

**PENGIMPLEMENTASIAN MODEL *EMOTION-BASED AGENT*
DALAM SISTEM PERILAKU *ARTIFICIAL INTELLIGENCE*
MUSUH DALAM *VIDEO GAME “DUNGEON LIBERATION”***

SKRIPSI



Disusun Oleh:

**MUHAMMAD SYAH AL FIKRI
201401056**

**PROGRAM STUDI S1 ILMU KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
MEDAN
2024**

**PENGIMPLEMENTASIAN MODEL *EMOTION-BASED AGENT*
DALAM SISTEM PERILAKU *ARTIFICIAL INTELLIGENCE*
MUSUH DALAM *VIDEO GAME “DUNGEON LIBERATION”***

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi untuk memperoleh gelar Sarjana Ilmu Komputer (S.Kom) dalam bidang Ilmu Komputer



Disusun Oleh:

MUHAMMAD SYAH AL FIKRI

201401056

**PROGRAM STUDI S1 ILMU KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA**

MEDAN

2024

UNIVERSITAS SUMATERA UTARA

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul : PENGIMPLEMENTASIAN MODEL *EMOTION-BASED AGENT* DALAM SISTEM PERILAKU *ARTIFICIAL INTELLIGENCE* MUSUH DALAM VIDEO GAME "*DUNGEON LIBERATION*"

Kategori : SKRIPSI

Nama : MUHAMMAD SYAH AL FIKRI

Nomor Induk Mahasiswa : 201401056

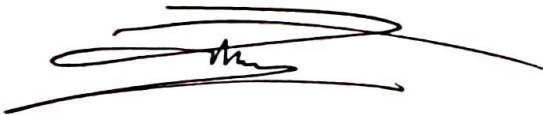
Program Studi : SARJANA (S1) ILMU KOMPUTER

Fakultas : ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI UNIVERSITAS SUMATERA UTARA

Medan,

Komisi Pembimbing :

Dosen Pembimbing II



Fauzan Nurahmadi S.Kom., M.Cs
NIP 198512292018051001

Dosen Pembimbing I

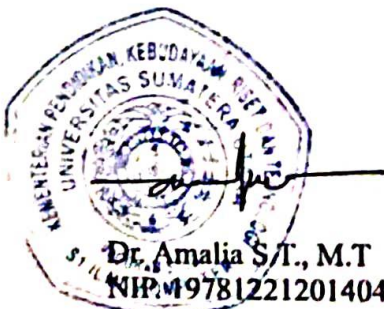


Dr. Jos Timanta Tarigan S.Kom., M.Sc
NIP 198501262015041001

Diketahui/Disetujui oleh Program Studi

S1 Ilmu Komputer

Ketua,



Dr. Amalia S.T., M.T
NIP 197812212014042001

PERNYATAAN

**PENGIMPLEMENTASIAN MODEL *EMOTION-BASED AGENT*
DALAM SISTEM PERILAKU *ARTIFICIAL INTELLIGENCE* MUSUH
DALAM *VIDEO GAME “DUNGEON LIBERATION”***

SKRIPSI

Saya mengakui bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing telah disebutkan sumbernya ilmiah.

Medan, 20 Desember 2023



Muhammad Syah Al Fikri

201401056

PENGIMPLEMENTASIAN MODEL *EMOTION-BASED AGENT* DALAM SISTEM PERILAKU *ARTIFICIAL INTELLIGENCE* MUSUH DALAM *VIDEO GAME "DUNGEON LIBERATION"*

ABSTRAK

Dalam proses pengembangan *video game*, para pengembang *game* umumnya menggunakan teknologi *Artificial Intelligence* (AI) untuk menciptakan sebuah sistem perilaku untuk *Non-Playable Character* (NPC) khususnya *enemy* (musuh) yang bertujuan untuk meningkatkan pengalaman bermain. Namun, *enemy* AI dalam *video game* seringkali mudah diprediksi, terasa terbatas dan kaku. Hal ini menciptakan pengalaman bermain *game* yang kurang menantang, kurang menarik dan mengurangi pengalaman bermain pemain secara keseluruhan. Maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk mengeksplor salah satu solusi menarik yaitu dengan pengimplementasian model *emotion-based agent* (agen berbasis emosi) ke NPC musuh di dalam sebuah *video game* berjudul "*Dungeon Liberation*", yang bertujuan untuk meningkatkan pengalaman bermain pemain. Penelitian ini memanfaatkan sebuah sistem perilaku yang sudah ada seperti *Finite State Machine* dan meningkatkannya dengan menambah sebuah lapisan kompleksitas berupa lapisan emosi yang dikalkulasi menggunakan logika fuzzy dan *Fuzzy Inference System*. *Game* yang telah dikembangkan kemudian diuji coba kepada 31 orang *play-tester* dan respons yang dikumpul menggunakan kuisisioner dalam skala Likert dan hasilnya dianalisis menggunakan metode analisis *Minimum Score Index* (MSI). Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa Implementasi AI berbasis *emotion-based agent* pada perilaku musuh menggunakan metode *fuzzy inference system* berhasil mengubah konsep teoretis menjadi model komputasional yang responsif. Hasil Analisis dengan skor 1231 yang termasuk dalam rentang nilai sedang ke tinggi serta respons positif *play-tester* terhadap perilaku *enemy* dalam *game "Dungeon Liberation"* menunjukkan dimensi lebih dalam dalam pengalaman bermain. Meskipun tak mencapai kategori "Sangat Tinggi," AI berbasis emosi menciptakan interaksi yang lebih menarik

bagi pemain, memberikan landasan untuk pengembangan lebih lanjut dalam industri *video game*.

Kata kunci: *Artificial Intelligence, Non-Playable Character, Video Game, Fuzzy Inference System, Emotion-Based Agent*

IMPLEMENTATION OF EMOTION-BASED AGENT MODEL IN ENEMY'S ARTIFICIAL INTELLIGENCE BEHAVIOR SYSTEM IN VIDEO GAME "DUNGEON LIBERATION"

ABSTRACT

In the process of video game development, game developers generally use Artificial Intelligence (AI) technology to create a behavioral system for Non-Playable Character (NPC), especially enemies, which aims to improve the game experience. However, enemy AI in video games is often predictable, limited and rigid in behavior. This creates a less challenging, less engaging gaming experience and reduces the overall player experience. Therefore, this research aims to explore one interesting solution by implementing an emotion-based agent model to enemy NPCs in a video game titled "Dungeon Liberation", which aims to enhance the player's gaming experience. This research utilizes an existing behavioral system such as Finite State Machine and improves it by adding a layer of complexity in the form of an emotion layer calculated using fuzzy logic and Fuzzy Inference System. The developed game was then tested on 31 play-testers and responses were collected using a questionnaire on a Likert scale and the results were analyzed using the Minimum Score Index (MSI) analysis method. The results of the research show that the implementation of emotion-based AI agent on enemy behavior using fuzzy inference system method successfully transforms theoretical concepts into responsive computational models. The Analysis results with a score of 1231 which falls within the medium to high value range as well as the play-tester's positive response to the enemy behavior in the game "Dungeon Liberation" shows a deeper dimension in the play experience. Although it did not reach the category of "Very High," emotion-based AI creates more engaging interactions for players, providing a foundation for further development in the video game industry.

Keywords: Artificial Intelligence, Non-Playable Character, Video Game, Fuzzy Inference System, Emotion-Based Agent

KATA PENGANTAR

Puji syukur peneliti ucapkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya peneliti dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengimplementasian Model *Emotion-Based Agent* Dalam Sistem Perilaku *Artificial Intelligence* Musuh Dalam *Video Game* “*Dungeon Liberation*”**. Pada kesempatan ini peneliti mengucapkan rasa terima kasih kepada semua pihak yang ikut membantu dalam proses pembuatan skripsi ini, terutama kepada:

1. Dr. Maya Silvi Lydia B.Sc., M.Sc selaku Dekan fakultas Ilmu Komputer Universitas Sumatera Utara.
2. Dr. Amalia, ST., M.T. selaku ketua prodi program studi ilmu komputer.
3. Bapak Dr. Jos Timanta Tarigan S.Kom., M.Sc selaku ketua laboratorium *Computer Vision* dan Multimedia program studi ilmu komputer sekaligus pembimbing I yang telah memberikan arahan serta bimbingan yang sangat berharga dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Fauzan Nur Ahmadi S.Kom., M.Cs selaku pembimbing II yang telah I yang telah memberikan arahan serta bimbingan yang sangat berharga dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Ibu Hayatunnufus S.Kom, M.Cs selaku ketua laboratorium jaringan program studi ilmu komputer sekaligus penguji I yang telah memberikan arahan serta bimbingan yang sangat berharga dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Bapak Ivan Jaya S.Si., M.Kom selaku sekretaris program studi ilmu komputer sekaligus penguji II I yang telah memberikan arahan serta bimbingan yang sangat berharga dalam penyelesaian skripsi ini.
7. Bapak Herriyance, S.T., M.Kom. selaku ketua laboratorium pemrograman program studi ilmu komputer sekaligus salah satu penguji tambahan yang telah memberikan arahan serta bimbingan yang sangat berharga dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Seluruh *Play-tester* yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membantu peneliti dengan memainkan *game* yang dibuat peneliti serta

memberikan respons selama wawancara dengan peneliti serta memberikan kritik, masukan dan saran.

9. Ayah Syahril Chaniago serta Ibunda Idha Silviana selaku orang tua peneliti yang tiada hentinya memberikan segala jenis bantuan dan dukungan baik dari segi material maupun moral selama hidup peneliti.
10. Saudara dan saudari tersayang peneliti, Muhammad Daffa Aqilah dan Putri Neysa Junianty untuk segala bentuk bantuan dan dukungan yang telah diberikan.
11. Teman-teman terdekat peneliti, Nico, Ariyan Satya Sikoko, Rheza Yudhistira, serta Erick Yudha Pratama yang telah menemani peneliti sejak awal masa perkuliahan hingga sekarang serta memberikan banyak bantuan, dukungan kepada peneliti.
12. Teman-teman seperjuangan, mahasiswa/I program studi ilmu komputer stambuk 2020 yang telah mendukung dan membantu peneliti selama perkuliahan.

Dengan tulus peneliti ucapkan rasa maaf untuk segala kekurangan dan ketidaksempurnaan yang mungkin ada dalam penulisan ini. peneliti berharap hasil dari penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan untuk banyak bidang. Segala masukan yang membangun sangat peneliti hargai. Akhir kata, peneliti terima kasih atas kesempatan ini.

Medan, 20 Desember 2023

Peneliti,



Muhammad Syah Al Fikri

NIM 201401056

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
PERNYATAAN	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR RUMUS	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Batasan Masalah	4
1.6. Penelitian relevan.....	5
BAB II.....	7
2.1. <i>Artificial Intelligence (AI)</i>	7
2.2. <i>Artificial Intelligence Agent</i>	7
2.3. Emosi dalam Konteks <i>Video Game</i>	8
2.4. <i>Emotion-based Agent</i>	8
2.5. <i>Finite State Machine (FSM)</i>	9
2.6. Logika Fuzzy	10
2.7. <i>Fuzzy Inference System (FIS)</i>	11
2.8. <i>Third Person Role-Playing Game</i>	12
2.9. <i>Non-Playable Character (NPC)</i>	12
BAB III	14
3.1. Metodologi.....	14
3.2. Analisis Sistem.....	15
3.2.1. Analisis Masalah.....	15

3.2.2.	Analisis Kebutuhan.....	16
3.3.	Perancangan Sistem	16
3.3.1.	Perancangan Arsitektur <i>Video game</i>	17
3.3.1.1.	Konsep Video Game	17
3.3.1.2.	Mekanik Video Game	17
3.3.1.3.	Desain User Interface.....	18
3.3.1.4.	Desain Audio	22
3.3.1.5.	Desain Animasi	22
3.3.2.	Perancangan <i>Enemy AI</i>	23
3.3.2.1.	<i>Emotion Layer</i>	24
3.3.2.2.	Action Layer.....	37
3.4.	Rencana Uji Coba dan Evaluasi.....	40
3.5.	Teknik Analisis Data.....	41
BAB IV	.....	42
4.1.	Hasil Implementasi <i>Video Game “Dungeon Liberation”</i>	42
4.1.1.	Tampilan Dunia <i>Video Game</i>	42
4.1.2.	Hasil Implementasi Mekanik.....	43
4.1.3.	Hasil Implementasi UI.....	45
4.1.4.	Hasil Implementasi <i>Enemy AI</i>	47
4.2.	Hasil Uji Program	50
4.2.1.	Simulasi <i>Fuzzy Inference System</i> berbentuk <i>Test Case</i> dengan <i>MatLab</i>	50
4.3.	Hasil Uji Program Dalam Game	53
4.4.	Hasil Eksperimen Sampel	59
4.4.1.	Pengalaman Gameplay Secara Keseluruhan	59
4.4.2.	Pertemuan dengan Musuh.....	61
4.4.3.	Pertanyaan Spesifik tentang AI Emosional	62
4.4.4.	Perbandingan Jenis Musuh	64
4.4.5.	Pengalaman Uji Buta	65
BAB V	.....	70
5.1.	Kesimpulan	70
5.2.	Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	.....	72
LAMPIRAN	.....	74
Lampiran 1.	.....	74

Lampiran 2.	76
------------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Contoh Model FSM Sederhana Dengan 6 States	10
Gambar 3. 1 Bagan Metodologi Penelitian	14
Gambar 3. 2 Tampilan UI Player HP (Merah, Atas) dan UI Player Stamina (Bawah, Abu-abu)	19
Gambar 3. 3 Tampilan UI Senjata	19
Gambar 3. 4 Tampilan UI Enemy HP	20
Gambar 3. 5 Tampilan UI Enemy Name	20
Gambar 3. 6 (Dari kiri) UI Emoji untuk jenis emosi Anger, Fear dan Determination	21
Gambar 3. 7 UI Game Over Screen	21
Gambar 3. 8 UI Game End Screen	22
Gambar 3. 9 (A) Diagram Sistem Enemy Berbasis Emotion-Based Agent dan (B) Enemy Berbasis Finite-State Machine Konvensional	23
Gambar 3. 10 Diagram Layer atau lapisan dari sistem perilaku dari emotion-based agent	24
Gambar 3. 11 Diagram Tahap Fuzzy Inference System	25
Gambar 3. 12 Fungsi Keanggotaan untuk Input Enemy HP	30
Gambar 3. 13 Fungsi Keanggotaan Input Player HP	30
Gambar 3. 14 Fungsi Keanggotaan Player Proximity	31
Gambar 3. 15 Fungsi Keanggotaan Emosi “Fear”	32
Gambar 3. 16 Fungsi Keanggotaan Emosi “Anger”	32
Gambar 3. 17 Fungsi Keanggotaan “Determination”	33
Gambar 3. 18 EBA Simple Case: Si Pemarah (lebih sensitif ke emosi marah) dan Si Penakut (lebih sensitif ke emosi takut)	34
Gambar 3. 19 EBA Simple Case: Action yang diambil oleh Si Pemarah dan Si Penakut	34
Gambar 3. 20 Diagram Cara Kerja Emotion Layer	37
Gambar 3. 21 Struktur Finite State Machine untuk Action Layer Pada Jenis enemy biasa	38

Gambar 3. 22 Struktur Finite State Machine untuk Action Layer Pada Jenis enemy Emotion-Based Agent	39
Gambar 3. 23 Diagram Cara kerja Action Layer	40
Gambar 3. 24 Diagram Randomized Control Trial (RCT) untuk metodologi eksperimental “Pengembangan Model Emotion-Based Agent dalam Sistem Perilaku AI Musuh Dalam Video game “Dungeon Liberation”	41
Gambar 4. 1 Tampilan Dunia Game “Land or Marmel” Dari POV Pemain.....	42
Gambar 4. 2 Tampilan Dunia Game “Land or Marmel” Dari POV Atas	42
Gambar 4. 3 Tampilan Dunia Game “Land or Marmel” Dari POV Top-Down	43
Gambar 4. 4 Avatar Player Melakukan Mekanik “Sword Slash”	43
Gambar 4. 5 Avatar Player Melakukan Mekanik “Blocking Stance”	44
Gambar 4. 6 Avatar Player Terkena Serangan Dan Kehilangan HP	44
Gambar 4. 7 Implementasi Player UI (HP, Stamina & Weapon)	45
Gambar 4. 8 Implementasi Enemy UI untuk Jenis Mutant (HP, Name, & Emosi).....	45
Gambar 4. 9 Implementasi Enemy UI untuk Jenis Troll (HP & Name)	46
Gambar 4. 10 Implementasi UI Game Over Screen.....	46
Gambar 4. 11 Implementasi UI Game End Screen	47
Gambar 4. 12 3D Model dari enemy Mutant	48
Gambar 4. 13 Avatar Pemain Sedang Melawan Enemy Mutant.....	48
Gambar 4. 14 3D Model dari Enemy Troll	49
Gambar 4. 15 Avatar Pemain Sedang Melawan Enemy Troll.....	49
Gambar 4. 16 Test Case Emosi “Anger”	50
Gambar 4. 17 Test Case Emosi “Anger”	50
Gambar 4. 18 Test Case Emosi “Determination”	51
Gambar 4. 19 Grafik Permukaan Emosi “Fear”	52
Gambar 4. 20 Grafik Permukaan Emosi “Anger”	52
Gambar 4. 21 Grafik Permukaan Emosi “Determination”	52
Gambar 4. 22 Enemy menunjukkan emosi dan UI “Terrified”	56
Gambar 4. 23 Enemy menunjukkan emosi dan UI “Determined”	58
Gambar 4. 24 Garis Kontinum Analisis Minimum Score Index (MSI)	69

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Tabel Pemetaan Input Trigger “EnemyHealth” dengan Output Emosi “AngerEmotion”	54
Tabel 4. 2 Tabel Pemetaan Input Trigger “EnemyHealth” & “PlayerProximity” dengan Output Emosi “FearEmotion”	56
Tabel 4. 3 Tabel Pemetaan Input Trigger “PlayerHealth” dengan Output Emosi “DeterminationEmotion”	58
Tabel 4. 4 Jawaban Responden Mengenai Seberapa Mendalam Pengalaman Mereka Saat Memainkan Game Ini (1 = Tidak mendalam, 5 = Sangat mendalam)	60
Tabel 4. 5 Jawaban Responden Mengenai Sejauh Apa Mereka Merasa Pengalaman Gameplay Ini Menarik? (1 = Tidak menarik, 5 = Sangat menarik)	60
Tabel 4. 6 Jawaban Responden Mengenai Seberapa Berkesan Pertemuan Mereka Dengan Berbagai Musuh Di Dalam Game? (1 = Tidak berkesan, 5 = Sangat berkesan)	61
Tabel 4. 7 Jawaban Responden Mengenai Sejauh Apa Mereka Melihat Perbedaan Taktik Atau Perilaku Yang Jelas Antara Tipe Musuh Yang Berbeda? (1 = Tidak ada perbedaan, 5 = Perbedaan yang sangat jelas)	62
Tabel 4. 8 Jawaban Responden Mengenai Seberapa Jelas Mereka Merasakan Adanya Emosi Atau Perilaku Dari Musuh Selama Bermain Game? (1 = Tidak jelas, 5 = Sangat jelas)	63
Tabel 4. 9 Jawaban Responden Mengenai Sejauh Apa Mereka Merasakan Bahwa Perilaku Musuh Dipengaruhi Oleh Emosi Selama Permainan? (1 = Tidak dipengaruhi, 5 = Sangat dipengaruhi)	63
Tabel 4. 10 Jawaban Responden Mengenai Seberapa Jelas Perbedaan Perilaku Antara Kedua Jenis Musuh Yang Mereka Temui? (1 = Tidak Jelas, 5 = Sangat Jelas)	64
Tabel 4. 11 Jawaban Responden Mengenai Sejauh Mana Mereka Mampu Membedakan Perilaku Antara Kedua Jenis Musuh Tersebut? (1 = Tidak Dapat Dibedakan, 5 = Sangat Dapat Dibedakan)	65
Tabel 4. 12 Jawaban Responden Mengenai Seberapa Besar Harapan Mereka Akan Perbedaan Perilaku Musuh Sebelum Uji Buta? (1 = Tidak Ada Harapan 5 = Harapan tinggi)	65

Tabel 4. 13 Jawaban Responden Mengenai Sejauh mana mereka terkejut dengan adanya perilaku yang tidak terduga selama uji buta? (1 = Tidak terkejut, 5 = Sangat terkejut)	66
---	-------	----

Tabel 4. 14 Tabel Total Skor Untuk Setiap Sub Indikator Pertanyaan Kuisisioner ..	67
---	----

DAFTAR RUMUS

Rumus (1).....	28
Rumus_ (2).....	30
Rumus_ (3).....	33
Rumus_ (4).....	34
Rumus_ (5).....	35
Rumus_ (6).....	68

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	74
Lampiran 2.	76

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam beberapa dekade terakhir, perkembangan teknologi di bidang kecerdasan artifisial atau *Artificial Intelligence* (AI) telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai aspek kehidupan manusia. Kecerdasan artifisial telah memainkan peran kunci dalam meningkatkan efisiensi, kecerdasan, dan kemampuan otomasi di banyak industri seperti bisnis, perawatan kesehatan, transportasi, dan banyak lainnya (Enholm, dkk., 2021); (Manoharan, 2019); (Ramesh, dkk., 2004).

