

GAME PLATFORM "ECHOES OF THE FORGOTTEN: A ROBOT'S QUEST FOR TRUTH" BERBASIS DESKTOP DENGAN MENGGUNAKAN METODE FINITE STATE MACHINE

Enrico Erdhani, Yosep Agus Pranoto, Karina Auliasari

Teknik Informatika, Institut Teknologi Nasional Malang

Jalan Raya Karanglo km 2 Malang, Indonesia

2118073@scholar.itn.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan teknologi serta penerapan kecerdasan buatan (AI) telah memberikan kontribusi signifikan terhadap kemajuan dalam pengembangan permainan digital yang semakin realistis dan responsif. Mesin berstatus terbatas (*Finite State Machine/FSM*) merupakan salah satu pendekatan AI yang umum digunakan dalam pengaturan perilaku karakter, karena kemampuannya dalam mengelola respons secara terstruktur. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun permainan komputer berjudul "*Echoes of the Forgotten: A Robot's Search for Truth*", dengan mengintegrasikan metode *FSM* dan logika *fuzzy* guna mengatur perilaku musuh secara dinamis. Permainan ini dikembangkan menggunakan perangkat lunak *Unity3D* dan bahasa pemrograman *C#*, terbatas pada tiga level permainan, serta dioptimalkan untuk platform *Windows*. Hasil implementasi menunjukkan bahwa *FSM* mampu mengendalikan transisi perilaku musuh antara *idle*, patroli, mengejar, hingga menyerang, dengan tingkat keberhasilan mencapai 100%. Selain itu, penerapan *Fuzzy Logic* pada karakter boss memungkinkan sistem menghasilkan keputusan adaptif berdasarkan jarak dan kondisi darah pemain, dengan rata-rata perbedaan output antara *Unity* dan *MATLAB* sebesar 1,5. Seluruh fitur utama seperti kontrol pemain, kecerdasan musuh, dan mekanika permainan berhasil diuji dan berfungsi secara optimal, dengan persentase keberhasilan implementasi sebesar 100%.

Kata kunci : *Game Platform, Fuzzy Logic, Artificial Intelligence, Finite State Machine, 3D, Blender, Adventure*

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi permainan digital pada masa kini mengalami peningkatan yang sangat pesat, dengan kecerdasan buatan (AI) yang berperan penting dalam meningkatkan kualitas karakter dan pengalaman bermain. AI memungkinkan karakter non-pemain (NPC) dan musuh untuk berperilaku lebih responsif dan adaptif terhadap aksi pemain, sehingga memperkaya dinamika permainan.

Metode *FSM* (*Finite State Machine*) menjadi salah satu pendekatan populer yang digunakan dalam pengaturan perilaku AI. *FSM* mampu memetakan berbagai keadaan dan transisi antar keadaan berdasarkan kondisi tertentu, sehingga karakter dalam game dapat berperilaku secara otomatis dan logis sesuai situasi yang dihadapi.

Selain *FSM*, *fuzzy logic* digunakan untuk menambah tingkat fleksibilitas dalam pengambilan keputusan AI, terutama pada karakter bos dengan variabel seperti nyawa dan jarak terhadap pemain. Dengan *fuzzy logic*, AI dapat menentukan tindakan secara lebih kontekstual dan realistis, berdasarkan nilai keanggotaan dari variabel yang relevan.

Dalam penelitian ini, dikembangkan game petualangan berjudul "*Echoes of the Forgotten: A Robot's Quest for Truth*". Game ini mengintegrasikan metode *FSM* dan *fuzzy logic* untuk mengatur perilaku karakter dan musuh di platform PC, guna menciptakan pengalaman bermain yang lebih interaktif, dinamis, dan menantang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Makalah berjudul "Game Petualangan Horor Berbasis Desktop 'Let's Escape' Menggunakan Unity Engine Menggunakan Metode Finite State Machine" karya Wahana dan S. A. membahas penerapan metode finite state machine (FSM) dalam pengelolaan perilaku karakter pada permainan horor berbasis desktop. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penerapan *FSM* secara efektif meningkatkan tingkat interaktivitas serta responsivitas karakter non-pemain (NPC), sehingga menciptakan suasana permainan yang lebih intens dan menegangkan. [1]

Penelitian yang dilakukan oleh Putro dan K. A. dengan judul *Implementasi Metode Finite State Machine pada Permainan 'Escape from Punk Hazard'* membuktikan bahwa penggunaan metode *Finite State Machine* (FSM) dapat diterapkan secara efektif dalam mengatur perilaku musuh dan karakter non-pemain (NPC). Implementasi ini mampu menciptakan dinamika dalam permainan petualangan, karena karakter NPC dapat memberikan respons otomatis terhadap perubahan situasi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *FSM* berperan dalam meningkatkan kompleksitas dan daya tarik permainan melalui perilaku karakter yang adaptif dan terstruktur. [2]

