode dimana *marker* sudah didaftarkan dalam *database* sistem yang penggunaannya berupa gambar untuk mengidentifikasi kotak *marker* dan diukur posisinya terhadap kamera. *Marker* diubah menjadi gambar skala abu – abu untuk mempercepat pemrosesan algoritma gambar. Algoritma ini kemudian menggunakan gambar hasil *scan* kamera serta penanda ID yang dikedekan untuk menambah objek virtual ke dunia nyata. Aplikasi ini mengambil informasi yang telah disimpan untuk menampilkan objek virtual 3D secara akurat dengan memfokuskan kamera pada *marker* yang ditentukan (Viyanon *et al.*, 2017). Contoh penerapan *marker based tracking* dapat dilihat pada Gambar 2.13



Gambar 2.13 *Marker based tracking*  
(Sumber : Gao *et al.*, 2016)

### 2.3.2 *Markerless Based Tracking*

Metode *markerless based tracking* memungkinkan penggunaan dengan melibatkan semua lingkungan fisik sebagai sasaran utama untuk objek virtual yang ditampilkan. *Augmented Reality* (AR) dengan *markerless based tracking* bergantung pada lingkungan asli sekitar untuk mengidentifikasi *marker*. System mengekstrak dan menyimpan informasi serta karakteristik mengenai lingkungan (Viyanon *et al.*, 2017). Contoh penerapan *markerless based tracking* dapat dilihat pada Gambar 2.14



Gambar 2.14 *Markerless based tracking*  
(Sumber : Stanimirovic *et al.*, 2014)

Menurut Brito & Stoyanova, (2017) terdapat beberapa perbedaan antara *marker based tracking* dengan *markerless based tracking* adalah

- a. *Marker based tracking* menggunakan *marker* sebagai penanda untuk menampilkan objek 3D. Sedangkan *markerless based tracking* menggunakan lingkungan pengguna untuk menampilkan objek 3D.
- b. *Marker based tracking* menggunakan algoritma mendeteksi dengan menggunakan *marker* berwarna hitam dan putih yang berbentuk persegi. Sedangkan *markerless based tracking* menggunakan algoritma dengan mengidentifikasi pola, warna, atau fitur lain.

### **2.3.3 Multi Target Marker**

*Multi target marker* adalah kumpulan beberapa target gambar yang digabungkan menjadi susunan geometris. Hal ini memungkinkan pelacakan dan deteksi dari semua sisi baik Panjang, lebar, maupun tingginya. Menurut Widodo (2020) vuforia akan melakukan *trackable* pada 6 derajat kebebasan (6DoF) yang mewakili objek pada dunia nyata. Ketika *trackable* berhasil, maka gambar tersebut akan memiliki nama, ID, status dan informasi masing – masing.

*Multi target* dibuat dalam 2 langkah. Langkah pertama adalah merancang dan menyiapkan gambar *marker* untuk setiap *multi marker* yang memenuhi dimensi yang cocok dengan peringkat yang baik. Langkah kedua adalah membuat *multi target* melalui *Vuforia Target Manager*. Saat *target* ditambahkan ke *database*, pilih untuk membuat kubus sebagai objek 3D yang memungkinkan pembuatan kotak secara cepat dan menentukan dimensi, panjang, lebar, dan tingginya (Vuforia Developer Library, 2021).

Penerapan *multi target* dengan *Augmented Reality* pada Unity terdapat pada

Gambar 2.15



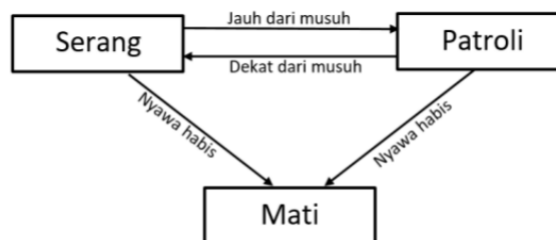
Gambar 2.15 Penerapan *multi target*  
(Sumber : Vuforia Developer Library, 2021)

#### 2.4 *Finite State Machine* (FSM)

*Finite State Machine* berasal dari teori automata dan dapat disebut juga *Finite State Automata* merupakan metode yang sederhana namun baik untuk memodelkan perilaku karakter (Andrea & Palupi, 2018). Metode ini digunakan untuk memodelkan perilaku karakter yang lebih kompleks berdasarkan kondisi – kondisi yang telah ditentukan sebelumnya. Menurut Brownlee (2010), kelebihan metode *Finite State Machine* (FSM) yaitu sederhana sehingga mudah untuk diimplementasikan, bisa diprediksi responnya, komputasi ringan, relative fleksibel, merupakan metode AI lama yang bisa digunakan pada berbagai sistem, serta mudah ditransfer dari abstrak menjadi kode program.

Prinsip kerja FSM menerapkan 3 langkah utama, yaitu *state* (keadaan), *event* (kejadian), dan *action* (aksi) yang saling berkaitan satu dengan lainnya. Penerapan *Finite State Machine* (FSM) pada suatu karakter digunakan agar karakter memiliki perilaku yang sesuai saat *state* yang diatur dalam karakter tersebut terpenuhi (Yulsilviana & Ekawati, 2019). Diagram dari *Finite State Machine* (FSM)

menggambarkan *state – state* yang akan menjadi kontrol objek yang digambarkan dalam bentuk lingkaran. Peralihan antar *state* yang diakibatkan oleh *event* digambarkan dalam bentuk anak panah yang berasal dari *state* yang ditinggalkan menuju *state* aktif. Serta tiap peralihan antar *state* diikuti oleh *action* yang dilakukan oleh sistem yang telah dirancang sebelumnya (Safinah, 2014). Gambar 2.16 adalah gambaran sederhana diagram FSM.



Gambar 2.16 Model FSM  
(Sumber : Maulana et al., 2019)

Pada Gambar 2.16 dicontohkan model *Finite State Machine* (FSM) berdasarkan jarak dan sisa nyawa. Ketika musuh terletak pada jarak yang jauh, maka pemain akan melakukan patrol. Sedangkan ketika musuh berada pada jarak dekat dengan pemain, maka akan melakukan penyerangan. Sedangkan, ketika nyawa dari pemain habis, baik pemain sedang dalam *state* serang ataupun patrol, maka pemain akan menuju *state* mati.

## 2.5 Fuzzy State Machine (FUSM)

*Fuzzy State Machine* (FUSM) adalah penggabungan antara logika *fuzzy* dan FSM. Ketika FSM hanya menampilkan pilihan x atau y, FUSM dapat menampilkan pilihan untuk x, y, atau diantara xy. *Fuzzy* merupakan salah satu logika yang digunakan untuk melakukan proses pengambilan keputusan. Proses pengambilan

keputusan saat ini sangat dipengaruhi oleh berbagai tingkat ketidakpastian dalam dunia nyata. Hal ini menunjukkan fakta bahwa informasi dunia nyata bisa saja tidak jelas atau tidak tepat, yang berarti tidak dapat diandalkan sehingga menimbulkan ambiguitas atau informasi yang dihadirkan akan kontradiktif. Bagian dari ketidakpastian ini dapat ditangani dengan menggunakan logika *fuzzy*, dimana ketidakpastian ditangani dengan merepresentasikannya dengan angka berada dalam interval  $[0, 1]$  (Mittal *et al.*, 2020).

FUSM hampir sama dengan FSM namun penerapan logika *fuzzy* digunakan untuk mengatur transisi antar *state*. FUSM memiliki keunggulan dibandingkan dengan FSM yaitu *state* yang modular karena hanya fokus pada *state* tersebut tanpa memikirkan *state* lain serta generalisasi FSM menjadi FUSM sangat mudah dengan kemungkinan derajat keanggotaan antar 0 hingga 1. Sehingga FUSM memungkinkan untuk menjadi bagian saat ini (Saifuddin, 2014).

Menurut Sala & Albertos (2000), logika *fuzzy* bukan hanya cara untuk bernalar dengan konsep yang ambigu, tetapi menjadi pendekatan yang paling tepat untuk berfungsi dalam rekayasa kontrol. Beberapa keunggulan menggunakan *fuzzy* antara lain:

- a. Fleksibel, dapat melakukan kontrol yang sama terhadap pengetahuan intuitif manusia
- b. Antaruka pengguna yang nyaman, memudahkan interpretasi *user* ketika *user* bukan seorang *control engineer*
- c. Komputasi yang mudah

- d. Sebagai pembelajaran, sistem menggunakan parameter yang linear sehingga menghasilkan kontrol yang adaptif
- e. Validasi, konsistensi, dan redundansi dapat di cek pada *rule base*
- f. Menghilangkan ambiguitas, logika *fuzzy* adalah cara yang tepat untuk mengungkapkan informasi yang tidak pasti
- g. Menggabungkan algoritma regulasi dan penalaran logika, memungkinkan skema kontrol yang terintegrasi
- h. Model konseptualnya telah digunakan di banyak paradigma lain
- i. FLC dapat menggabungkan desain konvensional dan menyempurnakan ke – nonlinearan tertentu karena kemampuan aproksimasi universal

## **BAB III**

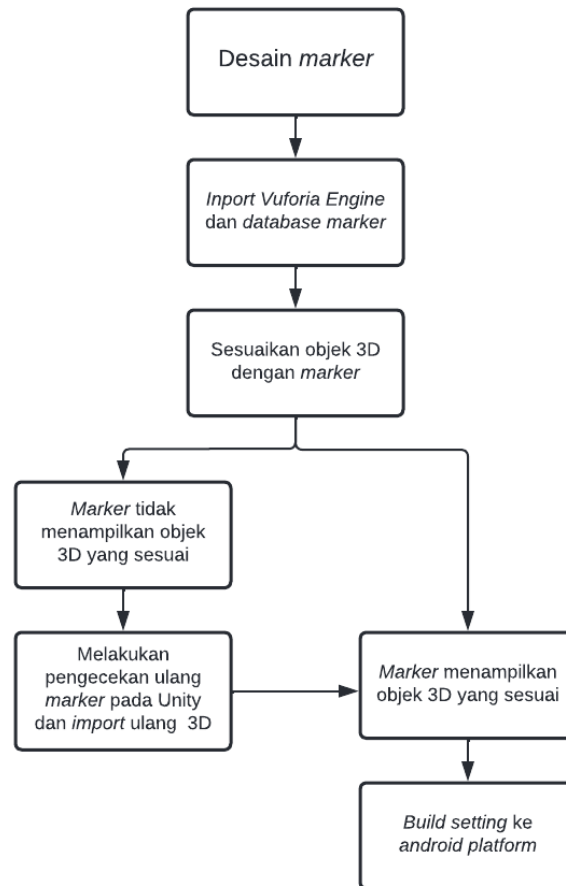
### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Desain Penelitian**

Aplikasi yang nantinya akan dibuat merupakan media pembelajaran bagi anak usia dini guna memperkenalkan hewan – hewan Indonesia yang hampir punah menurut IUCN. Dibuat dengan menerapkan teknologi *scan marker* menggunakan *Vuforia Engine* ditujukan sekaligus untuk meningkatkan minat belajar mereka. Pada aplikasi ini nantinya akan dibuat 4 desain *marker* untuk hewan dan desain tersebut selanjutnya akan dilakukan *scan* menggunakan *Vuforia Engine* dan menampilkan objek 3D yang sesuai dengan *marker*. Tahap awal pembuatan aplikasi yaitu dengan melakukan perancangan alur untuk memudahkan penulis agar melakukan langkah pengembangan aplikasi dengan terstruktur mulai dari *install* Unity 3D hingga *build* aplikasi ke *android platform*. *User* juga dapat mengakses beberapa *button* yang ada pada aplikasi untuk memudahkan dan memperoleh informasi lebih lanjut.

*Output* aplikasi yang akan dibangun adalah ketika *user* menjalankan kamera AR dan menyorot *marker* adalah menampilkan animasi objek 3D hewan – hewan yang hampir punah menurut IUCN. Pada halaman ini ditampilkan pula beberapa *button* yang dapat dipilih *user* guna memudahkan pada saat menjalankan aplikasi.





Gambar 3.1 Diagram blok pengembangan aplikasi

Langkah yang dilakukan untuk pengembangan aplikasi terdapat pada Gambar 3.1 adalah menyiapkan desain *marker* yang akan digunakan. Jika *marker* selesai didesain, *import marker* ke *Vuforia Developer* dimana *Vuforia Developer* ini merupakan *database* untuk menyimpan data *marker* yang nantinya digunakan pada *Augmented Reality*. Setelah itu lakukan *import license key* dan *database marker* yang telah diperoleh dengan menyesuaikan objek 3D untuk masing – masing *marker*. Sama seperti penelitian yang dilakukan oleh Faisal et al., (2016), pembuatan objek 3D dibuat melalui *Software Blender* yang kemudian dilakukan *export* untuk dapat masuk pada *Unity*. Setelah semua dianggap sesuai, lakukan

pengujian aplikasi dengan menjalankan aplikasi pada Unity dan amati *output* yang ditampilkan. Jika objek 3D dan gambar *marker* tidak sesuai, lakukan pengecekan ulang pada Unity dan jika memungkinkan lakukan *import* ulang objek 3D dengan tetap menyesuaikan dengan gambar *marker*. Jika objek 3D dan gambar *marker* telah sesuai, maka lakukan *build* aplikasi untuk *platform android*.

### 3.2 Skenario Aplikasi

Dalam penelitian ini, menerapkan metode *Fuzzy State Machine* yang merupakan penggabungan antara logika *fuzzy* dan FSM yang diproses untuk menghasilkan *output* dari masing – masing parameter *input* yang dimiliki. Logika *fuzzy* ini diterapkan pada masing – masing objek ketika *marker* terdeteksi dan menampilkan animasi objek 3D. *Marker* hanya dimiliki dan dimainkan langsung oleh *player* tanpa adanya NPC dari sistem. Maksimal *marker* yang dapat di *scan* berjumlah 2 dengan karakter hewan gajah, harimau, badak, dan tapir. Karakteristik untuk masing – masing hewan tersebut terdapat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Karakteristik hewan

No.	Nama Hewan	Ketepatan serang	Kecepatan	Health
1.	Gajah	20	24 km/jam (Animals, 2021a)	60 tahun (N. Geographic, 2019).
2.	Harimau	23	65 km/jam (K. N. Geographic, 2020)	10 tahun (K. N. Geographic, 2014)
3.	Badak	12	55 km/jam (K. N. Geographic, 2021)	40 tahun (WWF, 2020)
4.	Tapir	5	48 km/jam (Animals, 2021b)	30 tahun (N. Geographic, 2020)

Tabel 3.1 merupakan list karakteristik dari masing – masing hewan dimana angka yang diperoleh akan digunakan untuk penentuan nilai masing – masing

parameter hewan tersebut. Penentuan nilai parameter ketepatan serang pada Rumus 3.1 sedangkan untuk penentuan nilai parameter kecepatan terdapat pada Rumus 3.2

$$\text{Ketepatan serang} = \text{kecepatan musuh} - \text{ketepatan serang } \textit{player} \quad (3.1)$$

$$\text{Kecepatan} = \text{kecepatan } \textit{player} - \text{ketepatan serang musuh} \quad (3.2)$$

Penentuan ketepatan serang dari masing – masing hewan ditentukan dengan pengambilan nilai yang tidak boleh lebih dari kecepatan agar nilai ketepatan serang tidak negatif. Urutan hewan dengan nilai ketepatan serang tertinggi ditentukan berdasarkan karakteristik hewan pada habitat aslinya. Keempat hewan tersebut diizinkan untuk saling serang dan akan menampilkan *health bar* yang semakin berkurang. Skenario aplikasi ini digunakan untuk merancang urutan virtual pada *game*. Permainan ini bertujuan untuk memperkenalkan beberapa hewan langka yang telah terdaftar dalam *list IUCN*. Berikut ini adalah ide skenario aplikasi yang dikembangkan pada *game Free Indonesian Animals* pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Skenario aplikasi

Aksi Aktor		Ide Cerita	Masalah	Hasil
Skenario memilih <i>button</i>	<i>Player</i> membuka AR Kamera	Mengajak <i>player</i> untuk memulai permainan	Tidak mengetahui cara memulai untuk memainkan <i>game</i> menggunakan <i>marker</i>	Menampilkan halaman <i>scan marker</i> dengan 4 <i>button</i>

Tabel 3.3 Lanjutan

Aksi Aktor		Ide Cerita	Masalah	Hasil
Skenario memilih <i>button</i>	<i>Player</i> membuka latar belakang	Mengajak <i>player</i> untuk membaca latar belakang pembuatan aplikasi	Tidak mengetahui latar belakang pembuatan aplikasi	Menampilkan latar belakang pembuatan aplikasi beserta <i>button close</i> untuk menutup halaman latar belakang
	<i>Player</i> membuka petunjuk	Mengajak <i>player</i> untuk membaca petunjuk <i>button</i> penggunaan aplikasi	Tidak mengetahui petunjuk penggunaan <i>button</i> pada aplikasi	Menampilkan petunjuk penggunaan <i>button</i> pada aplikasi beserta <i>button close</i> untuk menutup halaman petunjuk
	<i>Player</i> memilih keluar	<i>Player</i> telah selesai memainkan <i>game</i>	Ingin keluar dan menyelesaikan <i>game</i>	Menampilkan 2 pilihan untuk yakin keluar atau tidak
Skenario <i>scan marker</i>	<i>Player</i> melakukan <i>scan 1 marker</i>	Mengizinkan <i>player</i> untuk melakukan <i>scan marker</i> meskipun hanya 1 <i>marker</i>	Player hanya memiliki 1 <i>marker</i>	Menampilkan animasi objek 3d, <i>health bar</i> , dan audio yang menyebutkan nama hewan yang dimaksud

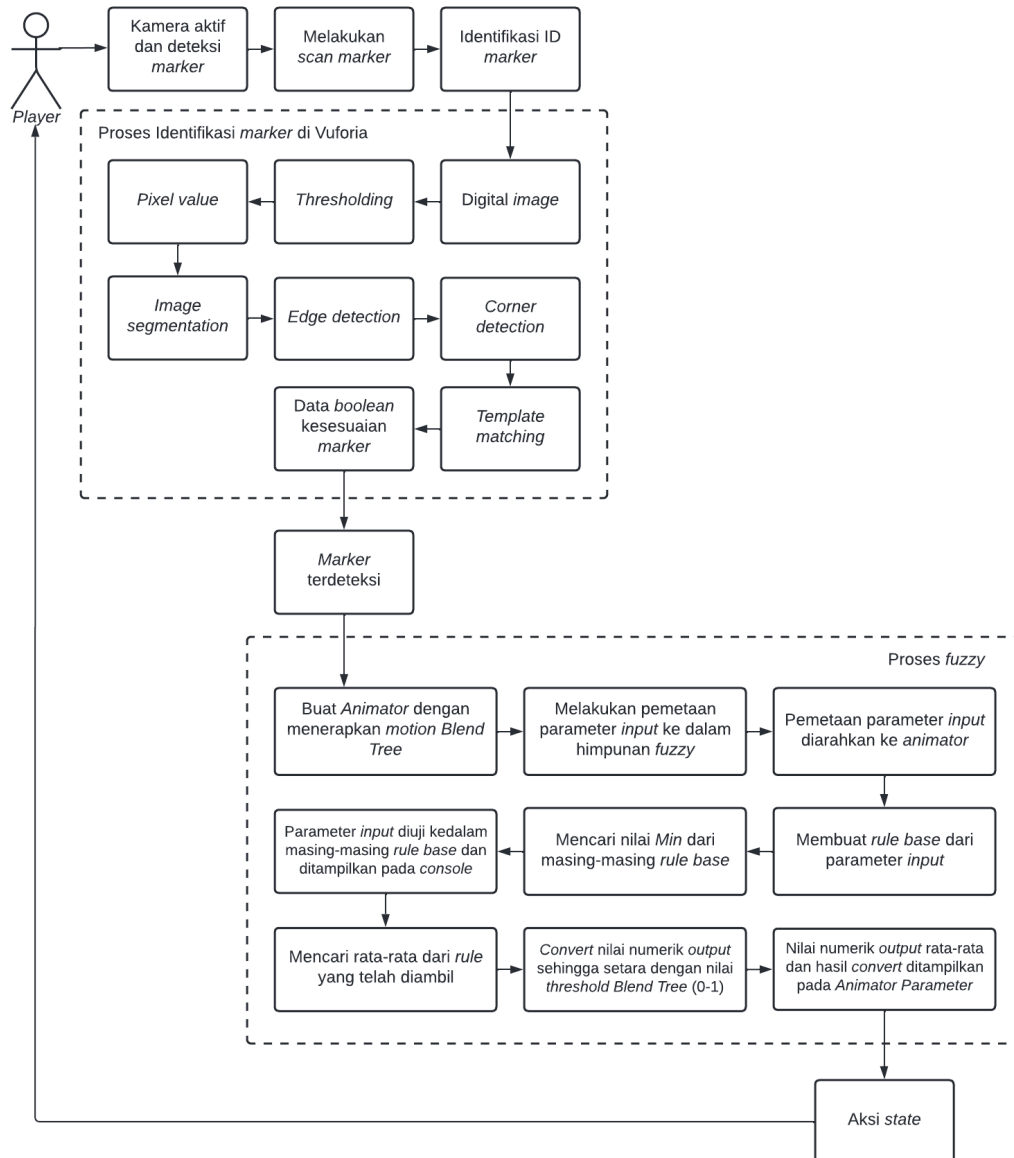
Tabel 3.4 Lanjutan

Aksi Aktor		Ide Cerita	Masalah	Hasil
Skenario <i>scan marker</i>	<i>Player</i> melakukan <i>scan 2 marker</i>	Mengizinkan <i>player</i> untuk melakukan <i>scan 2 marker</i> sekaligus	Tidak mengetahui karakter masing – masing hewan dari marker yang dimiliki	Menampilkan animasi objek 3d, <i>health bar</i> , dan audio yang menyebutkan nama hewan yang dimaksud berdasarkan parameter input yang dimiliki dan aturan fuzzy yang telah dibuat
	Salah satu objek 3D menghilang karena <i>health = 0</i>	<i>Player</i> telah berhasil membuat salah satu objek 3D kehabisan nyawa	Tidak mengetahui keuntungan yang akan diperoleh	<i>Player</i> mendapatkan <i>reward</i>

Tabel 3.2 merupakan skenario aplikasi yang terdiri dari 2 aksi aktor utama yaitu skenario ketika *player* memilih *button* dan skenario ketika *player* melakukan *scan marker*. Masing – masing dari aksi aktor tersebut memiliki ide cerita yang ingin dicapai, masalah yang mendasari *player* melakukan aksi tersebut, dan hasil dari aksi *player*.