Ledakan penggunaan dan pengembangan AI pada masa kini dapat diatributkan kepada berbagai faktor seperti komputer dengan kekuatan komputasional kuat yang sudah umum di zaman sekarang, banyaknya data-data untuk melatih AI yang tersedia dimana-mana, dan berbagai kemajuan serta terobosan baru dalam algoritma dalam AI (SAS Institute Inc., 2023). Salah satu bidang seperti kesehatan bahkan telah menggunakan teknologi AI untuk melakukan perumusan diagnosis, pemartifisial dan pengambilan keputusan terapeutik serta prediksi hasil untuk penyakit (Ramesh, dkk., 2004). OpenAI serta Microsoft juga telah mengembangkan dan meluncurkan sebuah teknologi AI yang mampu berinteraksi dan mengeluarkan respons serta berbicara layaknya manusia, yaitu ChatGPT dan Bard (Evenden, 2023). Implementasi teknologi ini tidak hanya terbatas kepada bidang yang berhubungan dengan sains ataupun sosial, namun juga sudah merambat ke ranah hiburan terutama *video game*.

Penggunaan teknologi AI di *video game* bukan merupakan sebuah fenomena baru. Kecerdasan artifisial telah digunakan dalam *game* berbasis komputer sejak tahun 1950-an. Teknologi ini umumnya digunakan untuk mengembangkan sebuah atau sekelompok NPC (*Non-Playable Character*; Karakter Bukan-Pemain) seperti musuh atau *enemy* yang tujuan utamanya adalah melawan pemain. Sebagai contoh, Nim (1951) adalah *turn-based game* dimana AI pada *game* tersebut dikabarkan sering menang melawan

pemain manusia. Contoh lainnya seperti versi awal catur pada tahun 1950-an dan 1960-an juga menggunakan AI sebagai mekanisme permainannya. Pada tahun 1970-an, "*Space invaders*" mengembangkan sistem tingkat kesulitan (*Difficulty System*) yang dinamis, dan pada tahun 1980-an peluncuran *game* "Pac-man" memperoleh kesuksesan besar untuk *gameplay*-nya dimana pemain mengendalikan sebuah karakter melalui labirin yang dijaga oleh beberapa musuh dengan AI sederhana (Anubhav Anand, 2022).

Dengan bertambah kuatnya kekuatan komputasional komputer pada masa sekarang disertai dengan terobosan-terobosan baru dalam bidang AI, berbagai jenis *enemy* AI ikut serta diciptakan untuk berbagai jenis *game* yang lebih kompleks pula. Beberapa *game* modern bergenre *First-Person Shooter* (FPS) seperti CS: GO sudah dilengkapi dengan *enemy* AI yang bisa berperilaku seolah-olah dimainkan oleh manusia sungguhan walaupun dengan beberapa batasan. Begitu juga untuk *game* bergenre *Multiplayer Online Battle Arena* (MOBA) kompleks yang cukup terkenal, DOTA2, yang mana juga telah dilengkapi dengan *enemy* AI oleh pengembang *gamenya* yang mampu berperilaku seolah-olah dimainkan oleh manusia sungguhan. *Enemy* AI untuk *game* DOTA2 yang menunjukkan kompleksitas dan tingkat kecanggihan yang lebih tinggi juga pernah dibuat dengan pendekatan *Large Scale Deep Reinforcement Learning* (OpenAI & al, 2019). Namun, meskipun kemajuan dalam kecerdasan artifisial telah mencapai tingkat yang mengesankan dalam sistem perilaku musuh *video game*, masih ada tantangan utama dalam menciptakan musuh yang lebih alami, dinamis dan mampu bereaksi layaknya manusia. Hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan antara kecerdasan artifisial dengan kecerdasan manusia.

Yang paling mencirikan perbedaan antara perilaku pemain sungguhan dengan perilaku AI adalah ketiadaan elemen emosi dan niat dalam AI yang setara dengan manusia. Faktanya, AI tidak memiliki dorongan untuk menang atau upaya untuk memanipulasi pemain karena AI, seperti program komputer pada umumnya, dikembangkan dengan tujuan menyelesaikan masalah spesifik seperti apa yang pengguna atau *developer* perintah. Alhasil, AI dalam *video game* terkadang tidak dapat sepenuhnya menciptakan pengalaman yang realistis dan meniru interaksi kompleks yang terjadi antara manusia.

Untuk mengatasi tantangan ini, telah dikembangkan sebuah varian dari model *emotion-based agent* yang mana menggabungkan teknologi *behavior system* AI yang

telah ada yaitu *Finite State Machine* dan meningkatkannya dengan menambah sebuah lapisan kompleksitas berupa emosi artifisial menggunakan logika Fuzzy dan *Fuzzy Inference System*. Model ini kemudian diimplementasikan ke sebuah *enemy AI* didalam sebuah *game* bernama “*Dungeon Liberation*”. Model ini dikembangkan dalam penelitian yang berjudul: “Pengembangan Model *Emotion-Based Agent* dalam Sistem Perilaku AI Musuh dalam *Video game* “*Dungeon Liberation*”.

Dengan dikembangkannya *video game* ini, diharapkan dapat menciptakan sebuah *enemy AI* yang mampu mensimulasikan emosi dan bereaksi layaknya manusia, variasi AI yang terasa lebih alami, dan terutama, lebih menarik, dinamis sehingga menciptakan pengalaman bermain yang lebih imersif dan menyenangkan.

1.2. Rumusan Masalah

Dalam pengembangan *video game*, penggunaan AI untuk karakter musuh seringkali gagal menciptakan pengalaman bermain yang dinamis, menantang dan realistis. Perilaku AI yang terasa kaku, terbatas dan mudah diprediksi sehingga seringkali mengurangi daya tarik bermain. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan baru untuk menciptakan sistem perilaku AI yang lebih kompleks. Salah satu pendekatan menarik adalah mengintegrasikan teknologi agen berbasis emosi pada karakter musuh. Dengan demikian, diharapkan perilaku NPC dapat memberikan respons yang lebih dinamis, menarik dan kurang terduga kepada pemain.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perbandingan antara respons pemain terhadap dua jenis kecerdasan buatan, yaitu AI berbasis emosi dan AI konvensional seperti FSM. Selain itu, penelitian ini juga mengevaluasi pengalaman yang dirasakan oleh para pemain saat berinteraksi dengan AI berbasis emosi, dengan fokus pada aspek pengalaman interaktif yang dihasilkan.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari dilakukannya penelitian ini antara lain:

1. Mengembangkan model AI yang responsif secara emosional, sekaligus membuka peluang untuk penelitian lanjutan di masa depan.

2. Menciptakan pengalaman bermain yang lebih mendalam dengan AI yang responsif secara emosional.
3. Memberi keunggulan bagi *game* yang mengadopsi teknologi AI responsif yang lebih unik dan berbeda dari umumnya di pasar.
4. Menambahkan wawasan baru tentang integrasi emosi dalam AI yang dapat memperkaya literatur mengenai kecerdasan buatan.

1.5. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa batasan yang perlu diperhatikan. Batasan-batasan tersebut adalah:

1. Implementasi model *emotion-based agent* dalam penelitian ini dilakukan menggunakan platform *game engine* berupa Unity dengan bahasa pemrograman C#. Penggunaan platform dan bahasa pemrograman lainnya tidak akan dibahas dalam penelitian ini.
2. Emosi yang dikembangkan meliputi 3 emosi yaitu Amarah (*Anger*), Ketakutan (*Fear*), dan Tekad (*Determination*), yang mana masing-masing dari emosi memiliki 3 level emosi mulai dari rendah ke tinggi.
3. *Emotion Trigger* atau pemicu emosi yang digunakan untuk mempengaruhi emosi *enemy* AI terdiri dari 3 yaitu *Player Proximity* (Jarak pemain dari musuh), *Enemy Health Points* (poin darah musuh) dan *Player Health Points* (poin darah pemain).
4. Metode yang digunakan untuk mengkalkulasi emosi pada *enemy* di penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy logic* dan *Fuzzy Inference System*. Metode lain yang tidak berhubungan dengan *fuzzy logic* tidak akan dibahas mendalam dalam penelitian ini.
5. Penelitian ini menitikberatkan pada pengembangan sistem perilaku AI musuh dalam *video game* yang berbasis dengan *Emotion-based agent*, dengan fokus pada model emosional. Sistem AI yang dirancang menggunakan pendekatan aturan berbasis aturan (*rule-based*) dan *non-learning*, menghasilkan respons emosional sesuai dengan aturan dan pemicu yang telah ditentukan sebelumnya, tanpa melibatkan *machine learning* atau komponen adaptif.

1.6. Penelitian relevan

- 1) Mao, dkk. (Mao, dkk., 2018) menciptakan sebuah simulasi komputer yang dijabarkan di paper mereka berjudul “*Emotion-Based Diversity Crowd Behavior Simulation in Public Emergency*”, di paper ini dijelaskan bagaimana dalam simulasi pelarian diri dari bencana, perilaku manusia yang muncul akibat hal ini sering kali terbatas menjadi hanya melarikan diri. Namun, karena kepribadian dan arus emosi setiap individu, mereka dapat berperilaku dengan berbagai cara yang berbeda drastis, seperti *Samaritan* (orang samaria; orang yang membantu sesama dalam keadaan bencana) atau menyerah kepada situasi, dll. Untuk mensimulasikan perilaku kerumunan seperti itu, paper ini menyajikan model perilaku kerumunan atau *Crowd Behavior* untuk mensimulasikan perilaku kerumunan dengan mengadopsi model-model kepribadian seperti OCEAN dan model emosi OCC, sambil diperkaya dengan penggabungan model penularan emosi CA-SIRS.
- 2) Macas, dkk. (Macas, dkk., 2001) melakukan eksperimen dengan mengembangkan model *emotion-based agent* yang didasarkan pada temuan neurofisiologi yang menunjukkan bahwa pengambilan keputusan yang efisien sangat bergantung pada mekanisme emosi yang mendasarinya. Secara khusus, dalam paper ini dijelaskan arsitektur *agent* yang terinspirasi dari penelitian Antonio Damasio yang mengusulkan bahwa alternatif tindakan dalam masalah pengambilan keputusan adalah secara emosional (somatik) dengan ditandai sebagai “baik” atau “buruk”. Tanda emosional ini tidak hanya memandu proses pengambilan keputusan, tetapi juga memangkas pilihan-pilihan sehingga hanya pilihan yang positif yang perlu dipertimbangkan untuk diteliti lebih lanjut.
- 3) Dalam tesis yang disusun oleh Smith (Smith, 2017), dijabarkan sebuah implemementasi dari varian *emotion-based agent* ke sebuah karakter bernama GLaDOS dalam *video game* “Portal”. Tesis tersebut berfokus pada analisis karakter dan interaksi dengan pemain dan menggali karakteristik unik dari GLaDOS, yaitu seorang antagonis AI dengan sifat manipulatif dengan kecerdasan tinggi. Tesis tersebut juga menjelaskan bagaimana desain karakter,

dialog, dan perilaku GLaDOS mempengaruhi pengalaman pemain dan menciptakan hubungan emosional antara pemain dan karakter dalam naratif di *game* tersebut. Smith juga menjelaskan pendekatan yang pengembang *game* gunakan dalam pengembangan GLaDOS didasari dari 2 teori emosi dalam yaitu Penilaian kognitif Lazarus dan Sintesis psiko-evolusi Plutchik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Artificial Intelligence (AI)*

Artificial Intelligence (AI) atau Kecerdasan Buatan adalah cabang ilmu komputer, yang mencakup studi ilmiah tentang masalah dan tugas apa yang bisa diselesaikan, fitur apa dari dunia yang dapat dipahami secara komputasi (menggunakan bahasa Mesin Turing), dan kemudian menyediakan algoritma untuk menunjukkan bagaimana hal ini dapat dilakukan secara efisien, praktis, fisik, dan etis (Rapaport, 2019). Sumber lain juga menyebutkan bahwa AI adalah sebuah cabang ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan komputasi pemahaman tentang apa yang biasa disebut “perilaku cerdas”, dan dengan penciptaan artefak yang menunjukkan perilaku tersebut (Ramesh, Kambhampati, Monson, & Drew, 2004).

2.2. *Artificial Intelligence Agent*

Diambil dari buku, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Russel dan Norvig (Russell & Norvig, 2021) mengemukakan bahwa *agent* adalah sesuatu entitas yang bertindak (*agent* berasal dari bahasa Latin “*agere*” yang artinya “melakukan atau bertindak”). Russel dan Norvig juga berpendapat bahwa sebuah *agent* komputer diharapkan untuk melakukan banyak hal seperti beroperasi secara otonom, memahami lingkungan mereka, bertahan dalam jangka waktu yang lama, beradaptasi dengan perubahan, dan menciptakan serta mengejar tujuan. Mereka juga memperkenalkan sebuah ide yaitu “*agent* rasional” yang mana adalah *agent* yang bertindak untuk mencapai hasil terbaik atau walaupun adanya ketidakpastian.

Buku *Artificial Intelligence – Agents and Environments* menjabarkan sebuah *agent* dalam perspektif *Artificial Intelligence* yang mana adalah *agent* yang diwujudkan atau ditetapkan dalam suatu lingkungan dan diharapkan dapat membuat keputusan sendiri berdasarkan apa yang dia terima lewat sensor-sensor yang *agent* itu miliki (Teahan, 2010).

2.3. Emosi dalam Konteks *Video Game*

Menurut Decety dan Cowell (Cowell, 2014), konsep empati bisa dipahami dalam 3 komponen. Mereka adalah emosional, motivasional dan komponen kognitif. Komponen emosional adalah kemampuan untuk merespons secara afektif ke perasaan orang lain; komponen motivasional adalah keinginan untuk mencari kesejahteraan orang lain; sedangkan komponen kognitif berkaitan dengan pengambilan perspektif. Emosi merupakan hal fundamental yang menjadikan kita manusia. Emosi yang ditunjukkan pada dunia nyata tidak akan berbeda dengan emosi yang kita tunjukkan saat bermain *game*. Sementara *video game* didasarkan pada *gameplay* untuk mencapai faktor kepuasan dan kesenangan yang diinginkan, elemen emosional menjadi hal yang umum dan dalam beberapa kasus bahkan diperlukan (Sales, dkk., 2013).

2.4. *Emotion-based Agent*

Emosi manusia memainkan peran besar dalam bagaimana seseorang berpikir dan bertindak. Sebagai contoh, keputusan yang diambil saat marah sering kali berbeda dengan keputusan yang diambil saat sebaliknya. Demikian juga, mencoba melakukan suatu tindakan seperti melempar bola juga dapat dipengaruhi oleh suasana hati seseorang, yang diatur oleh emosi. Emosi dapat menjadi kekuatan pendorong di balik jenis keputusan dan tindakan yang diambil seseorang. Tergantung pada kondisi emosi seseorang, individu dapat membuat keputusan yang lebih baik atau lebih buruk dan melakukan tindakan yang lebih atau kurang efektif.

Emosi juga memainkan peran penting dalam komunikasi manusia. Dengan memberikan informasi non-verbal yang relevan, beberapa penelitian dalam interaksi manusia-robot bertujuan untuk memberikan *agent* sosial sebuah arsitektur yang sadar akan emosi, untuk memberikan interaksi yang lebih alami dan dapat dipercaya. hal ini dapat dilakukan dengan cara mengaitkan emosi buatan pada *agent*, untuk memodifikasi perilakunya (Canamero, 2014), atau mengenali emosi pengguna dan memberikan umpan balik yang sesuai (Alonso-Martin, dkk., 2013).

Oleh karena itu untuk membawa kecerdasan buatan ke tingkat berikutnya, yang lebih mendekati manusia, emosi perlu diintegrasikan dalam pengambilan keputusan dan tindakan *agent*. Jika *agent* dapat dibuat untuk berperilaku dengan emosi maka mereka akan tampak lebih “manusiawi (Shihab & Chalabi, 2008). Pendekatan untuk mendesain

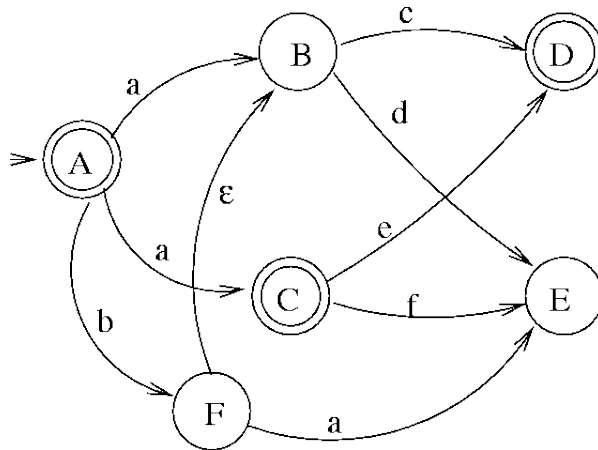
sebuah *agent* berdasarkan hal ini sering disebut *emotion-based agent* atau *affective agent*.