Studi yang dilakukan oleh Sakrani dan S. A. dalam penelitian berjudul "*Penerapan Mesin Keadaan Terbatas sebagai Pengendali Karakter Non-Pemain (NPC) dalam Permainan 'Lastri dan Pohon Terakhir'*" menyatakan bahwa metode mesin keadaan terbatas (*Finite State Machine/FSM*) merupakan

pendekatan yang sesuai untuk mengatur perilaku karakter. non-pemain (NPC) secara sistematis. Melalui penerapan FSM, pergerakan NPC dapat disesuaikan dengan kondisi permainan secara real-time, sehingga mampu menciptakan pengalaman bermain yang lebih imersif dan mendukung kualitas interaksi dalam game petualangan. [3]

Penelitian yang dilakukan oleh Khafidh dan Aulia dengan judul "Implementasi Metode *Finite State Machine* dalam Permainan *Android 'Pandemic Nightmare'*" memanfaatkan metode *finite state machine (FSM)* untuk mengatur perilaku musuh dan karakter dalam permainan tersebut. berbasis perangkat mobile. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penerapan FSM mampu menghasilkan kecerdasan buatan (AI) yang responsif terhadap tindakan pemain, sehingga meningkatkan dinamika dan kualitas gameplay secara keseluruhan. [4]

Penelitian yang dilakukan oleh Sanin dalam karya berjudul "*Implementasi FSM pada Game Muslims Explorer's Faithful Maze Adventure*" menegaskan bahwa metode *Finite State Machine (FSM)* sangat efektif diterapkan dalam pengembangan game edukatif dan petualangan. FSM memungkinkan pengaturan perilaku karakter non-pemain (NPC) secara otomatis berdasarkan kondisi tertentu dalam permainan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan FSM mampu meningkatkan responsivitas serta kemampuan adaptasi NPC, sehingga mendukung terciptanya interaksi yang lebih dinamis dan edukatif dalam game. [5]

2.1. Definisi Game

Pada dasarnya, permainan merupakan suatu bentuk hiburan karena mampu memberikan kesenangan saat dimainkan oleh pengguna. Di era modern ini, game telah hadir dengan visualisasi yang semakin maju berkat dukungan teknologi, sehingga memungkinkan pemain untuk berinteraksi secara lebih bebas sesuai keinginan mereka. Hal ini membuat pengalaman bermain terasa lebih nyata dan mendalam. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa perkembangan game berjalan seiring dengan kemajuan teknologi.[3]

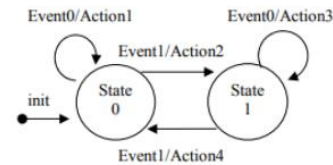
2.2. Kecerdasan buatan (Artificial Intelligence)

Istilah kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) pertama kali dikenalkan pada tahun 1956 oleh Profesor John McCarthy dari *Massachusetts Institute of Technology (MIT)* dalam sebuah konferensi di *Dartmouth* yang dihadiri oleh sejumlah peneliti di bidang AI. Konferensi tersebut merumuskan tujuan utama pengembangan AI, yaitu untuk memahami dan memodelkan proses berpikir manusia serta menciptakan mesin yang mampu menirukan perilaku manusia.[1]

2.3. FSM (Finite State Machine)

Mesin keadaan terbatas (*Finite State Machine/FSM*) merupakan suatu metode perancangan sistem kendali yang menggambarkan perilaku atau

operasi suatu sistem melalui tiga komponen utama, yaitu: status (keadaan), peristiwa (kejadian), dan respons (tindakan). Sebagai pendekatan dalam pengembangan sistem kendali, FSM telah banyak digunakan, terutama dalam pengembangan perangkat lunak seperti pada aplikasi game.[3]



Gambar 1. Contoh Diagram State Sederhana

2.4. Fuzzy Logic

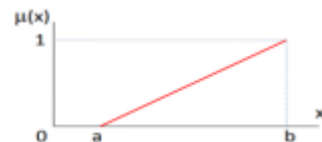
Secara etimologis, istilah "*fuzzy*" merujuk pada sesuatu yang bersifat membingungkan atau tidak jelas. Dalam bidang ilmu pengetahuan, istilah ini menggambarkan kemungkinan suatu nilai berada dalam ketidakpastian dan tidak hanya terbatas pada benar atau salah. Logika *fuzzy* merupakan kebalikan dari logika klasik yang hanya mengenal dua nilai mutlak, yaitu benar (1) dan salah (0). Berbeda dengan itu, logika *fuzzy* memiliki nilai kebenaran yang bisa berada dalam rentang antara 0 hingga 1, bergantung pada tingkat keanggotaan suatu elemen dalam suatu himpunan.

Fungsi keanggotaan digunakan untuk menunjukkan hubungan antara nilai input dengan tingkat keanggotaannya dalam suatu himpunan *fuzzy*.