### 3.3 Desain Sistem

Langkah selanjutnya yang dilakukan setelah menentukan alur pengembangan aplikasi adalah menentukan desain rancangan sistem aplikasi. Diagram blok untuk desain rancangan sistem aplikasi terdapat pada Gambar 3.2



Gambar 3.2 Diagram blok desain rancangan aplikasi

Berdasarkan diagram blok Gambar 3.2, desain rancangan sistem aplikasi dimulai dengan *user* memilih menu AR kamera dan kamera akan aktif untuk mendeteksi *marker*. Setelah kamera aktif, maka *user* dapat melakukan *scan marker*. *Scan marker* yang dapat dilakukan *user* maksimal menggunakan 2 *marker*. Saat *marker* terdeteksi, sistem secara otomatis akan melakukan identifikasi ID *marker*

pada Vuforia dengan langkah – langkah menurut Burhanuddin (2018) adalah sebagai berikut.

- a. *Thresholding* : mengubah gambar skala abu – abu menjadi citra biner tergantung pada nilai ambang. Bagian penting dari nilai ambang ini adalah memilih nilai ambang batas optimal ketika 3 atau lebih tingkat ambang batas dimasukkan (Siddique *et al.*, 2018).
- b. *Pixel Value* : tiap gambar berwarna memiliki nilai pixel yang menunjukkan kejelasan warna dari gambar tersebut. Komponen warna ini mengandung tambahan informasi yang dapat menjadi keuntungan dalam peningkatan citra berwarna (Liu & Yan, 1994).
- c. *Image Segmentation* : proses membagi gambar menjadi beberapa wilayah sesuai masing – masing karakteristiknya yang tidak berpotongan sehingga membuat wilayah – wilayah tersebut konsisten dan memiliki sifat saling berdekatan yang jelas. Karakteristik ini dapat berupa nilai *grey pixel*, warna, fitur pantulan, *texture* pantulan, dll (Li *et al.*, 2018).
- d. *Edge Detection* : dianggap sebagai salah satu operasi yang paling umum digunakan dalam *image processing* dan *pattern recognition* dengan alasan bahwa garis tepi membentuk sebagian besar suatu objek (Youssef *et al.*, 2016). Proses ini melacak wilayah dengan kontras intensitas warna yang kuat sehingga dapat mengurangi informasi tidak penting dalam gambar dan menjaga struktur gambar agar tetap sama (Thanikkal *et al.*, 2018).
- e. *Corner Detection* : digunakan untuk mengurangi kuantitas data informasi secara efektif. Oleh karena itu, *corner detection* banyak diterapkan di

pencocokan gambar, perhitungan alur optik, gerakan estimasi, analisis bentuk, kalibrasi kamera dan bidang lainnya (Han *et al.*, 2019).

- f. *Template Matching* : proses menemukan template lokasi gambar dari gambar yang telah diketahui yang sekaligus merupakan hal utama dalam *machine vision*. *Template machine* adalah proses mencari bagian – bagian kecil dari suatu gambar dengan menggunakan metode pixel – by – point untuk membandingkan kesamaan antara template dan sub – gambar dari tiap posisi (Qi & Miao, 2018).

Setelah ID *marker* pada Vuforia berhasil diperoleh, maka *marker* terdeteksi dan menampilkan animasi objek 3D. Penentuan animasi objek 3D ini ditentukan berdasarkan penerapan *fuzzy* mulai dari pembuatan *animator* hingga memperoleh nilai numerik *output* dan ditampilkan pada *animator parameter*.

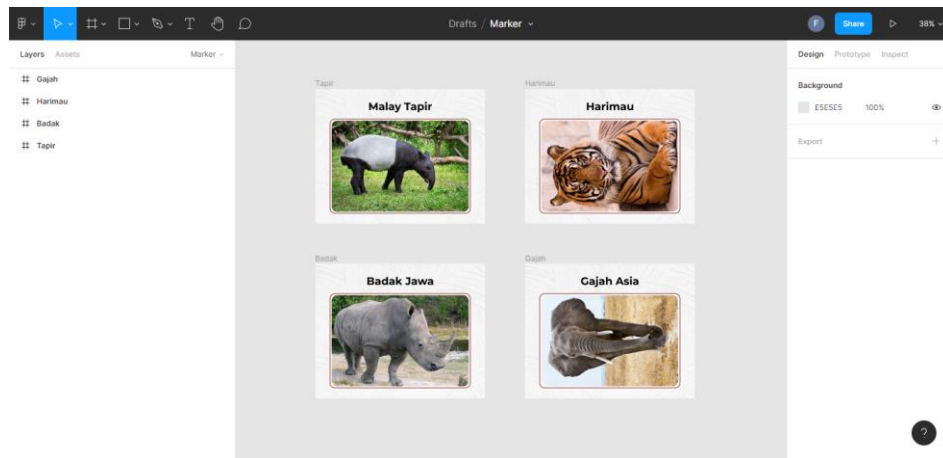
### **3.4 Desain Aplikasi**

Desain aplikasi berisi proses yang dilakukan untuk mengumpulkan berbagai kebutuhan yang nantinya digunakan untuk menunjang kelancaran aplikasi.

#### **3.4.1 Pembuatan *Marker***

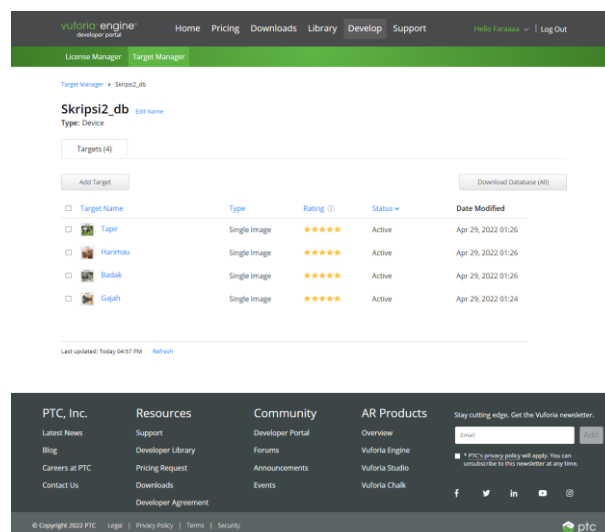
Langkah pertama yang dilakukan adalah membuat desain *marker* menggunakan Figma. *Marker* berbentuk gambar 2D yang berisi nama hewan dan gambar berwarna. *Marker* yang dibuat berjumlah 4 dengan hewan yang digunakan adalah gajah, harimau, tapir, dan badak. Desain pembuatan *marker* terdapat pada Gambar 3.3



Gambar 3.3 Pembuatan *marker*

### 3.4.2 Upload *Marker* ke *Vuforia Developer*

*Marker* yang sudah dibuat pada Figma kemudian dimasukkan dalam *database* *Vuforia* yang nantinya akan menampilkan *icon* bintang pada bagian *rating*. *Icon* bintang inilah yang menjadi acuan *marker* akan mudah menampilkan objek 3D atau tidak nantinya. Semakin banyak bintang yang diperoleh, maka akan semakin jelas objek 3D yang akan ditampilkan. Tampilan ketika *marker* telah berhasil di *import* ke *Vuforia Developer* terdapat pada Gambar 3.4

Gambar 3.4 Upload *marker* ke *database Vuforia*

### 3.4.3 Pembuatan Objek 3D

Objek 3D dibuat dengan menggunakan aplikasi Blender. Selain pembuatan objek 3D dibuat pula *rigging* dan animasi pada masing – masing objek. Objek 3D dibuat dengan model *low poly* dan *rigging* menggunakan *armature animals*. Objek 3D berupa gajah, harimau, badak, dan tapir. Pembuatan 3D hewan pada Blender terdapat pada Gambar 3.5






Gambar 3.5 Pembuatan objek 3D

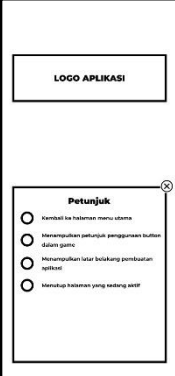
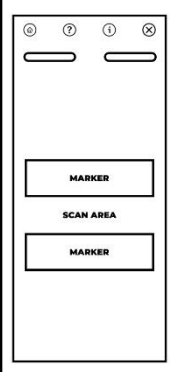
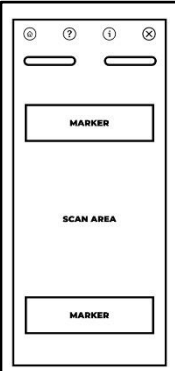
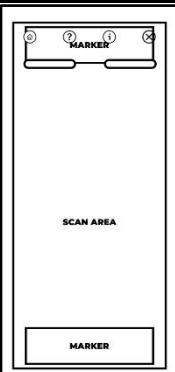
### 3.4.4 Storyboard Aplikasi

Rancangan *storyboard* menjelaskan mengenai sketsa yang akan dibuat yang meliputi tampilan *output*, penjelasan visual dari *output*, serta durasi dan audio yang ditampilkan yang terdapat pada Tabel 3.5


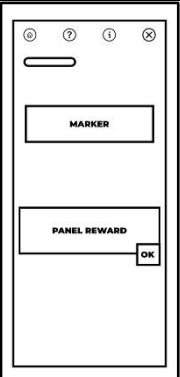
Tabel 3.5 *Storyboard* aplikasi

Scene		Visual	Durasi	Audio	Output
1	Halaman <i>splash screen</i>	Halaman <i>splash screen</i> diawali dengan <i>splash screen</i> Unity dilanjut dengan <i>splash screen</i> buatan penulis	5 detik	-	
2	Halaman utama	Halaman yang menampilkan berbagai menu yang dapat dipilih <i>user</i>	-	-	
3	Halaman latar belakang	Halaman yang berisi informasi latar belakang pembuatan aplikasi	-	-	

Tabel 3.6 Lanjutan

Scene	Visual	Durasi	Audio	Output	
4	Halaman petunjuk	Halaman yang berisi <i>button</i> yang dapat diklik serta penjelasan hasil respon dari <i>button</i> tersebut	-	-	
5	Halaman <i>scan marker</i> jarak dekat sekali	Halaman yang digunakan untuk <i>scan marker</i> yang menampilkan pilihan <i>button</i> dan <i>health bar</i> masing – masing <i>marker</i>	-	Audio nama hewan dari <i>marker</i> yang dimaksud	
6	Halaman <i>scan marker</i> jarak dekat	Halaman yang digunakan untuk <i>scan marker</i> yang menampilkan pilihan <i>button</i> dan <i>health bar</i> masing – masing <i>marker</i>	-	Audio nama hewan dari <i>marker</i> yang dimaksud	
7	Halaman <i>scan marker</i> jarak jauh	Halaman yang digunakan untuk <i>scan marker</i> yang menampilkan pilihan <i>button</i> dan <i>health bar</i> masing – masing <i>marker</i>	-	Audio nama hewan dari <i>marker</i> yang dimaksud	

Tabel 3.7 Lanjutan

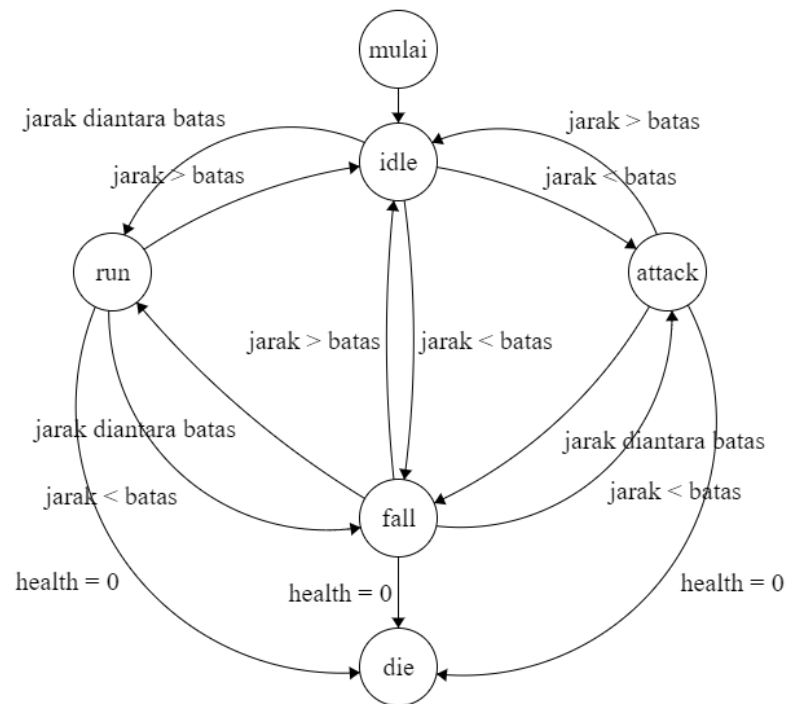
Scene	Visual		Durasi	Audio	Output
8	Halaman keluar	Halaman yang menampilkan pilihan untuk <i>user</i> memilih apakah yakin keluar atau tidak	-	-	
9	Halaman <i>reward</i>	Halaman yang menampilkan panel <i>reward</i> ketika salah satu objek mengalami <i>destroy</i>	-	-	

Tabel 3.5 merupakan *storyboard* aplikasi dengan desain *output* masih sebatas *wireframe*. Halaman – halaman yang dibuat pada aplikasi yang nantinya dibangun akan berdasarkan desain *output storyboard* ini. Pada *storyboard* aplikasi telah ditentukan pula durasi tampilan serta audio yang akan ditampilkan.

### 3.5 Implementasi *Finite State Machine*

Implementasi metode *Finite State Machine* digunakan untuk memberikan berbagai *state*, *event*, dan *action* dalam *game* ini yang terletak pada interaksi yang dilakukan. *Finite State Machine* dapat menggambarkan keadaan yang akan dilakukan untuk melanjutkan pada keadaan berikutnya. Pada *game Save Indonesian*

*Animals* ini memiliki total 4 *state* yaitu *idle*, *run*, *attack*, dan *prepare*. Rancangan metode *Finite State Machine* terdapat pada Gambar 3.6



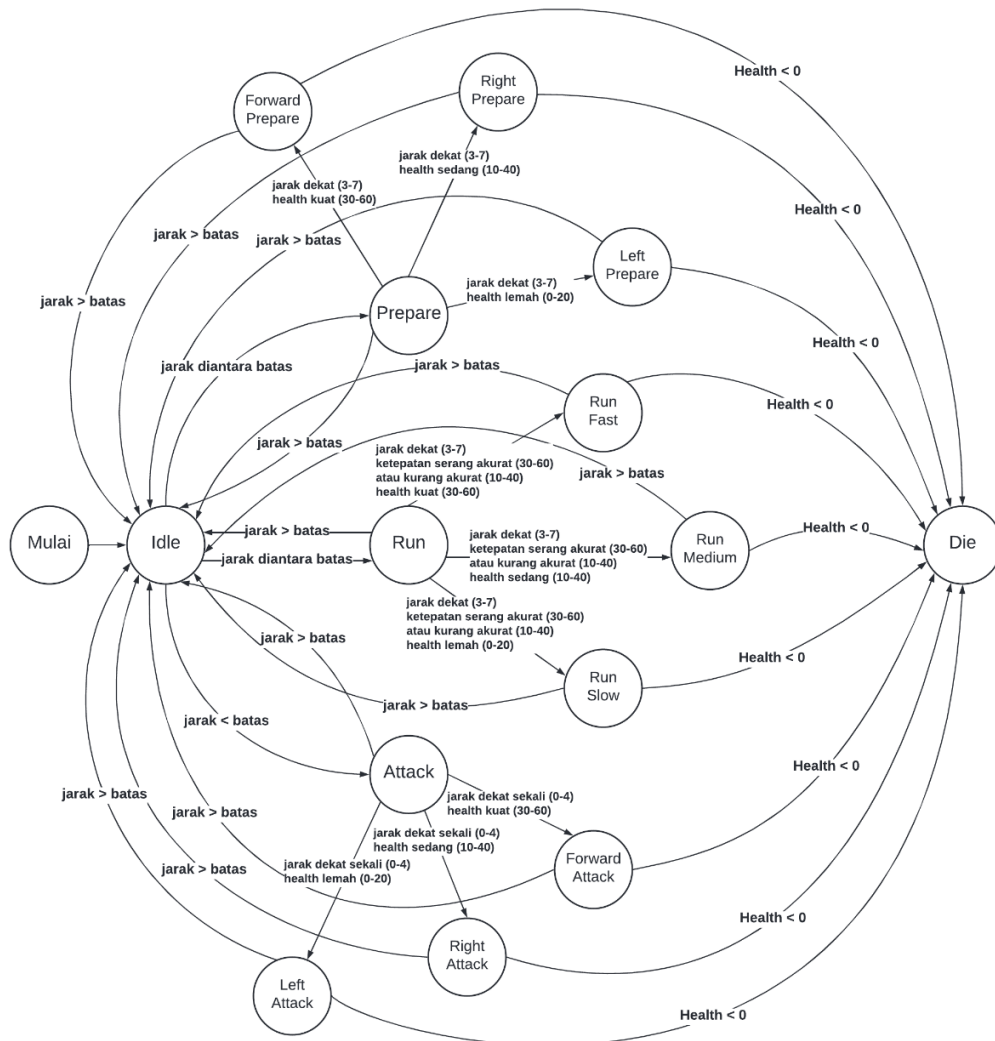
Gambar 3.6 Rancangan *Finite State Machine*

Implementasi *Finite State Machine* pada aplikasi terdapat pada Gambar 3.6 dimana masing – masing *state* dipengaruhi oleh *event* jarak. Ketika jarak < batas, maka akan menampilkan *state attack*. Ketika jarak diantara batas maka akan menampilkan pilihan antara *state run* atau *prepare*. Ketika jarak > batas maka akan menampilkan *state idle*. Sedangkan ketika *health* dari masing – masing objek = 0 maka akan menampilkan *state die/ destroy*.

### 3.6 Implementasi *Fuzzy State Machine*

Implementasi *fuzzy state machine* merupakan gabungan implementasi logika *fuzzy* dengan metode *finite state machine* yang bertujuan untuk menentukan keputusan

selanjutnya yang akan diambil oleh sistem. Penamabahan logika *fuzzy* dipilih karena *fuzzy* dapat menangani ketidakpastian informasi dalam proses pengambilan keputusan serta dapat menciptakan sistem yang menampilkan pilihan *state* yang bervariasi dan tidak monoton. *Fuzzy* yang dipilih dalam penelitian ini adalah *fuzzy sugeno* karena berdasarkan 3 penelitian yang dilakukan oleh Widaningsih (2017) melakukan penelitian yang membandingkan antara metode *Fuzzy Tsukamoto*, *Fuzzy Sugeno*, dan *Fuzzy Mamdani* dalam proses pengambilan keputusan, penelitian yang dilakukan oleh Wantoro (2018) melakukan penelitian yang membandingkan antara metode *Fuzzy Mamdani* dan *Fuzzy Sugeno* dalam proses pengambilan keputusan, dan penelitian yang dilakukan oleh Astuti & Mashuri (2020) melakukan penelitian yang membandingkan antara metode *Fuzzy Tsukamoto* dan *Fuzzy Sugeno* dalam proses pengambilan keputusan memperoleh hasil bahwa ketiganya mendapatkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) untuk *Fuzzy Sugeno* lebih kecil daripada metode pembandingnya sehingga dapat dikatakan bahwa metode *Fuzzy Sugeno* lebih baik untuk digunakan dalam proses pengambilan keputusan. Terdapat 4 variabel yang digunakan untuk pengambilan keputusan ini yaotu variabel jarak, ketepatan serang, kecepatan, dan *health*. Rancangan metode *Finite State Machine* terdapat pada Gambar 3.7



Gambar 3.7 Rancangan *Fuzzy State Machine*

Implementasi *Fuzzy State Machine* pada aplikasi terdapat pada Gambar 3.7 dimana masing – masing *state* dipengaruhi oleh *event* yang berbeda. Masing – masing *event* akan dipengaruhi oleh 4 parameter *input* yaitu jarak, ketepatan serang, kecepatan, dan *health* yang akan dilakukan pengecekan *rules* yang sesuai dengan *input* yang diberikan. *Output* perilaku berupa *forward prepare*, *left prepare*, *right prepare*, *fast*, *medium*, *slow*, *forward attack*, *left attack*, *right attack*, dan *idle*.



### 3.7 Desain *Fuzzy*

Desain *fuzzy* digunakan untuk menunjukkan atribut yang digunakan dalam penelitian ini. Terdapat 5 aturan desain *fuzzy* yang digunakan yaitu, variabel linguistik untuk mengetahui variabel yang digunakan dalam penelitian, nilai linguistik untuk nilai dari masing – masing variabel, *fuzzification* untuk mengetahui derajat keanggotaan *input* dan *output* yang digunakan, *fuzzy rule* untuk mengatur berbagai kemungkinan yang akan terjadi pada aplikasi nantinya beserta *output* yang diharapkan, serta *defuzzification* sebagai penentuan hasil akhir aksi yang diambil oleh logika *fuzzy*.