2.5. Finite State Machine (FSM)

Pada bukunya, "*Introduction to Automata, Languages, and Computation*" (Hopcroft, Motwani, & Ullman, 2001) John E. Hopcroft, dkk. menjabarkan bahwa *Finite State Machine* (FSM) atau biasa yang dikenal dengan *Finite State Automata* adalah konsep model komputasi abstrak yang digunakan untuk merepresentasikan sistem yang memiliki jumlah keadaan (*state*) yang terbatas (*finite*) dan mampu bertransisi antara *state* lainnya berdasarkan dari *input* yang diterima. Dalam buku tersebut juga disebutkan komponen kunci dari FSM:

- *States* (Keadaan): FSM terdiri dari himpunan *state* yang terbatas. Keadaan-keadaan ini mewakili konfigurasi kondisi-kondisi berbeda dari suatu sistem pada suatu titik waktu tertentu.
- *Transition* (Transisi): Transisi antara *states* dipicu oleh *input*. Untuk setiap *state* dan *input*, terdapat transisi yang menentukan *state* berikutnya. Transisi ini biasanya direpresentasikan menggunakan diagram atau tabel transisi.
- *Input* (Masukan): *Input* adalah sinyal atau simbol-simbol yang menyebabkan FSM berpindah dari satu *state* ke *state* lainnya. Setiap *input* terkait dengan transisi spesifik dari satu *state* ke *state* lainnya atau mungkin ke *state* yang sama.

Adapula menurut Feng, dkk. (Feng, dkk., 2014), Keadaan atau *state* suatu sistem didefinisikan sebagai kondisinya pada titik waktu tertentu. Sedangkan *state machine* adalah sistem yang *output*-nya tidak hanya bergantung pada *input*-an saat ini, tetapi juga pada keadaan sistem atau *system state* saat ini.



Gambar 2. 1 Contoh Model FSM Sederhana Dengan 6 States

Dalam gambar ini divisualisasikan sebuah contoh model FSM sederhana dengan komponen-komponennya antara lain:

- Lingkaran dengan huruf kapital A, B, C, D, E, dan F menggambar *states*. Lingkaran dengan lingkaran lagi didalamnya menggambarkan *final state* dan lingkaran dengan huruf kapital A menggambarkan *starting state*.
- Huruf non-kapital seperti a, b, c, d, e, f, serta simbol *epsilon* (ϵ) sebagai *input transisi*.
- Anak panah menggambarkan transisi dari satu *state* ke *state* lain.

2.6. Logika Fuzzy

Fuzzy logic pertama kali diperkenalkan oleh Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Zadeh mengamati bahwa logika tradisional, yang hanya mengakui nilai-nilai kebenaran yang pasti (*true* atau *false*), tidak cukup untuk memodelkan dunia nyata (Zadeh, 1996). Dunia nyata sering kali tidak pasti atau ambigu, dan logika tradisional tidak dapat menangkap ketidakpastian ini.

Fuzzy logic memberikan cara untuk memodelkan ketidakpastian dan ambiguitas ini. Hal ini dilakukan dengan menggunakan *fuzzy set*. *Fuzzy set* dapat digunakan untuk mewakili konsep-konsep dunia nyata yang tidak memiliki batas yang jelas, seperti "tinggi", "panas", atau "lembut".

Dalam bukunya yang berjudul “*Fuzzy Sets and Fuzzy Logic*”, Lotfi A. Zadeh memberikan penjelasan yang lebih rinci tentang *fuzzy logic*. Zadeh menjelaskan bahwa *fuzzy logic* didasarkan pada dua konsep utama:

- *Fuzzy set*: *Fuzzy set* adalah *set* yang anggotanya dapat memiliki derajat keanggotaan yang lebih besar dari nol tetapi kurang dari satu.
- *Membership Function* (Fungsi keanggotaan): Fungsi keanggotaan adalah fungsi yang memetakan nilai *crisp* (*Crisp Value*) ke dalam rentang $[0, 1]$.

Fuzzy set didefinisikan sebagai berikut:

“Sebuah *fuzzy set* F pada domain X adalah himpunan bagian dari X yang didefinisikan oleh fungsi keanggotaan $\mu_F : X \rightarrow [0, 1]$ ”.

Fungsi keanggotaan didefinisikan sebagai berikut:

“Fungsi keanggotaan $\mu_F : X \rightarrow [0, 1]$ dari *fuzzy set* F pada domain X adalah fungsi yang memetakan setiap $x \in X$ ke dalam derajat keanggotaan $\mu_F(x)$ yang menunjukkan tingkat keanggotaan x dalam F ”.

2.7. *Fuzzy Inference System (FIS)*

Zadeh menjelaskan pada bukunya bahwa *Fuzzy Inference Engine* (FIS) adalah sistem yang dapat melakukan penalaran dengan prinsip serupa seperti manusia melakukan penalaran dengan nalurinya. FIS menggunakan logika fuzzy, yang merupakan cara untuk mewakili ketidakpastian dan ambiguitas (Zadeh, 1996).

Fuzzy Inference Engine terdiri dari tiga komponen utama:

- *Fuzzifier* menggunakan *membership function* (fungsi keanggotaan) untuk menentukan derajat keanggotaan *input crisp* dalam setiap fuzzy set. Fungsi keanggotaan adalah fungsi yang memetakan nilai *crisp* ke dalam rentang $[0, 1]$.
- *Inference Engine* menggunakan aturan fuzzy untuk menghasilkan *output fuzzy*. Aturan fuzzy adalah aturan yang menghubungkan *input fuzzy* dengan *output fuzzy*. Aturan fuzzy biasanya ditulis dalam bentuk *IF-THEN*.

- *Defuzzifier* menggunakan metode defuzzifikasi untuk mengubah *output* fuzzy menjadi *output crisp*. Metode defuzzifikasi adalah metode yang digunakan untuk menghasilkan nilai tunggal dari *output* fuzzy.

2.8. Third Person Role-Playing Game

Third-Person game atau sering disebut sebagai *Third-Person Shooter* (TPS) adalah tipe *game* yang merujuk dimana pemain bermain dalam perspektif “orang ketiga”, yang mana mengacu pada permainan di mana pemain melihat karakter yang dimainkan sebagai penonton, bukan mengendalikan permainan dari pandangan mereka secara langsung. Biasanya, pemain melihat karakter tersebut dari sudut pandang orang ketiga atau dari belakang. Hal ini mirip dengan bagaimana di cerita orang ketiga menggunakan frasa seperti "dia berlari dengan cepat" (Stegner, 2020).

Menurut Britannica (Hosch, 2023), *Role-Playing Game* atau yang sering disingkat RPG adalah sebuah genre dari *video game* dimana pemain bermain sebagai sebuah peran atau *Role* seperti ksatria, penyihir, dll untuk menyelesaikan *Main Quest* (misi utama) dan *Side Quest* (misi sampingan), dan karakter atau kelompok karakter pemain mendapatkan *Experience Points* yang dapat digunakan untuk meningkatkan berbagai atribut, senjata dan kemampuan yang karakter pemain mainkan.

Berdasarkan kedua premis ini, dapat disimpulkan *Third Person Role-Playing Game* (TPRPG) adalah salah satu genre *video game* yang menggabungkan perspektif "orang ketiga" dengan elemen-elemen RPG. Dalam TPRPG, pemain melihat karakter yang dimainkan dari sudut pandang orang ketiga, seperti dengan penggunaan frasa naratif dalam cerita orang ketiga. Pemain memainkan peran karakter seperti ksatria atau penyihir, menjalankan misi utama (*Main Quest*) dan misi sampingan (*Side Quest*), sembari mengumpulkan *Experience Points* untuk meningkatkan atribut, senjata, dan kemampuan karakter yang dimainkan.

2.9. Non-Playable Character (NPC)

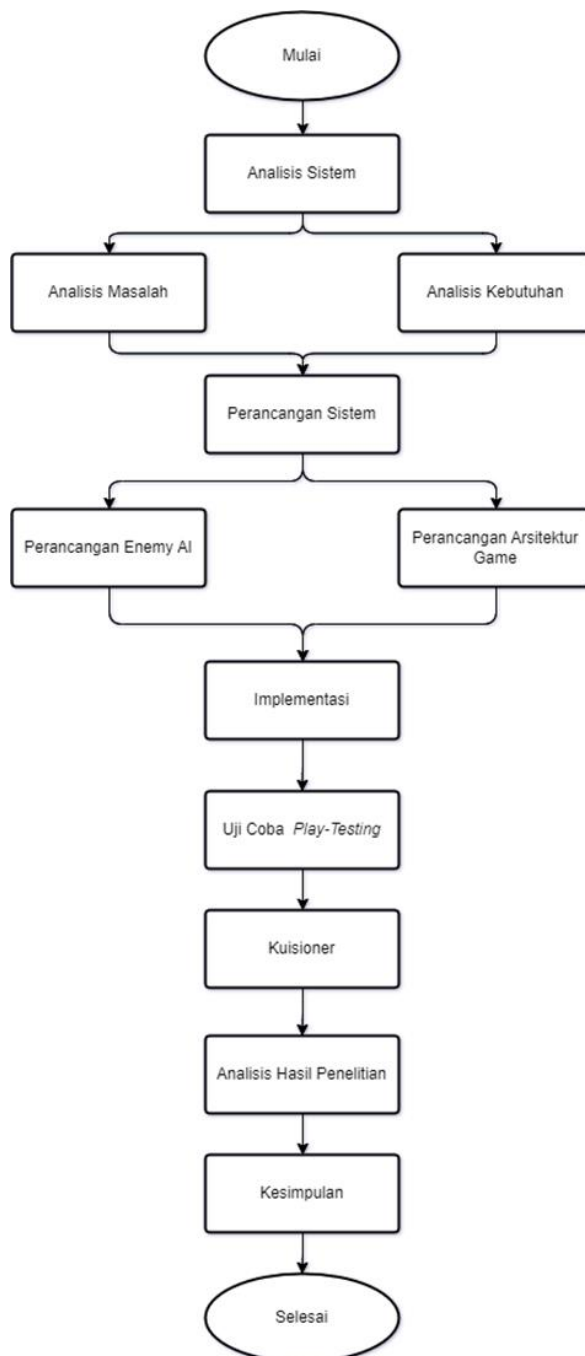
Seorang *Non-Playable Character* (NPC; Karakter Bukan-Pemain) adalah istilah yang awalnya digunakan di permainan *Table-Based Role-Playing Games*, yang menggambarkan karakter yang terlibat dalam permainan dan diawasi oleh seorang "Gamemaster" selain dari orang sungguhan yang menjadi pemain aktif (Plarium, 2022).

Dalam konteks *video game*, NPC adalah karakter yang dikendalikan oleh *Artificial Intelligence* di dalam *game*, dimana para pengembang *game* memprogram setiap NPC untuk memiliki berbagai perilaku dalam permainan guna menciptakan kepribadian mereka dan meningkatkan alur cerita permainan.

BAB III

ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

3.1. Metodologi



Gambar 3. 1 Bagan Metodologi Penelitian

Metodologi yang dipilih untuk penelitian ini adalah metodologi eksperimental. Metodologi ini memungkinkan peneliti untuk mengubah variabel-variabel kunci dan mengamati bagaimana hal tersebut memengaruhi respons pemain. Dalam konteks analisis sistem yang dilakukan, fokus utamanya adalah pada pemahaman mendalam tentang keterbatasan dalam implementasi sistem AI pada karakter *enemy* (musuh) dalam *video game*. Penggunaan metodologi eksperimental memungkinkan identifikasi masalah penting, seperti prediktabilitas perilaku musuh dan kekurangan emosi dalam respons mereka, yang menjadi fokus utama dalam upaya meningkatkan pengalaman bermain. Selain itu, pendekatan ini juga mendukung tahap perancangan sistem dengan memberikan landasan yang kuat untuk mengevaluasi dan mengimplementasikan perubahan yang diperlukan dalam sistem yang sedang diteliti.

3.2. Analisis Sistem

Analisis sistem adalah proses yang dilakukan untuk memahami, mengidentifikasi, dan merencanakan perubahan atau perbaikan dalam suatu sistem. Proses ini melibatkan pemahaman mendalam tentang bagaimana suatu sistem bekerja dan bagaimana komponen-komponennya saling berinteraksi. Bagian-bagian dari tahap ini mencakup 2 bagian yaitu: Analisis Masalah dan Analisis Kebutuhan.

3.2.1. Analisis Masalah

Dalam pengembangan *video game* modern, implementasi sistem AI pada karakter *enemy* (musuh) menjadi salah satu aspek kunci yang tidak pernah terlewat. Namun, seringkali, *enemy* yang dihadirkan dalam *video game* cenderung kurang responsif, terlalu kaku dan terstruktur, dan tidak mampu menyajikan tingkat kejutan atau tantangan yang memadai bagi pemain. Dalam konteks ini, terdapat sejumlah masalah utama yang perlu diidentifikasi dan dipecahkan untuk meningkatkan pengalaman bermain. Analisis masalah mendalam menjadi tahap kunci dalam memahami tantangan-tantangan yang dihadapi dalam implementasi sistem AI pada karakter musuh. Beberapa dari masalah-masalah yang perlu ditangani akan diuraikan dengan lebih detail di bagian berikut.

1) Prediktabilitas Perilaku Musuh

Sistem perilaku AI konvensional seperti *Finite State Machine* (FSM) cenderung membuat perilaku *enemy* terlalu kaku, terstruktur, membuat interaksi menjadi mudah ditebak dan kurang menarik bagi pemain. Karakter *enemy* yang memiliki pola perilaku yang kaku dapat menyebabkan *player* (pemain) untuk dengan mudah memprediksi gerakan dan tindakan musuh. Hal ini seringkali mengurangi aspek kejutan dan menyebabkan pengalaman bermain yang kurang menantang.

2) Tidak Adanya Emosi dalam Respons Musuh

Sistem AI konvensional sering kali tidak mampu menyajikan aspek emosi yang dapat memperkaya interaksi antara karakter *enemy* dan pemain. Ketika emosi tidak diimplementasikan dalam respons *enemy*, interaksi terasa statis dan kurang bervariasi. Hal ini dapat mengurangi kedalaman pengalaman bermain dan membuatnya terasa kurang menarik.

3.2.2. Analisis Kebutuhan

Dalam mengembangkan sistem perilaku AI untuk karakter *enemy*, kebutuhan-kebutuhan berikut harus dipertimbangkan untuk menciptakan pengalaman bermain yang lebih menarik dan responsif bagi pemain:

- 1) Responsivitas Tinggi; *Enemy* harus responsif terhadap tindakan pemain dengan keputusan yang cepat dan sesuai.
- 2) Variasi Perilaku yang Terukur; *Enemy* harus menampilkan variasi perilaku yang dinamis dan emosi yang cukup bervariasi untuk memperkenalkan ketidakpastian dalam perilaku musuh.
- 3) Implementasi Emosi yang Realistis; Menyajikan *enemy* yang mampu menampilkan emosi dalam respons terhadap situasi tertentu.

3.3. Perancangan Sistem

Tahapan selanjutnya adalah perancangan sistem. Proses ini bertujuan untuk memberi langkah-langkah untuk menggambarkan bagaimana komponen-komponen sistem akan berinteraksi dan bekerja bersama untuk mencapai tujuan yang diharapkan.

3.3.1. Perancangan Arsitektur *Video game*

3.3.1.1. Konsep Video Game

Dungeon Liberation adalah *game* yang dikembangkan untuk penelitian ini. *Game* ini merupakan *game* dengan genre *Third Person Role Playing Game* (TRPG) yang berfokus pada *combat* (pertarungan) yang mengambil inspirasi dari *game* RPG terkenal seperti *Final Fantasy XV* dan *Nier: Automata*. *Game* ini bertemakan dunia fantasi dimana pemain ditempatkan di sebuah wilayah terbuka bernama “*Land of Marmel*”. Wilayah ini adalah tempat yang berbahaya yang dihuni oleh banyak monster. Tujuan utama *game* ini adalah untuk mencari jalan keluar dari wilayah tersebut sembari melawan monster yang pemain lewati. *Game* ini sepenuhnya dikembangkan untuk *platform* PC.

3.3.1.2. Mekanik Video Game

Mekanik utama yang diimplementasikan dalam *game* ini adalah berfokus pada *combat* melawan musuh dan eksplorasi dengan *goal* utama adalah menemukan jalan keluar dari *Land of Marmel*. Avatar yang pemain mainkan memiliki beberapa kemampuan yang diorientasikan untuk mekanik ini yaitu *Sword Slash* (Tebasan Pedang) dan *Blocking Stance* (Kuda-kuda bertahan). Kedua kemampuan ini terikat dengan 2 mekanik lain yang berfokus pada *resource management* (manajemen sumber daya) berupa *Health Point System* (HP; Sistem Poin Darah) dan *Stamina System* (Sistem Stamina). Adapula cara kerja mekanik-mekanik ini:

- *Sword Slash* adalah kemampuan *player* untuk menyerang musuh didepannya dengan tebasan pedang yang terdiri dari 3 kombo serangan yaitu tebasan kiri-kanan-kiri. Mekanik ini bertujuan untuk memberikan *player* kemampuan untuk melawan dan mengalahkan musuh yang dihadapi.
- *Blocking Stance* adalah kemampuan *player* untuk memblokir serangan yang diterima. Saat dalam kuda-kuda ini, avatar *player* tidak akan menerima poin serangan dan tidak akan mengurangi HP avatar *player* saat diserang.

- *Health Point System* adalah sistem poin darah yang merepresentasikan keadaan nyawa avatar *player* dalam *game*. Mengelola *resource* ini melibatkan pengambilan keputusan seperti bagaimana mengurangi kemungkinan terkena serangan, atau untuk kapan mengambil risiko berdasarkan tingkat HP yang tersisa.
- *Stamina System* adalah sumber daya yang menentukan kemampuan karakter untuk melakukan tindakan tertentu, dalam konteks ini, kemampuan *Blocking Stance*. Selama avatar *player* melakukan kemampuan *blocking stance* ini, sumber daya ini akan terus berkurang secara perlahan dan bila habis, *player* tidak bisa melakukan kemampuan *blocking stance* untuk beberapa saat hingga sumber daya ini penuh kembali, yang mana akan mengekspos *player* ke situasi yang rentan bahaya.

3.3.1.3. Desain User Interface

Perancangan desain *User Interface* (UI) adalah tahap yang penting untuk dilakukan karena UI bertujuan untuk memberikan informasi mengenai berbagai status mengenai avatar *player* dan *enemy* kepada *player*. Pada penelitian ini, *User Interface* yang dirancang terbagi menjadi 3 yaitu *Player UI* dan *Enemy UI* dan *End Game UI*.