Fungsi ini biasanya digambarkan dalam bentuk kurva dengan nilai keanggotaan yang berkisar dari 0 hingga 1. Tingkat keanggotaan ini diperoleh melalui metode tertentu, yang ditentukan oleh bentuk fungsi keanggotaan yang digunakan. Beberapa jenis fungsi keanggotaan yang sering digunakan antara lain:

a. Linear

Pemetaan nilai input terhadap derajat keanggotaan direpresentasikan dalam bentuk garis linear, yang mencerminkan hubungan langsung antara nilai input dan tingkat keanggotaan dalam suatu himpunan fuzzy. Visualisasi dari pemetaan ini dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



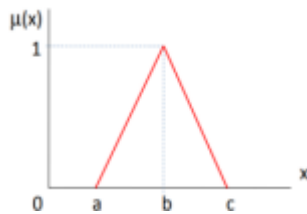
Gambar 2. Kurva Fungsi Linear

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

b. Segitiga

Kurva segitiga merupakan bentuk fungsi keanggotaan yang tersusun dari dua buah garis lurus yang saling terhubung, membentuk pola segitiga. Kurva ini menggambarkan kenaikan dan penurunan derajat keanggotaan secara linier

terhadap nilai input. Representasi visual dari kurva segitiga dapat dilihat pada Gambar 3 berikut



Gambar 3. Kurva Fungsi Segitiga

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a} & a < x < b \\ \frac{c-x}{c-b} & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2)$$

Secara umum, sistem fuzzy terdiri atas tiga komponen utama, yaitu: fuzzifikasi, mesin inferensi, dan defuzzifikasi. Ketiga komponen ini berperan dalam mengolah data input hingga menghasilkan output yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan. Ilustrasi mengenai struktur sistem fuzzy tersebut dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Tahapan Metode Fuzzy Logic

Fuzzifikasi merupakan proses mengubah data masukan dengan nilai pasti (masukan tegas) menjadi data fuzzy, yaitu nilai linguistik yang penafsirannya ditentukan oleh fungsi keanggotaan tertentu. Setelah itu, proses penalaran dilanjutkan dilakukan oleh *Inference Engine*, yang menggunakan *fuzzy input* beserta aturan-aturan *fuzzy* (*fuzzy rules*) yang telah didefinisikan sebelumnya untuk menghasilkan keluaran dalam bentuk *fuzzy* (*fuzzy output*). Adapun tahap akhir, yaitu *defuzzifikasi*, bertujuan untuk mengubah hasil *fuzzy output* menjadi nilai pasti (*crisp value*) dengan mengacu pada Fungsi keanggotaan yang telah didefinisikan sebelumnya.[8]

3. METODE PENELITIAN

3.1. Analisa Kebutuhan Fungsional

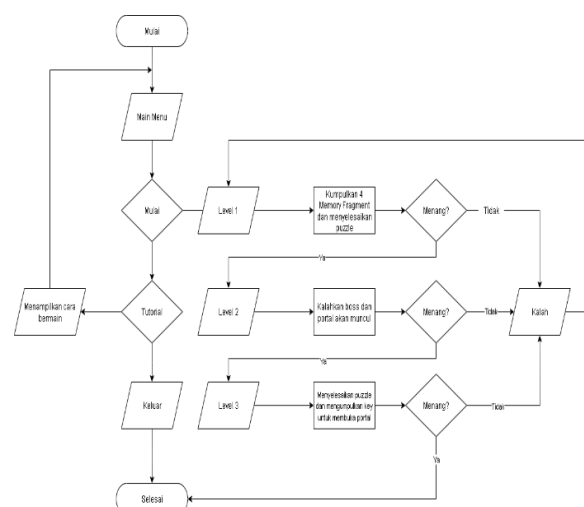
Kebutuhan fungsional adalah himpunan kebutuhan yang menggambarkan proses atau fitur yang disediakan oleh suatu sistem, termasuk cara kerja sistem dalam menjalankan fungsinya merespons masukan dari pemain serta bagaimana sistem berperilaku terhadap kondisi atau situasi tertentu. Pada game "*Echoes Of The Forgotten: A Robot's Quest For Truth*", kebutuhan fungsional dirancang untuk mendukung mekanisme interaksi dan alur permainan.

Kebutuhan fungsional dalam permainan ini dapat diuraikan sebagai berikut :

- Pemain dapat mengontrol pergerakan karakter utama (berjalan, lari, melompat, dan menghindar).
- Pemain dapat terkena damage dari musuh
- Musuh dapat terkena damage dari pemain
- Tampilan HUD (Heads-Up Display) yang menampilkan kesehatan, dan tujuan misi.