#### a. Variabel Linguistik

Variabel linguistik yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 5, yaitu:

- Variabel jarak sebagai variabel *input*
- Variabel ketepatan serang sebagai variabel *input*
- Variabel kecepatan sebagai variabel *input*
- Variabel *health* sebagai variabel *input*
- Variabel perilaku sebagai variabel *output*

#### b. Nilai Linguistik

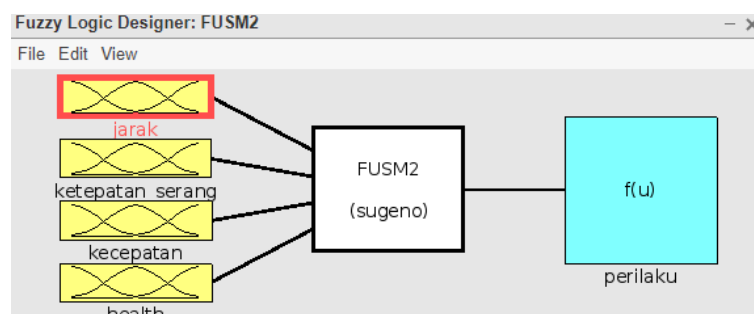
Nilai linguistik berdasarkan kelima variabel yang ditentukan yaitu:

- Variabel jarak, terbagi menjadi 3 nilai linguistik yaitu: dekat sekali, dekat, jauh
- Variabel ketepatan serang, terbagi menjadi 3 nilai linguistik yaitu: tidak akurat, kurang akurat, akurat

- Variabel kecepatan, terbagi menjadi 3 nilai linguistik yaitu: cepat, sedang, lambat
- Variabel health, terbagi menjadi 3 nilai linguistik yaitu: kuat, sedang, lemah
- Variabel perilaku, terbagi menjadi 10 nilai linguistik yaitu: *forward prepare*, *right prepare*, *left prepare*, *fast*, *medium*, *slow*, *forward attack*, *right attack*, *left attack*, dan *idle*

c. *Fuzzification*

*Fuzzification* merupakan pemetaan himpunan *fuzzy* baik nilai *input* maupun *output* ke dalam bentuk himpunan *fuzzy*. Komponen penting dalam tahap *fuzzification* ini adalah fungsi keanggotaan (*membership function*). Tampilan *input*, proses, dan *output* yang dilakukan pada Matlab dapat dilihat pada Gambar 3.8



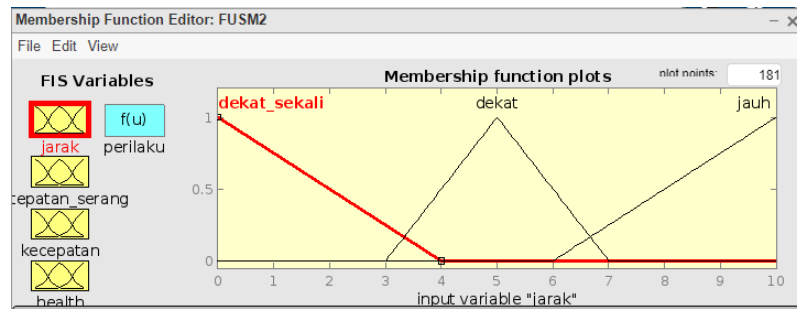
Gambar 3.8 Tampilan *input*, proses, dan *output* pada Matlab

- Variabel jarak, terdapat nilai antara 0 – 10. Variabel jarak terbagi menjadi 3 nilai linguistik yaitu: dekat sekali, dekat, jauh. Penentuan nilai untuk variabel jarak ditentukan berdasarkan pengujian jarak maksimal layar *handphone*. Jarak maksimal layar *handphone* agar

*marker* terdeteksi adalah bernilai domain 10. Sehingga nilai 10 tersebut dibagi terhadap 3 nilai linguistik yaitu dekat sekali, dekat dan jauh sehingga diperoleh nilai pada interval 0 – 4 merupakan jarak dekat sekali, interval 3 – 7 merupakan jarak dekat, serta interval 6 – 10 merupakan jarak jauh. Penentuan penggunaan kurva turun untuk nilai linguistik dekat sekali karena memiliki nilai domain minimal yaitu 0 dan memiliki nilai fuzzy 1. Sehingga tidak memungkinkan untuk adanya bentuk kurva lain karena nilai jarak tidak mungkin bernilai negatif. Penentuan penggunaan kurva segitiga untuk nilai linguistik dekat karena memiliki nilai domain tengah diantara 2 nilai linguistik lainnya. Sedangkan penentuan penggunaan kurva naik untuk nilai linguistik jauh karena memiliki nilai domain maksimal yaitu 10 dan memiliki nilai fuzzy 1. Sehingga tidak memungkinkan untuk adanya bentuk kurva lain karena nilai jarak tidak mungkin melebihi nilai maksimal. Pembagian *domain* untuk masing – masing nilai linguistik terdapat pada Tabel 3.8 dan kurva variabel jarak terdapat pada Gambar 3.9

Tabel 3.8 Nilai variabel jarak

<b>Variabel Jarak</b>		
<b>Nilai Linguistik</b>	<b>Notasi</b>	<b>Nilai Numerik</b>
Dekat Sekali	DS	0 – 4
Dekat	D	3 – 7
Jauh	J	6 – 10



Gambar 3.9 Kurva variabel jarak

$$\mu_{dekat\_sekali}(x) = \begin{cases} 1 & x \leq 0 \\ 4 - x & 0 \leq x \leq 4 \\ 4 - 0 & x \geq 4 \\ 0 & \end{cases} \quad (3.3)$$

$$\mu_{dekat}(x) = \begin{cases} \frac{x - 3}{5 - 3} & 3 \leq x \leq 5 \\ \frac{7 - x}{7 - 5} & 5 \leq x \leq 7 \\ 0 & x \geq 7 \end{cases} \quad (3.4)$$

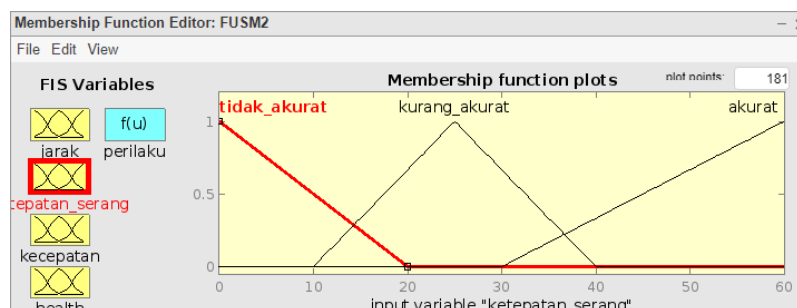
$$\mu_{jauh}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 6 \\ \frac{x - 6}{10 - 6} & 6 \leq x \leq 10 \\ 1 & x \geq 10 \end{cases} \quad (3.5)$$

- Variabel ketepatan serang, terdapat nilai antara 0 – 60. Variabel ketepatan serang terbagi menjadi 3 nilai linguistik yaitu: tidak akurat, kurang akurat, akurat. Penentuan nilai untuk variabel ketepatan serang ditentukan berdasarkan rumus yang ditentukan, untuk mencari nilai ketepatan serang yaitu selisih antara kecepatan musuh dengan ketepatan serang objek diperoleh selisih tertinggi yaitu 60. Sehingga nilai 60 tersebut dibagi terhadap 3 nilai linguistik yaitu tidak akurat, kurang akurat, dan akurat sehingga diperoleh nilai pada interval 0 – 20 merupakan tidak akurat, interval 20 – 40 merupakan kurang akurat, serta interval 40 – 60 merupakan akurat. Penentuan penggunaan kurva

turun untuk nilai linguistik tidak akurat karena memiliki nilai domain minimal yaitu 0 dan memiliki nilai fuzzy 1. Sehingga tidak memungkinkan untuk adanya bentuk kurva lain karena nilai ketepatan serang tidak mungkin bernilai negatif. Penentuan penggunaan kurva segitiga untuk nilai linguistik kurang akurat karena memiliki nilai domain tengah diantara 2 nilai linguistik lainnya. Sedangkan penentuan penggunaan kurva naik untuk nilai linguistik akurat karena memiliki nilai domain maksimal yaitu 60 dan memiliki nilai fuzzy 1. Sehingga tidak memungkinkan untuk adanya bentuk kurva lain karena nilai ketepatan serang tidak mungkin melebihi nilai maksimal. Pembagian *domain* untuk masing – masing nilai linguistik terdapat pada Tabel 3.9 dan kurva variabel ketepatan serang terdapat pada Gambar 3.10

Tabel 3.9 Nilai variabel ketepatan serang

Variabel Ketepatan Serang		
Nilai Linguistik	Notasi	Nilai Numerik
Tidak Akurat	TA	0 – 20
Kurang Akurat	KA	10 – 40
Akurat	A	30 – 60



Gambar 3.10 Kurva variabel ketepatan serang

$$\mu_{tidak\_akurat}(x) = \begin{cases} 1 & x \leq 0 \\ \frac{20-x}{20-0} & 0 \leq x \leq 20 \\ 0 & x \geq 20 \end{cases} \quad (3.6)$$

$$\mu_{kurang\_akurat}(x) = \begin{cases} \frac{x-10}{25-10} & 10 \leq x \leq 25 \\ \frac{40-x}{40-25} & 25 \leq x \leq 40 \\ 0 & x \geq 40 \end{cases} \quad (3.7)$$

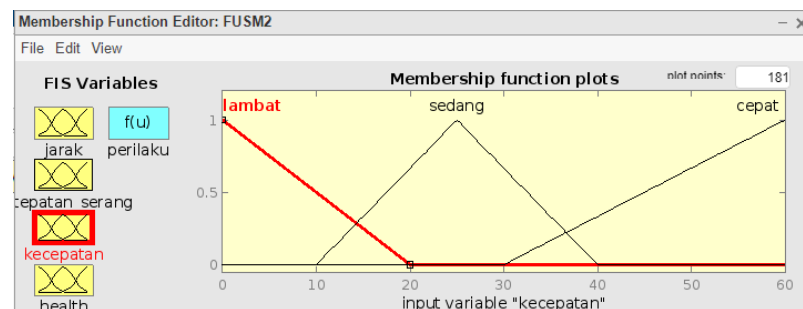
$$\mu_{akurat}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 30 \\ \frac{x-30}{60-30} & 30 \leq x \leq 60 \\ 1 & x \geq 60 \end{cases} \quad (3.8)$$

- Variabel kecepatan, terdapat nilai antara 0 – 60. Variabel kecepatan terbagi menjadi 3 nilai linguistik yaitu: cepat, sedang, lambat. Penentuan nilai untuk variabel kecepatan ditentukan berdasarkan rumus yang ditentukan, untuk mencari nilai kecepatan yaitu selisih antara kecepatan objek dengan ketepatan serang musuh diperoleh selisih tertinggi yaitu 60. Sehingga nilai 60 tersebut dibagi terhadap 3 nilai linguistik yaitu lambat, sedang, dan cepat sehingga diperoleh nilai pada interval 0 – 20 merupakan lambat, interval 10 – 40 merupakan sedang, serta interval 30 – 60 merupakan cepat. Penentuan penggunaan kurva turun untuk nilai linguistik lambat karena memiliki nilai domain minimal yaitu 0 dan memiliki nilai fuzzy 1. Sehingga tidak memungkinkan untuk adanya bentuk kurva lain karena nilai kecepatan tidak mungkin bernilai negatif. Penentuan penggunaan kurva segitiga untuk nilai linguistik sedang karena memiliki nilai domain tengah diantara 2 nilai linguistik lainnya. Sedangkan penentuan penggunaan kurva naik untuk nilai linguistik cepat karena memiliki nilai domain

maksimal yaitu 60 dan memiliki nilai fuzzy 1. Sehingga tidak memungkinkan untuk adanya bentuk kurva lain karena nilai kecepatan tidak mungkin melebihi nilai maksimal. Pembagian *domain* untuk masing – masing nilai linguistik terdapat pada Tabel 3.10 dan kurva variabel kecepatan terdapat pada Gambar 3.11

Tabel 3.10 Nilai variabel kecepatan

Variabel Kecepatan		
Nilai Linguistik	Notasi	Nilai Numerik
Lambat	L	0 – 20
Sedang	S	10 – 40
Cepat	C	30 – 60



Gambar 3.11 Kurva variabel kecepatan

$$\mu_{lambat}(x) = \begin{cases} 1 & x \leq 0 \\ \frac{20-x}{20-0} & 0 \leq x \leq 20 \\ 0 & x \geq 20 \end{cases} \quad (3.9)$$

$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} \frac{x-10}{25-10} & 10 \leq x \leq 25 \\ \frac{40-x}{40-25} & 25 \leq x \leq 40 \\ 0 & x \geq 40 \end{cases} \quad (3.10)$$

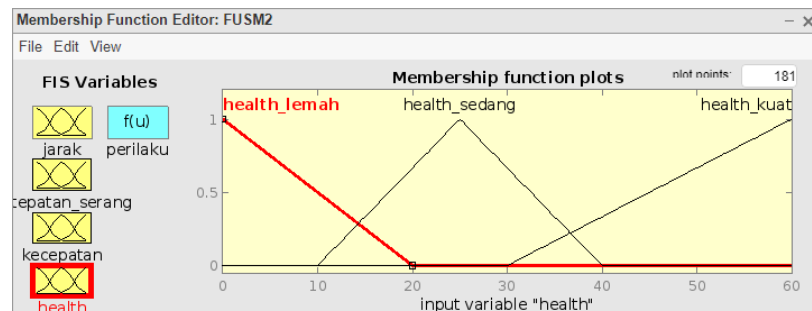
$$\mu_{cepat}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 30 \\ \frac{x-30}{60-30} & 30 \leq x \leq 60 \\ 1 & x \geq 60 \end{cases} \quad (3.11)$$

- Variabel *health*, terdapat nilai antara 0 – 60. Variabel *health* terbagi menjadi 3 nilai linguistik yaitu : kuat, sedang, lemah. Penentuan nilai untuk variabel *health* ditentukan berdasarkan data masing – masing hewan. Penentuan nilai untuk variabel *health* ditentukan berdasarkan data masing – masing hewan. Berdasarkan data yang ada, diperoleh *health* maksimal terletak pada badak yaitu 60 tahun. Sehingga ditentukan domain maksimal adalah 60. Sehingga nilai 60 tersebut dibagi terhadap 3 nilai linguistik yaitu *health* lemah, *health* sedang dan *health* kuat sehingga diperoleh nilai pada interval 0 – 20 merupakan *health* lemah, interval 10 – 40 merupakan *health* sedang, serta interval 30 – 60 merupakan *health* kuat. Penentuan penggunaan kurva turun untuk nilai linguistik *health* lemah karena memiliki nilai domain minimal yaitu 0 dan memiliki nilai fuzzy 1. Sehingga tidak memungkinkan untuk adanya bentuk kurva lain karena nilai *health* tidak mungkin bernilai negatif. Penentuan penggunaan kurva segitiga untuk nilai linguistik *health* sedang karena memiliki nilai domain tengah diantara 2 nilai linguistik lainnya. Sedangkan penentuan penggunaan kurva naik untuk nilai linguistik *health* kuat karena memiliki nilai domain maksimal yaitu 60 dan memiliki nilai fuzzy 1. Sehingga tidak memungkinkan untuk adanya bentuk kurva lain karena nilai *health* tidak mungkin melebihi nilai maksimal. Pembagian *domain* untuk masing – masing nilai linguistik terdapat pada Tabel 3.11 dan kurva variabel *health* terdapat pada Gambar 3.12



Tabel 3.11 Nilai variabel *health*

Variabel <i>Health</i>		
Nilai Linguistik	Notasi	Nilai Numerik
Health Lemah	HL	0 – 20
Health Sedang	HS	10 – 40
Health Kuat	HK	30 – 60

Gambar 3.12 Kurva variabel *health*

$$\mu_{health\_lemah}(x) = \begin{cases} 1 & x \leq 0 \\ \frac{20-x}{20-0} & 0 \leq x \leq 20 \\ 0 & x \geq 20 \end{cases} \quad (3.12)$$

$$\mu_{health\_sedang}(x) = \begin{cases} \frac{x-10}{25-10} & 10 \leq x \leq 25 \\ \frac{40-x}{40-25} & 25 \leq x \leq 40 \\ 0 & x \geq 40 \end{cases} \quad (3.13)$$

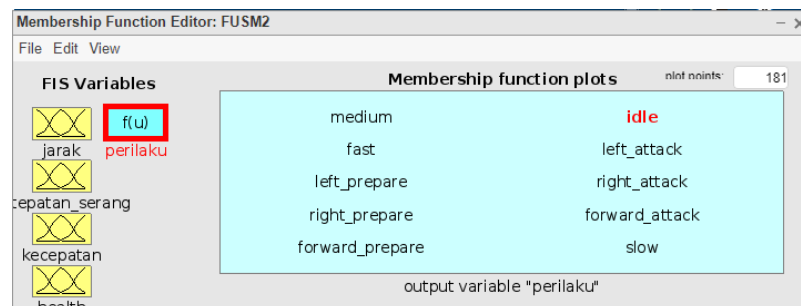
$$\mu_{health\_kuat}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 30 \\ \frac{x-30}{60-30} & 30 \leq x \leq 60 \\ 1 & x \geq 60 \end{cases} \quad (3.14)$$

- Variabel perilaku, terbagi menjadi 10 nilai linguistik. *Forward prepare* diwakili dengan nilai 0, *right prepare* diwakili dengan nilai 1, *left prepare* diwakili dengan nilai 2, *fast* diwakili dengan nilai 3, *medium* diwakili dengan nilai 4, *slow* diwakili dengan nilai 5, *forward attack* diwakili dengan nilai 6, *right attack* diwakili dengan nilai 7, *left*

*attack* diwakili dengan nilai 8. Pembagian *domain* untuk masing – masing nilai linguistik terdapat pada Tabel 3.12 dan kurva variabel perilaku terdapat pada Gambar 3.13

Tabel 3.12 Nilai variabel perilaku

Variabel Perilaku		
Nilai Linguistik	Notasi	Nilai Numerik
<i>Forward Prepare</i>	FF	0
<i>Right Prepare</i>	RF	1
<i>Left Prepare</i>	LF	2
<i>Fast</i>	F	3
<i>Medium</i>	M	4
<i>Slow</i>	S	5
<i>Forward Attack</i>	FA	6
<i>Right Attack</i>	RA	7
<i>Left Attack</i>	LA	8
<i>Idle</i>	I	9

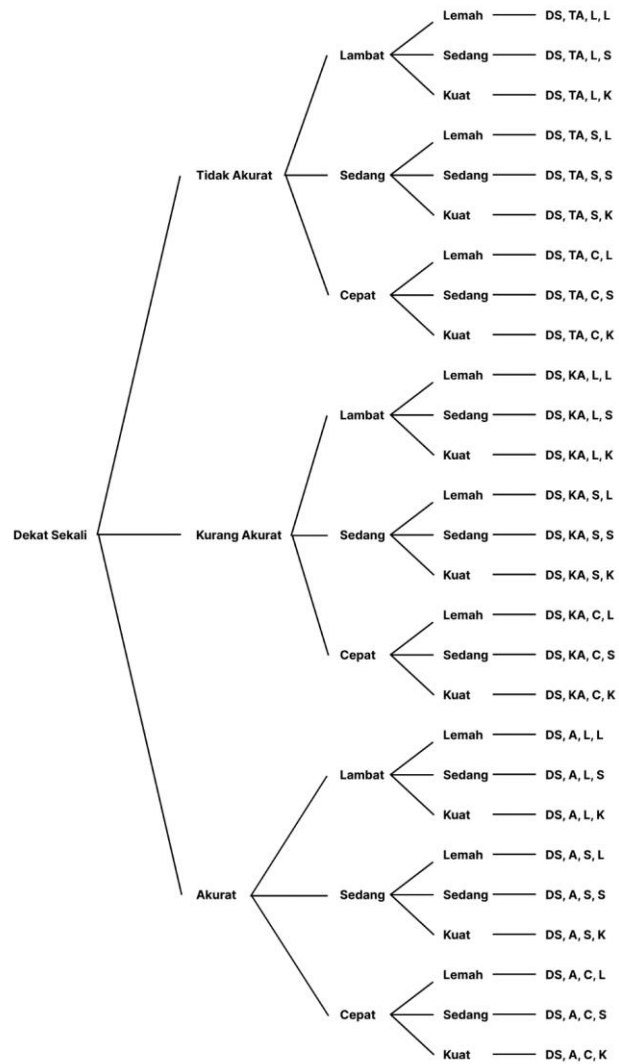


Gambar 3.13 Membership output

#### d. Fuzzy Rule

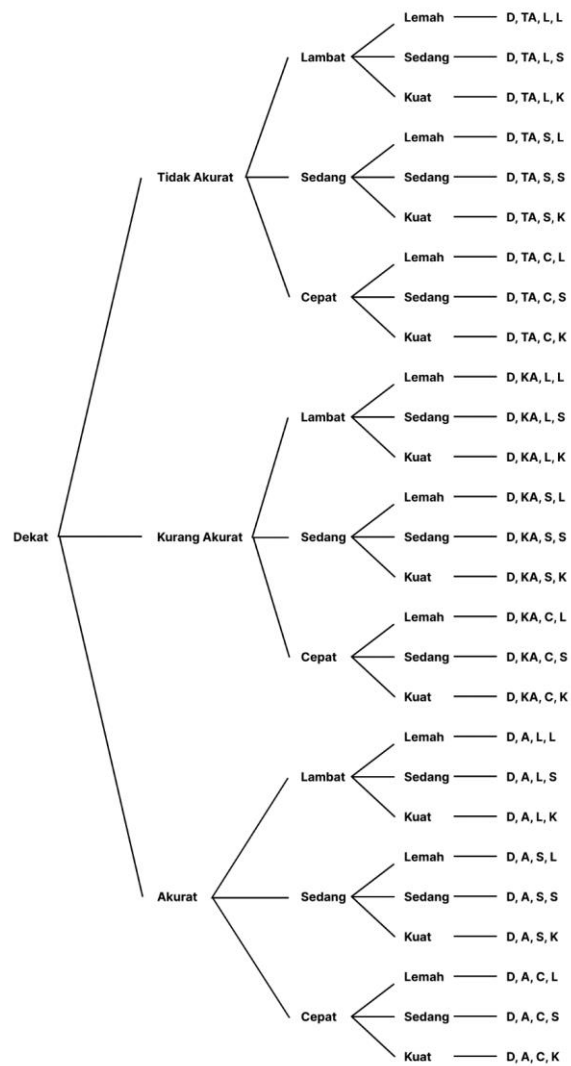
*Fuzzy rule* merupakan aturan “jika – maka”, dimana “jika” menjelaskan nilai *input* linguistik dan “maka” menunjukkan *output* linguistik yang nantinya akan menentukan keputusan *logic fuzzy*. Dilakukan perhitungan ruang sampel dengan parameter sebanyak 4 dan masing – masing parameter memiliki 3 variabel. Sehingga diperoleh  $3^4 = 81$ . Dihitung pula dengan

menggunakan diagram pohon dan diperoleh 81 *fuzzy rule* dalam penelitian ini terdapat pada Gambar 3.14, Gambar 3.15, dan Gambar 3.16