- **Player UI**

Player User Interface (UI) adalah elemen-elemen UI yang berguna untuk menunjukkan informasi secara visual tentang *status player*. Perancangan *Player UI* yang akan diimplementasikan didasari pada mekanik-mekanik yang berhubungan dengan avatar *player* didalam *game*. Mekanik-mekanik yang memerlukan UI ini adalah *Health Point System*, *Stamina System*, dan senjata yang digunakan untuk *combat*.



Gambar 3. 2 Tampilan UI Player HP (Merah, Atas) dan UI Player Stamina (Bawah, Abu-abu)

UI *Health Point System* menunjukkan status numerik nyawa karakter pemain. Dalam penelitian ini HP penuh di representasikan dengan angka 100 dan paling sedikit adalah 0.



Gambar 3. 3 Tampilan UI Senjata

- **Enemy UI**

Enemy User Interface adalah elemen-elemen UI yang berguna untuk menunjukkan informasi secara visual tentang *status enemy*. Perancangan *enemy UI* yang diimplementasikan didasari pada status yang

berhubungan dengan karakter *enemy* didalam *game*. status tersebut adalah: *Health Point*, *Enemy Name* (Nama Musuh) dan *Emotion Status* (Status Emosi).

Sama seperti sistem pada *player*, *Health Point UI* pada *enemy* berfungsi untuk menunjukkan status HP *enemy* saat ini. Sistem ini menentukan status dimana karakter *enemy* hidup (jika $HP \geq 0$) atau mati ($HP \leq 0$).



Gambar 3. 4 Tampilan UI Enemy HP

Enemy Name adalah komponen UI yang berguna untuk menunjukkan nama dari jenis *enemy*.



Gambar 3. 5 Tampilan UI Enemy Name

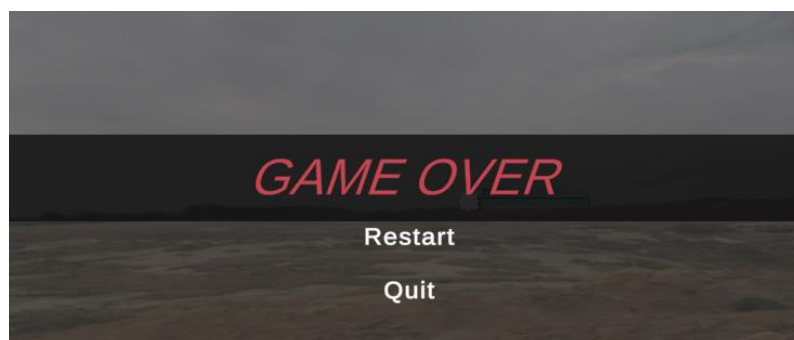
Emotion Status (Status Emosi) adalah komponen UI yang berfungsi untuk menunjukkan status emosi saat ini pada *enemy* (hanya untuk jenis *enemy* yang diimplementasikan EBA).



Gambar 3. 6 (Dari kiri) UI Emoji untuk jenis emosi Anger, Fear dan Determination

- **End Game UI**

End game UI adalah elemen-elemen UI yang berguna untuk memberitahu *player* mengenai situasi dimana *game* telah berakhir. Situasi ini terjadi jika avatar *player* mati ($Player\ HP \leq 0$) atau *player* berhasil memenuhi goal utama dari *game* ini, yaitu menemukan jalan keluar. Untuk kedua skenario situasi ini, dibuat 2 buah elemen UI berupa *Game Over Screen* untuk skenario dimana avatar *player* mati dan *Game End Screen* untuk skenario dimana *player* menemukan jalan keluar. Kedua *screen* ini terdiri dari beberapa komponen yaitu *background*, *text*, tombol *restart* dan tombol *quit*.



Gambar 3. 7 UI Game Over Screen



Gambar 3. 8 UI Game End Screen

3.3.1.4. Desain Audio

Komposisi musik dan *sound* yang digunakan dalam *game* ini bertema *medieval fantasy & Adventure*. Musik ini biasanya dimainkan dengan instrumen abad pertengahan seperti *vielle*, *harp*, *psaltery*, *flute*, *shawm*, *bagpipe*, dan *drums*. Jenis musik ini dipakai agar meningkatkan immersifitas dunia yang bertema fantasi kepada *player*.

Sound Effect yang ada di *game* ini dapat dikategorikan menjadi 2 jenis yaitu suara dari hasil *Player Sounds* dan *World Sounds*. *Player Sounds* adalah suara yang dihasilkan oleh *player* dari hasil interaksi *player* dengan objek yang ada di dunia, seperti suara berjalan di permukaan dan suara hunusan pedang. Sedangkan *World sounds* adalah suara yang ada untuk menghidupkan suasana dan meningkatkan immersifitas *player* ke dunia *game*. Suara ini berupa *background music* dan suara dari *enemy*.

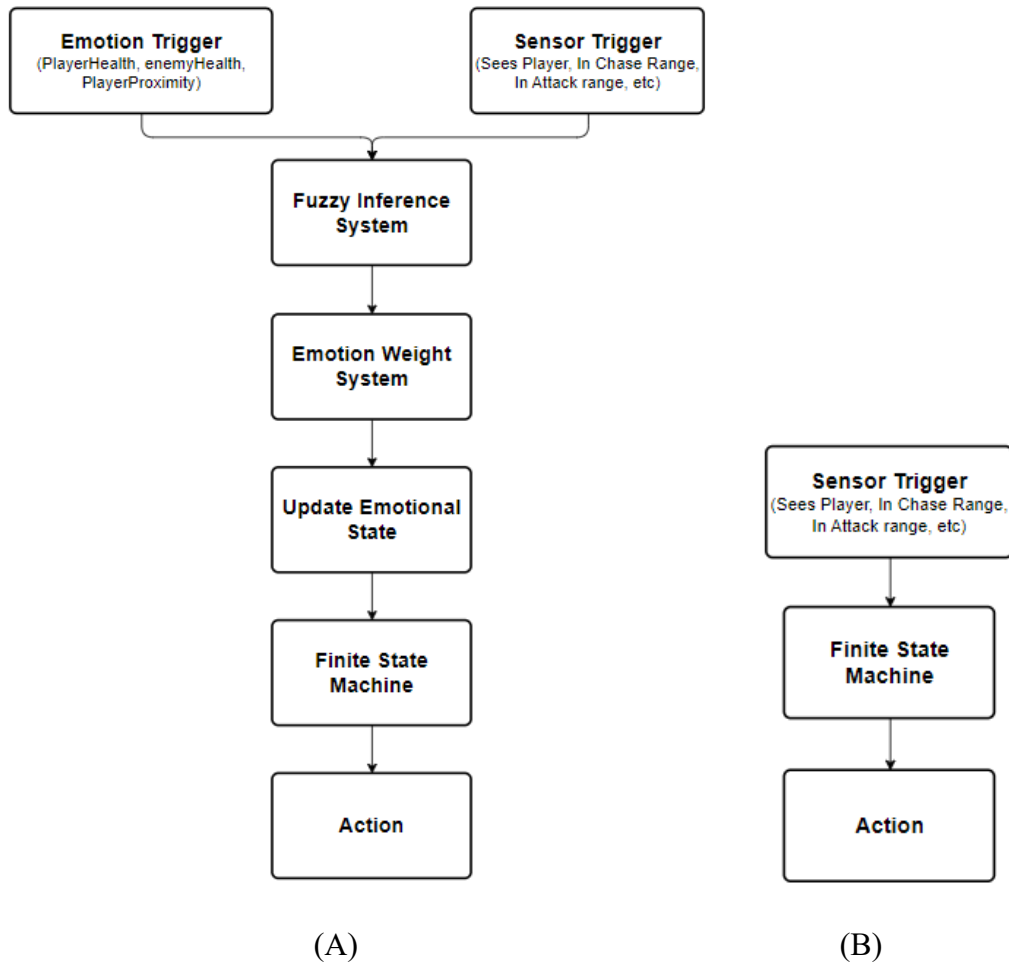
Seluruh musik dan *sound effect* yang digunakan pada penelitian ini didapat melalui website Pixabay yang menyediakan konten audio bebas royalti.

3.3.1.5. Desain Animasi

Animasi yang digunakan pada pengembangan *game* ini digunakan dengan tujuan untuk memperkaya visual dalam permainan dan memberikan informasi visual kepada pemain tentang perilaku avatar pemain dan *enemy*.

Seluruh animasi yang digunakan dalam penelitian ini didapat melalui website Mixamo yang memberikan jasa *rigging* serta memberikan berbagai macam animasi untuk model 3D secara gratis dan bebas royalti.

3.3.2. Perancangan *Enemy* AI

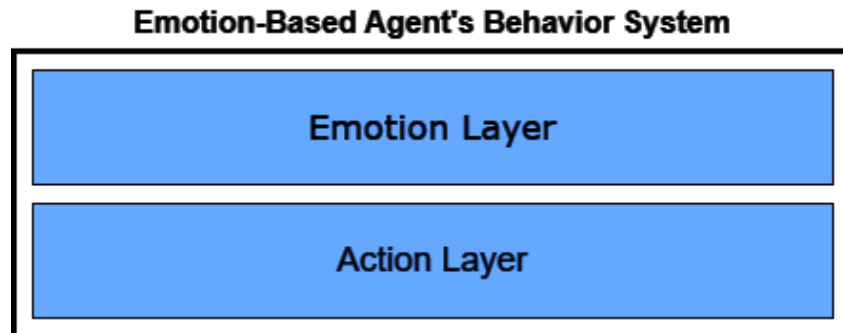


Gambar 3. 9 (A) Diagram Sistem Enemy Berbasis Emotion-Based Agent dan (B) Enemy Berbasis Finite-State Machine Konvensional

Secara garis besar, Sistem *enemy* AI yang dikembangkan bekerja dengan cara mengolah *triggers* atau pemicu-pemicu yang diterima oleh *enemy* dan menerjemahkannya menjadi sekumpulan aksi spesifik yang akan dilakukan *enemy*. Untuk tipe *enemy* normal, Hal ini dapat direalisasikan dengan menggunakan sistem FSM konvensional. Namun, untuk tipe *enemy* yang mampu mensimulasikan emosi, pendekatan *Emotion-Based Agent* yang digabungkan dengan FSM digunakan untuk menghasilkan perilaku yang diinginkan. Untuk penjelasan arsitektur *enemy* yang lebih mendetail akan dijelaskan sebagai berikut.

Dalam arsitektur sistem perilaku *emotion-based agent* untuk *enemy* AI di *game* yang dikembangkan, terbagi menjadi 2 *layer* atau lapisan yang saling

bekerja dan berinteraksi yaitu *Emotion Layer* (Lapisan Emosi) dan *Action Layer* (Lapisan Aksi).



Gambar 3. 10 Diagram Layer atau lapisan dari sistem perilaku dari emotion-based agent

3.3.2.1. *Emotion Layer*

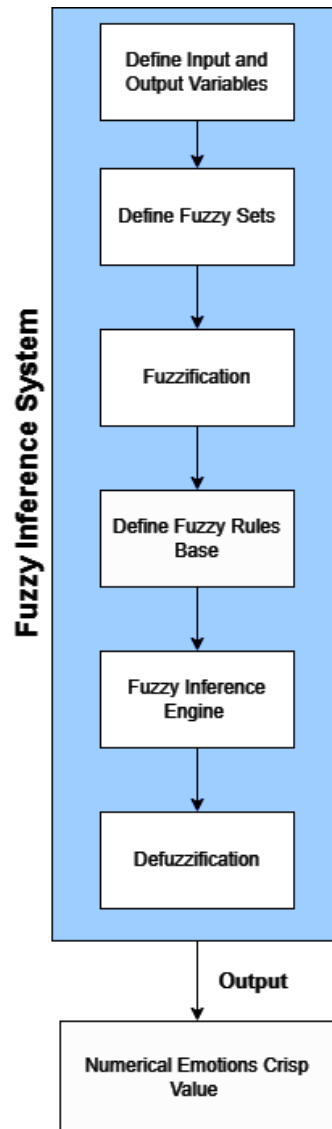
Emotion Layer adalah lapisan yang berfungsi untuk mengkalkulasi dan mensimulasikan emosi AI. *Layer* ini bertanggung jawab untuk mengatur respons emosional AI terhadap *trigger* atau pemicu seperti kejadian dan interaksi yang terjadi kepada AI. *Layer* ini akan dikalkulasi menggunakan Fuzzy Inference System (FIS).

FIS digunakan untuk mengatur perilaku emosi karakter *enemy* dalam *game* karena kelebihanannya dalam menangani ketidakpastian dan kompleksitas seperti emosi manusia.

FIS juga memungkinkan pengembang *game* menggunakan *fuzzy rules* untuk mempertimbangkan sejumlah besar variabel dan kondisi *enemy* dalam *game*. Sistem memungkinkan pengembang untuk membuat aturan yang lebih kompleks ataupun lebih sederhana untuk merancang perilaku *enemy* tergantung dari keinginan pengembang *game*. Adapula rancangan FIS dalam *layer* ini sebagai berikut:

1) Kalkulasi Emosi Menggunakan Fuzzy Inference System (FIS)

Layer ini menggunakan *Fuzzy Inference System (FIS)* untuk mengkalkulasi dan memutuskan ukuran emosi berdasarkan dari *triggers* atau pemicu-pemicu yang berasal dari interaksi dengan pemain.



Gambar 3. 11 Diagram Tahap Fuzzy Inference System

Adapula tahap-tahapan dari FIS:

a) Menentukan Variabel *Input* dan *Output*

Tahap awal adalah mengidentifikasi variabel-variabel yang akan digunakan sebagai *input* dan *output* dalam sistem fuzzy.

Dalam penelitian ini, variabel *input* yang digunakan berupa *triggers* atau pemicu yang diterima oleh *enemy* oleh pemain. Adapula *triggers* yang digunakan:

- *Player HP* (*Health Point*; Poin darah pemain),
- *Enemy HP* (Poin darah musuh),

- *Player Proximity* (Jarak antara pemain dengan musuh).

Variabel *output* yang diinginkan adalah berupa nilai numerikal yang mengintrepetasi tingkatan emosi untuk tiap-tiap jenis emosi musuh. Jenis-jenis emosi yang ada pada *enemy* berupa:

- Amarah (*Anger*). Emosi ini dipengaruhi oleh keadaan *Enemy HP*.
- Ketakutan (*Fear*). Emosi ini dipengaruhi oleh keadaan *Enemy HP* dan *Player Proximity*.
- Tekad (*Determination*). Emosi ini dipengaruhi oleh keadaan *Player HP*.

b) Menentukan Himpunan Fuzzy

Tahap ini bertujuan untuk menentukan himpunan fuzzy untuk setiap variabel dan menentukan fungsi keanggotaan untuk masing-masing himpunan fuzzy. Untuk tiap ukuran variabel, dibagi menjadi 3 bagian himpunan fuzzy untuk merepresentasikan 3 tingkatan ukuran yaitu “rendah”, “menengah” dan “tinggi”.

Untuk variabel *input* berupa *Player HP* dan *Enemy HP*, Ukuran nilai rendah berupa kemungkinan nilai terendah HP yaitu 0. Ukuran nilai menengah didapat dengan mengambil nilai tengah atau *median* dari darah maksimal, dan ukuran nilai maksimal diambil dari nilai maksimal darah musuh. Pendekatan ini diambil untuk mempertahankan fleksibilitas dan simetri dalam pengembangan *enemy*, sehingga jika terdapat banyak jenis *enemy* dengan nilai darah maksimal yang beragam, rasio kalkulasi himpunan fuzzy mereka semua akan tetap sama.

Untuk variabel *input* berupa *Player Proximity* didapat dengan mengkalkulasi jarak antara pemain dan *enemy*. Dalam penelitian ini, peneliti menetapkan bahwa ukuran nilai rendah

atau “dekat” adalah 5 unit, ukuran nilai menengah atau “menengah” adalah 15 unit, dan ukuran nilai tinggi atau “jauh” adalah 25 unit dengan deviasi standar sebagai lebar kurva adalah 3.

Untuk variabel *output*, ketiga jenis emosi dibagi menjadi 3 level dari tinggi ke rendah dengan jarak dari 10 (terendah) -100 (tertinggi):

- Level rendah: *Calm* (level rendah untuk semua emosi). Nilai yang ditetapkan adalah 10.
- Level menengah: *Annoyed* (Amarah menengah), *Apprehensive* (Ketakutan menengah), *Firm* (Tekad menengah). Nilai yang ditetapkan adalah 50.
- Level tinggi: *Furious* (Amarah tinggi), *Terrified* (Ketakutan tinggi), *Determined* (Tekad tinggi). Nilai yang ditetapkan adalah 100.

c) Pembentukan Aturan Fuzzy

Menentukan aturan-aturan fuzzy yang menghubungkan *input* dengan *output*. Untuk tiap jenis emosi, dibuat aturan-aturan fuzzy menghubungkan kondisi *input* dengan *output* dalam bentuk linguistik fuzzy. Aturan-aturan tersebut antara lain:

1) Amarah (*Anger*)

- Rule 1: *If Enemy has "Low" health THEN Anger is "High"*
- Rule 2: *If Enemy has "Medium" health THEN Anger is "Medium"*
- Rule 3: *If Enemy has "High" health THEN Anger is "Low"*

2) Ketakutan (*Fear*)

- Rule 1: *If Player is "Close" AND enemy has "High" health THEN Fear is "Low"*

- Rule 2: If Player is "Far" AND enemy has "High" health THEN Fear is "Low"
- Rule 3: If Player is "Close" AND enemy has "Low" health THEN Fear is "High"
- Rule 4: If Player is "Far" AND enemy has "Low" health THEN Fear is "Medium"
- Rule 5: If Player is "Close" AND enemy has "Medium" health THEN Fear is "Medium"

3) Tekad (*Determination*)

- Rule 1: If Player has "Low" health THEN Determination is "High"
- Rule 2: If Player has "Medium" health THEN Determination is "Medium"
- Rule 3: If Player has "High" health THEN Determination is "Low"

d) Fuzzifikasi

Tahap ini bertujuan untuk mengubah *input* berupa *crisp value* menjadi variabel fuzzy menggunakan *membership function* (fungsi keanggotaan) yang sudah ditentukan. Dalam proses ini, *input* berupa *Enemy HP* dan *Player HP* diubah menjadi variabel fuzzy menggunakan jenis fungsi keanggotaan yang peneliti pilih berupa *Triangular Membership Function* (Fungsi Keanggotaan Segitiga) dan untuk *input* berupa *player proximity* menggunakan *Gaussian Membership Function* (Fungsi Keanggotaan Gauss). *Triangular Membership Function* dikalkulasi menggunakan formula berikut:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x \leq a \\ 1 - \frac{x-a}{b-a} & \text{if } a \leq x \leq b \\ 1 - \frac{c-x}{c-b} & \text{if } b \leq x \leq c \\ 0 & \text{if } x \geq c \end{cases}$$

(1)

Dimana:

- $\mu(x)$ adalah nilai fungsi keanggotaan untuk *input* x
- x adalah nilai *input*
- b adalah nilai batas atas
- a adalah nilai tengah
- c adalah nilai batas bawah
- nilai *output* dikurang 1 sebagai langkah normalisasi untuk memastikan nilai tidak melebihi dari 1.