3.2. Alur Game

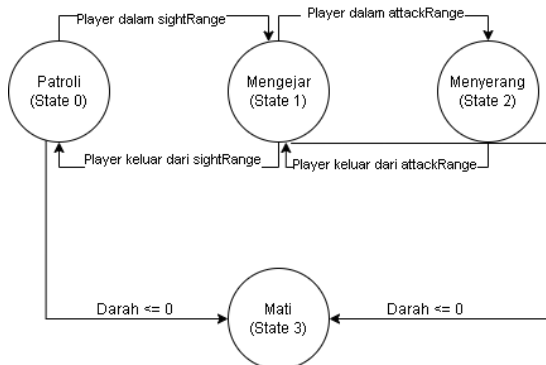
Pada penyusunan alur permainan bertujuan untuk mengetahui alur proses awal program yang di jalankan hingga akhir dari program yang sudah di buat. saat memasuki game "*Echoes Of The Forgotten: A Robot's Quest For Truth*" tampilan awal menu utama terdapat beberapa tombol yaitu mulai, tutorial ,dan keluar. jika memilih tombol mainkan maka akan masuk ke level 1 untuk mencari 4 *Memory Fragment*, menyelesaikan puzzle, dan menyerang musuh yang meyerbu Echo. Setelah mengumpulkan item lalu menuju ke portal, tapi jika pemain terkena banyak serangan hinga health bar habis maka pemain akan kalah Pesan "Game Over" akan ditampilkan, dan pemain akan diarahkan kembali ke menu utama. Apabila berhasil menang, pemain akan melanjutkan ke Level 2 untuk menghadapi bos dan memasuki portal yang tersedia. Jika bos berhasil dikalahkan, pemain akan naik ke level selanjutnya. Namun, apabila serangan bos mengenai pemain secara terus-menerus hingga bilah kesehatan habis, maka pemain akan kalah. Pesan "Game Over" akan muncul, dan sistem akan mengarahkan kembali ke menu utama. Pada level 3 terdapat 2 kondisi level, level easy dan hard, level easy Ketika pada level 2 darah pemain berada dalam <50, dan level hard >50. Pemain harus menyelesaikan puzzle terakhir untuk membuka portal menuju *The Core*.



Gambar 5. Alur game game "Echoes Of The Forgotten: A Robot's Quest For Truth"

3.3. Perancangan Metode Finite State Machine

Pada game “Echoes Of The Forgotten: A Robot's Quest For Truth” terdapat 2 metode FSM (Finite State Machine) yaitu metode FSM pada Enemy



Gambar 6. Flowchart algoritma Finite State Machine Enemy

3.4. Perancangan Metode Fuzzy Logic

Pada game “Echoes Of The Forgotten: A Robot's Quest For Truth”, Fuzzy Mamdani ini digunakan untuk menentukan respons atau tindakan bos terhadap pemain. Sistem ini memiliki dua masukan, yaitu tingkat kesehatan pemain dan jarak antara pemain dengan bos musuh, serta satu keluaran berupa tindakan yang akan diambil..

Variabel input dan output pada fuzzy mamdani ini adalah:

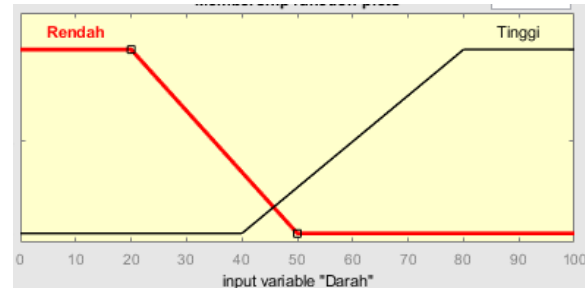
- a. Input :
 - Variabel Darah (x)
 - Rendah <30
 - Tinggi >60
 - Variabel Jarak
 - Dekat 0 – 0 – 10 – 15
 - Jauh 10 – 15 – 100 – 100
- b. Output :
 - Variabel Aksi
 - Kabur 30 – 45
 - Pukul 20 – 40 – 60
 - Tembak 55 – 80

3.5. Fungsi Keanggotaan

Dalam logika fuzzy, fungsi keanggotaan digunakan untuk mengubah nilai masukan numerik (yang telah ditentukan secara tepat) menjadi derajat keanggotaan dalam suatu himpunan fuzzy. Fungsi keanggotaan untuk masing-masing variabel dijabarkan sebagai berikut :

a. Input 1 : Darah (x)

Nilai inputan darah terdapat 2 himpunan fuzzy darah Rendah yaitu 20-50, darah Tinggi yaitu 40-80 , Dengan demikian, angka pada tabel merupakan nilai nyawa pemain sebagai masukan pertama, sedangkan masukan kedua adalah jarak antara pemain dan bos.