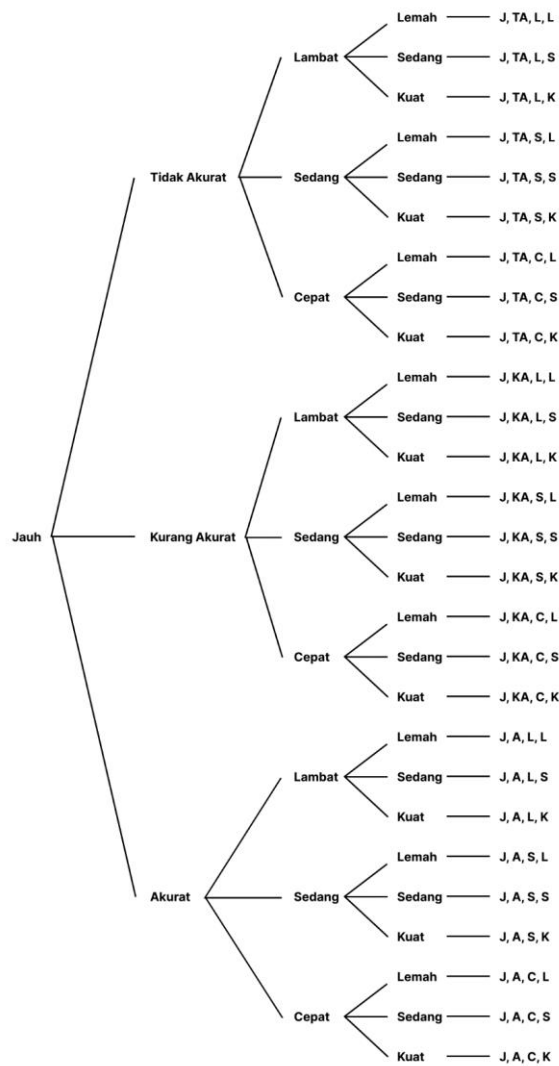
Gambar 3.14 Diagram pohon kombinasi jarak dekat sekali

Gambar 3.14 adalah diagram pohon kombinasi untuk parameter jarak dengan variabel dekat sekali dan diperoleh jumlah kombinasi sebanyak 27 kemungkinan yang akan terjadi.



Gambar 3.15 Diagram pohon kombinasi jarak dekat

Gambar 3.15 adalah diagram pohon kombinasi untuk parameter jarak dengan variabel dekat dan diperoleh jumlah kombinasi sebanyak 27 kemungkinan yang akan terjadi.



Gambar 3.16 Diagram pohon kombinasi jarak jauh

Gambar 3.16 adalah diagram pohon kombinasi untuk parameter jarak dengan variabel jauh dan diperoleh jumlah kombinasi sebanyak 27 kemungkinan yang akan terjadi.

Sehingga, dengan diperoleh masing – masing diagram pohon sebanyak 27 kemungkinan yang akan terjadi dan terdapat 3 diagram pohon, maka jumlah *rules* pada penelitian ini berjumlah 81 *rules*.

Rule [1] = Jika (jarak adalah dekatSekali) dan (ketepatan serang adalah tidakAkurat) dan (kecepatan adalah cepat) dan (health adalah healthLemah) maka (perilaku adalah *left attack*)

Rule [2] = Jika (jarak adalah dekatSekali) dan (ketepatan serang adalah tidakAkurat) dan (kecepatan adalah cepat) dan (health adalah healthSedang) maka (perilaku adalah *right attack*)

Rule [3] = Jika (jarak adalah dekatSekali) dan (ketepatan serang adalah tidakAkurat) dan (kecepatan adalah cepat) dan (health adalah healthKuat) maka (perilaku adalah *forward attack*)

Rule [4] = Jika (jarak adalah dekatSekali) dan (ketepatan serang adalah tidakAkurat) dan (kecepatan adalah sedang) dan (health adalah healthLemah) maka (perilaku adalah *left attack*)

Rule [5] = Jika (jarak adalah dekatSekali) dan (ketepatan serang adalah tidakAkurat) dan (kecepatan adalah sedang) dan (health adalah healthSedang) maka (perilaku adalah *right attack*)

Rule [6] = Jika (jarak adalah dekatSekali) dan (ketepatan serang adalah tidakAkurat) dan (kecepatan adalah sedang) dan (health adalah healthKuat) maka (perilaku adalah *forward attack*)

Rule [7] = Jika (jarak adalah dekatSekali) dan (ketepatan serang adalah tidakAkurat) dan (kecepatan adalah lemah) dan (health adalah healthLemah) maka (perilaku adalah *left attack*)

Rule [8] = Jika (jarak adalah dekatSekali) dan (ketepatan serang adalah tidakAkurat) dan (kecepatan adalah lemah) dan (health adalah healthSedang) maka (perilaku adalah *right attack*)

Rule [9] = Jika (jarak adalah dekatSekali) dan (ketepatan serang adalah tidakAkurat) dan (kecepatan adalah lemah) dan (health adalah healthKuat) maka (perilaku adalah *forward attack*)

Rule [10] = Jika (jarak adalah dekatSekali) dan (ketepatan serang adalah kurangAkurat) dan (kecepatan adalah cepat) dan (health adalah healthLemah) maka (perilaku adalah *left attack*)

Rule [11] = Jika (jarak adalah dekatSekali) dan (ketepatan serang adalah kurangAkurat) dan (kecepatan adalah cepat) dan (health adalah healthSedang) maka (perilaku adalah *right attack*)

Rule [12] = Jika (jarak adalah dekatSekali) dan (ketepatan serang adalah kurangAkurat) dan (kecepatan adalah cepat) dan (health adalah healthKuat) maka (perilaku adalah *forward attack*)

Rule [13] = Jika (jarak adalah dekatSekali) dan (ketepatan serang adalah kurangAkurat) dan (kecepatan adalah sedang) dan (health adalah healthLemah) maka (perilaku adalah *left attack*)

Rule [14] = Jika (jarak adalah dekatSekali) dan (ketepatan serang adalah kurangAkurat) dan (kecepatan adalah sedang) dan (health adalah healthSedang) maka (perilaku adalah *right attack*)

Rule [15] = Jika (jarak adalah dekatSekali) dan (ketepatan serang adalah kurangAkurat) dan (kecepatan adalah sedang) dan (health adalah healthKuat) maka (perilaku adalah *forward attack*)

Rule [16] = Jika (jarak adalah dekatSekali) dan (ketepatan serang adalah kurangAkurat) dan (kecepatan adalah lemah) dan (health adalah healthLemah) maka (perilaku adalah *left attack*)

Rule [17] = Jika (jarak adalah dekatSekali) dan (ketepatan serang adalah kurangAkurat) dan (kecepatan adalah lemah) dan (health adalah healthSedang) maka (perilaku adalah *right attack*)

Rule [18] = Jika (jarak adalah dekatSekali) dan (ketepatan serang adalah kurangAkurat) dan (kecepatan adalah lemah) dan (health adalah healthKuat) maka (perilaku adalah *forward attack*)

Rule [19] = Jika (jarak adalah dekatSekali) dan (ketepatan serang adalah akurat) dan (kecepatan adalah cepat) dan (health adalah healthLemah) maka (perilaku adalah *left attack*)

Rule [20] = Jika (jarak adalah dekatSekali) dan (ketepatan serang adalah akurat) dan (kecepatan adalah cepat) dan (health adalah healthSedang) maka (perilaku adalah *right attack*)

Rule [21] = Jika (jarak adalah dekatSekali) dan (ketepatan serang adalah akurat) dan (kecepatan adalah cepat) dan (health adalah healthKuat) maka (perilaku adalah *forward attack*)



Rule [22] = Jika (jarak adalah dekatSekali) dan (ketepatan serang adalah akurat) dan (kecepatan adalah sedang) dan (health adalah healthLemah) maka (perilaku adalah *left attack*)

Rule [23] = Jika (jarak adalah dekatSekali) dan (ketepatan serang adalah akurat) dan (kecepatan adalah sedang) dan (health adalah healthSedang) maka (perilaku adalah *right attack*)

Rule [24] = Jika (jarak adalah dekatSekali) dan (ketepatan serang adalah akurat) dan (kecepatan adalah sedang) dan (health adalah healthKuat) maka (perilaku adalah *forward attack*)

Rule [25] = Jika (jarak adalah dekatSekali) dan (ketepatan serang adalah akurat) dan (kecepatan adalah lemah) dan (health adalah healthLemah) maka (perilaku adalah *left attack*)

Rule [26] = Jika (jarak adalah dekatSekali) dan (ketepatan serang adalah akurat) dan (kecepatan adalah lemah) dan (health adalah healthSedang) maka (perilaku adalah *right attack*)

Rule [27] = Jika (jarak adalah dekatSekali) dan (ketepatan serang adalah akurat) dan (kecepatan adalah lemah) dan (health adalah healthKuat) maka (perilaku adalah *forward attack*)

Rule [28] = Jika (jarak adalah dekat) dan (ketepatan serang adalah tidakAkurat) dan (kecepatan adalah cepat) dan (health adalah healthLemah) maka (perilaku adalah *left prepare*)

Rule [29] = Jika (jarak adalah dekat) dan (ketepatan serang adalah tidakAkurat) dan (kecepatan adalah cepat) dan (health adalah healthSedang) maka (perilaku adalah *right prepare*)

Rule [30] = Jika (jarak adalah dekat) dan (ketepatan serang adalah tidakAkurat) dan (kecepatan adalah cepat) dan (health adalah healthKuat) maka (perilaku adalah *forward prepare*)

Rule [31] = Jika (jarak adalah dekat) dan (ketepatan serang adalah tidakAkurat) dan (kecepatan adalah sedang) dan (health adalah healthLemah) maka (perilaku adalah *left prepare*)

Rule [32] = Jika (jarak adalah dekat) dan (ketepatan serang adalah tidakAkurat) dan (kecepatan adalah sedang) dan (health adalah healthSedang) maka (perilaku adalah *right prepare*)

Rule [33] = Jika (jarak adalah dekat) dan (ketepatan serang adalah tidakAkurat) dan (kecepatan adalah sedang) dan (health adalah healthKuat) maka (perilaku adalah *forward prepare*)

Rule [34] = Jika (jarak adalah dekat) dan (ketepatan serang adalah tidakAkurat) dan (kecepatan adalah lemah) dan (health adalah healthLemah) maka (perilaku adalah *left prepare*)

Rule [35] = Jika (jarak adalah dekat) dan (ketepatan serang adalah tidakAkurat) dan (kecepatan adalah lemah) dan (health adalah healthSedang) maka (perilaku adalah *right prepare*)

Rule [36] = Jika (jarak adalah dekat) dan (ketepatan serang adalah tidakAkurat) dan (kecepatan adalah lemah) dan (health adalah healthKuat) maka (perilaku adalah *forward prepare*)

Rule [37] = Jika (jarak adalah dekat) dan (ketepatan serang adalah kurangAkurat) dan (kecepatan adalah cepat) dan (health adalah healthLemah) maka (perilaku adalah *slow*)

Rule [38] = Jika (jarak adalah dekat) dan (ketepatan serang adalah kurangAkurat) dan (kecepatan adalah cepat) dan (health adalah healthSedang) maka (perilaku adalah *medium*)

Rule [39] = Jika (jarak adalah dekat) dan (ketepatan serang adalah kurangAkurat) dan (kecepatan adalah cepat) dan (health adalah healthKuat) maka (perilaku adalah *fast*)

Rule [40] = Jika (jarak adalah dekat) dan (ketepatan serang adalah kurangAkurat) dan (kecepatan adalah sedang) dan (health adalah healthLemah) maka (perilaku adalah *slow*)

Rule [41] = Jika (jarak adalah dekat) dan (ketepatan serang adalah kurangAkurat) dan (kecepatan adalah sedang) dan (health adalah healthSedang) maka (perilaku adalah *medium*)

Rule [42] = Jika (jarak adalah dekat) dan (ketepatan serang adalah kurangAkurat) dan (kecepatan adalah sedang) dan (health adalah healthKuat) maka (perilaku adalah *fast*)

Rule [43] = Jika (jarak adalah dekat) dan (ketepatan serang adalah kurangAkurat) dan (kecepatan adalah lemah) dan (health adalah healthLemah) maka (perilaku adalah *left prepare*)

Rule [44] = Jika (jarak adalah dekat) dan (ketepatan serang adalah kurangAkurat) dan (kecepatan adalah lemah) dan (health adalah healthSedang) maka (perilaku adalah *right prepare*)

Rule [45] = Jika (jarak adalah dekat) dan (ketepatan serang adalah kurangAkurat) dan (kecepatan adalah lemah) dan (health adalah healthKuat) maka (perilaku adalah *forward prepare*)

Rule [46] = Jika (jarak adalah dekat) dan (ketepatan serang adalah akurat) dan (kecepatan adalah cepat) dan (health adalah healthLemah) maka (perilaku adalah *slow*)

Rule [47] = Jika (jarak adalah dekat) dan (ketepatan serang adalah akurat) dan (kecepatan adalah cepat) dan (health adalah healthSedang) maka (perilaku adalah *medium*)

Rule [48] = Jika (jarak adalah dekat) dan (ketepatan serang adalah akurat) dan (kecepatan adalah cepat) dan (health adalah healthKuat) maka (perilaku adalah *fast*)

Rule [49] = Jika (jarak adalah dekat) dan (ketepatan serang adalah akurat) dan (kecepatan adalah sedang) dan (health adalah healthLemah) maka (perilaku adalah *slow*)

Rule [50] = Jika (jarak adalah dekat) dan (ketepatan serang *adalah* akurat) dan (kecepatan adalah sedang) dan (health adalah healthSedang) maka (perilaku adalah *medium*)

Rule [51] = Jika (jarak adalah dekat) dan (ketepatan serang *adalah* akurat) dan (kecepatan adalah sedang) dan (health adalah healthKuat) maka (perilaku adalah *fast*)

Rule [52] = Jika (jarak adalah dekat) dan (ketepatan serang *adalah* akurat) dan (kecepatan adalah lemah) dan (health adalah healthLemah) maka (perilaku adalah *left prepare*)

Rule [53] = Jika (jarak adalah dekat) dan (ketepatan serang *adalah* akurat) dan (kecepatan adalah lemah) dan (health adalah healthSedang) maka (perilaku adalah *right prepare*)

Rule [54] = Jika (jarak adalah dekat) dan (ketepatan serang *adalah* akurat) dan (kecepatan adalah lemah) dan (health adalah healthKuat) maka (perilaku adalah *forward prepare*)

Rule [55] = Jika (jarak adalah jauh) dan (ketepatan serang *adalah* tidakAkurat) dan (kecepatan adalah cepat) dan (health adalah healthLemah) maka (perilaku adalah *idle*)

Rule [56] = Jika (jarak adalah jauh) dan (ketepatan serang *adalah* tidakAkurat) dan (kecepatan adalah cepat) dan (health adalah healthSedang) maka (perilaku adalah *idle*)

Rule [57] = Jika (jarak adalah jauh) dan (ketepatan serang *adalah* tidakAkurat) dan (kecepatan adalah cepat) dan (health adalah healthKuat) maka (perilaku adalah *idle*)

Rule [58] = Jika (jarak adalah jauh) dan (ketepatan serang *adalah* tidakAkurat) dan (kecepatan adalah sedang) dan (health adalah healthLemah) maka (perilaku adalah *idle*)

Rule [59] = Jika (jarak adalah jauh) dan (ketepatan serang *adalah* tidakAkurat) dan (kecepatan adalah sedang) dan (health adalah healthSedang) maka (perilaku adalah *idle*)

Rule [60] = Jika (jarak adalah jauh) dan (ketepatan serang *adalah* tidakAkurat) dan (kecepatan adalah sedang) dan (health adalah healthKuat) maka (perilaku adalah *idle*)

Rule [61] = Jika (jarak adalah jauh) dan (ketepatan serang *adalah* tidakAkurat) dan (kecepatan adalah lemah) dan (health adalah healthLemah) maka (perilaku adalah *idle*)

Rule [62] = Jika (jarak adalah jauh) dan (ketepatan serang *adalah* tidakAkurat) dan (kecepatan adalah lemah) dan (health adalah healthSedang) maka (perilaku adalah *idle*)

Rule [63] = Jika (jarak adalah jauh) dan (ketepatan serang *adalah* tidakAkurat) dan (kecepatan adalah lemah) dan (health adalah healthKuat) maka (perilaku adalah *idle*)

Rule [64] = Jika (jarak adalah jauh) dan (ketepatan serang *adalah* kurangAkurat) dan (kecepatan adalah cepat) dan (health adalah healthLemah) maka (perilaku adalah *idle*)

Rule [65] = Jika (jarak adalah jauh) dan (ketepatan serang *adalah* kurangAkurat) dan (kecepatan adalah cepat) dan (health adalah healthSedang) maka (perilaku adalah *idle*)

Rule [66] = Jika (jarak adalah jauh) dan (ketepatan serang *adalah* kurangAkurat) dan (kecepatan adalah cepat) dan (health adalah healthKuat) maka (perilaku adalah *idle*)

Rule [67] = *If* (jarak adalah jauh) dan (ketepatan serang *adalah* kurangAkurat) dan (kecepatan adalah sedang) dan (health adalah healthLemah) maka (perilaku adalah *idle*)

Rule [68] = Jika (jarak adalah jauh) dan (ketepatan serang *adalah* kurangAkurat) dan (kecepatan adalah sedang) dan (health adalah healthSedang) maka (perilaku adalah *idle*)

Rule [69] = Jika (jarak adalah jauh) dan (ketepatan serang *adalah* kurangAkurat) dan (kecepatan adalah sedang) dan (health adalah healthKuat) maka (perilaku adalah *idle*)

Rule [70] = Jika (jarak adalah jauh) dan (ketepatan serang *adalah* kurangAkurat) dan (kecepatan adalah lemah) dan (health adalah healthLemah) maka (perilaku adalah *idle*)

Rule [71] = Jika (jarak adalah jauh) dan (ketepatan serang *adalah* kurangAkurat) dan (kecepatan adalah lemah) dan (health adalah healthSedang) maka (perilaku adalah *idle*)

Rule [72] = Jika (jarak adalah jauh) dan (ketepatan serang *adalah* kurangAkurat) dan (kecepatan adalah lemah) dan (health adalah healthKuat) maka (perilaku adalah *idle*)

Rule [73] = Jika (jarak adalah jauh) dan (ketepatan serang *adalah* akurat) dan (kecepatan adalah cepat) dan (health adalah healthLemah) maka (perilaku adalah *idle*)

Rule [74] = Jika (jarak adalah jauh) dan (ketepatan serang *adalah* akurat) dan (kecepatan adalah cepat) dan (health adalah healthSedang) maka (perilaku adalah *idle*)

Rule [75] = Jika (jarak adalah jauh) dan (ketepatan serang *adalah* akurat) dan (kecepatan adalah cepat) dan (health adalah healthKuat) maka (perilaku adalah *idle*)

Rule [76] = Jika (jarak adalah jauh) dan (ketepatan serang *adalah* akurat) dan (kecepatan adalah sedang) dan (health adalah healthLemah) maka (perilaku adalah *idle*)

Rule [77] = Jika (jarak adalah jauh) dan (ketepatan serang *adalah* akurat) dan (kecepatan adalah sedang) dan (health adalah healthSedang) maka (perilaku adalah *idle*)



Rule [78] = Jika (jarak adalah jauh) dan (ketepatan serang *adalah* akurat) dan (kecepatan adalah sedang) dan (health adalah healthKuat) maka (perilaku adalah *idle*)

Rule [79] = Jika (jarak adalah jauh) dan (ketepatan serang *adalah* akurat) dan (kecepatan adalah lemah) dan (health adalah healthLemah) maka (perilaku adalah *idle*)

Rule [80] = Jika (jarak adalah jauh) dan (ketepatan serang *adalah* akurat) dan (kecepatan adalah lemah) dan (health adalah healthSedang) maka (perilaku adalah *idle*)

Rule [81] = Jika (jarak adalah jauh) dan (ketepatan serang *adalah* akurat) dan (kecepatan adalah lemah) dan (health adalah healthKuat) maka (perilaku adalah *idle*)

e. *Defuzzification*

*Defuzzification* adalah proses implikasi MIN dan proses *defuzzifikasi* menggunakan nilai rata – rata (*average*)

$$Z : \frac{\sum a_i z_i}{\sum a_i} \quad (3.15)$$

Dimana,

Z = Keputusan yang diambil

$a_i$  = Derajat keanggotaan

$z_i$  = Keputusan keanggotaan

### **3.8 Desain Pengujian**

Desain pengujian dilakukan untuk membuktikan bahwa dengan menggunakan Vuforia SDK akan mendapatkan hasil yang lebih maksimal dengan efisiensi waktu yang singkat.