Adapula penerapan formula tersebut dalam kode program (C#):

```
float TriangularMembership(float x,  
float lowerLimit, float center, float  
upperLimit)  
  
{  
  
    if (x <= lowerLimit || x >=  
        upperLimit)  
  
    {  
  
        return 0f;  
  
    }  
  
    else if (x >= center)  
  
    {  
  
        return 1 - (x - center) /  
            (upperLimit - center);  
  
    }  
  
    else  
  
    {
```

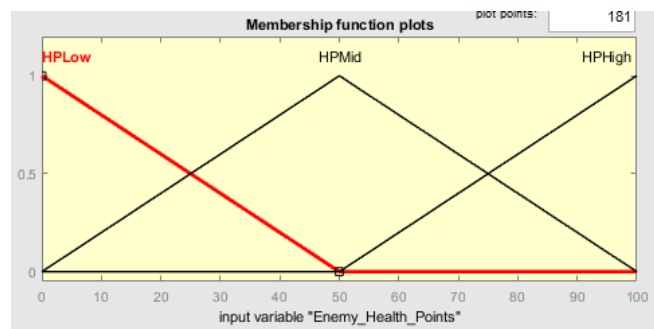


```

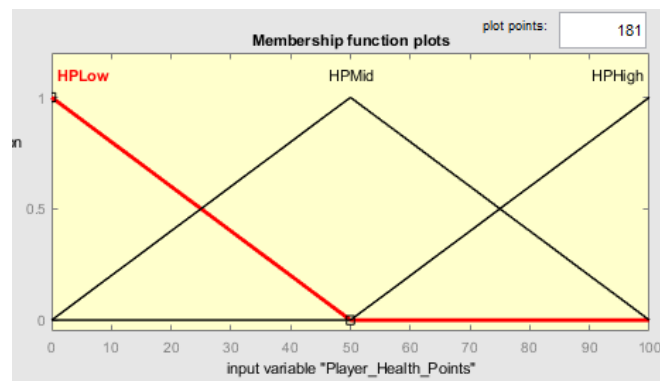
        return 1 - (center - x) /
        (center - lowerLimit);
    }
}

```

Model grafik juga bisa dibuat untuk dapat memvisualisasikan fungsi keanggotaan masing-masing *input* seperti berikut.



Gambar 3. 12 Fungsi Keanggotaan untuk Input Enemy HP



Gambar 3. 13 Fungsi Keanggotaan Input Player HP

Sementara itu, *Gaussian Membership Function* dikalkulasi menggunakan formula untuk eksponen pada formula distribusi normal Gauss.

$$\mu(x) = \exp\left(-\frac{(x-\text{mean})^2}{2 \times \text{StandardDeviation}^2}\right) \quad (2)$$

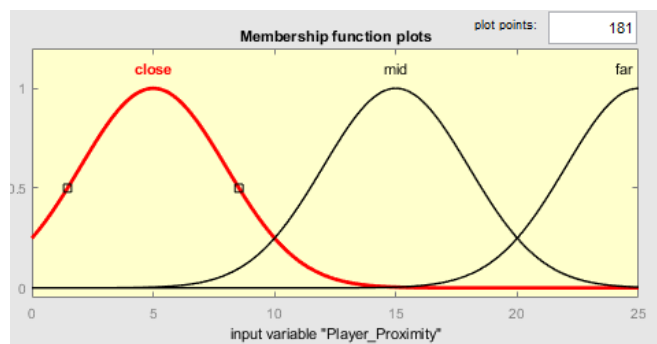
Dimana:

UNIVERSITAS SUMATERA UTARA

- $\mu(x)$ adalah nilai fungsi keanggotaan untuk *input* x
- x adalah nilai *input*
- exp adalah eksponen
- mean adalah nilai mean dari nilai *input*
- *StandardDeviation* adalah deviasi standar

Adapula penerapan formula tersebut kedalam kode program:

```
float GaussianMembership(float x,
float mean, float standardDeviation)
{
    float exponent = -((x -
mean) * (x - mean)) / (2 *
standardDeviation *
standardDeviation);
    return Mathf.Exp(exponent);
}
```



Gambar 3. 14 Fungsi Keanggotaan Player Proximity

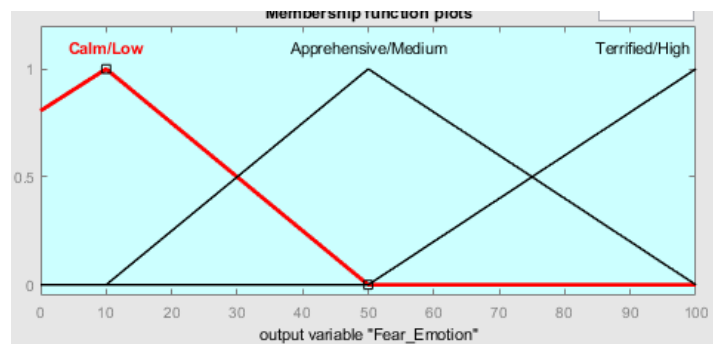
e) Inferensi Fuzzy

Pada tahap ini, diterapkan aturan-aturan fuzzy untuk menghasilkan *output* fuzzy berdasarkan *input* yang diberikan. Pada tahap ini, kalkulasi *output* mengandalkan kombinasi

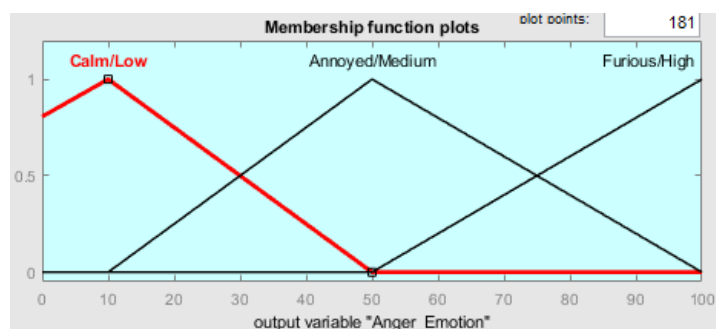
himpunan-himpunan fuzzy dengan menggunakan operasi agregasi fuzzy menggunakan operasi *MIN* untuk inferensi dengan nilai *input* lebih dari satu dan menggunakan operator logika fuzzy “*AND*” atau *MAX* untuk inferensi dengan satu nilai *input* pada tingkat inferensi. Dengan inferensi fuzzy ini, *Output* yang dihasilkan merupakan kombinasi dari beberapa kontribusi dari berbagai aturan yang diterapkan pada nilai-nilai *input*.

f) Defuzzifikasi

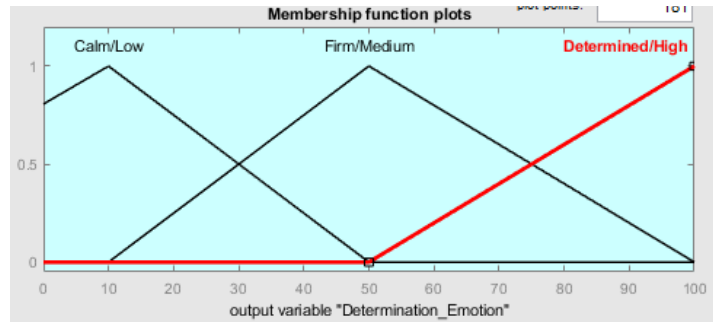
Tahap terakhir adalah mengubah *output* fuzzy menjadi nilai *crisp* atau tegas yang dapat digunakan dalam sistem. Pada tahap ini, untuk mengubah nilai fuzzy dari *input* menjadi *crisp value* emosi, harus didapat terlebih dahulu nilai *membership function* dari tiap *output* jenis emosi. *Membership function* yang digunakan peneliti untuk tiap-tiap emosi adalah *Triangular Membership Function*.



Gambar 3. 15 Fungsi Keanggotaan Emosi “Fear”



Gambar 3. 16 Fungsi Keanggotaan Emosi “Anger”



Gambar 3. 17 Fungsi Keanggotaan "Determination"

Selanjutnya, nilai *input* bisa di defuzzifikasi ke *crisp value* untuk tiap jenis emosi. Metode defuzzifikasi yang digunakan adalah metode *centroid* yang dikalkulasi menggunakan formula:

$$Centroid = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \mu(x) \times x \, dx}{\int_{-\infty}^{\infty} \mu(x) \, dx} \quad (3)$$

Dimana:

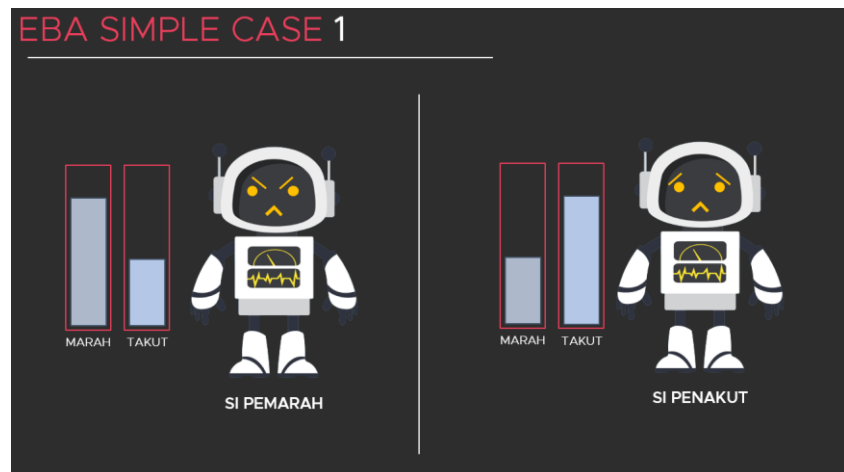
- $\mu(x)$ adalah nilai fungsi keanggotaan.
- x adalah nilai *input*.
- integral dievaluasi untuk semua kemungkinan jarak nilai.

Output dari defuzzifikasi berupa nilai emosi untuk tiap jenis emosi dari rentang 10 (terendah) – 100 (tertinggi).

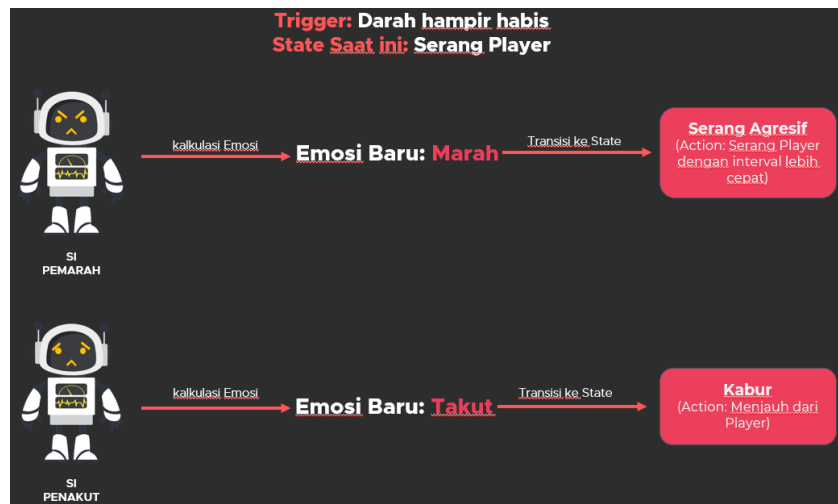
2) *Emotion Weight System* dan Interpretasi *Crisp Value* Emosi

Nilai emosi yang didapat dari *output* FIS selanjutnya akan diproses lebih lanjut dengan menambah fitur *emotion weight system* (sistem bobot emosi) sebagai pengatur sensitivitas *enemy* terhadap suatu emosi. Dengan menerapkan sensitivitas, *enemy* dapat diatur dan disetel untuk memberikan "kepribadian" yang berbeda. Contohnya, jika satu *enemy* lebih sensitif terhadap emosi marah, dan musuh lainnya lebih sensitif terhadap emosi takut, dengan *trigger* yang sama, *action* yang diambil

oleh kedua *enemy* ini dapat berbeda drastis. Contohnya *enemy* yang sensitif terhadap emosi takut, akan mengambil aksi yang berhubungan dengan emosi takut tinggi seperti kabur. Sedangkan *enemy* yang sensitif terhadap emosi marah, akan mengambil aksi yang berhubungan dengan emosi marah tinggi seperti menyerang dengan lebih agresif.



Gambar 3. 18 EBA Simple Case: Si Pemaarah (lebih sensitif ke emosi marah) dan Si Penakut (lebih sensitif ke emosi takut)



Gambar 3. 19 EBA Simple Case: Action yang diambil oleh Si Pemaarah dan Si Penakut

Untuk mendapat nilai emosi dengan bobot, dapat dikalkulasi dengan formula berikut:

$$weightedEmotion = EmotionCrispValue \times Weight$$

(4)

Dimana:

- *WeightedEmotion* adalah nilai emosi yang telah diberi bobot.
- *EmotionCrispValue* adalah nilai *crisp* emosi yang didapat dari tahap FIS.
- *Weight* adalah bobot.

Setelah Nilai emosi yang terbobot sudah didapat, nilai tersebut akan diinterpretasi ke dalam sebuah bentuk yang lebih mudah dipahami pemain. Dari pada nilai *crisp* numerikal yang kurang intuitif, nilai ini bisa diinterpretasi kedalam *state* diskrit sesuai dengan 3 level emosi untuk masing-masing jenis menggunakan fungsi IF-ELSE.

$$NewEmotionState = \begin{cases} LowLevel & \text{if } WeightedEmotionVal \leq 49 \\ MediumLevel & \text{if } 50 \leq WeightedEmotionVal \leq 74 \\ HighLevel & \text{if } WeightedEmotionVal \geq 75 \end{cases} \quad (5)$$

Dimana:

- *NewEmotionState* adalah *output state* emosi baru,
- *LowLevel* adalah Nilai Emosi Rendah,
- *MediumLevel* adalah Nilai Emosi Menengah,
- *HighLevel* adalah Nilai Emosi Tinggi,
- *WeightedEmotionVal* adalah nilai emosi yang sudah terbobot.

Adapula contoh implementasi dalam kode program (emosi “*Fear*”):

```
if (weightedFearVal > weightedAngerVal)
{
    if (weightedFearVal <= 49)
    {
        currentEmotion = AIEmotionTypes.Calm;
    }

    else if (weightedFearVal >= 50 &&
weightedFearVal <= 74)
```

```

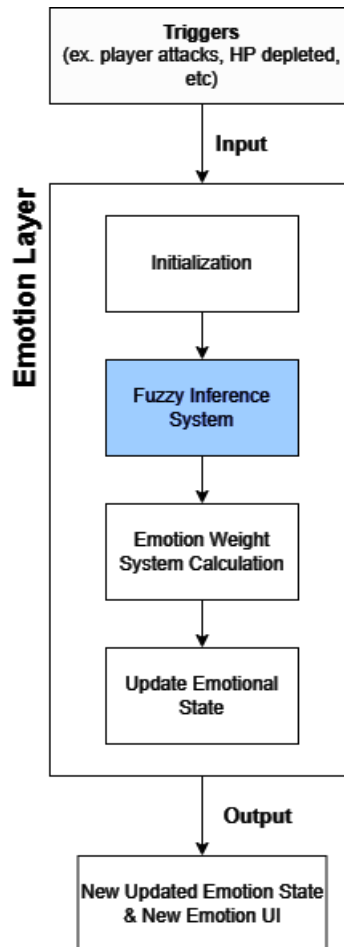
{
    currentEmotion =
        AIEmotionTypes.Apprehensive;
}

else if (weightedFearVal >= 75)
{
    currentEmotion =
        AIEmotionTypes.Terrified;
}
}

```

Dari *output state* emosi ini, selanjutnya dapat dihubungkan dengan sebuah tampilan UI (*User Interface*) yang lebih mudah dipahami oleh pemain. Dalam penelitian ini, peneliti meninterpretasikan nilai *crisp emosi* menjadi beberapa jenis UI emoji yang dapat dilihat pada bagian *Enemy UI*.

Selain digunakan untuk menginterpretasikan kedalam bentuk UI, *Emotion State* ini juga digunakan sebagai *trigger* parameter untuk transisi *state* yang akan ditangani oleh *Action Layer*.



Gambar 3. 20 Diagram Cara Kerja Emotion Layer

3.3.2.2. Action Layer

Action Layer bertugas untuk mengatur dan melakukan aksi dan keputusan yang akan dilakukan sang AI berdasarkan dari) *trigger* sensor, dan *emotional state* yang didapat dari *emotion layer*. *Layer* ini mengambil parameter-parameter *trigger* yang diterima dan menerjemahkannya ke dalam tindakan dan perilaku yang harus dilakukan oleh AI.

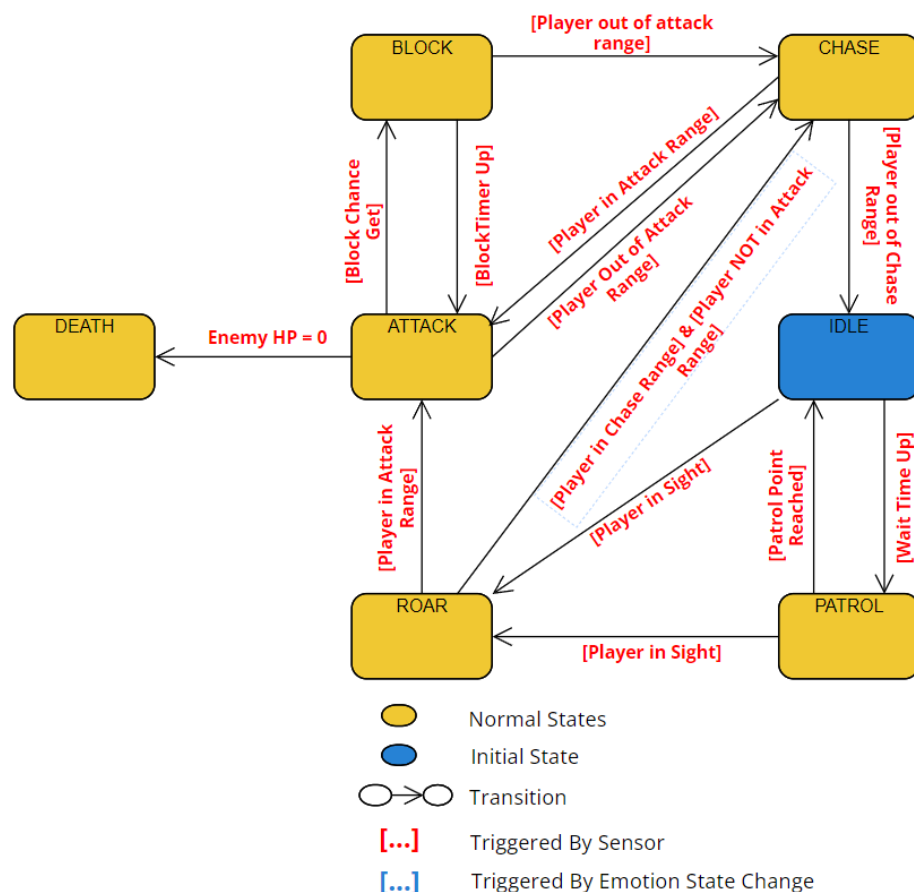
Layer ini juga mengelola transisi antara berbagai *state* (Kondisi/Keadaan) perilaku berdasarkan perubahan emosional atau *emotional trigger* atau *sensor trigger* yang diterima menggunakan *Finite State Machine* (FSM) sebagai *framework* dasarnya. Misalnya, Jika *enemy* AI melihat *player* dengan sensor penglihatannya, *enemy* akan memutuskan untuk bertransisi dari *state patrol* (patroli) ke *state chase* (kejar). Contoh lain, jika emosi *enemy* AI berubah dari tenang menjadi marah, AI akan

memutuskan untuk berperilaku lebih agresif dan bertransisi dari *state Attack* (Menyerang), ke *state Aggressive Attack* (menyerang Agresif). *Output* dari *layer* ini adalah serangkaian tindakan atau perilaku yang harus dilakukan oleh AI di dunia *game*.