Gambar 7. Gambar 3.10 Kurva Darah

Dibawah ini merupakan rumus fungsi keanggotaan untuk variabel darah:

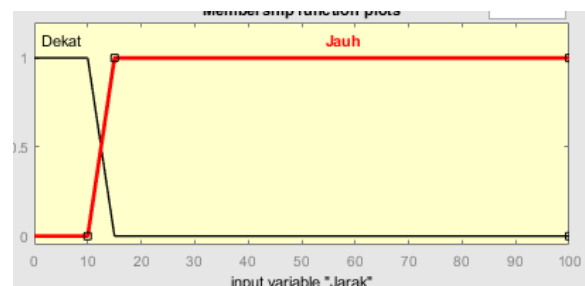
- Rendah domain [0 – 30]
Menggunakan fungsi Linear turun

$$\mu_{DarahRendah}[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 20 \\ \frac{50-x}{50-20} & 20 \leq x \leq 50 \\ 0; & x \geq 50 \end{cases} \quad (3)$$
- Tinggi domain [20 – 60]
Menggunakan fungsi linear naik

$$\mu_{DaratTinggi}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 40 \\ \frac{x-40}{80-40} & 40 \leq x \leq 80 \\ 1; & x \geq 80 \end{cases} \quad (4)$$

b. Input 2 : Jarak (x)

Nilai inputan jarak terdapat 2 himpunan fuzzy. Jarak Dekat yaitu 0-0-10-15, jarak Jauh yaitu 10 – 15 – 100 – 100, dengan demikian, angka yang tercantum pada tabel merupakan representasi jarak antara pemain dan bos.



Gambar 8. Kurva Jarak

Dibawah ini merupakan rumus fungsi keanggotaan untuk variabel jarak :

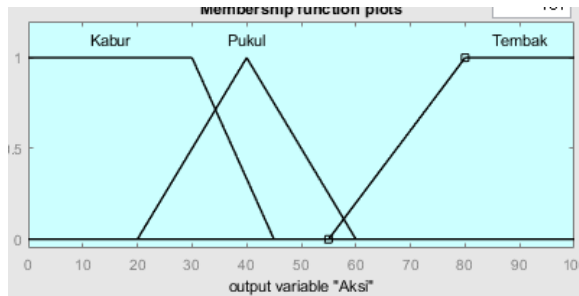
- Dekat domain [0 – 0 – 10 – 15]
Menggunakan fungsi trapezoid

$$\mu_{JarakSangatDekat}[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 10 \\ \frac{15-x}{15-10} & 10 < x < 15 \\ 0; & x \geq 15 \end{cases} \quad (5)$$
- Jauh domain [10 – 15 – 100 – 100]
Menggunakan fungsi trapezoid

$$\mu_{JarakSangatjauh}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 10 \\ \frac{x-10}{15-10} & 10 < x < 15 \\ 1; & x \geq 15 \end{cases} \quad (6)$$

c. Output : Aksi (x)

Nilai output aksi terdapat 3 himpunan fuzzy. Kabur 30-45, Pukul dekat yaitu 20 40 60, menembak yaitu 55 80, jadi angka pada tabel dibawah adalah aksi boss ke player.



Gambar 9. Kurva Aksi

Dibawah ini merupakan rumus fungsi keanggotaan untuk variabel Aksi :

- Kabur domain [30 – 45]

Menggunakan fungsi linear turun

$$\mu_{\text{AksiPukulDekat}}[x] = \begin{cases} 1; & z \geq 30 \\ \frac{45-x}{45-30} & 30 \leq z \leq 45 \\ 0; & z \leq 45 \end{cases} \quad (7)$$

- Pukul domain [20 – 40 – 60]

Menggunakan fungsi segitiga

$$\mu_{\text{Sedang}}(y) = \begin{cases} \frac{y-20}{40-20}, & 20 \leq y \leq 40 \\ \frac{60-y}{60-40}, & 40 < y < 60 \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \quad (8)$$

- Tembak domain [55 – 80]

Menggunakan fungsi linear naik

$$\mu_{\text{AksiMenembak}}[x] = \begin{cases} 1; & z \leq 55 \\ \frac{x-55}{80-55} & 55 \leq z \leq 80 \\ 0; & z \geq 80 \end{cases} \quad (9)$$

3.6. Aturan Fuzzy

Aturan fuzzy (fuzzy rules) adalah inti dari pengambilan keputusan dalam sistem logika fuzzy. Berikut adalah

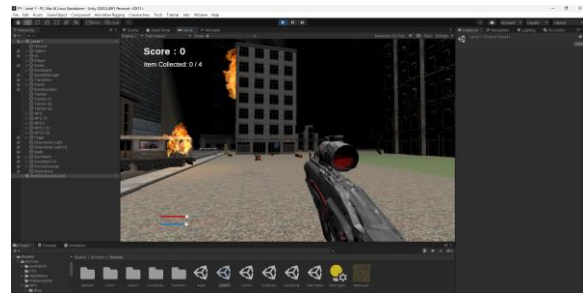
- [R1] IF Darah is RENDAH And Jarak is DEKAT Then Aksi is PUKUL
- [R2] IF Darah is RENDAH And Jarak is JAUH Then Aksi is KABUR
- [R3] IF Darah is TINGGI And Jarak is DEKAT Then Aksi is PUKUL DEKAT
- [R4] IF Darah is TINGGI And Jarak is JAUH Then Aksi is MENEMBAK

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Tampilan Level 1

Pada tahap awal permainan, pemain akan langsung dihadapkan dengan beberapa musuh. Sambil mengumpulkan 4 item untuk menyelesaikan quest agar bisa masuk ke level berikutnya, pemain juga bisa mengumpulkan poin untuk score akhir permainan.