#### **3.8.1 Pengujian Aplikasi**

Pada uji coba aplikasi ditujukan dalam melakukan pengujian aplikasi apakah telah sebanding atau belum. Pengujian aplikasi dilakukan untuk menguji aplikasi apakah telah sesuai dengan apa yang diinginkan atau belum. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode *blackbox* untuk menguji fungsionalitas aplikasi yang meliputi pengujian tampilan aplikasi, pengujian *button interface*, serta pengujian yang meliputi jarak, sudut, pencahayaan terhadap *marker*.

##### **A. Pengujian Tampilan Aplikasi**

Pengujian tampilan aplikasi bertujuan untuk mengetahui keberhasilan tampilan ketika *user* mengklik suatu *button* serta untuk menguji 3D objek yang telah dibuat telah sesuai dengan apa yang diinginkan.

##### **B. Pengujian *Button Interface***

Pengujian untuk *button interface* digunakan untuk menguji setiap fitur yang ada pada *game Free Indonesian Animals*. Pengujian ini menguji berbagai *button*, objek 3D, animasi, *scene* yang ditampilkan hingga kemungkinan – kemungkinan yang akan terjadi dalam *game* nantinya. Pengujian *button interface* guna memberikan pengalaman yang baik untuk *user* ketika mencoba aplikasi.

### C. Pengujian Jarak, Sudut, dan Pencahayaan terhadap *Marker*

Pengujian jarak, sudut, dan pencahayaan terhadap marker digunakan untuk mengetahui persentase keberhasilan sistem dalam mendeteksi *marker*, objek 3D yang ditampilkan, serta audio yang diputar.

#### 3.8.2 Pengujian Finite State Machine

Pengujian *Finite State Machine* adalah pengujian yang berkaitan dengan fungsi dari masing – masing *state* yang nantinya akan diterapkan pada *game Save Indonesian Animals*. Nantinya pengujian ini akan menunjukkan keberhasilan atau kegagalan sistem. Rancangan pengujian untuk *Finite State Machine* dipaparkan pada Tabel 3.13

Tabel 3.13 Pengujian *Finite State Machine*

No.	<i>State</i>	Kondisi	Aksi
1.	<i>Idle</i>	2 <i>marker</i> berada pada jarak > batas	Objek hanya melakukan <i>idle</i> tanpa melakukan interaksi apapun.
2.	<i>Run</i>	2 <i>marker</i> berada pada jarak diantara batas	Objek melakukan pergerakan berupa <i>run</i> .
3.	<i>Attack</i>	2 <i>marker</i> berada pada jarak < batas	Objek melakukan pergerakan untuk menyerang.
4.	<i>Prepare</i>	2 <i>marker</i> berada pada jarak diantara batas	Objek melakukan pergerakan berupa <i>prepare</i> .

Tabel 3.13 adalah rancangan untuk pengujian *Finite State Machine* dengan 4 *state* yaitu *idle*, *run*, *attack*, dan *prepare* dimana masing – masing *state* memiliki aksi yang akan ditampilkan ketika kondisi pada masing – masing *state* terpenuhi.

### **3.8.3 Pengujian *Fuzzy State Machine***

*Fuzzy State Machine* diuji coba dengan menjalankan aplikasi dan diuji masing – masing variabel *input*. *Output* yang dihasilkan akan disesuaikan dengan *rule base* yang telah dibuat. Nantinya pengujian ini juga akan menunjukkan keberhasilan atau kegagalan sistem.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Implementasi**

Penerapan dari rancangan yang telah dibuat sebelumnya akan dibahas pada bab ini. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian dari rancangan *fuzzy*, serta pengujian aplikasi. Tujuan dilakukan pengujian ini untuk mengetahui keberhasilan *output* berdasarkan masing – masing variabel.

##### **4.1.1 Desain *Interface Game***

*Interface* aplikasi bertujuan untuk memudahkan *user* dalam menggunakan aplikasi dan menciptakan pengalaman pengguna yang nyaman terhadap aplikasi yang telah dibuat. Pertama kali *user* membuka aplikasi akan menampilkan *splash screen* selama beberapa detik kemudian menuju ke halaman utama. Pada halaman utama terdapat beberapa pilihan menu yang dapat dipilih. Ketika memilih menu AR Kamera, maka *user* dapat melakukan *scan marker* yang akan menampilkan 3D, *health bar*, dan juga audio yang menyebutkan nama hewan yang tampil.

##### **A. Menu *Splash Screen***

*Splash screen* adalah tampilan awal pada saat *user* pertama kali membuka aplikasi. Fitur ini akan tampil selama 5 detik dan kemudian akan secara otomatis menampilkan 4 menu utama untuk dipilih *user*. *Splash screen* ini hanya menampilkan logo dari aplikasi *Save Indonesian Animals*. Detail tampilan *splash screen* terdapat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 *Splash screen*

## B. Menu Halaman Utama

Halaman utama akan menampilkan 4 menu yang dapat dipilih *user*, yaitu latar belakang pembuatan aplikasi, petunjuk penggunaan aplikasi, *scan* menggunakan kamera AR, dan menu keluar dari aplikasi. Detail tampilan halaman utama terdapat pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Halaman utama

## C. Menu Latar Belakang dan Petunjuk

Pada saat menu latar belakang diklik, maka akan menampilkan *pop – up* latar belakang singkat pembuatan aplikasi. *User* dapat membaca alasan penulis dalam

membuat aplikasi *Save Indonesian Animals*. Sedangkan, pada saat menu petunjuk diklik, maka akan menampilkan petunjuk – petunjuk penggunaan aplikasi. Petunjuk tersebut berisi *button* apa saja yang dapat diklik beserta penjelasan hasil respon dari *button* tersebut. Detail tampilan latar belakang dan petunjuk terdapat pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 (a) Latar belakang, (b) Petunjuk

#### D. Menu *Scan AR*

Menu *scan* menggunakan kamera AR akan menampilkan objek 3D berdasarkan *marker* yang di *scan*. Pada menu ini akan ditampilkan pula beberapa *button* yang dapat dilihat *user* untuk memudahkan dalam menjalankan permainan. *Button* tersebut adalah *button home* untuk kembali ke menu utama, *button* petunjuk untuk memberikan penjelasan masing – masing *button*, *button* informasi untuk memberikan informasi latar belakang pembuatan aplikasi, dan *button close* untuk menutup menu kamera *scan AR*. Serta pada halaman ini akan menampilkan *health bar* ketika *marker* mendeteksi 3D. Detail tampilan menu *scan AR* terdapat pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Menu *scan AR*

### E. *Panel Reward*

Panel *reward* ini akan tampil ketika salah satu objek telah *destroy*. Poin dari *reward* ini akan bertambah untuk objek yang masih memiliki nyawa. Poin *reward* tidak akan *me-reset* selama permainan masih berlangsung. Detail tampilan *panel reward* terdapat pada Gambar 4.5



Gambar 4.5 *Panel reward*

### F. *Menu Keluar*

Pada menu ini akan menampilkan *pop-up* yang bertujuan untuk meyakinkan *user* untuk benar – benar keluar dari aplikasi. Pada menu ini terdapat 2 *button* yaitu



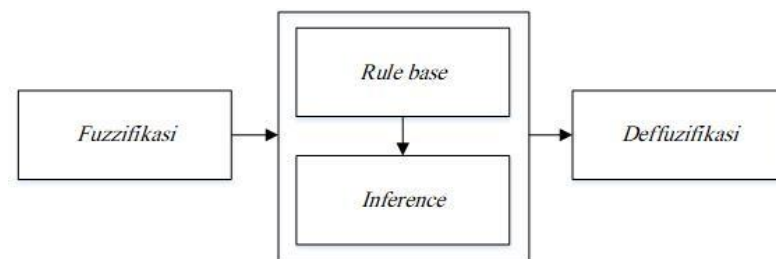
benar keluar dari aplikasi dan tidak keluar dari aplikasi. Detail tampilan halaman keluar terdapat pada Gambar 4.6



Gambar 4.6 Keluar

#### 4.1.2 Implementasi *Fuzzy*

Pengimplementasian *fuzzy* pada game ini meliputi variabel *input* serta variabel *output*. Variabel *input* yang digunakan meliputi jarak, ketepatan serang, kecepatan, dan *health*. Sedangkan variabel *output* yang digunakan adalah perilaku dari objek 3D nantinya. Perilaku tersebut meliputi *attack* (*forward*, *left*, dan *right*), *prepare* (*forward*, *left*, dan *right*), *run* (*fast*, *medium*, dan *slow*), dan *idle*. Dalam implementasi ini terdapat 3 proses utama, yaitu *Fuzzifikasi*, *Inference*, dan *Defuzzifikasi*. Diagram blok implementasi *fuzzy* terdapat pada Gambar 4.7



Gambar 4.7 Diagram blok implementasi *fuzzy*

Secara garis besar, implementasi *fuzzy* pada Gambar 4.7 menerapkan 3 langkah utama yaitu *fuzzifikasi*, *inference*, dan *defuzzifikasi*. *Fuzzifikasi* adalah pemetaan nilai *crisp input* kedalam himpunan *fuzzy*. *Inference* adalah pembuatan *rule fuzzy* untuk menghasilkan *output* dari tiap *rule*. Sedangkan *defuzzifikasi* adalah perhitungan untuk mendapatkan *crisp output*.

#### A. *Fuzzifikasi*

Pada *fuzzifikasi* ini dilakukan pemetaan himpunan *fuzzy* terhadap variabel jarak, ketepatan serang, kecepatan, dan *health*. Dalam tahap ini, ditentukan pula derajat keanggotaan dari masing – masing variabel serta menggunakan kurva naik, turun, dan segitiga.

##### 1. *Fuzzifikasi* jarak

Variabel jarak memiliki 3 himpunan *fuzzy* yaitu dekat sekali, dekat, dan jauh. Himpunan untuk jarak dekat sekali berada pada rentang 0 – 4, jarak dekat berada pada rentang 3 – 7, sedangkan jarak jauh berada pada rentang 6 – 10.

##### 2. *Fuzzifikasi* ketepatan serang

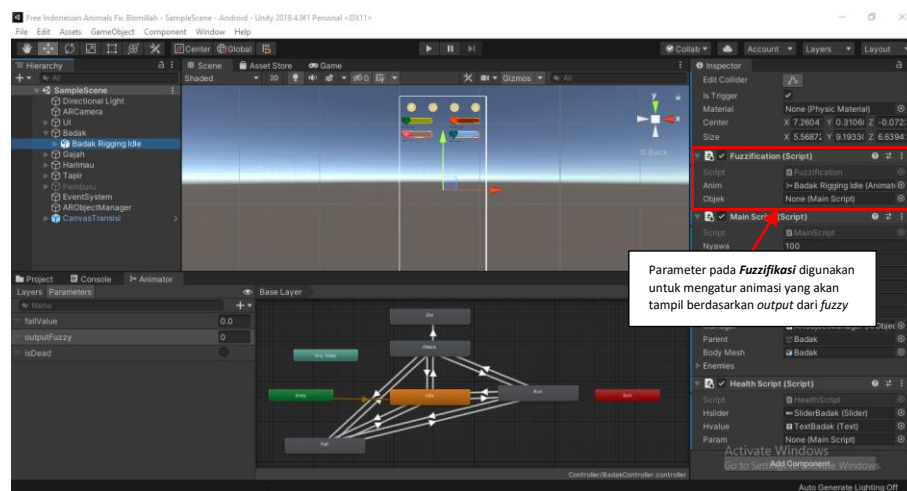
Variabel ketepatan serang memiliki 3 himpunan *fuzzy* yaitu tidak akurat, kurang akurat, dan akurat. Himpunan untuk ketepatan serang yang tidak akurat berada pada rentang 0 – 20, ketepatan serang yang kurang akurat berada pada rentang 10 – 40, sedangkan ketepatan serang yang akurat berada pada rentang 30 – 60.

### 3. *Fuzzifikasi* kecepatan

Variabel kecepatan memiliki 3 himpunan *fuzzy* yaitu lambat, sedang, dan cepat. Himpunan untuk kecepatan yang lambat berada pada rentang 0 – 20, kecepatan yang sedang berada pada rentang 10 – 40, sedangkan kecepatan yang cepat berada pada rentang 30 – 60.

### 4. *Fuzzifikasi* health

Variabel *health* memiliki 3 himpunan *fuzzy* yaitu *health* lemah, *health* sedang, dan *health* kuat. Himpunan untuk *health* lemah berada pada rentang 0 – 20, *health* sedang berada pada rentang 10 – 40, sedangkan *health* kuat berada pada rentang 30 – 60. Letak proses *fuzzifikasi* terdapat pada Gambar 4.8

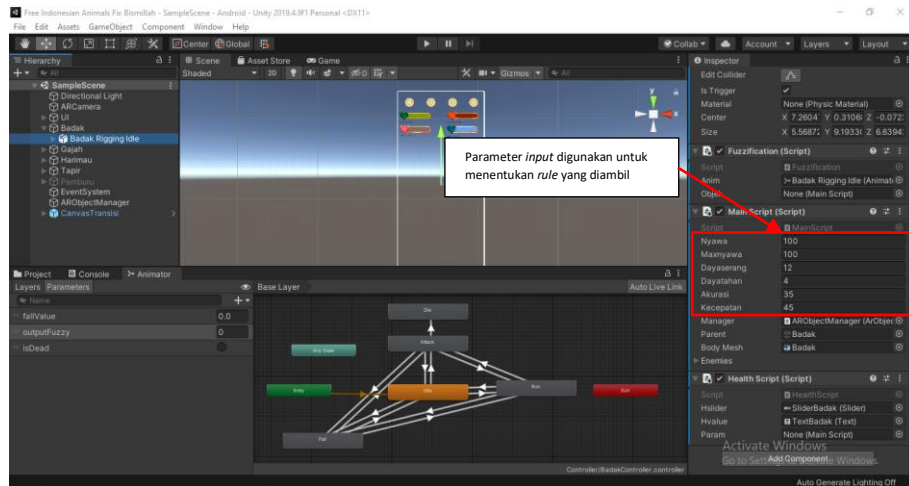


Gambar 4.8 Letak proses *fuzzifikasi*

## B. *Inference*

Pada proses *inference* ini dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai minimum dari masing – masing *rule* yang telah dibuat. *Inference* ini menggunakan fungsi *array* untuk menampung nilai min dan *output*. *Array min* [] dan *array*

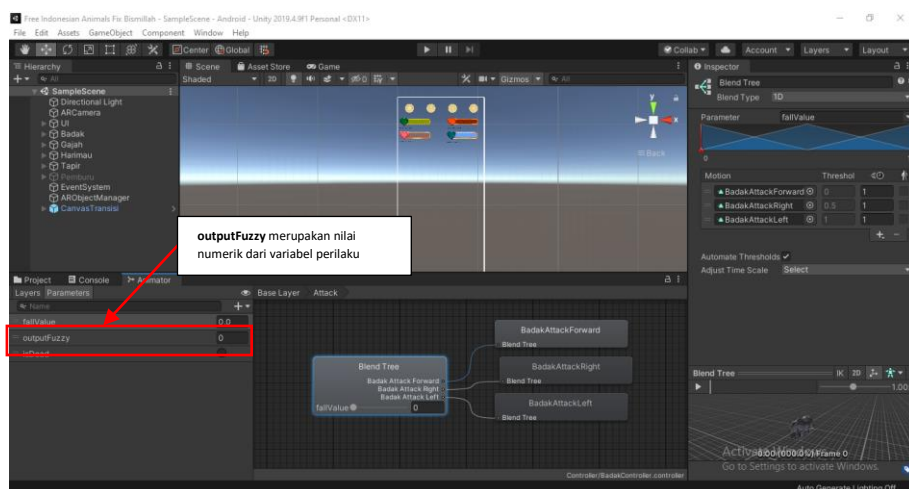
*output* [] digunakan untuk mendapatkan nilai terkecil masing – masing *rule* dengan nilai keputusan. Letak proses *inference* terdapat pada Gambar 4.9



Gambar 4.9 Letak proses *inference*

### C. Defuzzifikasi

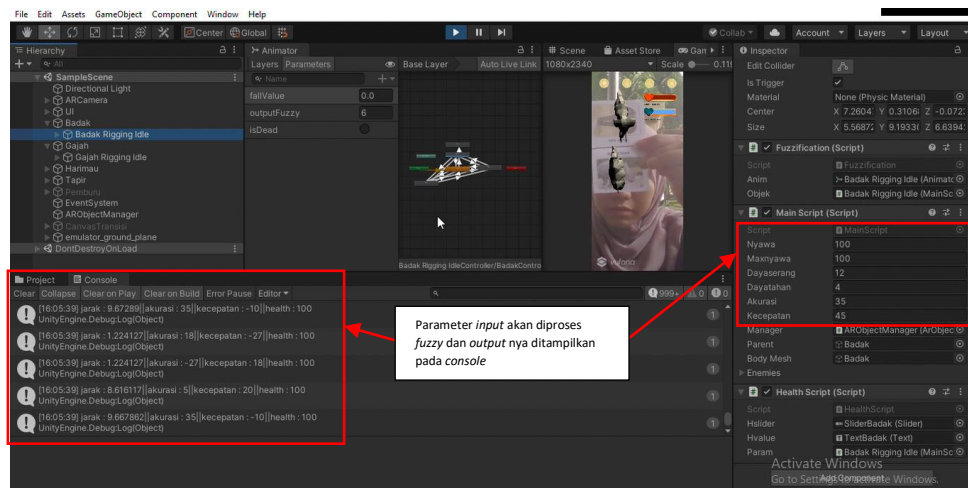
Proses *defuzzifikasi* dilakukan ketika telah mendapatkan nilai minimum dari masing – masing *rule* untuk menentukan hasil yang digunakan dalam mengatur animasi objek 3D. Letak proses *defuzzifikasi* terdapat pada Gambar 4.10



Gambar 4.10 Letak proses *defuzzifikasi*

### 1.1.2 *Output* masing – masing variabel

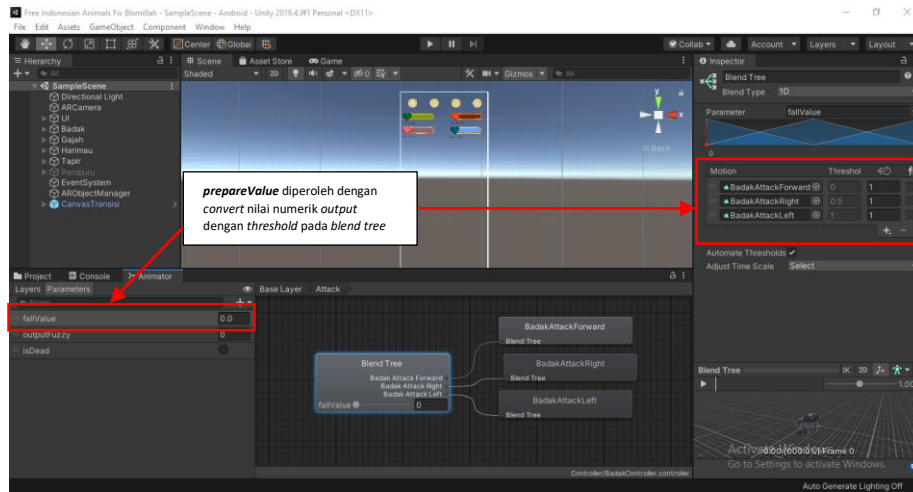
Jenis animasi yang akan diambil oleh 3D yang ditampilkan merupakan hasil pendeteksian masing – masing parameter *input*. *Output* tersebut akan ditampilkan pada *console Unity*. Letak proses *log* ketika *scan marker* terdapat pada Gambar 4.11



Gambar 4.11 Letak *log* ketika *scan marker*

### 1.1.3 Penentuan *output* animasi

Pada *animator Unity* menggunakan *Blend Tree* untuk menampung animasi yang akan digunakan. *Threshold* untuk masing – masing *motion* adalah 0; 0,5; dan 1. Sehingga *membership output* yang telah ditentukan sebelumnya harus di *convert* ke dalam ketiga angka tersebut. Algoritma yang digunakan untuk *convert* tersebut adalah sebagai berikut. Letak proses *output* animasi terdapat pada Gambar 4.12



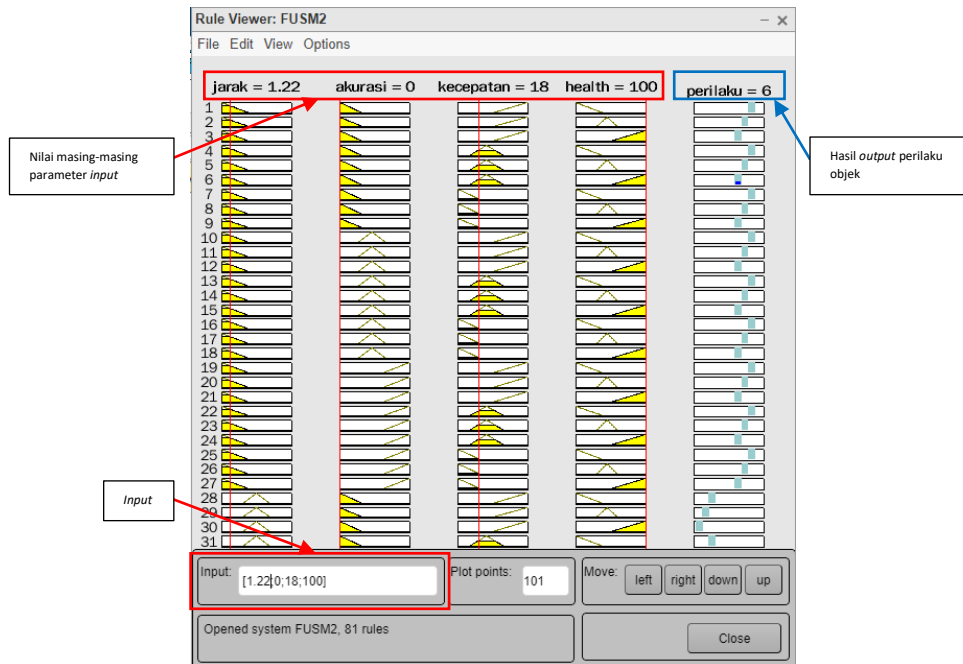
Gambar 4.12 Letak *output* animasi

## 1.2 Pengujian Aplikasi

Berdasarkan desain pengujian yang telah ditentukan pada bab sebelumnya, akan dilakukan 3 jenis pengujian yaitu pengujian *Finite State Machine*, pengujian *Fuzzy State Machine*, dan pengujian Fungsionalitas.