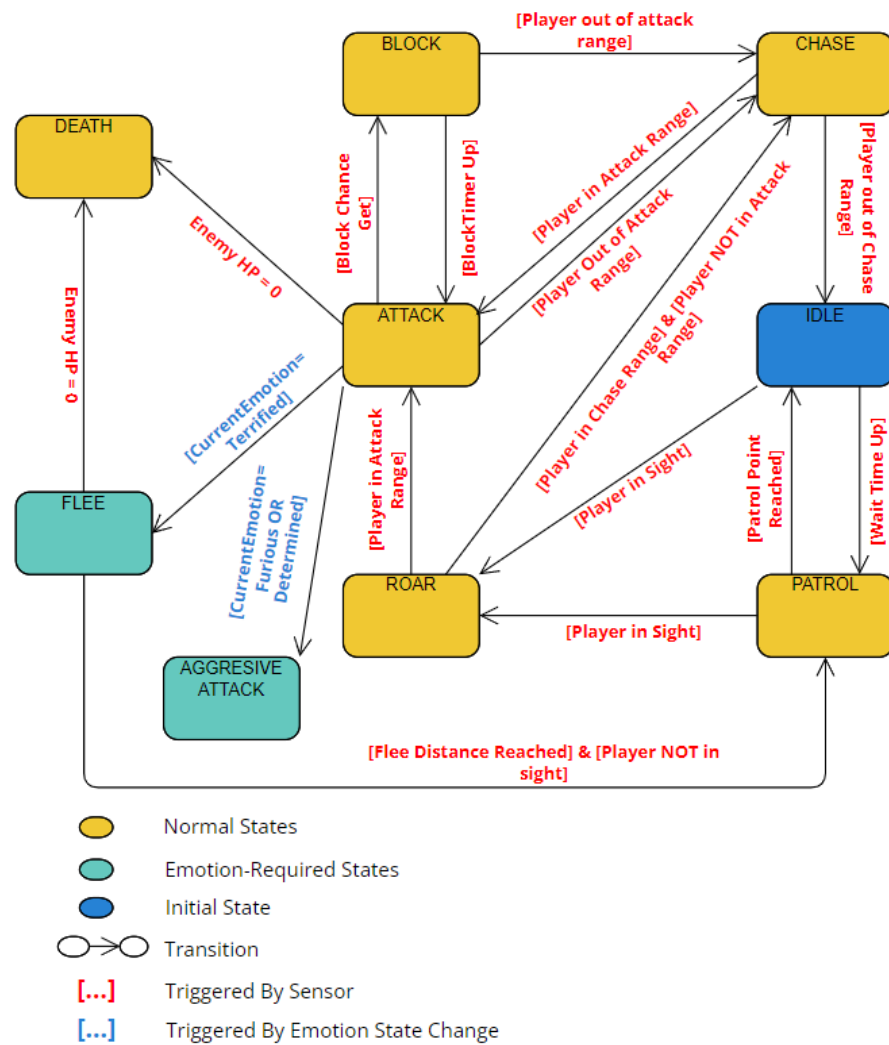
1) Struktur *Finite State Machine*

Struktur utama dari *action layer* adalah *Finite State Machine* yang mengatur semua transisi serta aksi yang harus dilakukan *enemy AI* tergantung dari *triggers* yang diterima. Struktur FSM yang dikembangkan terdiri dari 8 *state* utama yaitu: *Idle* (Diam), *Chase* (Kejar), *Patrol* (Patroli), *Roar* (Mengaum), *Attack* (Serang), *Block* (Berlindung), *Death* (Mati), dan *Flee* (Kabur).

Struktur FSM yang dikembangkan adalah sebagai Berikut:

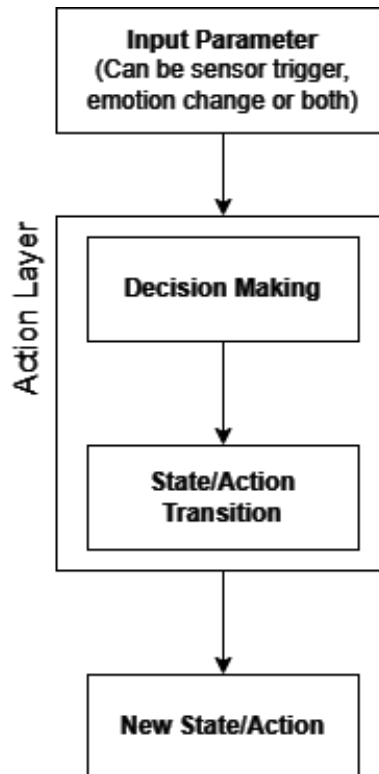


Gambar 3. 21 Struktur *Finite State Machine* untuk *Action Layer* Pada Jenis *enemy* biasa



Gambar 3. 22 Struktur Finite State Machine untuk Action Layer Pada Jenis enemy Emotion-Based Agent

Kedua jenis *enemy* menggunakan struktur FSM yang hampir sama hanya dengan beberapa perbedaan. Karena jenis *enemy* biasa tidak memiliki komponen untuk mensimulasikan emosi, *enemy* jenis ini tidak bisa bertransisi ke *Emotion-required states* (*State* yang memerlukan emosi). Sedangkan jenis *enemy EBA* dapat bertransisi ke semua jenis *State* jika menerima *trigger* yang benar.

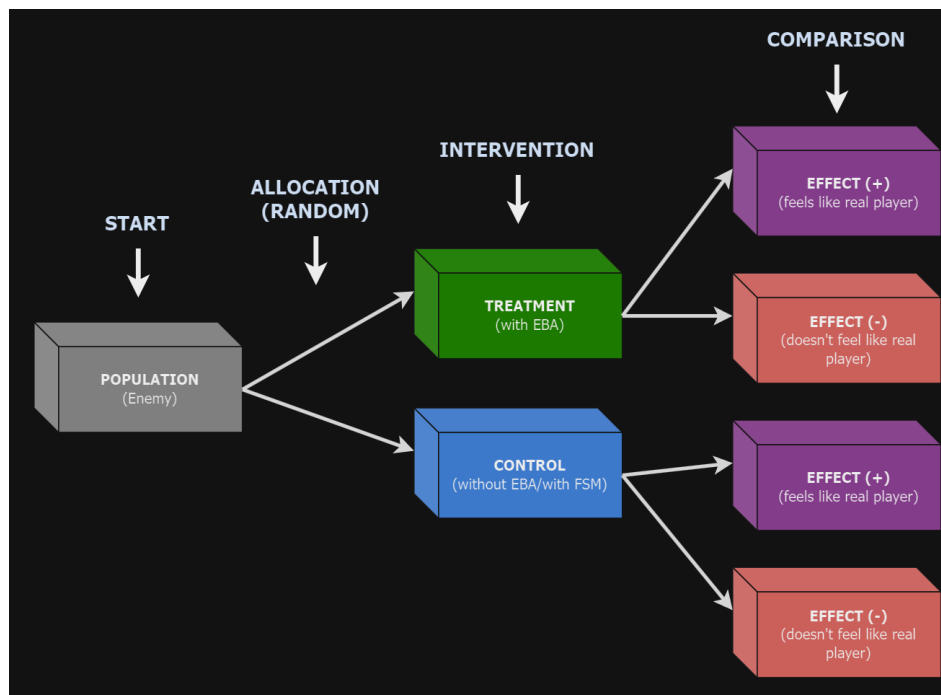


Gambar 3. 23 Diagram Cara kerja Action Layer

3.4. Rencana Uji Coba dan Evaluasi

Dalam metodologi ini, akan dirancang sebuah bentuk eksperimen dengan menempatkan *sample* pemain ke dalam skenario *game* dimana 2 jenis *enemy* berbeda diimplementasikan 2 jenis sistem perilaku AI yang berbeda pula. Salah satu jenis *enemy* akan menggunakan sistem perilaku *emotion-based agent*, sedangkan jenis *enemy* lainnya akan menggunakan sistem perilaku konvensional yang umum dipakai yaitu *Finite State Machine*. Kunci dari metodologi ini adalah pengujian akan dilakukan secara *Blind Test* (Uji Buta) dimana *sample* tidak diberitahu atas adanya perbedaan dalam sistem perilaku antara kedua jenis *enemy* yang akan mereka lawan. *Randomization* atau

randomisasi juga akan diterapkan untuk meminimalisir prediksibilitas dan bias terhadap penampilan *enemy*.



Gambar 3. 24 Diagram Randomized Control Trial (RCT) untuk metodologi eksperimental “Pengembangan Model Emotion-Based Agent dalam Sistem Perilaku AI Musuh Dalam Video game “Dungeon Liberation”

3.5. Teknik Analisis Data

Analisis data-data eksperimen dilakukan menggunakan metode analisis *Minimum Score Index* (MSI). MSI atau *Minimum Score Index* adalah metode penilaian yang menggunakan nilai minimum yang ditetapkan sebelumnya untuk mengukur sejauh mana suatu respons atau hasil memenuhi standar tertentu. Metode ini melibatkan pengumpulan data dari setiap *play-tester* menggunakan kuisisioner dalam skala Likert untuk menggali informasi yang lebih mendalam tentang pengalaman pemain dan diharapkan mampu untuk memvalidasi respons pemain terhadap *video game* dan kedua jenis musuh.

Skala Likert digunakan untuk memetakan respons para *play-tester* terhadap pengalaman bermain serta respons mereka terhadap pertemuan dan konfrontasi dengan 2 jenis *enemy* dalam *video game*.

BAB IV

IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM

Hasil implementasi sistem berupa video game “Dungeon Liberation” dalam versi alpha dapat dilihat dalam gambar-gambar bberikut:

4.1. Hasil Implementasi *Video Game “Dungeon Liberation”*

4.1.1. Tampilan Dunia *Video Game*



Gambar 4. 1 Tampilan Dunia Game “Land or Marmel” Dari POV Pemain



Gambar 4. 2 Tampilan Dunia Game “Land or Marmel” Dari POV Atas



Gambar 4. 3 Tampilan Dunia Game “Land or Marmel” Dari POV Top-Down

4.1.2. Hasil Implementasi Mekanik



Gambar 4. 4 Avatar Player Melakukan Mekanik “Sword Slash”



Gambar 4. 5 Avatar Player Melakukan Mekanik “Blocking Stance”



Gambar 4. 6 Avatar Player Terkena Serangan Dan Kehilangan HP

4.1.3. Hasil Implementasi UI



Gambar 4. 7 Implementasi Player UI (HP, Stamina & Weapon)



Gambar 4. 8 Implementasi Enemy UI untuk Jenis Mutant (HP, Name, & Emosi)



Gambar 4. 9 Implementasi Enemy UI untuk Jenis Troll (HP & Name)



Gambar 4. 10 Impelementasi UI Game Over Screen



Gambar 4. 11 Impelementasi UI Game End Screen

4.1.4. Hasil Implementasi Enemy AI

Untuk versi *Beta* dari *game* ini, terdapat 2 jenis musuh yang dapat pemain jumpai, yaitu *Mutant*, Jenis enemy normal yang hanya diimplementasikan FSM konvensional dan sebagai variabel kontrol dalam penelitian dan *Troll*, Jenis enemy yang diimplementasikan *emotion-based agent*.

Mutant adalah jenis *enemy* yang memiliki tinggi hampir sama dengan avatar pemain. Jenis *enemy* ini adalah yang paling banyak jumlahnya di *Land of Marmel*. Ciri khas dari *enemy* ini adalah jumlahnya yang banyak, lebih gesit dan cepat dan memiliki emosi dan aksi dinamis namun dengan kelemahan HP yang sedikit. Perilaku ini didapat dari diimplementasikannya EBA ke jenis *enemy* ini.



Gambar 4. 12 3D Model dari enemy Mutant



Gambar 4. 13 Avatar Pemain Sedang Melawan Enemy Mutant

Jenis *enemy* yang kedua adalah *Troll*. *Troll* adalah jenis *enemy* yang jauh lebih besar dibanding *mutant*. Jenis *enemy* ini lebih jarang ditemui dibanding *mutant*. Ciri khas *enemy* ini adalah ukuran badannya yang besar, dan *damage*-nya yang diberikan juga besar, namun dengan kelemahan gerakan yang lambat dan lebih mudah ditebak. *Enemy* ini dibuat dengan tujuan sebagai versi *enemy* “kontrol” dalam penelitian dan juga sebagai variasi berlawanan dari jenis

enemy mutant yang lebih lambat, besar, lebih mudah ditebak namun lebih “kurang pintar” dibanding jenis *enemy mutant*. Jenis *enemy* ini dikendalikan hanya menggunakan sistem perilaku konvensional *Finite State Machine*.



Gambar 4. 14 3D Model dari Enemy Troll

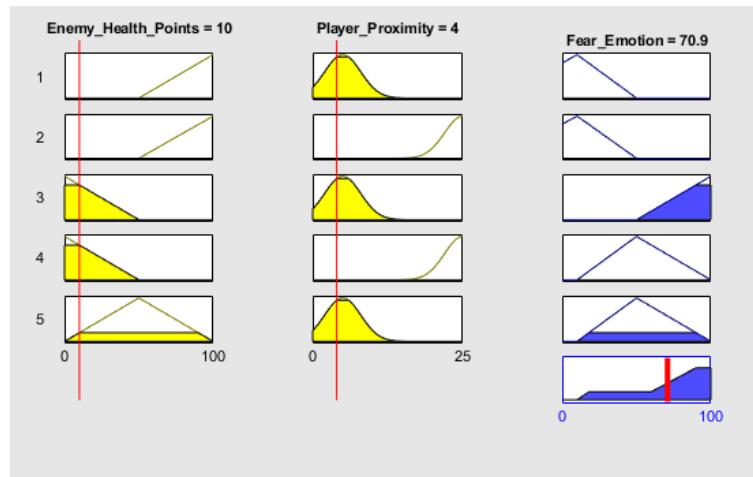


Gambar 4. 15 Avatar Pemain Sedang Melawan Enemy Troll

4.2. Hasil Uji Program

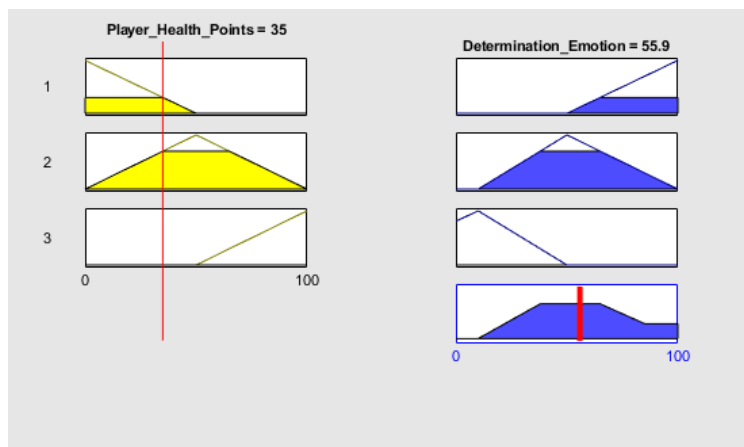
4.2.1. Simulasi *Fuzzy Inference System* berbentuk *Test Case* dengan *MatLab*

Simulasi *test case* di aplikasi MatLab di lakukan dengan tujuan membandingkan hasil yang dari *test case* dari MatLab dengan hasil yang sudah diimplementasi di *game*.



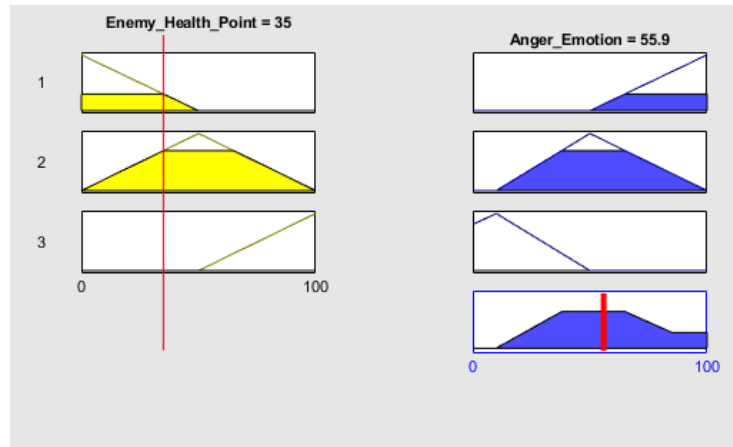
Gambar 4. 16 Test Case Emosi "Anger"

Gambar diatas menunjukkan hasil dari *test case* untuk emosi *Fear* dimana, dengan *input Enemy HP = 10* dan *Player Proximity = 4*, nilai emosi *Fear* yang didapat adalah 70,9.



Gambar 4. 17 Test Case Emosi "Anger"

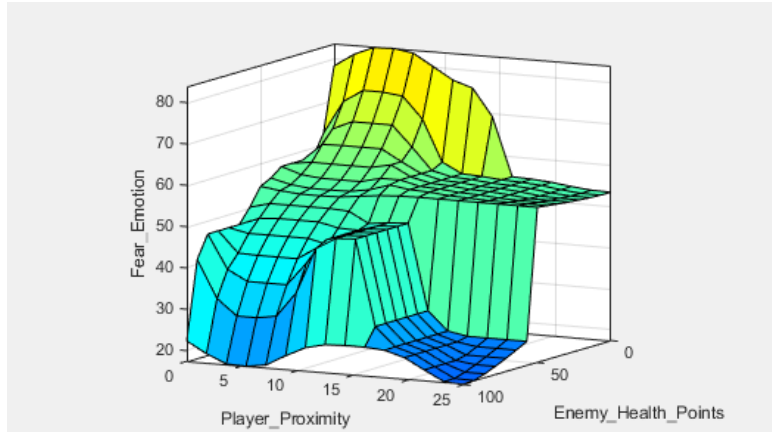
Gambar diatas menunjukkan hasil dari *test case* untuk emosi *Determination* dimana, dengan *input Player HP = 35*, nilai emosi *Determination* yang didapat adalah 55,9.