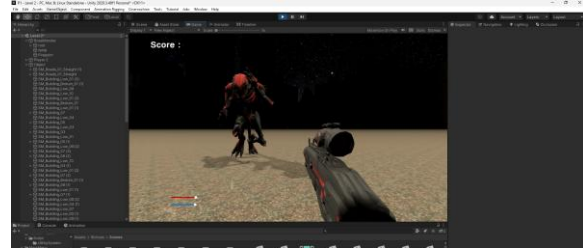
Untuk berhenti sementara bisa menekan tombol keyboard “ESC”. Pemain memiliki 100 darah dan 100 stamina. Gambar 10 menunjukkan desain level 1



Gambar 10. Tampilan level 1

4.2. Tampilan Level 2

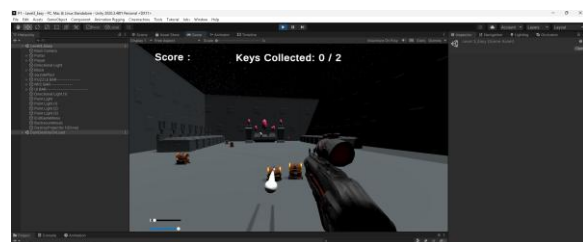
Pada level ini pemain harus melawan boss, boss memiliki 2 tipe serangan dan memiliki kecepatan yang tinggi, pemain harus mengalahkan boss dengan darah boss yang tinggi. Ketika pemain berhasil mengalahkan boss akan memunculkan portal, portal ini untuk melanjutkan level 3



Gambar 11. Tampilan level 2

4.3. Tampilan Level 3

Pada level ini pemain harus mengumpulkan 2 kunci untuk membuka gerbang terakhir. Pada level ini ada 2 kesulitan tergantung kondisi pemain pada level 2, Ketika darah pemain dibawah 50 maka akan memasuki level 3 easy, sebaliknya jika pemain diatas 50 maka akan memasuki level 3 hard. Setiap kesulitan memiliki perbedaan kondisi



Gambar 12. Tampilan Level 3

4.4. Pengujian Finite State Machine (FSM)

Finite state machine digunakan untuk mengatur perilaku musuh, memiliki 3 state yaitu patroli/diam, mengejar, menyerang. pada tabel 4.1 adalah pengujian FSM

Tabel 1. Pengujian metode FSM

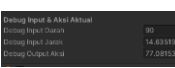
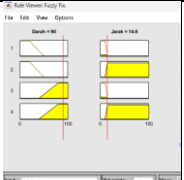
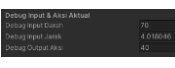
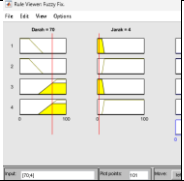
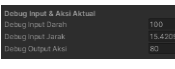
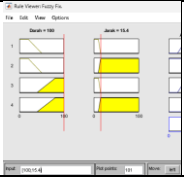
No	State	Kondisi	Hasil
1	Enemy Patroli -> Diam pada level 1	Enemy akan patroli dan diam Ketika jauh dari pemain	Sesuai
2	Enemy mengejar pada level 1	Enemy akan mengejar player Ketika jarak terpenuhi	Sesuai
3	Enemy menyerang pada level 1	Enemy akan menyerang Ketika jarak sudah dekat dengan player	sesuai
4	Enemy mati pada level 1	Enemy akan mati Ketika mencapai darah 0	sesuai
5	Enemy Patroli -> Diam pada level 3	Enemy akan patroli dan diam Ketika jauh dari pemain	Sesuai
6	Enemy mengejar pada level 3	Enemy akan mengejar player Ketika jarak terpenuhi	Sesuai
7	Enemy menyerang pada level 3	Enemy akan menyerang Ketika jarak sudah dekat dengan player	sesuai
8	Enemy mati pada level 3	Enemy akan mati Ketika mencapai darah 0	sesuai

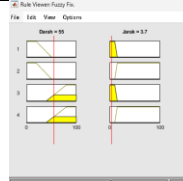
Pada tabel 1, dilakukan 4 aspek pengujian dilakukan untuk mengetahui setiap state pada metode FSM sudah sesuai. Sistem berhasil membuat enemy patroli dan diam ketika tidak ada input dari pemain, enemy akan melakukan state mengejar ketika jarak pada pemain sudah tercapai, enemy akan menyerang jika jarak ke pemain sudah tercapai, dan enemy akan mati jika darah enemy mencapai 0. Hasil pengujian secara keseluruhan menunjukkan bahwa metode FSM bekerja dengan baik. Pengujian pada 4 state setiap level mendapatkan nilai 100% karena sesuai