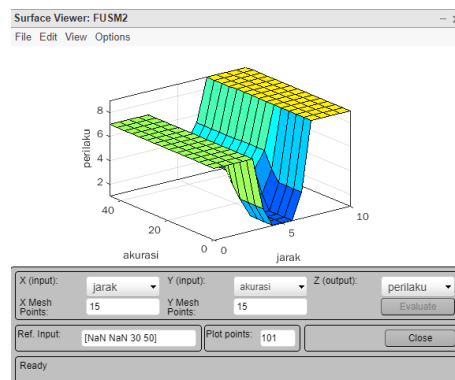
### 1.2.1 Pengujian Simulasi Matlab

Pengujian algoritma *fuzzy* dapat dilakukan dengan simulasi menggunakan Matlab *online*. Contoh dari pengujian tersebut yaitu dengan contoh *input* jarak = 1,22; ketepatan serang = 0; kecepatan = 18; health = 100; maka akan menghasilkan *output* berupa perilaku dengan nilai numerik 6 yaitu *forward attack*. Hasil simulasi Matlab terdapat pada Gambar 4.13



Gambar 4.13 Output simulasi Matlab

Bentuk *surface* dari *ouput fuzzy* pada penelitian ini dipresentasikan dengan 6 grafik dimensi. Hal ini dikarenakan terdapat 4 jenis *input*. Berikut adalah 6 *output* grafik dimensi berdasarkan *input*.



Gambar 4.14 Output perilaku berdasarkan jarak dan ketepatan serang

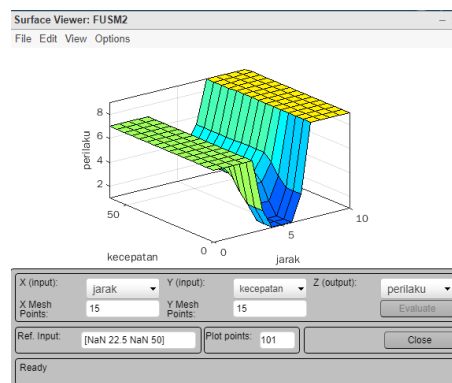
Ketika jarak berada pada rentang 0 – 3 dan ketepatan serang semakin tinggi menghasilkan *output* perilaku yang sama.

Ketika jarak berada pada rentang 3 – 4 dan ketepatan serang semakin tinggi menghasilkan *output* perilaku menurun.

Ketika jarak berada pada rentang 4 – 6 dan ketepatan serang pada rentang 0 – 12 menghasilkan *output* perilaku yang sama. Ketika jarak pada rentang 4 – 6 dan ketepatan serang pada rentang 12 – 15 menghasilkan *output* perilaku naik. Ketika jarak pada rentang 4 – 6 dan ketepatan serang pada rentang 15 – 45 menghasilkan *output* perilaku yang kembali sama.

Ketika jarak berada pada rentang 6 – 7 dan ketepatan serang semakin tinggi, maka menghasilkan *output* perilaku naik.

Ketika jarak berada pada rentang 7 – 10 dan ketepatan serang semakin tinggi, maka menghasilkan *output* perilaku yang sama.



Gambar 4.15 *Output* perilaku berdasarkan jarak dan kecepatan

Ketika jarak berada pada rentang 0 – 3 dan kecepatan semakin tinggi menghasilkan *output* perilaku yang sama.

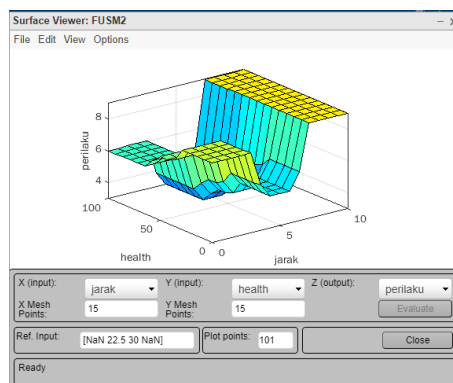


Ketika jarak berada pada rentang 3 – 4 dan kecepatan semakin tinggi menghasilkan *output* perilaku menurun.

Ketika jarak berada pada rentang 4 – 6 dan kecepatan pada rentang 0 – 20 menghasilkan *output* perilaku yang sama. Ketika jarak pada rentang 4 – 6 dan kecepatan pada rentang 20 – 30 menghasilkan *output* perilaku naik. Ketika jarak pada rentang 4 – 6 dan kecepatan pada rentang 30 – 70 menghasilkan *output* perilaku yang kembali sama.

Ketika jarak berada pada rentang 6 – 7 dan kecepatan semakin tinggi, maka menghasilkan *output* perilaku naik.

Ketika jarak berada pada rentang 7 – 10 dan kecepatan semakin tinggi, maka menghasilkan *output* perilaku yang sama.



Gambar 4.16 *Output* perilaku berdasarkan jarak dan *health*

Ketika jarak berada pada rentang 0 – 3 dan *health* pada rentang 0 – 10 menghasilkan *output* perilaku yang sama. Ketika jarak pada rentang 0 – 3 dan *health* pada rentang 10 – 20 menghasilkan *output* perilaku menurun. Ketika jarak pada rentang 0 – 3 dan *health* pada rentang 20 – 30 menghasilkan *output* perilaku yang

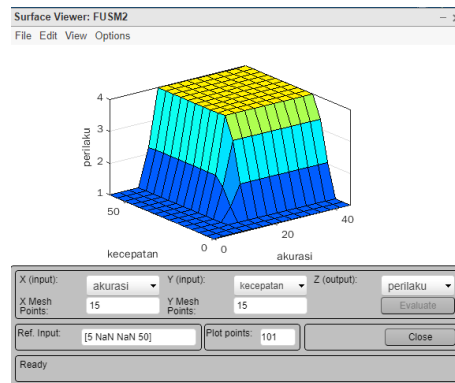
sama. Ketika jarak pada rentang 0 – 3 dan *health* pada rentang 30 – 40 menghasilkan *output* perilaku menurun. Ketika jarak pada rentang 0 – 3 dan *health* pada rentang 40 – 60 menghasilkan *output* perilaku yang sama.

Ketika jarak berada pada rentang 3 – 4 dan *health* semakin tinggi menghasilkan *output* perilaku menurun.

Ketika jarak berada pada rentang 4 – 6 dan *health* pada rentang 0 – 10 menghasilkan *output* perilaku yang sama. Ketika jarak pada rentang 4 – 6 dan ketepatan serang pada rentang 10 – 20 menghasilkan *output* perilaku menurun. Ketika jarak pada rentang 4 – 6 dan ketepatan serang pada rentang 20 – 30 menghasilkan *output* perilaku yang sama. Ketika jarak pada rentang 4 – 6 dan ketepatan serang pada rentang 30 – 40 menghasilkan *output* perilaku menurun. Ketika jarak pada rentang 4 – 6 dan ketepatan serang pada rentang 40 – 60 menghasilkan *output* perilaku yang sama.

Ketika jarak berada pada rentang 6 – 7 dan *health* semakin tinggi, maka menghasilkan *output* perilaku naik.

Ketika jarak berada pada rentang 7 – 10 dan *health* semakin tinggi, maka menghasilkan *output* perilaku yang sama.



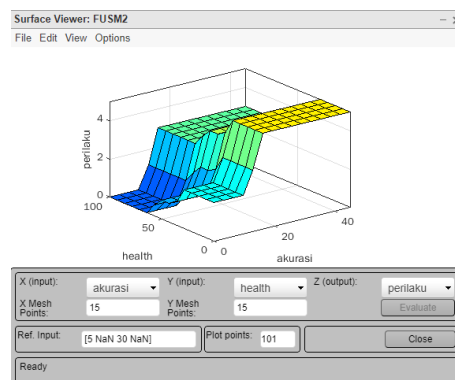
Gambar 4.17 *Output* perilaku berdasarkan ketepatan serang dan kecepatan

Ketika ketepatan serang berada pada rentang 0 – 12 dan kecepatan semakin tinggi menghasilkan *output* perilaku yang sama.

Ketika ketepatan serang berada pada rentang 12 – 45 dan kecepatan pada rentang 20 – 30 menghasilkan *output* perilaku naik.

Ketika ketepatan serang berada pada rentang 12 – 15 dan kecepatan pada rentang 20 – 70 menghasilkan *output* perilaku naik.

Ketika ketepatan serang berada pada rentang 15 – 45 dan kecepatan pada rentang 30 – 70 menghasilkan *output* perilaku yang sama.

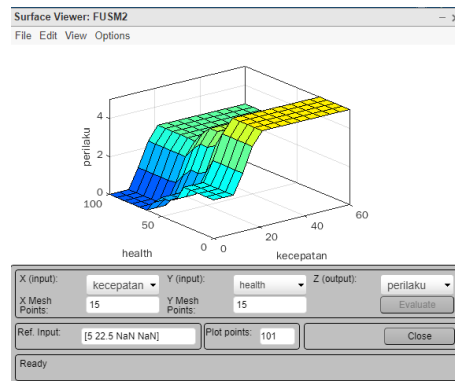


Gambar 4.18 *Output* perilaku berdasarkan ketepatan serang dan *health*

Ketika ketepatan serang berada pada rentang 0 – 12 dan *health* pada rentang 0 – 10 menghasilkan *output* perilaku yang sama. Ketika ketepatan serang pada rentang 0 – 12 dan *health* pada rentang 10 – 20 menghasilkan *output* perilaku menurun. Ketika ketepatan serang pada rentang 0 – 12 dan *health* pada rentang 20 – 30 menghasilkan *output* perilaku yang sama. Ketika ketepatan serang pada rentang 0 – 12 dan *health* pada rentang 30 – 40 menghasilkan *output* perilaku menurun. Ketika ketepatan serang pada rentang 0 – 12 dan *health* pada rentang 40 – 60 menghasilkan *output* perilaku yang sama.

Ketika ketepatan serang berada pada rentang 12 – 15 dan *health* semakin tinggi, maka menghasilkan *output* perilaku naik.

Ketika ketepatan serang berada pada rentang 12 – 45 dan *health* pada rentang 0 – 10 menghasilkan *output* perilaku yang sama. Ketika ketepatan serang pada rentang 12 – 45 dan *health* pada rentang 10 – 20 menghasilkan *output* perilaku menurun. Ketika ketepatan serang pada rentang 12 – 45 dan *health* pada rentang 20 – 30 menghasilkan *output* perilaku yang sama. Ketika ketepatan serang pada rentang 12 – 45 dan *health* pada rentang 30 – 40 menghasilkan *output* perilaku menurun. Ketika ketepatan serang pada rentang 12 – 45 dan *health* pada rentang 40 – 60 menghasilkan *output* perilaku yang sama.



Gambar 4.19 *Output* perilaku berdasarkan kecepatan dan *health*

Ketika kecepatan berada pada rentang 0 – 20 dan *health* pada rentang 0 – 10 menghasilkan *output* perilaku yang sama. Ketika kecepatan pada rentang 0 – 20 dan *health* pada rentang 10 – 20 menghasilkan *output* perilaku menurun. Ketika kecepatan pada rentang 0 – 20 dan *health* pada rentang 20 – 30 menghasilkan *output* perilaku yang sama. Ketika kecepatan pada rentang 0 – 20 dan *health* pada rentang 30 – 40 menghasilkan *output* perilaku menurun. Ketika kecepatan pada rentang 0 – 20 dan *health* pada rentang 40 – 60 menghasilkan *output* perilaku yang sama.

Ketika kecepatan berada pada rentang 20 – 30 dan *health* semakin tinggi, maka menghasilkan *output* perilaku naik.

Ketika kecepatan berada pada rentang 30 – 70 dan *health* pada rentang 0 – 10 menghasilkan *output* perilaku yang sama. Ketika kecepatan pada rentang 30 – 70 dan *health* pada rentang 10 – 20 menghasilkan *output* perilaku menurun. Ketika kecepatan pada rentang 30 – 70 dan *health* pada rentang 20 – 30 menghasilkan *output* perilaku yang sama. Ketika kecepatan pada rentang 30 – 70 dan *health* pada rentang 30 – 40 menghasilkan *output* perilaku menurun. Ketika kecepatan pada

rentang 30 – 70 dan *health* pada rentang 40 – 60 menghasilkan *output* perilaku yang sama.

Berikut adalah sampel tabel perbandingan antara hasil yang ada pada Matlab dengan *console* pada *Unity* serta tampilan grafik dari data yang diuji. Hasil perbandingan antara Matlab dengan *Console Unity* terdapat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Perbandingan hasil Matlab dengan *Console Unity*

No	Input				Hasil Matlab	Console Unity	Hasil Uji Coba
	Jarak	Ketepatan Serang	Kecepatan	Health			
1.	1,22	0	18	100	6 (forward attack)	6 (forward attack)	Sesuai
2.	5	27	0	50	1 (Right Prepare)	1 (Right Prepare)	Sesuai
3.	3	12	0	41	7 (Right Attack)	7 (Right Attack)	Sesuai
4.	2,5	33	0	20	8 (Left Attack)	8 (Left Attack)	Sesuai
5.	1,3	0	10	55	6 (Forward Attack)	6 (Forward Attack)	Sesuai
6.	4,2	0	45	77	0 (Forward Prepare)	0 (Forward Prepare)	Sesuai
7.	5	11	0	32	1 (Right Prepare)	1 (Right Prepare)	Sesuai
8.	7,1	0	10	10	9 (Idle)	9 (Idle)	Sesuai
9.	3,8	43	0	22	2 (Left Prepare)	2 (Left Prepare)	Sesuai

Tabel 4.2 Lanjutan

No	Input				Hasil Matlab	Console Unity	Hasil Uji Coba
	Jarak	Ketepatan Serang	Kecepatan	Health			
10.	6,9	5	0	18	7 (Right Attack)	7 (Right Attack)	Sesuai

Hasil yang diperoleh untuk pengujian Matlab dengan *Console Unity* pada Tabel 4.1 dilakukan sebanyak 10 kali. Data yang digunakan dalam pengujian merupakan data hasil uji coba langsung di *inspector Unity*. Diperoleh persentase keberhasilan sebesar 100% yang menunjukkan bahwa dari keseluruhan data yang diuji pada *Console Unity* telah sesuai dengan Matlab.

### 1.2.2 Pengujian Aplikasi

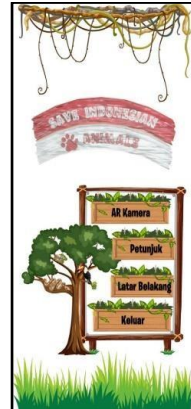
Pengujian ini bertujuan untuk mengukur keakuratan *output* aplikasi. *Output* tersebut dievaluasi dan divalidasi menggunakan *blackbox testing* yang meliputi pengujian tampilan aplikasi, *button interface*, serta pengujian jarak, sudut, dan pencahayaan terhadap *marker*.

#### A. Pengujian Tampilan Aplikasi

Pengujian tampilan aplikasi bertujuan untuk mengetahui keberhasilan tampilan ketika *user* mengklik suatu *button* serta untuk menguji 3D objek yang telah dibuat telah sesuai dengan apa yang diinginkan.



Gambar 4.20 Tampilan halaman *splash screen*



Gambar 4.21 Tampilan halaman menu utama



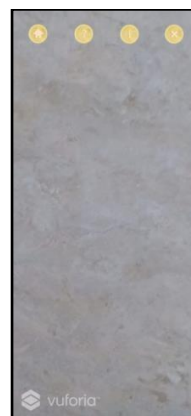
Gambar 4.22 Tampilan halaman latar belakang



Gambar 4.23 Tampilan halaman petunjuk

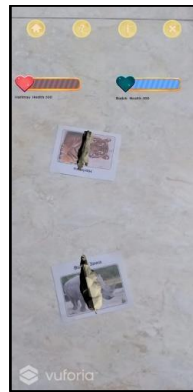


Gambar 4.24 Tampilan halaman keluar



Gambar 4.25 Tampilan halaman *scan marker*





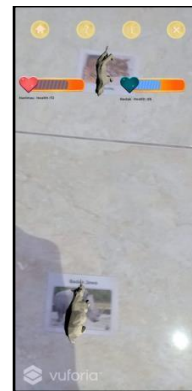
Gambar 4.26 Tampilan halaman ketika *marker* terdeteksi



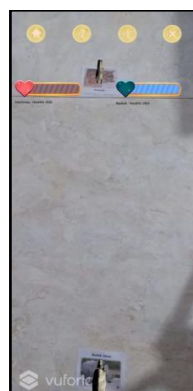
Gambar 4.27 Tampilan halaman ketika *marker* berada pada jarak dekat sekali



Gambar 4.28 Tampilan halaman ketika *marker* berada pada jarak dekat sekali dan saling bertabrakan



Gambar 4.29 Tampilan halaman ketika *marker* berada pada jarak dekat



Gambar 4.30 Tampilan halaman ketika *marker* berada pada jarak jauh



Gambar 4.31 Tampilan *panel reward*

## B. Pengujian *Button Interface*

Pengujian untuk *button interface* digunakan untuk menguji setiap fitur yang ada pada *game Free Indonesian Animals*. Pengujian ini menguji berbagai *button*, objek 3D, animasi, *scene* yang ditampilkan hingga kemungkinan – kemungkinan yang akan terjadi dalam *game* nantinya. Pengujian *button interface* guna memberikan pengalaman yang baik untuk *user* ketika mencoba aplikasi terdapat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Pengujian *button interface*

No	Scene	Aksi User	Reaksi Sistem	Hasil Uji
1.	Menu utama	<i>Button</i> halaman AR Kamera	Menuju halaman untuk melakukan <i>scan marker</i> dan menjalankan aplikasi	Sesuai
		<i>Button</i> halaman petunjuk	Menampilkan petunjuk penggunaan <i>button</i> dalam <i>game</i>	Sesuai
		<i>Button</i> halaman latar belakang	Menampilkan latar belakang pembuatan aplikasi	Sesuai
		<i>Button</i> halaman keluar	Menampilkan latar belakang pembuatan aplikasi	Sesuai
2.	AR kamera	<i>Button information</i>	Menampilkan petunjuk penggunaan <i>button</i> dalam <i>game</i>	Sesuai
		<i>Button home</i>	Menampilkan halaman menu utama	Sesuai
		<i>Button close</i>	Menutup halaman <i>scan marker</i> dan kembali ke halaman menu utama	Sesuai
		<i>Button question</i>	Menampilkan latar belakang pembuatan aplikasi	Sesuai

Tabel 4.4 Lanjutan

No	Scene	Aksi User	Reaksi Sistem	Hasil Uji
3.	Petunjuk	Button keluar	Menutup halaman petunjuk dan kembali ke halaman utama atau halaman <i>scan marker</i>	Sesuai
4.	Latar belakang	Button keluar	Menutup halaman latar belakang dan kembali ke halaman utama atau halaman <i>scan marker</i>	Sesuai
5.	Keluar	Button “ya”	Menutup halaman dan keluar dari aplikasi	Sesuai
		Button “tidak”	Menutup halaman dan kembali ke halaman utama	Sesuai
6.	Panel <i>reward</i>	Membuat salah satu objek <i>destroy</i>	Menampilkan panel <i>reward</i> dan mengharuskan <i>user</i> untuk mengklik “ok” untuk menutup panel tersebut	Sesuai

Hasil yang diperoleh untuk pengujian *button interface* pada Tabel 4.3 dilakukan untuk 6 *scene*. Diperoleh persentase keberhasilan sebesar 100% yang menunjukkan bahwa dari keseluruhan pengujian ketika *user* melakukan aksi akan memberikan reaksi sistem yang sesuai.