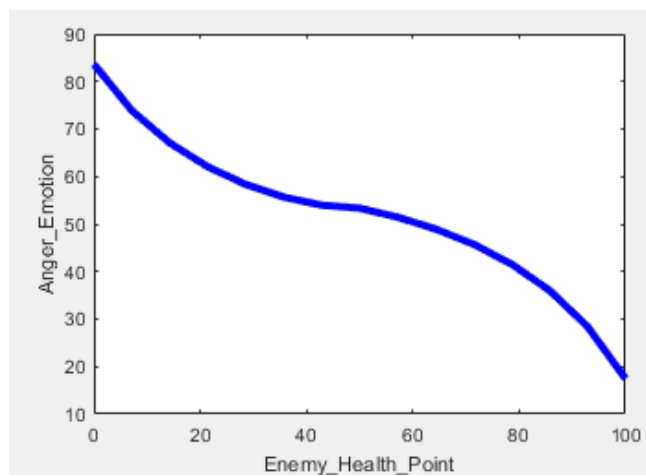
Gambar 4. 18 Test Case Emosi "Determination"

Yang terakhir adalah gambar yang menunjukkan hasil dari *test case* untuk emosi *Anger* dimana, dengan *input Enemy HP* = 35, nilai emosi *Anger* yang didapat adalah 55,9.

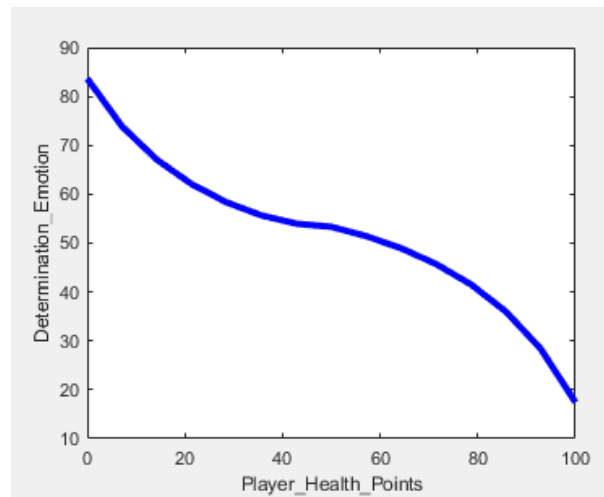
Dari hasil *output* ini juga, kita dapat mem-*plot* semua kemungkinan *output* dari berbagai kombinasi *input* ke dalam bentuk sebuah *surface graph* (grafik permukaan). Grafik ini cukup berguna untuk menunjukkan dengan jelas visualisasi langsung tentang bagaimana *output* dari sistem inferensi fuzzy berubah seiring dengan perubahan *input*nya. Grafik ini juga sangat berguna untuk pengoptimisasian dan pengefisiensian sistem dimana, dari pada menjalankan sistem fuzzy berulang kali untuk setiap kombinasi *input*, kita bisa membuat *look-up table* atau table referensi untuk menyimpan hasil yang telah dihitung sebelumnya. Hal ini mengurangi waktu komputasi karena hasil sudah tersedia dalam tabel. Namun karena optimisasi bukan fokus dari penelitian ini, peneliti tidak menggunakan table referensi dari sistem ini.



Gambar 4. 19 Grafik Permukaan Emosi “Fear”



Gambar 4. 20 Grafik Permukaan Emosi “Anger”



Gambar 4. 21 Grafik Permukaan Emosi “Determination”

4.3. Hasil Uji Program Dalam Game

Hasil yang diharapkan dari hasil implementasi ke *game* adalah apakah perilaku dan *output* seperti UI dan *action* yang diinginkan dapat dikeluarkan oleh *enemy*. Dari hasil uji coba sistem, semua perilaku dan UI dapat dikeluarkan oleh *enemy* dengan tepat sesuai dengan *trigger*.



Gambar 4.23 Enemy menunjukkan emosi dan UI “Calm”

Dari gambar diatas menunjukkan enemy yang menunjukkan emosi dan UI emoji “Calm” saat tidak menerima trigger apapun dari *player*



Gambar 4.24 Enemy menunjukkan emosi dan UI “Furious”

Gambar selanjutnya menunjukkan *enemy* yang menunjukkan emosi dan UI emoji “*Furious*” saat menerima trigger berupa serangan *player* dan HP *enemy* dalam status *Low* (Rendah). Sudah dipetakan juga hubungan antara *trigger EnemyHealth* dan emosi “*Anger*” kedalam sebuah table berikut.

Tabel 4. 1 Tabel Pemetaan Input Trigger “*EnemyHealth*” dengan Output Emosi “*AngerEmotion*”

EnemyHealth	AngerEmotion
100	10
95	14
90	18
85	22
80	26
75	30
70	33.99
65	37.99
60	41.99
55	45.99

50	49.99
45	54.99
40	59.99
35	64.99
30	69.99
25	74.99
20	79.99
15	84.99
10	89.99
5	94.99
0	0

Berdasarkan table di atas dapat diobservasi perilaku yang diharapkan dari hubungan *trigger* dan *output* emosi ini yang menunjukkan hubungan linear antara “*EnemyHealth*” dan “*AngerEmotion*”. Table tersebut menunjukkan perilaku dimana semakin rendah enemy HP, semakin tinggi emosi “*Anger*” atau marah yang didapat dari *fuzzy rules* yang telah implementasikan untuk emosi ini.



Gambar 4. 22 Enemy menunjukkan emosi dan UI “Terrified”

Gambar diatas menunjukkan *enemy* yang menunjukkan emosi dan UI emoji “*Terrified*” saat HP *enemy* dalam status *Low* (Rendah). Adapun dipetakan kedalam table hubungan antara *trigger EnemyHealth* dan *PlayerProximity* dengan *output* emosi “*Fear*” kedalam sebuah table berikut.

Tabel 4. 2 Tabel Pemetaan Input Trigger “*EnemyHealth*” & “*PlayerProximity*” dengan Output Emosi “*FearEmotion*”

ENEMYHEALTH/ PLAYERPROXIMITY	25	20	15	10	5
100	10	10	10	10	10
95	10	10	22.7	21.5	14
90	10	10	22.7	28	18
85	10	10	22.7	29.9	22
80	10	10	23.2	29.9	26
75	10	10	22.7	29.9	30
70	10	10	23	29.9	33.9
65	10	10	23.3	29.9	37.9

60	10	10	22.9	32	41.9
55	10	10	23	38.4	45.9
50	10	28.2	49.9	49.9	49.9
45	50	50	66.4	64.3	54.9
40	50	50	66.6	72.6	59.9
35	50	50	65.5	74.9	64.9
30	50	50	66.6	74.9	69.9
25	50	50	66.4	74.9	74.9
20	50	50	66.4	74.9	79.9
15	50	50	66.6	74.9	84.9
10	50	50	66.4	77	89.9
5	50	50	65.5	85.5	94.9

Berdasarkan table di atas dapat diobservasi perilaku yang diharapkan dari hubungan *trigger* dan *output* emosi ini yang menunjukkan hubungan antara “*EnemyHealth*” dan *PlayerProximity*” dengan “*FearEmotion*”. Table tersebut menunjukkan beberapa perilaku yang didapat berdasarkan *fuzzy rules* yang diimplementasikan untuk emosi ini seperti emosi “*Fear*” atau ketakutan yang semakin tinggi jika *enemy* HP semakin rendah dan jarak *player* dengan *enemy* semakin dekat, emosi “*Fear*” sedang bila *enemy* HP rendah dan jarak *player* dengan *enemy*, dll.



Gambar 4. 23 Enemy menunjukkan emosi dan UI “Determined”

Yang terakhir adalah gambar yang menunjukkan *enemy* yang menunjukkan emosi dan UI emoji “*Determined*” saat HP *player* dalam status *Low* (Rendah). Adapun dipetakan kedalam table hubungan antara *trigger PlayerHealth* dan emosi “*Determination*” kedalam sebuah table berikut.

Tabel 4. 3 Tabel Pemetaan Input Trigger “*PlayerHealth*” dengan Output Emosi “*DeterminationEmotion*”

<i>PlayerHealth</i>	<i>DeterminationEmotion</i>
100	10
95	14
90	18
85	22
80	26
75	30
70	33.99
65	37.99
60	41.99
55	45.99
50	49.99
45	54.99

40	59.99
35	64.99
30	69.99
25	74.99
20	79.99
15	84.99
10	89.99
5	94.99
0	0

Berdasarkan table di atas dapat diobservasi perilaku yang diharapkan dari hubungan *trigger* dan *output* emosi ini yang menunjukkan hubungan linear antara “*PlayerHealth*” dan “*TeterminationEmotion*”. Table tersebut menunjukkan perilaku dimana semakin rendah *player* HP, semakin tinggi emosi “*determination*” atau tekad yang didapat dari *fuzzy rules* yang telah implementasikan untuk emosi ini.

4.4. Hasil Eksperimen Sampel

Peneliti telah melakukan eksperimen kepada total 31 orang sample *play-tester*. Setiap *Play-tester* diberikan akses untuk bermain dan mengevaluasi game yang dikembangkan menggunakan metode skala Likert. Melalui kuesioner yang terstruktur, setiap *play-tester* diminta untuk menilai berbagai aspek permainan, seperti *overall gameplay* dan responsivitas AI dengan menggunakan skala Likert yang berfokus pada penilaian subjektif dengan skala 1-5 tergantung dari pertanyaan dalam kuisiomer.

4.4.1. Pengalaman Gameplay Secara Keseluruhan

Responden diminta untuk menilai bagaimana pengalaman secara keseluruhan mengenai *game* yang telah dimainkan.

Tabel 4. 4 Jawaban Responden Mengenai Seberapa Mendalam Pengalaman Mereka Saat Memainkan Game Ini (1 = Tidak mendalam, 5 = Sangat mendalam)

Tanggapan	Bobot Skor	Frekuensi	Jumlah Skor	Persentasi
Sangat Mendalam	5	4	20	12.90%
Mendalam	4	13	52	41.94%
Netral	3	13	39	41.94%
Sedikit Mendalam	2	1	2	3.22%
Tidak Mendalam	1	-	-	-
Total		31	113	100%

Berdasarkan table diatas, Sebagian besar responden (41.94%) memberikan penilaian "Mendalam" terhadap pengalaman bermain game. Jumlah responden yang merasa "Netral" juga sama dengan memberikan penilaian "Mendalam" (41.94%). Lalu, Hanya sedikit yang memberikan penilaian "Sangat Mendalam" (12.90%), yang mungkin menunjukkan bahwa ada ruang untuk peningkatan video game yang telah dikembangkan agar mampu memberikan pengalaman yang lebih dalam atau memuaskan. Dari hal ini dapat disimpulkan bahwa mayoritas responden memberikan penilaian positif terhadap tingkat kedalaman pengalaman bermain *game*, meskipun ada sedikit ruang untuk perbaikan untuk mencapai tingkat kepuasan yang lebih tinggi.

Tabel 4. 5 Jawaban Responden Mengenai Sejauh Apa Mereka Merasa Pengalaman Gameplay Ini Menarik? (1 = Tidak menarik, 5 = Sangat menarik)

Tanggapan	Bobot Skor	Frekuensi	Jumlah Skor	Persentasi
Sangat Menarik	5	7	35	22.58%
Menarik	4	17	68	54.84%
Netral	3	7	21	22.58%

Sedikit Menarik	2	-	-	-
Tidak Menarik	1	-	-	-
Total		31	124	100%

Adapula berdasarkan table diatas, mayoritas responden (54.84%) menganggap *game* ini "Menarik. Dengan Sejumlah besar juga merasa bahwa permainan ini "Sangat Menarik" (22.58%). Dari hal ini dapat disimpulkan bahwa mayoritas responden memberikan nilai positif terhadap tingkat kemenarikan *gameplay*, menunjukkan bahwa *game* ini secara umum dianggap menarik oleh kebanyakan dari mereka.

4.4.2. Pertemuan dengan Musuh

Responden diminta untuk menilai bagaimana pengalaman dalam pertemuan mereka dengan kedua tipe jenis musuh.

Tabel 4. 6 Jawaban Responden Mengenai Seberapa Berkesan Pertemuan Mereka Dengan Berbagai Musuh Di Dalam Game? (1 = Tidak berkesan, 5 = Sangat berkesan)

Tanggapan	Bobot Skor	Frekuensi	Jumlah Skor	Persentasi
Sangat Berkesan	5	8	40	25.8%
Berkesan	4	18	72	58.07%
Netral	3	5	15	16.13%
Sedikit Berkesan	2	-	-	-
Tidak Berkesan	1	-	-	-
Total		31	127	100%

Berdasarkan table diatas, mayoritas responden (58.07%) menganggap pertemuan mereka dengan berbagai jenis musuh di game "Berkesan" dengan sejumlah besar responden (25.8%) juga merasa pertemuan "Sangat Berkesan".

Dari hal ini dapat disimpulkan bahwa mayoritas responden merasa bahwa pertemuan dengan berbagai musuh di dalam *game* ini mengesankan dan memberikan pengalaman yang berkesan bagi mereka. Ini menunjukkan bahwa desain musuh dan interaksi dengan mereka dinilai positif oleh sebagian besar pemain.

Tabel 4. 7 Jawaban Responden Mengenai Sejauh Apa Mereka Melihat Perbedaan Taktik Atau Perilaku Yang Jelas Antara Tipe Musuh Yang Berbeda? (1 = Tidak ada perbedaan, 5 = Perbedaan yang sangat jelas)

Tanggapan	Bobot Skor	Frekuensi	Jumlah Skor	Persentasi
Perbedaan yang sangat jelas	5	11	55	35.48%
Perbedaan yang jelas	4	15	60	48.39%
Netral	3	5	15	16.13%
Sedikit Perbedaan	2	-	-	-
Tidak Ada Perbedaan	1	-	-	-
Total		31	130	100%

Berdasarkan table diatas, Sejumlah besar responden (48.39%) melihat “perbedaan yang jelas” dalam taktik atau perilaku antara tipe musuh yang berbeda dengan sejumlah besar responden lainnya (35.48%) melihat “perbedaan yang sangat jelas”. Dari hal ini dapat disimpulkan bahwa mayoritas responden memiliki tanggapan positif terhadap perbedaan dalam taktik atau perilaku antara tipe musuh yang berbeda di dalam *game* ini, menunjukkan desain perbedaan karakter musuh yang cukup efektif.

4.4.3. Pertanyaan Spesifik tentang AI Emosional

Responden diminta untuk menilai bagaimana tanggapan mereka mengenai aspek emosi yang mereka observasi berdasarkan *enemy* yang mereka jumpai.

Tabel 4. 8 Jawaban Responden Mengenai Seberapa Jelas Mereka Merasakan Adanya Emosi Atau Perilaku Dari Musuh Selama Bermain Game? (1 = Tidak jelas, 5 = Sangat jelas)

Tanggapan	Bobot Skor	Frekuensi	Jumlah Skor	Persentasi
Sangat Jelas	5	12	60	38.71%
Jelas	4	15	60	48.39%
Netral	3	3	9	9.68%
Sedikit Jelas	2	1	2	3.22%
Tidak Jelas	1	-	-	-
Total		31	131	100%

Berdasarkan table diatas, sebagian besar responden (48.39%) merasakan bahwa adanya "Emosi atau perilaku musuh sangat jelas" selama mereka bermain. Sejumlah besar responden lainnya (38.71%) juga merasakan bahwa adanya "Emosi atau perilaku musuh jelas". Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa mayoritas responden merasakan adanya emosi atau perilaku dari musuh selama bermain game ini, menunjukkan efektivitas sistem yang diimplementasikan dalam menampilkan aspek emosi atau perilaku pada *enemy*.

Tabel 4. 9 Jawaban Responden Mengenai Sejauh Apa Mereka Merasakan Bahwa Perilaku Musuh Dipengaruhi Oleh Emosi Selama Permainan? (1 = Tidak dipengaruhi, 5 = Sangat dipengaruhi)

Tanggapan	Bobot Skor	Frekuensi	Jumlah Skor	Persentas i
Sangat Dipengaruhi	5	10	50	32.26%
Lumayan Dipengaruhi	4	16	64	51.61%
Netral	3	4	12	12.91%
Sedikit Dipengaruhi	2	1	2	3.22%

Tidak Dipengaruhi	1	-	-	-
Total		31	128	100%

Berdasarkan table diatas, Mayoritas besar responden (51.61%) merasakan bahwa “Perilaku musuh lumayan dipengaruhi oleh emosi”. Sebagian besar responden (32.26%) juga merasakan bahwa "Perilaku musuh sangat dipengaruhi oleh emosi" selama permainan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar responden merasakan adanya pengaruh emosi pada perilaku musuh selama bermain game ini, menandakan efektivitas implementasi sistem emosi pada perilaku musuh dalam permainan.

4.4.4. Perbandingan Jenis Musuh

Tabel 4. 10 Jawaban Responden Mengenai Seberapa Jelas Perbedaan Perilaku Antara Kedua Jenis Musuh Yang Mereka Temui? (1 = Tidak Jelas, 5 = Sangat Jelas)

Tanggapan	Bobot Skor	Frekuensi	Jumlah Skor	Persentasi
Sangat Jelas	5	10	50	32.26%
Jelas	4	18	72	58.06%
Netral	3	3	9	9.68%
Sedikit Jelas	2	-	-	-
Tidak Jelas	1	-	-	-
Total		31	131	100%

Berdasarkan table diatas, mayoritas besar responden (58.06%) merasa bahwa "Perbedaan perilaku antara kedua jenis musuh sangat jelas.". Sejumlah besar responden (32.26%) juga merasakan bahwa "Perbedaan perilaku antara kedua jenis musuh cukup jelas.". Hal ini menunjukkan bahwa implementasi perbedaan perilaku antara kedua jenis musuh dalam permainan dinilai cukup jelas oleh sebagian besar responden, menandakan keberhasilan dalam diferensiasi perilaku musuh di dalam *game*.

Tabel 4. 11 Jawaban Responden Mengenai Sejauh Mana Mereka Mampu Membedakan Perilaku Antara Kedua Jenis Musuh Tersebut? (1 = Tidak Dapat Dibedakan, 5 = Sangat Dapat Dibedakan)

Tanggapan	Bobot Skor	Frekuensi	Jumlah Skor	Persentasi
Sangat Dapat Dibedakan	5	7	35	22.58%
Dapat Dibedakan	4	19	76	61.29%
Netral	3	5	15	16.13%
Sedikit Dapat Dibedakan	2	-	-	-
Tidak Dapat Dibedakan	1	-	-	-
Total			126	100%

Berdasarkan table diatas, Mayoritas responden (61.29%) merasa "Dapat Dibedakan" antara perilaku kedua jenis musuh. Sejumlah responden (22.58%) juga bahkan merasa "Sangat Dapat Dibedakan". Berdasarkan data diatas dapat disimpulkan bahwa mayoritas responden merasa mampu membedakan perilaku antara kedua jenis *enemy* dalam permainan, menunjukkan adanya kemampuan membedakan yang cukup baik.