4.5. Pengujian Fuzzy

Penggunaan metode fuzzy logic pada game “Echoes of the forgotten: A Robot Quest for The Truth” untuk membuat pergerakan pada NPC boss lebih dinamis. Dengan 2 Input yaitu keanggotaan darah dan keanggotaan jarak lalu 1 output yaitu keanggotaan aksi. Pengujian dilakukan dengan pendekatan unity dan matlab sebanyak 5x pengujian.

Tabel 2. Pengujian Fuzzy

No	Pengujian Fuzzy pada Unity	Pengujian Fuzzy pada Matlab	Selisih output
1			2.1
2			0
3			3.2

No	Pengujian Fuzzy pada Unity	Pengujian Fuzzy pada Matlab	Selisih output
4			0
5			2.3

Pada tabel 2 adalah hasil pengujian pendekatan nilai fuzzy pada unity dan matlab, pengujian ini mendapatkan hasil 100%. Terdapat nilai selisih output pada pengujian. Selisih nilai output fuzzy logic antara Unity dan *MATLAB*, yang berkisar 1 sampai 5 poin, bisa terjadi karena beberapa hal. Pertama, Unity pakai tipe data float yang kurang presisi dibanding *MATLAB* yang pakai *double*. Kedua, meskipun bentuk grafik keanggotaannya sama, cara perhitungan di masing-masing platform bisa sedikit beda, terutama di bagian batas nilai. Dan yang ketiga, *MATLAB* biasanya hitung defuzzifikasi secara lebih detail (berbasis integral), sedangkan Unity pakai pendekatan lebih sederhana dan cepat karena untuk game. Jadi meskipun hasilnya sedikit beda, selisih itu masih wajar dan tidak terlalu berpengaruh ke perilaku bos di dalam game.

4.6. Pengujian Fungsional

Pengujian fungsi pada game “Echoes of the forgotten: A Robot Quest for The Truth” dilakukan untuk memastikan fungsi dan fitur utama berjalan sesuai dengan fungsinya, pada tabel dibawah ini menunjukkan semua fungsi dan fitur utama.

Tabel 3. Pengujian Fungsional

No	Fungsi	Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Status
1	Kontrol karakter	Pemain menekan tombol W, A, S, D untuk menggerakkan karakter.	Karakter bergerak arah sesuai input pemain	Sesuai
2	Serangan pemain	Pemain menekan tombol mouse kiri untuk menembak	Karakter melakukan tembakan sesuai dengan input mouse kiri, dan enemy dapat terkena damage	Sesuai
3	Perilaku musuh(FSM)	Musuh melakukan state patroli,mengejar,menyerang pada pemain	Musuh menjalankan FSM dengan baik	Sesuai
4	Perilaku Boss(Fuzzy)	Boss mengejar dan menyerang dengan kondisi tergantung darah dan jarak ke pemain	Boss menyerang pemain dengan pola yang sesuai dengan fuzzy logic	Sesuai
5	Pause Game	Pemain menekan tombol ESC game akan pause	UI pause muncul dan game ke mode pause	Sesuai
6	Game Over	Bar darah pemain habis karena serangan musuh	UI game over muncul dan pemain dapat kembali bermain	Sesuai
7	Fungsi Main Menu	Pemain memilih tombol play, tutorial, dan exit	Setiap tombol berfungsi sesuai fungsinya	Sesuai
8	Transisi Level	Setelah menyelesaikan Puzzle, pemain dapat melanjutkan level berikutnya	Transisi level berjalan baik	Sesuai

Hasil pengujian fungsional pada table 3 terhadap delapan fitur utama dalam game menunjukkan bahwa seluruh fungsi berjalan dengan baik sesuai harapan dengan tingkat keberhasilan 100%. Fungsi kontrol karakter merespons input pemain dengan tepat, serangan pemain berhasil memberikan damage pada musuh, perilaku musuh dengan finite state machine (FSM) dapat berpindah state sesuai kondisi permainan, sedangkan perilaku boss dengan fuzzy logic mampu menghasilkan variasi serangan yang dinamis. Selain itu, fitur pause game dapat menghentikan seluruh aktivitas permainan, kondisi game over muncul saat syarat kekalahan terpenuhi, main menu berfungsi normal pada setiap tombolnya, serta transisi antar level berjalan mulus dengan data permainan tetap terbawa. Dengan demikian, seluruh aspek fungsional game sudah memenuhi kriteria yang diinginkan tanpa kendala.