### C. Pengujian Jarak, Sudut, dan Pencahayaan terhadap *Marker*

Pengujian jarak, sudut, dan pencahayaan terhadap *marker* digunakan untuk mengetahui persentase keberhasilan sistem dalam mendeteksi *marker*, objek 3D yang ditampilkan, serta audio yang diputar terdapat pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Pengujian jarak, sudut, dan pencahayaan terhadap *marker*

<b>Intensitas Cahaya</b>	<b>Sudut Kamera</b>	<b>Jarak Kamera</b>	<b>Hasil</b>
Menggunakan sinar matahari	0°	5 cm	- <i>Marker</i> terdeteksi - Objek 3D tampil cepat - Audio aktif
		10 cm	- <i>Marker</i> terdeteksi - Objek 3D tampil cepat - Audio aktif
		15 cm	- <i>Marker</i> terdeteksi - Objek 3D tampil cepat - Audio aktif
	45°	5 cm	- <i>Marker</i> terdeteksi - Objek 3D tampil cepat - Audio aktif
		10 cm	- <i>Marker</i> terdeteksi - Objek 3D tampil cepat - Audio aktif
		15 cm	- <i>Marker</i> terdeteksi - Objek 3D tampil cepat - Audio aktif
	60°	5 cm	- <i>Marker</i> terdeteksi - Objek 3D tampil cepat - Audio aktif
		10 cm	- <i>Marker</i> terdeteksi - Objek 3D tampil cepat - Audio aktif
		15 cm	- <i>Marker</i> terdeteksi - Objek 3D tampil cepat - Audio aktif
	90°	5 cm	- <i>Marker</i> terdeteksi - Objek 3D tidak tampil - Audio tidak aktif
		10 cm	- <i>Marker</i> terdeteksi - Objek 3D tidak tampil - Audio tidak aktif
		15 cm	- <i>Marker</i> terdeteksi - Objek 3D tidak tampil - Audio tidak aktif

Tabel 4.6 Lanjutan

<b>Intensitas Cahaya</b>	<b>Sudut Kamera</b>	<b>Jarak Kamera</b>	<b>Hasil</b>
Tanpa menggunakan sinar matahari	0°	5 cm	- <i>Marker</i> terdeteksi - Objek 3D tidak tampil - Audio tidak aktif
		10 cm	- <i>Marker</i> terdeteksi - Objek 3D tampil lambat - Audio aktif
		15 cm	- <i>Marker</i> terdeteksi - Objek 3D tampil cepat - Audio aktif
	45°	5 cm	- <i>Marker</i> terdeteksi - Objek 3D tampil cepat - Audio aktif
		10 cm	- <i>Marker</i> terdeteksi - Objek 3D tampil cepat - Audio aktif
		15 cm	- <i>Marker</i> terdeteksi - Objek 3D tampil cepat - Audio aktif
	60°	5 cm	- <i>Marker</i> terdeteksi - Objek 3D tampil cepat - Audio aktif
		10 cm	- <i>Marker</i> terdeteksi - Objek 3D tampil cepat - Audio aktif
		15 cm	- <i>Marker</i> terdeteksi - Objek 3D tampil cepat - Audio aktif
	90°	5 cm	- <i>Marker</i> terdeteksi - Objek 3D tidak tampil - Audio tidak aktif
		10 cm	- <i>Marker</i> terdeteksi - Objek 3D tidak tampil - Audio tidak aktif
		15 cm	- <i>Marker</i> terdeteksi - Objek 3D tidak tampil - Audio tidak aktif

Berdasarkan Tabel 4.5, dapat dilihat hasil dari 24 pengujian yang telah dilakukan untuk menampilkan objek 3D dengan persentase keberhasilan pengujian jarak, sudut, dan pencahayaan diperoleh persentase sebesar 70,83%. Objek 3D tidak dapat muncul ketika *scan marker* tanpa menggunakan cahaya matahari dan jarak terhadap *marker* terlalu dekat serta pada sudut 90° baik dengan cahaya matahari maupun tidak.

### **1.2.3 Pengujian *Fuzzy State Machine* (FUSM) dengan *Rules***

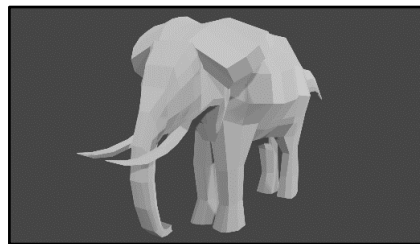
Pengujian FUSM dilakukan sebanyak 81 pengujian berdasarkan jumlah kombinasi *rule* yang telah ditentukan. Lampiran 1 merupakan hasil dari pengujian yang telah dilakukan. Data yang digunakan dalam pengujian merupakan data hasil uji coba langsung di *inspector Unity*. Berdasarkan hasil tersebut diperoleh keberhasilan sistem untuk menampilkan animasi yang sesuai berdasarkan *rules* adalah sebanyak 78 pengujian dan kegagalan sistem untuk menampilkan animasi yang sesuai adalah sebanyak 3 pengujian. Sehingga diperoleh persentase sebesar 96,29% pada pengujian *Fuzzy State Machine* ini. Dengan besarnya persentase yang diperoleh, maka bisa dikatakan penerapan logika *fuzzy* yang digunakan dalam aplikasi telah berjalan dengan baik.

## **1.3 Hasil Akhir**

Hasil akhir dari pengujian pada system yang telah dilakukan meliputi gambar karakter gajah, gambar karakter badak, gambar karakter tapir, gambar karakter harimau, tampilan *splash screen*, tampilan menu utama, halaman *scan marker*, tampilan ketika *marker* terdeteksi, halaman latar belakang, halaman petunjuk, dan halaman keluar.

### 1.3.1 Karakter Gajah

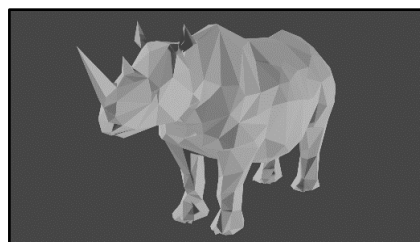
Karakter gajah yang digunakan dalam aplikasi ini merupakan sebuah objek 3D yang dibuat dengan menggunakan Blender dengan *low poly modelling*. Model 3D gajah terdapat pada Gambar 4.32



Gambar 4.32 Karakter gajah

### 1.3.2 Karakter Badak

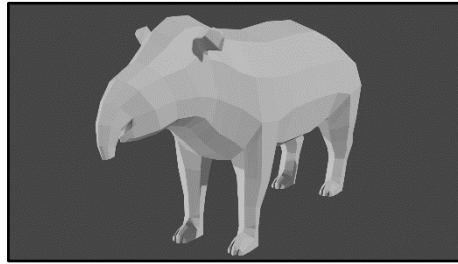
Karakter badak yang digunakan dalam aplikasi ini merupakan sebuah objek 3D yang dibuat dengan menggunakan Blender dengan *low poly modelling*. Model 3D badak terdapat pada Gambar 4.33



Gambar 4.33 Karakter badak

### 1.3.3 Karakter Tapir

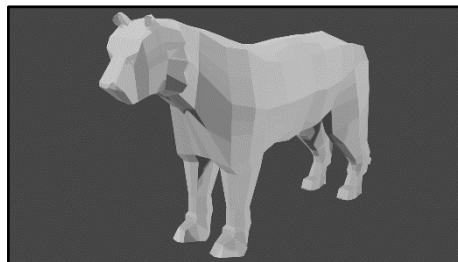
Karakter tapir yang digunakan dalam aplikasi ini merupakan sebuah objek 3D yang dibuat dengan menggunakan Blender dengan *low poly modelling*. Model 3D tapir terdapat pada Gambar 4.34



Gambar 4.34 Karakter tapir

#### 1.3.4 Karakter Harimau

Karakter harimau yang digunakan dalam aplikasi ini merupakan sebuah objek 3D yang dibuat dengan menggunakan Blender dengan *low poly modelling*. Model 3D harimau terdapat pada Gambar 4.35

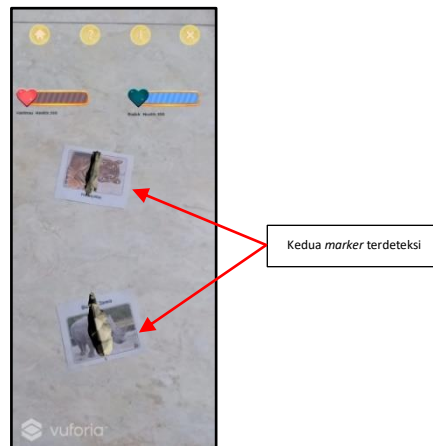


Gambar 4.35 Karakter harimau

#### 1.3.5 Marker Terdeteksi

Ketika *marker* terdeteksi, maka akan menampilkan objek 3D, *health bar* untuk masing – masing objek, dan menampilkan *sound* yang menyebutkan nama hewan yang dimaksud. Tampilan halaman *marker* terdeteksi terdapat pada Gambar 4.36





Gambar 4.36 Tampilan halaman ketika *marker* terdeteksi

Ketika kedua *marker* berada pada jarak yang sangat dekat, maka kedua objek 3D akan menampilkan animasi *attack*. Untuk penentuan jenis *attack* yang diambil, maka *input* masing – masing objek harus dicek dan disesuaikan dengan *rule* yang telah dibuat. Tampilan ketika kedua *marker* pada jarak sangat dekat terdapat pada Gambar 4.37



Gambar 4.37 Tampilan halaman ketika *marker* berada pada jarak dekat sekali

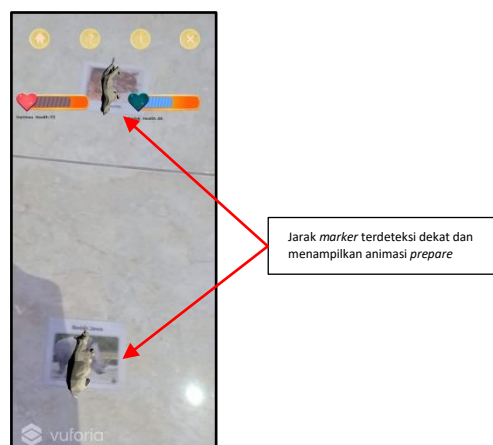
Ketika kedua *marker* berada pada jarak yang sangat dekat dan kedua objek 3D saling bertabrakan, maka *health bar* masing – masing objek akan berkurang

sesuai dengan aturan perhitungan *health* yang sudah dibuat. Tampilan ketika kedua *marker* pada jarak sangat dekat dan bertabrakan terdapat pada Gambar 4.38



Gambar 4.38 Tampilan halaman ketika *marker* berada pada jarak dekat sekali dan saling bertabrakan

Ketika kedua *marker* berada pada jarak dekat, terdapat 2 pilihan animasi yang akan berjalan, antara *prepare* atau *run*. Penentuan *prepare* dan *run* untuk masing – masing objek harus dicek dan disesuaikan dengan *rule* yang telah dibuat. Tampilan ketika kedua *marker* pada jarak dekat terdapat pada Gambar 4.39



Gambar 4.39 Tampilan halaman ketika *marker* berada pada jarak dekat

Ketika kedua *marker* berada pada jarak jauh dan bagaimanapun jenis *input* yang lain, maka kedua objek 3D akan menampilkan animasi *idle*. Tampilan ketika kedua *marker* pada jarak jauh terdapat pada Gambar 4.40



Gambar 4.40 Tampilan halaman ketika *marker* berada pada jarak jauh

#### 1.4 Integrasi dalam Islam

Penerapan *Augmented Reality* pada penelitian ini bertujuan agar *user* dapat melakukan interaksi langsung dengan *marker* yang ada serta menciptakan media pembelajaran yang lebih bervariasi dan tidak membosankan. Sehingga sebisa mungkin media pembelajaran harus lebih fleksibel dan tidak hanya mengharuskan siswa untuk membaca buku pelajaran. Allah *subhanahu wa ta'ala* berfirman dalam surah An – Nahl ayat 78 yang berbunyi:

وَاللَّهُ أَخْرَجَكُمْ مِنْ بُطُونِ أُمَّهَاتِكُمْ لَا تَعْلَمُونَ شَيْئًا وَجَعَلَ لَكُمُ السَّمْعَ وَالْأَبْصَارَ وَالْأَفْئِدَةَ ۖ لَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ

“Dan Allah mengeluarkan kamu dari perut ibumu dalam keadaan tidak mengetahui sesuatu pun, dan Dia memberimu pendengaran, penglihatan, dan hati nurani agar kamu bersyukur.” (QS. An – Nahl : 78) (Cordoba, 2019)

Menurut tafsir Jalalain oleh Imam Jalaluddin Al – Mahalli cetakan tahun 2008 : 1035, menjelaskan bahwa Allah *subhanahu wa ta'ala* mengeluarkan kita dari perut seorang ibu tanpa memiliki ilmu apapun dan tidak mengetahui apapun. Allah *subhanahu wa ta'ala* pula yang memberikan penglihatan dan hati agar kita dapat bersyukur kepada – Nya atas hal – hal tersebut sehingga kita juga dapat beriman kepada – Nya (Mahalli, 2008).

Menurut tafsir Muyassar oleh Dr. ‘Aid al – Qarni cetakan tahun 2008 : 453, ayat tersebut mengandung penjelasan bahwa Allah *subhanahu wa ta'ala* mengeluarkan kita dari perut seorang ibu yang telah usai masa mengandungnya. Ketika kita dilahirkan tidak ada satupun dari kita yang mengetahui apa yang ada di sekitarnya. Namun Allah *subhanahu wa ta'ala* telah memberikan anugerah pendengaran, penglihatan, dan hati untuk kita berusaha mencari ilmu pengetahuan sebanyak – banyaknya. Dengan ilmu pengetahuan yang diperoleh, diharapkan kita dapat bersyukur dengan cara mengesakan dan beribadah kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* (Qarni, 2008b).

Pada tafsir Ibnu Katsir karangan Dr. ‘Abdullah bin Muhammad cetakan tahun 2003 : 88, Allah *subhanahu wa ta'ala* menyebutkan berbagai anugerah yang Dia limpahkan kepada hamba-Nya dimana mereka dikeluarkan dari perut ibunya dalam keadaan tidak mengetahui apapun. Setelah itu Allah *subhanahu wa ta'ala* berikan pendengaran agar kita mengetahui suara, penglihatan agar kita dapat melihat berbagai hal, dan hati sebagai akal pusat. Semua kekuatan indera tersebut akan diperoleh manusia secara berangsur – angsur sesuai dengan pertumbuhan manusia.

Anugerah tersebut diberikan Allah *subhanahu wa ta'ala* agar manusia beribadah kepada – Nya (Muhammad, 2003b).

Jika dikaitkan dengan penerapan media pembelajaran, berbagai anugerah yang telah diberikan oleh Allah *subhanahu wa ta'ala* harunya dapat dimanfaatkan dengan maksimal sesuai aturan – aturan islam salah satunya dengan *Augmented Reality* pada aplikasi yang telah dibuat yaitu *Free Indonesian Animals*. Indera penglihatan dapat digunakan untuk melihat objek yang tampil dan melakukan interaksi langsung dengan aplikasi, pendengaran untuk mendengarkan audio informasi yang ditampilkan pada aplikasi, serta akal dan hati yang dapat digunakan untuk menelaah dan memberikan solusi atas kesalahan manusia yang mengakibatkan berkurangnya habitat makhluk hidup lain.

Jika dilihat pada masa sekarang sudah semakin banyak kerusakan yang terjadi akibat ulah tangan manusia. Sejak diciptakannya alam semesta, Allah *subhanahu wa ta'ala* tidak menghendaki ciptaannya untuk dirusak ataupun dieksploitasi secara berlebihan. Sebagai manusia yang diciptakan paling sempurna, semua orang memiliki tanggungjawab untuk menjaga, merawat, dan melestarikannya baik berbagai jenis tumbuhan maupun berbagai jenis hewan. Allah *subhanahu wa ta'ala* berfirman dalam surah Al – A'raf ayat 56 yang berbunyi :

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ

“Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (diciptakan) dengan baik. Berdoalah kepada – Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat kepada orang yang berbuat kebaikan.” (QS. Al – A'raf : 56) (Cordoba, 2019)

Menurut tafsir Jalalain oleh Imam Jalaluddin Al – Mahalli cetakan tahun 2008 : 609, Allah *subhanahu wa ta'ala* melarang kita selaku hambanya untuk berbuat kerusakan di bumi dengan melakukan kemusyrikan dan perbuatan – perbuatan maksiat setelah Allah *subhanahu wa ta'ala* memperbaikinya dengan cara mengutus para rasul – Nya. Kita selaku manusia yang tidak luput dari salah dan dosa haruslah berdoa kepada Allah dengan rasa takut terhadap siksa – Nya dan berharap terhadap rahmat – Nya. Karena sesungguhnya Allah *subhanahu wa ta'ala* sangat dekat dengan orang – orang yang taat (Mahalli, 2008).

Menurut tafsir Muyassar oleh Dr. ‘Aid al – Qarni cetakan tahun 2008 : 685, pada ayat tersebut kita dilarang membuat kerusakan di muka bumi dengan kekafiran setelah Allah *subhanahu wa ta'ala* memperbaiki keimanan dengan mengutus para rasul. Berdoalah kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* dalam keadaan cemas terhadap siksa – Nya sekaligus berharap pahala – Nya. Kasih sayung, kemaafan, dan kemurahan – Nya sngat dekat dengan orang – orang yang beriman, mengikhlaskan niatnya, emngikuti rasul, dan berpegang pada Al – Qur’an. Setiap hamba harus memiliki rasa harap, cemas, dan ikhlas dalam beribadah kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* (Qarni, 2008a).

Pada tafsir Ibnu Katsir karangan Dr. ‘Abdullah bin Muhammad cetakan tahun 2003 : 395, Allah *subhanahu wa ta'ala* melarang manusia untuk melakukan kerusakan dan hal – hal yang bisa membahayakan setelah dilakukan perbaikan atasnya. Jika semua hal telah berjalan dengan baik dan setelah itu terjadi kerusakan, maka hal yang demikian lebih berbahaya bagi umat manusia. Maka Allah melarang kita untuk melakukan hal tersebut dan memerintahkan kita untuk beribadah dan

merendahkan diri kepada Allah *subhanahu wa ta'ala*. Manusia diperintahkan memiliki rasa takut terhadap siksaan Allah *subhanahu wa ta'ala* dan berharap pada pahala – Nya (Muhammad, 2003a).

Jika dikaitkan dengan penelitian yang telah dilakukan, penulis mengambil tema dengan menampilkan objek 3D berupa hewan – hewan punah yang bertujuan untuk memperkenalkan mereka kepada generasi muda. Dengan menggabungkan antara ilmu agama dan teknologi modern, diharapkan generasi muda dapat melakukan pembelajaran dengan media yang lebih bervariasi sehingga belajar dapat lebih menyenangkan dan mereka dapat mengetahui berbagai jenis hewan punah sehingga menciptakan rasa untuk menjaga habitat dan lingkungan sekitar.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 1.5 Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji coba dan implementasi metode *Fuzzy State Machine* pada aplikasi *Free Indonesian Animals*, dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Hasil dari 24 pengujian yang telah dilakukan untuk menampilkan objek 3D dengan persentase keberhasilan pengujian jarak, sudut, dan pencahayaan yaitu 70,83%. Objek 3D tidak dapat muncul ketika *scan marker* tanpa menggunakan cahaya matahari dan jarak terhadap *marker* terlalu dekat serta pada sudut 90° baik dengan cahaya matahari maupun tidak.
2. Berdasarkan hasil tersebut diperoleh keberhasilan sistem untuk menampilkan animasi yang sesuai berdasarkan *rules* adalah sebanyak 78 pengujian dan kegagalan system untuk menampilkan animasi yang sesuai adalah sebanyak 3 pengujian. Sehingga diperoleh persentase sebesar 96,29% dalam pengujian *Fuzzy State Machine* dalam penelitian ini.