4.4.5. Pengalaman Uji Buta

Tabel 4. 12 Jawaban Responden Mengenai Seberapa Besar Harapan Mereka Akan Perbedaan Perilaku Musuh Sebelum Uji Buta? (1 = Tidak Ada Harapan 5 = Harapan tinggi)

Tanggapan	Bobot Skor	Frekuensi	Jumlah Skor	Persentasi
Harapan Tinggi	5	7	35	22.58%
Harapan	4	9	36	29.03%
Netral	3	13	39	41.94%

Sedikit Harapan	2	2	4	6.45%
Tidak Ada Harapan	1	-	-	-
Total	31	114	100%	

Berdasarkan table diatas, Sebagian besar responden (41.94%) menunjukkan "Harapan yang netral" terhadap perbedaan perilaku musuh sebelum uji buta. Sejumlah besar responden (29.03%) juga memiliki "Harapan" terhadap perbedaan tersebut. Hal ini menunjukkan kecenderungan umum bahwa harapan terhadap perbedaan perilaku musuh sebelum uji buta cenderung netral, tetapi sejumlah responden tetap memiliki harapan yang signifikan.

Tabel 4. 13 Jawaban Responden Mengenai Sejauh mana mereka terkejut dengan adanya perilaku yang tidak terduga selama uji buta? (1 = Tidak terkejut, 5 = Sangat terkejut)

Tanggapan	Bobot Skor	Frekuensi	Jumlah Skor	Persentas i
Sangat Terkejut	5	1	5	3.22%
Terkejut	4	14	56	45.16%
Netral	3	14	42	45.16%
Sedikit Terkejut	2	2	4	6.45%
Tidak Terkejut	1	-	-	-
Total		31	107	100%

Mayoritas responden (45.16%) merasa "Terkejut" terhadap perilaku yang tidak terduga selama uji buta. Namun Sebagian responden lainnya (45.16%) merasa "Netral" terhadap hal ini. Hal ini menunjukkan mayoritas responden menunjukkan reaksi yang cenderung ke arah terkejut atau netral terhadap perilaku yang tidak terduga selama uji buta. Sedangkan jumlah responden yang merasa sangat terkejut relatif sedikit.

Berdasarkan data dari jawaban kuisioner yang telah dikumpulkan, dapat dihitung skor total untuk tiap sub indikator pertanyaan dalam sebuah table rekapitulasi skor sebagai berikut:

Tabel 4. 14 Tabel Total Skor Untuk Setiap Sub Indikator Pertanyaan Kuisioner

No	Pertanyaan	Skor
1	Pengalaman Gameplay Secara Keseluruhan	
a.	Seberapa mendalam pengalaman Anda saat memainkan game ini? (1 = Tidak mendalam, 5 = Sangat mendalam)	113
b.	Sejauh apa Anda merasa pengalaman gameplay ini menarik? (1 = Tidak menarik, 5 = Sangat menarik)	124
2	Pertemuan dengan Musuh	
a.	Seberapa berkesan pertemuan Anda dengan berbagai musuh di dalam permainan? (1 = Tidak berkesan, 5 = Sangat berkesan)	127
b.	Sejauh apa Anda melihat perbedaan taktik atau perilaku yang jelas antara tipe musuh yang berbeda? (1 = Tidak ada perbedaan, 5 = Perbedaan yang sangat jelas)	130
3	Pertanyaan Spesifik tentang AI Emosional	
a.	Seberapa jelas Anda merasakan adanya emosi atau perilaku dari musuh selama bermain game? (1 = Tidak jelas, 5 = Sangat jelas)	131
b.	Sejauh apa Anda merasakan bahwa perilaku musuh dipengaruhi oleh emosi selama permainan? (1 = Tidak dipengaruhi, 5 = Sangat dipengaruhi)	128
4	Perbandingan Jenis Musuh	

a.	Seberapa jelas perbedaan perilaku antara kedua jenis musuh yang Anda temui? (1 = Tidak jelas, 5 = Sangat jelas)	131
b.	Sejauh mana Anda mampu membedakan perilaku antara kedua jenis musuh tersebut? (1 = Tidak dapat dibedakan, 5 = Sangat dapat dibedakan)	126
5	Pengalaman Uji Buta	
a.	Seberapa besar harapan Anda akan perbedaan perilaku musuh sebelum uji buta? (1 = Harapan rendah, 5 = Harapan tinggi)	114
b.	Sejauh mana Anda terkejut dengan adanya perilaku yang tidak terduga selama uji buta? (1 = Tidak terkejut, 5 = Sangat terkejut)	107
Total		1231

Setelah mendapat skor total dari setiap sub indikator pertanyaan kuisioner, selanjutnya dilakukan analisis indeks minimum untuk mendapatkan nilai variabel dari pengalaman bermain dan reaksi terhadap perilaku musuh dalam game. Nilai ini diperoleh dengan cara memetakan total skor kedalam sebuah garis kontinum yang terdiri dari 5 rentang nilai yaitu Sangat Rendah (SR), Rendah (R), Sedang (S), Tinggi (T), dan Sangat Tinggi (ST). Analisis menggunakan metode ini dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Rentang Nilai} = \text{nilai skor} \times \text{jumlah item pertanyaan} \times \text{jumlah responden}$$

(6)

Maka diperoleh:

$$\text{Sangat Rendah (SR)} = 1 \times 10 \times 31 = 310$$

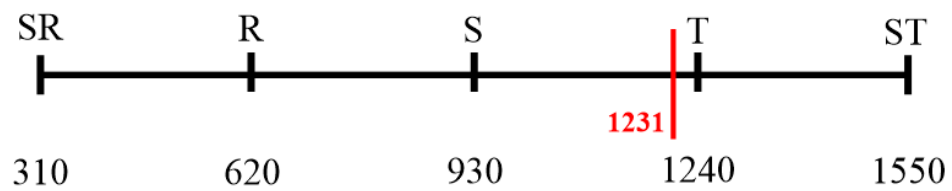
$$\text{Rendah (R)} = 2 \times 10 \times 31 = 620$$

$$\text{Sedang (S)} = 3 \times 10 \times 31 = 930$$

$$\text{Tinggi (T)} = 4 \times 10 \times 31 = 1240$$

$$\text{Sangat Tinggi (ST)} = 5 \times 10 \times 31 = 1550$$

UNIVERSITAS SUMATERA UTARA



Gambar 4. 24 Garis Kontinum Analisis Minimum Score Index (MSI)

Berdasarkan hasil analisis ini dapat disimpulkan bahwa nilai pengalaman bermain dan reaksi terhadap perilaku musuh dalam game “*Dungeon liberation*” sebesar 1231 berada pada rentang nilai sedang dan cenderung ke tinggi. Hasil ini dapat diartikan bahwa secara keseluruhan, respons *play-tester* terhadap *game* secara keseluruhan dan adanya AI berbasis emosi lebih positif dibandingkan dengan AI konvensional seperti FSM. Meskipun tidak mencapai kategori "Sangat Tinggi," respons dari *play-tester* menunjukkan tingkat yang relatif baik atau positif.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan respons sampel dan hasil analisis yang telah dilakukan. Terdapat beberapa kesimpulan yang bisa ditarik, antara lain:

1) Kesimpulan Implementasi perilaku *enemy* AI dengan *emotion-based agent*

Implementasi sistem perilaku *enemy* yang didasari pada konsep *emotion-based agent* dengan menggunakan metode *fuzzy inference system* telah berhasil diimplementasikan. Untuk setiap *output action* dan *state* emosi yang diharapkan mampu dilakukan oleh *enemy* EBA sesuai dengan *triggers* yang berhubungan dengan *action* dan *state* emosi itu pula. Ini menandakan bahwa konsep teoretis dari *emotion-based agent* telah berhasil diubah menjadi model komputasional yang berjalan dengan baik.

Metode *fuzzy inference system* juga terbukti efektif dalam menggambarkan dan mengimplementasikan perilaku berbasis emosi pada karakter *enemy*. Pendekatan ini memungkinkan penyesuaian perilaku *enemy* dengan variabel emosional dan menciptakan respons yang lebih dinamis terhadap aksi pemain.

2) Kesimpulan Analisis Respons *Play-Tester*/Sample

Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa pengalaman bermain dan reaksi *play-tester* terhadap perilaku *enemy* yang didasari pada *emotion-based agent* dalam game “*Dungeon liberation*” dinilai positif. Hasil ini dapat diartikan bahwa respons *play-tester* terhadap game secara keseluruhan dan adanya AI berbasis emosi lebih positif dibandingkan dengan AI konvensional seperti FSM. Meskipun tidak mencapai kategori “Sangat Tinggi,” hasil ini menandakan bahwa implementasi AI berbasis EBA memberikan dimensi tambahan pada pengalaman bermain, menciptakan reaksi yang lebih mendalam dan responsif dari *play-tester* terhadap perilaku *enemy*. Terutama, terlihat bahwa interaksi dengan musuh EBA cenderung lebih memikat bagi para pemain.

hasil positif ini juga memberikan pijakan yang kuat untuk memperluas penggunaan AI berbasis emosi dalam *video game* dan berpotensi memberikan dorongan untuk pengembangan lebih lanjut seperti peningkatan respons dan emosi *enemy* serta mengembangkan fitur adaptif karakter *enemy* dalam menanggapi situasi permainan yang lebih kompleks.

Dengan demikian, hasil analisis menunjukkan bahwa integrasi AI berbasis *emotion-based agent* telah memberikan kontribusi yang signifikan terhadap kualitas pengalaman bermain dan reaksi *play-tester*, memberikan dasar yang solid untuk pengembangan lebih lanjut dan penerapan yang lebih luas dalam industri *video game*.

5.2. Saran

Adapula saran yang peneliti bisa berikan berdasarkan hasil penelitian ini:

- 1) Peneliti perlu meningkatkan lagi kualitas *video game* dari berbagai aspek seperti mekanik, grafik, audio, dll agar mampu memberikan pengalaman bermain yang lebih maksimal.
- 2) Pentingnya mengembangkan representasi emosi yang lebih jelas pada AI musuh, mungkin dengan menonjolkan atau menjelaskan emosi tertentu yang dapat mempengaruhi interaksi dalam permainan.
- 3) Disarankan juga untuk mengembangkan analisis dengan melibatkan lebih banyak responden dari beragam latar belakang serta menggunakan metode analisis yang lebih mendalam. Penggunaan teknik analisis yang lebih kompleks dan mendalam dapat menghasilkan interpretasi yang lebih dalam terkait efektivitas sistem AI berbasis emosi dalam pengalaman bermain game dari berbagai sudut pandang pemain.

DAFTAR PUSTAKA

- Alonso-Martin, F., Malfaz, M., Sequeira, J., Gorostiza, J. F., & Salichs, M. A. (2013). A Multimodal Emotion Detection System During Human-Robot Interaction. *Sensors*, 13(11), 15549-15581.
- Anubhav Anand, A. K. (2022). THE RISE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN VIDEO GAMES. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 4(7), 2768-2771.
- Canamero, L. (2014). Bridging the Gap between HRI and Neuroscience Emotion Research: Robots as Models. *9th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*. Bielefeld, Germany.
- Cowell, D. e. (2014). The Complex relation between morality and empathy. *Trends in Cognitive Sciences*, 18(7), 337-339.
- Enholt, I. M., Papagiannidis, E., Mikalef, P., & Krogstie, J. (2021). Artificial Intelligence and Business Value: a Literature Review. *Information System Frontier*, 1709–1734.
- Evenenden, I. (2023, Februari 8). *What is ChatGPT? The AI chatbot explained*. (Stuff) Dipetik Maret 7, 2023, dari <https://www.stuff.tv/features/what-is-chatgpt-the-ai-chatbot-explained/>
- Feng, T. H., Lee, E. A., Liu, X., Motika, C., Hanxleden, R. v., & Zheng, H. (2014). *System Design, Modeling, and Simulation using Ptolemy II*. California: Ptolemy.org.
- Hopcroft, J. E., Motwani, R., & Ullman, J. D. (2001). *Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation*. Boston: Addison-Wesley.
- Hosch, W. L. (2023, Desember 8). *role-playing video game: electronic game genre*. Diambil kembali dari Britannica: <https://www.britannica.com/topic/role-playing-video-game>
- Macas, M., Ventura, R., Custodio, L., & Pinto-Ferreira, a. (2001). Experiments with an Emotion-based Agent using the DARE Architecture. *Fourteenth International Florida Artificial Intelligence Research Society*. Key West, Florida, Amerika Serikat.
- Manoharan, D. S. (2019). AN IMPROVED SAFETY ALGORITHM FOR ARTIFICIAL INTELLIGENCE ENABLED PROCESSORS IN SELF DRIVING CARS. *Journal of Artificial Intelligence and Capsule Networks*, 95-104.
- Mao, Y., Li, Z., Li, Y., & He, W. (2018). Emotion-based diversity crowd behavior simulation in public emergency. *The Visual Computer*.

- Mixamo. (2023, Desember 20). *Mixamo: Animate 3D characters for games, film, and more*. Diambil kembali dari Mixamo: <https://www.mixamo.com/#/>
- OpenAI, & al, e. (2019). Dota 2 with Large Scale Deep Reinforcement Learning.
- Pixabay. (2023, Desember 20). *Pixabay: Stunning royalty-free images & royalty-free stock*. Diambil kembali dari Pixabay: <https://pixabay.com>
- Plarium. (2022, 5 19). *NPC (Non-Player Character)*. Diambil kembali dari Plarium: <https://plarium.com/en/blog/npc-non-player-character/>
- Ramesh, A., Kambhampati, C., Monson, J., & Drew, P. (2004). Artificial intelligence in medicine. *Annals of The Royal College of Surgeons of England*, 334-338.
- Rapaport, W. J. (2019). What Is Artificial Intelligence? *Journal of Artificial General Intelligence*, 11(2), 52-56.
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2021). *Artificial Intelligence: A Modern Approach Fourth Edition*. New Jersey: Pearson Education.
- Sales, R., Clua, E., Oliveira, D. d., & Paes, A. (2013). An Artificial Emotional Agent-Based. *International Federation for Information Processing*, 156-159.
- SAS Institute Inc. (2023). *Artificial Intelligence: What it is and why it matters*. (SAS Institute Inc.) Dipetik Maret 6, 2023, dari SAS: https://www.sas.com/en_us/insights/analytics/what-is-artificial-intelligence.html#:~:text=Next%20Steps-,Artificial%20Intelligence%20History,problem%20solving%20and%20symbolic%20methods.
- Shihab, K., & Chalabi, N. (2008). Emotional Agents in Computer Games. *INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTERS AND COMMUNICATIONS*, 2(4), 102-107.
- Smith, G. (2017). GLaDOS: INTEGRATING EMOTION-BASED BEHAVIOURS INTO NON-PLAYER CHARACTERS IN COMPUTER ROLE-PLAYING GAMES. *Master of Applied Science*.
- Stegner, B. (2020, November 26). *First-Person Games vs. Third-Person Games: What Are the Differences?* Diambil kembali dari MAKE USE OF: <https://www.makeuseof.com/first-person-games-vs-third-person-games-differences/>
- Teahan, W. J. (2010). *Artificial Intelligence – Agents and Environments*. Ventus Publishing ApS.
- Zadeh, L. A. (1996). *Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Systems*. New York: World Scientific Publishing Company.

LAMPIRAN

Lampiran 1.

**KUISIONER EVALUASI PENGALAMAN GAMEPLAY DAN REAKSI
TERHADAP PERILAKU MUSUH DALAM GAME “DUNGEON
LIBERATION”**

No	Pertanyaan		1	2	3	4	5
1	Pengalaman Gameplay Secara Keseluruhan						
a.	Seberapa mendalam pengalaman Anda saat memainkan game ini? (1 = Tidak mendalam, 5 = Sangat mendalam)						
b.	Sejauh apa Anda merasa pengalaman gameplay ini menarik? (1 = Tidak menarik, 5 = Sangat menarik)						
2	Pertemuan dengan Musuh						
a.	Seberapa berkesan pertemuan Anda dengan berbagai musuh di dalam permainan? (1 = Tidak berkesan, 5 = Sangat berkesan)						
b.	Sejauh apa Anda melihat perbedaan taktik atau perilaku yang jelas antara tipe musuh yang berbeda? (1 = Tidak ada perbedaan, 5 = Perbedaan yang sangat jelas)						
3	Pertanyaan Spesifik tentang AI Emosional						
a.	Seberapa jelas Anda merasakan adanya emosi atau perilaku dari musuh selama bermain game? (1 = Tidak jelas, 5 = Sangat jelas)						
b.	Sejauh apa Anda merasakan bahwa perilaku musuh dipengaruhi oleh emosi selama permainan? (1 = Tidak dipengaruhi, 5 = Sangat dipengaruhi)						
4	Perbandingan Musuh						
a.	Seberapa jelas perbedaan perilaku antara kedua jenis musuh yang Anda temui? (1 = Tidak jelas, 5 = Sangat jelas)						
b.	Sejauh mana Anda mampu membedakan perilaku antara kedua jenis musuh tersebut? (1 = Tidak dapat dibedakan, 5 = Sangat dapat dibedakan)						
5	Pengalaman Uji Buta						
a.	Seberapa besar harapan Anda akan perbedaan perilaku musuh sebelum uji buta? (1 = Harapan rendah, 5 = Harapan tinggi)						

b.	Sejauh mana Anda terkejut dengan adanya perilaku yang tidak terduga selama uji buta? (1 = Tidak terkejut, 5 = Sangat terkejut)						
----	---	--	--	--	--	--	--

Lampiran 2.

TABULASI JAWABAN RESPONDEN

Responden	P1a	P1b	P2a	P2b	P3a	P3b	P4a	P4b	P5a	P5b
1	4	4	5	5	4	5	4	4	2	2
2	4	4	4	5	5	5	5	4	3	3
3	5	5	4	5	5	4	5	4	4	2
4	3	3	5	5	4	5	5	5	5	3
5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	3
6	3	4	4	3	2	4	3	3	4	3
7	4	5	3	4	5	3	5	4	4	3
8	2	3	4	4	3	2	3	3	2	4
9	3	3	4	4	4	4	5	4	3	3
10	3	4	4	3	4	4	4	3	3	3
11	4	4	4	4	5	5	4	4	3	3
12	3	4	3	4	5	4	4	4	4	4
13	4	4	5	4	4	5	4	5	5	4
14	4	4	5	4	4	4	4	3	3	3
15	3	3	4	5	4	5	4	4	4	4

16	5	4	4	4	5	5	5	4	3	4
17	3	4	4	5	4	4	5	5	3	3
18	3	5	3	5	4	3	4	5	3	4
19	3	4	3	4	4	4	4	4	5	4
20	4	4	4	5	5	4	4	4	3	4
21	4	5	5	4	5	4	5	4	4	3
22	3	5	4	4	3	4	4	5	3	3
23	4	3	3	4	3	4	5	4	4	4
24	4	3	4	5	5	4	4	5	5	4
25	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3
26	3	4	5	4	4	5	4	3	3	4
27	4	4	4	3	5	4	4	4	4	4
28	4	4	5	3	5	5	4	4	5	5
29	5	3	4	5	5	3	4	4	5	4
30	3	4	4	4	4	4	3	4	3	3
31	4	5	4	3	4	3	4	4	4	4