4.7. Pengujian Kepuasan Pemain

Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui kepuasan pemain secara keseluruhan. Penilaian akan mencakup kontrol, kesulitan, kualitas menggunakan skala Sangat kurang bagus, kurang bagus, bagus, sangat bagus dengan total 20 responden

Tabel 4. Pengujian Kepuasan Pemain

No	Pertanyaan	Skala Jawaban			
		SKB	KB	B	SB
1	Bagaimana Kontrol pada game ini?	0	7	33	115
2	Bagaimana Kualitas pada game ini?	0	4	21	142
3	Bagaimana Kesulitan pada game ini?	0	0	50	105

Rumus untuk menghitung Rata-rata Kepuasan pemain
 Rata-rata Kepuasan Pemain = (total Skor)/(jumlah pemain)

Rata-rata Kepuasan Kontrol = $155/20=7.75$

Rata-rata Kepuasan Kualitas = $167/20=8.35$

Rata-rata Kepuasan Kesulitan = $155/20=7.75$

Rata-rata Total Kepuasan = $571/60=7.95$

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Game “Echoes of the Forgotten: A Robot Quest for The Truth” berhasil dirancang sebagai media game interaktif berbasis desktop dengan puzzle dan rintangan menarik. Implementasi metode Finite State Machine (FSM) pada musuh berjalan dengan baik dengan tingkat keberhasilan 100%, sementara penggunaan Fuzzy Logic pada boss membuat perilakunya adaptif dan dinamis, meskipun terdapat rata-rata selisih output 1.5 antara perhitungan Unity dan MATLAB, perbedaan tersebut tidak menimbulkan masalah karena perbedaan metode defuzzifikasi. Hasil pengujian fungsional pada kontrol karakter, serangan pemain, perilaku musuh, menu, dan gameplay juga mencapai 100% sesuai harapan. Selain itu, uji kepuasan pemain terhadap 20 responden menunjukkan tanggapan positif dengan rata-rata kepuasan kontrol 7.75, kualitas 8.35, kesulitan 7.75, dan total rata-rata kepuasan 7.95. Secara keseluruhan, game ini dinilai berhasil dan mendapatkan respon yang sangat baik dari pemain. Pengembangan dapat difokuskan pada penambahan variasi perilaku musuh yang lebih kompleks dan adaptif untuk meningkatkan tantangan, serta perbaikan antarmuka pengguna pada menu dan tutorial agar lebih mudah dipahami dan menarik secara visual demi kenyamanan pemain..

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zakiey Cahya Ardi Wahana, S. A. (2020). GAME ADVENTURE HORROR “LET’S ESCAPE” DENGAN UNITY ENGINE BERBASIS DESKTOP MENGGUNAKAN METODE FINITE STATE MACHINE. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 306-314.
- [2] Bima Armedianto Putro, K. A. (2021). PENERAPAN METODE FINITE STATE MACHINE PADA GAME “ESCAPE FROM

- PUNK HAZARD”. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 71-78.
- [3] Fikriadi Sakrani, S. A. (2020). IMPLEMENTASI FINITE STATE MACHINE SEBAGAI KONTROL UNTUK NON PLAYER CHARACTER PADA GAME “LASTRI AND THE LAST TREE”. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 128-135.
- [4] Muhammad Khafidh Aulia, A. M. (2021). PENERAPAN METODE FINITE STATE MACHINE PADA GAME PANDEMIC NIGHTMARE BERBASIS ANDROID. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 291-298.
- [5] Najah Muchsin Sanin, M. S. (2024). IMPLEMENTASI FSM (FINITE STATE MACHINE) PADA GAME MUSLIMS EXPLORER’S FAITHFUL MAZE ADVENTURE. *Jurnal Aplikasi Sains Teknologi Nasional*, 46-54.
- [6] Daniel Eka Wijaya, K. A. (2021). KOMBINASI METODE METODE FINITE STATE MACHINE DAN GAME-BASED LEARNING PADA GAME “ESCAPE FROM COV-MADNESS”. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 86-93.
- [7] Daniel Ari Setiawan, S. A. (2021). PENERAPAN METODE FINITE STATE MACHINE DAN FUZZY PADA GAME “BLACK WARRIOR”. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 708-719.
- [8] Puja Angga Firmansyah, K. A. (2023). PENERAPAN METODE FUZZY LOGIC PADA GAME 3D “ALIESTER”. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 3098-3105.
- [9] Wahyu Safitra, A. F. (2020). PENERAPAN METODE FINITE STATE MACHINE PADA NON PLAYER CHARACTER (NPC) GAME ACTION STRATEGY “OUROBOROS”. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 292-297.
- [10] Aloysius Ellio Dewa Alsveta, H. Z. (2024). RANCANG DAN IMPLEMENTASI METODE FINITE STATE MACHINE (FSM) PADA GAME BATTLE FOR FLORYN BERBASIS ANDROID. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7502-7508.