#### 1.6 Saran

Saran yang dapat penulis ambil berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan agar aplikasi serupa nantinya menjadi jauh lebih baik adalah sebagai berikut:



1. Menambah jumlah objek 3D dan jumlah *marker* yang dapat dideteksi untuk dimainkan secara bersamaan sehingga lebih bervariasi dalam melakukan *scan marker*.
2. Menambah beberapa fungsi *button* yang dapat digunakan untuk mengatur *input* objek yang tampil ketika *marker* terdeteksi sehingga *user* dapat lebih fleksibel ketika menjalankan aplikasi.
3. Mencoba menggabungkan antara *Finite State Machine* dengan jenis *fuzzy* lain selain *fuzzy sugeno* sehingga dapat dibandingkan dan dilihat penggunaan *fuzzy* mana yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto, D., Hidajat, M., & Yesmaya, V. (2017). Augmented reality using Vuforia for marketing residence. *2016 1st International Conference on Game, Game Art, dan Gamification, ICGGAG 2016*. <https://doi.org/10.1109/ICGGAG.2016.8052642>
- Ahmadi, I. A., Jonemaro, E. M. A., & Akbar, M. A. (2018). Penerapan Algoritme Logika Fuzzy Untuk Dynamic Difficulty Scaling Pada Game Labirin. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-PTIIK) Universitas Brawijaya*, 2(10), 3609–3617. <http://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/2685>
- Alvim, L. G. M., & De Oliveira Cruz, A. J. (2008). A fuzzy state machine applied to an emotion model for electronic game characters. *IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, 1956–1963. <https://doi.org/10.1109/FUZZY.2008.4630637>
- Amin, D., & Govilkar, S. (2015). Comparative Study of Augmented Reality Sdk's. *International Journal on Computational Science & Applications*, 5(1), 11–26. <https://doi.org/10.5121/ijcsa.2015.5102>
- Andrea, R., & Palupi, S. (2018). Membangun Edugame “Boni Kids – Borneo Animal Kids” Permainan Match-Up Dengan Teknik Pengacakan Shuffle Dan Pengembangan Agen Cerdas Dengan Model Finite State Machine (FSM). *SEBATIK STMIK WICIDA*, 19(1), 6–10. <https://doi.org/10.46984/sebatik.v19i1.89>
- Anuroop Katiyar, Karan Kalra, C. G. (2015). Marker Based Augmented Reality. *Advances in Computer Science dan Information Technology (ACSIT)*, 2(1), 2249–9555. <http://ijcsits.org/papers/Vol2no12012/25vol2no1.pdf>
- Arif, Y. M., Kurniawan, F., & Nugroho, F. (2011). Desain Perubahan Perilaku pada NPC Game Menggunakan Logika Fuzzy. In *Seminar On Electrical, Informatics, dan Education 2011* (pp. 1–8).
- Arif, Y. M., Wicaksono, A., Kurniawan, F., Teknik Informatika, J., Saintek, F., Malik, M., Malang, I., Multimedia, J., & Abstrak, B. (2012). Pergantian Senjata NPC pada Game FPS Menggunakan Fuzzy Sugeno. *Prosiding Seminas Competitive Advantages*, 1(2), 1–6.
- Astuti, D. P. P., & Mashuri. (2020). Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto dan Fuzzy Sugeno Dalam Penentuan Harga Jual Sepeda Motor. *UNNES Journal of Mathematics*, 1(2252), 75–84.
- Brito, P. Q., & Stoyanova, J. (2017). Marker versus Markerless Augmented Reality. Which Has More Impact on Users? *International Journal of Human-Computer*

- Interaction*, 34(9), 819–833. <https://doi.org/10.1080/10447318.2017.1393974>
- Burhanuddin, M. F. (2018). *Implementasi Multi Marker Augmented Reality pada Aplikasi Pengenalan Hewan untuk Pendidikan Anak Usia Dini*. 8–20.
- Chiu, C. C., Wei, W. J., Lee, L. C., & Lu, J. C. (2021). Augmented reality system for tourism using image-based recognition. *Microsystem Technologies*, 27(4), 1811–1826. <https://doi.org/10.1007/s00542-019-04600-2>
- Cordoba, A.-Q. (2019). *Al-Qur'an Cordoba*.
- Damayanti, D., Akbar, M. F., & Sulistiani, H. (2020). Game Edukasi Pengenalan Hewan Langka Berbasis Android Menggunakan Construct 2. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 7(2), 275. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2020721671>
- Direktoral Jenderal KSDAE. (2016). Laopran Kinerja Direktorat Jenderal KSDAE Tahun 2015. *Direktorat Jenderal KSDAE*.
- Fadila, J. N., & Arif, Y. M. (2020). Implementasi Algoritma RVO sebagai Sistem Kendali Gerombolan NPC pada Permainan Action RPG. *Matics*, 12(1), 87. <https://doi.org/10.18860/mat.v12i1.8959>
- Faisal, M., Nurhayati, H., Arif, Y. M., Kurniawan, F., & Nugroho, F. (2016). Immersive bicycle game for health virtual tour of uin maulana malik ibrahim Malang. *Jurnal Teknologi*, 78(5), 325–328. <https://doi.org/10.11113/jt.v78.8330>
- Feldman, A., Munguia Tapia, E., Sadi, S., Maes, P., & Schmandt, C. (2005). ReachMedia: On-the-move interaction with everyday objects. *Proceedings - International Symposium on Wearable Computers, ISWC, 2005*(November), 52–59. <https://doi.org/10.1109/ISWC.2005.44>
- Fransnes, Wibisono Sukmo Wardhono, T. A. (2017). Pengembangan Permainan Berbasis Augmented Reality pada Perangkat Bergerak sebagai Media untuk Meningkatkan Kepedulian pada Hewan Langka. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-PTIHK) Universitas Brawijaya, vol 1 no 1*(10), 1089–1099.
- Furht, B. (2011). Handbook of Augmented Reality. In *Handbook of Augmented Reality*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0064-6>
- Gao, Y. F., Wang, H. Y., & Bian, X. N. (2016). Marker tracking for video-based augmented reality. *Proceedings - International Conference on Machine Learning dan Cybernetics*, 2, 928–932. <https://doi.org/10.1109/ICMLC.2016.7873011>
- Han, S., Yu, W., Yang, H., & Wan, S. (2019). An Improved Corner Detection Algorithm Based on Harris. *Proceedings 2018 Chinese Automation Congress, CAC 2018*, 1575–1580. <https://doi.org/10.1109/CAC.2018.8623814>
- Hidayat, E. W., Rachman, A. N., & Azim, M. F. (2019). Penerapan Finite State

- Machine pada Battle Game Berbasis Augmented Reality. *Jurnal Edukasi Dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, 5(1), 54.  
<https://doi.org/10.26418/jp.v5i1.29848>
- Hossein-Nejad, Z., Agahi, H., & Mahmoodzadeh, A. (2020). Image matching based on the adaptive redundant keypoint elimination method in the SIFT algorithm. *Pattern Analysis dan Applications*, 24(2), 669–683.  
<https://doi.org/10.1007/s10044-020-00938-w>
- Hu, X., Rodriguez y Baena, F., & Cutolo, F. (2021). Head-mounted augmented reality platform for markerless orthopaedic navigation. *IEEE Journal of Biomedical dan Health Informatics*, XX(XX), 1–12.  
<https://doi.org/10.1109/JBHI.2021.3088442>
- IUCN. (2021). *IUCN Red List*. <https://www.iucnredlist.org/>
- Li, Y., Zhang, J., Gao, P., Jiang, L., & Chen, M. (2018). Grab Cut Image Segmentation Based on Image Region. *2018 3rd IEEE International Conference on Image, Vision dan Computing, ICIVC 2018*, 311–315.  
<https://doi.org/10.1109/ICIVC.2018.8492818>
- Liu, N., & Yan, H. (1994). A solution to the dynamic range problem of pixel values in color image enhancement. *ISSIPNN 1994 - 1994 International Symposium on Speech, Image Processing dan Neural Networks, Proceedings, April 1994*, 772–775. <https://doi.org/10.1109/SIPNN.1994.344797>
- Mahalli, I. J. A. –. (2008). *Tafsir Jalalain*. Sinar Baru Algensindo Bandung.
- Maulana, M. Z., Muh, E., Jonemaro, A., & Akbar, M. A. (2019). *Penerapan Algoritme Finite State Machine Berbasis Fragment Shader untuk Proses Pengambilan Keputusan pada Non Player Character ( Studi Kasus Game Battle Tank )*. 3(2), 1792–1796.
- Mittal, K., Jain, A., Vaisla, K. S., Castillo, O., & Kacprzyk, J. (2020). A comprehensive review on type 2 fuzzy logic applications: Past, present dan future. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 95(August), 103916. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2020.103916>
- Muhammad, D. ‘Abdullah bin. (2003a). *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 3*.
- Muhammad, D. ‘Abdullah bin. (2003b). *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 5*.
- Nguyen, N., Muilu, T., Dirin, A., & Alamäki, A. (2018). An interactive dan augmented learning concept for orientation week in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 15(1).  
<https://doi.org/10.1186/s41239-018-0118-x>
- Peng, H. (2015). Application Research on Face Detection Technology based on OpenCV in Mobile Augmented Reality. *International Journal of Signal Processing, Image Processing dan Pattern Recognition*, 8(4), 249–256.  
<https://doi.org/10.14257/ijpsip.2015.8.4.22>

- Postnikov, E. V., Belyaev, S. A., Ekalo, A. V., & Shkulev, A. A. (2019). Application of fuzzy state machines to control players in virtual soccer simulation. *Proceedings of the 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical dan Electronic Engineering, ElConRus 2019*, 291–294. <https://doi.org/10.1109/EIConRus.2019.8657109>
- Primadela Oktaviando Duan Dana. (2018). *Game Edukasi Pengenalan Dan Pelestarian Hewan*.
- PTC Digital Transforms Physical. (2021). *Vuforia Enterprise Augmented Reality (AR) Software | PTC*. <https://www.ptc.com/en/products/vuforia>
- Qarni, D. 'Aid al –. (2008a). *Tafsir Muyassar Jilid 1*.
- Qarni, D. 'Aid al –. (2008b). *Tafsir Muyassar Jilid 2*.
- Qi, X., & Miao, L. (2018). A Template Matching Method for Multi-Scale dan Rotated Images Using Ring Projection Vector Conversion. *2018 3rd IEEE International Conference on Image, Vision dan Computing, ICIVC 2018*, 45–49. <https://doi.org/10.1109/ICIVC.2018.8492726>
- Quraish, Q., Kridalukmana, R., & Martono, K. T. (2016). Buku Pembelajaran Bahasa Inggris dengan Teknologi Augmented Reality Berbasis Android. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer*, 4(1), 102. <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.4.1.2016.102-108>
- Reitmayr, G., & Schmalstieg, D. (2003). Location based applications for mobile augmented reality. *Auic '03, December 2012*, 65–73. <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=820086.820103>
- Riyana, C. (2019). *Komponen-Komponen Pembelajaran*. 106.
- Rozikin, M., Dijaya, R., & Taurusta, C. (2021). Education Game Indonesian Old Museum Explorer using Fuzzy State Machine. *Journal of Physics: Conference Series*, 1764(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1764/1/012059>
- Safinah, E. (2014). *Fuzzy State Machine (FUSM) Untuk Memberikan Perilaku Non Playable Character (NPC) Pada Game Pembelajaran Juz Amma*.
- Saifuddin, M. (2014). Penerapan FUSM (Fuzzy State Machine) Untuk Menentukan Perilaku NPC (Non Playable Character) Pada Game Mobile Pengenalan Hukum Bacaan Mim Sukun. *UIN Maulana Malik Ibrahim*, 39(1), 1–15. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biochi.2015.03.025><http://dx.doi.org/10.1038/nature10402><http://dx.doi.org/10.1038/nature21059><http://journal.sta inkudus.ac.id/index.php/equilibrium/article/view/1268/1127><http://dx.doi.org/10.1038/nrmicro2577>
- Sala, A., & Albertos, P. (2000). Fuzzy Logic Controllers: Advantages dan Drawbacks. *Anales*, III(September), 833–844. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2512.6164>
- Sembiring, E. B., Wahyuni, D., & Anurogo, W. (2018). Multimedia Interaktif

- Pengenalan Hewan Dan Tumbuhan Langka Menggunakan Model Tutorial. *Journal of Digital Education, Communication, dan Arts (Deca)*, 1(2), 103–112. <https://doi.org/10.30871/deca.v1i2.839>
- Siddique, M. A. B., Arif, R. B., & Khan, M. M. R. (2018). Digital Image Segmentation in Matlab: A Brief Study on OTSU's Image Thresholding. *2018 International Conference on Innovation in Engineering dan Technology, ICIET 2018*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/CIET.2018.8660942>
- Square. (2018, November 14). *What's the Difference Between an SDK dan an API?* <https://squareup.com/us/en/townsquare/sdk-vs-api>
- Stanimirovic, D., Damasky, N., Webel, S., Koriath, D., Spillner, A., & Kurz, D. (2014). A Mobile Augmented reality system to assist auto mechanics. *ISMAR 2014 - IEEE International Symposium on Mixed dan Augmented Reality - Science dan Technology 2014, Proceedings, September*, 305–306. <https://doi.org/10.1109/ISMAR.2014.6948462>
- Thanikkal, J. G., Dubey, A. K., & Thomas, M. T. (2018). Advanced Plant Leaf Classification Through Image Enhancement dan Canny Edge Detection. *2018 7th International Conference on Reliability, Infocom Technologies dan Optimization: Trends dan Future Directions, ICRITO 2018*, 518–522. <https://doi.org/10.1109/ICRITO.2018.8748587>
- Viyanon, W., Songsuittipong, T., Piyapaisarn, P., & Sudchid, S. (2017). AR furniture: Integrating augmented reality technology to enhance interior design using marker dan markerless tracking. *ACM International Conference Proceeding Series, Part F1318*. <https://doi.org/10.1145/3144789.3144825>
- Vuforia Developer Library. (2021). *Multi Targets | VuforiaLibrary*. <https://library.vuforia.com/features/images/multi-target.html>
- Waltham, M., & Moodley, D. (2016). An analysis of artificial intelligence techniques in multiplayer online battle arena game environments. *ACM International Conference Proceeding Series, 26-28-Sept*. <https://doi.org/10.1145/2987491.2987513>
- Wantoro, A. (2018). Komparasi Perhitungan Pemilihan Mahasiswa Terbaik Menggunakan Metode Perhitungan Klasik Dengan Logika Fuzzy Mamdani & Sugeno. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 15(1), 42–50. <https://doi.org/10.23887/jptk-undiksha.v15i1.13000>
- Widaningsih, S. (2017). Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno dalam Pengambilan Keputusan Penentuan Jumlah Distribusi Raskin di Bulog Sub. Divisi Regional (Divre) Cianjur. *Infoman's*, 11(1), 51–65. <https://doi.org/10.33481/infomans.v11i1.21>
- Widodo, A. (2020). Media Pembelajaran Taksonomi Hewan Berbasis Augmented Reality Dengan Fitur Multi Target. *Pendidikan Teknik Informatika Dan Komputer Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri*

*Semarang*, 4(1), 1–9. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/en/mdl-20203177951%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/s41562-020-0887-9%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/s41562-020-0884-z%0Ahttps://doi.org/10.1080/13669877.2020.1758193%0Ahttp://serisc.org/journals/index.php/IJAST/article>

Youssef, N. Ben, Bouzid, A., & Ellouze, N. (2016). *Color image edge detection method based on Multiscale Product using Gaussian function*. 228–232.

Yulsilviana, E., & Ekawati, H. (2019). Penerapan Metode Finite State Machine (Fsm) Pada Game Agent Legenda Anak Borneo. *Sebatik*, 23(1), 116–123. <https://doi.org/10.46984/sebatik.v23i1.453>

Zhang, B. (2017). Design of mobile augmented reality game based on image recognition. *Eurasip Journal on Image dan Video Processing*, 2017(1). <https://doi.org/10.1186/s13640-017-0238-6>

Zhao, P. F., Chen, T. E., Wang, W., & Chen, F. Y. (2019). Research on plant growth simulation method based on ARToolkit. In *IFIP Advances in Information dan Communication Technology* (Vol. 509). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-06155-5\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-030-06155-5_18)

## LAMPIRAN

Lampiran 1

No.	Nilai						Rules	Uji Coba
	Input				Output			
	Jarak	ketepatan serang	Kecepatan	Health	FuSM	FSM		
1.	1,32	10	60	14	<i>Left attack</i>	<i>Attack</i>	<i>Left attack</i>	Sesuai
2.	1,86	5	60	22	<i>Right attack</i>	<i>Attack</i>	<i>Right attack</i>	Sesuai
3.	2,02	7	50	50	<i>Forward attack</i>	<i>Attack</i>	<i>Forward attack</i>	Sesuai
4.	1,77	5	30	5	<i>Left attack</i>	<i>Attack</i>	<i>Left attack</i>	Sesuai
5.	2,57	3	35	25	<i>Right attack</i>	<i>Attack</i>	<i>Right attack</i>	Sesuai
6.	2,92	8	37	45	<i>Forward attack</i>	<i>Attack</i>	<i>Forward attack</i>	Sesuai
7.	1,45	1	10	14	<i>Left attack</i>	<i>Attack</i>	<i>Left attack</i>	Sesuai
8.	1,89	8	8	27	<i>Right attack</i>	<i>Attack</i>	<i>Right attack</i>	Sesuai
9.	1,45	10	1	38	<i>Forward attack</i>	<i>Attack</i>	<i>Forward attack</i>	Sesuai
10.	1,68	11	45	12	<i>Left attack</i>	<i>Attack</i>	<i>Left attack</i>	Sesuai
11.	1,23	25	60	25	<i>Right attack</i>	<i>Attack</i>	<i>Right attack</i>	Sesuai
12.	2,30	13	65	45	<i>Forward attack</i>	<i>Attack</i>	<i>Forward attack</i>	Sesuai
13.	1,13	10	35	5	<i>Left attack</i>	<i>Attack</i>	<i>Left attack</i>	Sesuai
14.	1,25	22	22	12	<i>Left attack</i>	<i>Attack</i>	<i>Right attack</i>	Tidak sesuai
15.	2,03	29	35	50	<i>Forward attack</i>	<i>Attack</i>	<i>Forward attack</i>	Sesuai
16.	2,51	32	2	8	<i>Left attack</i>	<i>Attack</i>	<i>Left attack</i>	Sesuai
17.	2,12	25	10	25	<i>Right attack</i>	<i>Attack</i>	<i>Right attack</i>	Sesuai



18.	1,4	25	15	60	<i>Forward attack</i>	<i>Attack</i>	<i>Forward attack</i>	Sesuai
19.	2,8	45	45	8	<i>Left attack</i>	<i>Attack</i>	<i>Left attack</i>	Sesuai
20.	2,45	50	65	22	<i>Right attack</i>	<i>Attack</i>	<i>Right attack</i>	Sesuai
21.	1,08	41	60	45	<i>Forward attack</i>	<i>Attack</i>	<i>Forward attack</i>	Sesuai
22.	1,57	44	35	12	<i>Left attack</i>	<i>Attack</i>	<i>Left attack</i>	Sesuai
23.	1,32	59	22	27	<i>Right attack</i>	<i>Attack</i>	<i>Right attack</i>	Sesuai
24.	2,08	35	30	50	<i>Forward attack</i>	<i>Attack</i>	<i>Forward attack</i>	Sesuai
25.	1,86	60	5	14	<i>Left attack</i>	<i>Attack</i>	<i>Left attack</i>	Sesuai
26.	2,77	37	8	22	<i>Right attack</i>	<i>Attack</i>	<i>Right attack</i>	Sesuai
27.	1,32	60	10	38	<i>Forward attack</i>	<i>Attack</i>	<i>Forward attack</i>	Sesuai
28.	4,2	7	45	5	<i>Left prepare</i>	<i>Prepare</i>	<i>Left prepare</i>	Sesuai
29.	4,3	3	60	25	<i>Right prepare</i>	<i>Prepare</i>	<i>Right prepare</i>	Sesuai
30.	5,7	1	45	45	<i>Forward prepare</i>	<i>Prepare</i>	<i>Forward prepare</i>	Sesuai
31.	4,4	8	37	12	<i>Left prepare</i>	<i>Prepare</i>	<i>Left prepare</i>	Sesuai
32.	5,7	8	35	25	<i>Right prepare</i>	<i>Prepare</i>	<i>Right prepare</i>	Sesuai
33.	4,6	5	22	45	<i>Forward prepare</i>	<i>Prepare</i>	<i>Forward prepare</i>	Sesuai
34.	5,1	10	10	14	<i>Left prepare</i>	<i>Prepare</i>	<i>Left prepare</i>	Sesuai
35.	4,9	3	8	27	<i>Right prepare</i>	<i>Prepare</i>	<i>Right prepare</i>	Sesuai
36.	5,03	2	1	38	<i>Forward prepare</i>	<i>Prepare</i>	<i>Forward prepare</i>	Sesuai
37.	4,4	22	65	8	<i>Slow</i>	<i>Run</i>	<i>Slow</i>	Sesuai
38.	4,6	32	60	22	<i>Medium</i>	<i>Run</i>	<i>Medium</i>	Sesuai

39.	5,6	30	45	45	<i>Fast</i>	<i>Run</i>	<i>Fast</i>	Sesuai
40.	5,9	25	35	5	<i>Slow</i>	<i>Run</i>	<i>Slow</i>	Sesuai
41.	4,6	29	35	25	<i>Medium</i>	<i>Run</i>	<i>Medium</i>	Sesuai
42.	5,1	21	22	45	<i>Right prepare</i>	<i>Run</i>	<i>Fast</i>	Tidak sesuai
43.	5,47	25	2	8	<i>Left prepare</i>	<i>Prepare</i>	<i>Left prepare</i>	Sesuai
44.	5,76	21	10	25	<i>Right prepare</i>	<i>Prepare</i>	<i>Right prepare</i>	Sesuai
45.	4,85	21	15	60	<i>Forward prepare</i>	<i>Prepare</i>	<i>Forward prepare</i>	Sesuai
46.	4,64	44	45	12	<i>Slow</i>	<i>Run</i>	<i>Slow</i>	Sesuai
47.	3,8	35	60	25	<i>Medium</i>	<i>Run</i>	<i>Medium</i>	Sesuai
48.	4,46	59	65	45	<i>Fast</i>	<i>Run</i>	<i>Fast</i>	Sesuai
49.	5,03	60	37	8	<i>Slow</i>	<i>Run</i>	<i>Slow</i>	Sesuai
50.	5,4	50	22	12	<i>Fast</i>	<i>Run</i>	<i>Medium</i>	Tidak sesuai
51.	5,2	411	35	38	<i>Fast</i>	<i>Run</i>	<i>Fast</i>	Sesuai
52.	4,66	45	2	8	<i>Left prepare</i>	<i>Prepare</i>	<i>Left prepare</i>	Sesuai
53.	4,13	37	1	22	<i>Right prepare</i>	<i>Prepare</i>	<i>Right prepare</i>	Sesuai
54.	4,02	60	8	50	<i>Forward prepare</i>	<i>Prepare</i>	<i>Forward prepare</i>	Sesuai
55.	7,01	10	60	14	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	Sesuai
56.	7,2	5	60	22	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	Sesuai
57.	8,13	7	50	50	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	Sesuai
58.	8,04	5	30	5	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	Sesuai
59.	8,1	3	35	25	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	Sesuai
60.	7,9	8	37	45	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	Sesuai

61.	8,09	1	10	14	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	Sesuai
62.	7,6	8	8	27	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	Sesuai
63.	7,77	10	1	38	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	Sesuai
64.	7,4	11	45	12	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	Sesuai
65.	7,03	25	60	25	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	Sesuai
66.	8,04	13	65	45	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	Sesuai
67.	7,9	10	35	5	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	Sesuai
68.	8,1	22	22	12	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	Sesuai
69.	8,03	29	35	50	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	Sesuai
70.	7,12	32	2	8	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	Sesuai
71.	7,8	25	10	25	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	Sesuai
72.	7,3	25	15	60	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	Sesuai
73.	7,09	45	45	8	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	Sesuai
74.	8,1	50	65	22	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	Sesuai
75.	7,6	41	60	45	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	Sesuai
76.	7,99	44	35	12	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	Sesuai
77.	7,32	59	22	27	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	Sesuai
78.	7,5	35	30	50	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	Sesuai
79.	8,06	60	5	14	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	Sesuai
80.	8,13	37	8	22	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	Sesuai
81.	8,18	60	10	38	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	<i>Idle</i>	Sesuai