



Penerapan Metode *Finite State Machine* dan *Fuzzy logic* Sebagai Kecerdasan Buatan pada *Non-Playable Character* (NPC)

Ahmad Amrul Muyassir

Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email: ahmadamrulum@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan pesat dalam teknologi informasi telah mendorong para pengembang *game* untuk menciptakan pengalaman bermain yang lebih menarik dan atraktif bagi pemain. Semakin menarik sebuah *game*, semakin besar peminatnya. Namun, untuk mencapai tingkat daya tarik yang optimal, perlu memperhatikan aspek penting dalam *game*, yaitu keseimbangan permainan (*Game Balancing*). Dalam *game*, keseimbangan permainan adalah faktor penting yang mempengaruhi tingkat kesulitan permainan. Ketidaksiesuaian tingkat kesulitan dapat menyebabkan frustrasi bagi pemain pemula dan kebosanan bagi pemain berpengalaman. Untuk menciptakan pengalaman dalam *game* yang lebih hidup dan menarik, salah satu pendekatan adalah mengimplementasikan kecerdasan buatan pada karakter *Non-Playable Character* (NPC). Kecerdasan dalam *game* sangat tergantung pada perilaku dan kemampuan NPC untuk beroperasi secara mandiri tanpa campur tangan manusia. Misalnya, perilaku NPC dalam serangan jarak dekat harus mencerminkan karakteristik manusia untuk menjadikan *game* lebih realistis dan menarik. Penelitian ini menggunakan dua metode, yaitu *Finite State Machine* dan *fuzzy logic* dalam mengatur perilaku NPC untuk menciptakan pengalaman bermain yang lebih menarik dan realistis. Penelitian juga melibatkan pengujian dengan mengacu pada ISO 25010 yang melibatkan 111 responden dan 1 ahli *game*. Pengujian dilakukan dalam dua tahap: tahap alpha test yang menguji tiga aspek, yaitu *Functional Suitability*, *Performance Efficiency*, dan *Portability* kemudian tahap beta test yang melibatkan 111 responden untuk menguji aspek *usability*. Hasil keseluruhan pengujian menunjukkan tingkat kelayakan sebesar "92,99%".

Kata Kunci: *Game, Artificial Intelligence, Fuzzy Logic, Finite State Machine, ISO 25010.*

ABSTRACT

The rapid development in information technology has driven game developers to create more captivating and appealing gaming experiences for players. The more captivating a game is, the larger its audience. However, to achieve the optimal level of appeal, it is essential to pay attention to a crucial aspect of the game, known as *Game Balancing*. In games, game balance is a vital factor that influences the difficulty level of gameplay. Mismatched difficulty levels can lead to frustration for novice players and boredom for experienced ones. To create a more lively and engaging in-game experience, one approach is to implement artificial intelligence in *Non-Playable Character* (NPC) characters. Intelligence in games relies heavily on the behavior and ability of NPCs to operate autonomously without human intervention. For example, NPC behavior in close combat should mirror human characteristics to make the game more realistic and engaging. This research employs two methods, *Finite State Machine* and *fuzzy logic*, to control NPC behavior and create a more interesting and realistic gaming experience. The research also involves testing with reference to ISO 25010, which includes 111 respondents and 1 game expert. Testing is conducted in two stages: the alpha test phase evaluates three aspects, namely *Functional Suitability*, *Performance Efficiency*, and *Portability*, followed by the beta test phase involving 111 respondents to assess *usability*. The overall test results indicate a feasibility rate of "92,99%".

Keywords: *Game, Artificial Intelligence, Fuzzy Logic, Finite State Machine, ISO 25010.*

1. PENDAHULUAN

Semakin pesatnya perkembangan teknologi informasi saat ini membuat para developer berlomba – lomba dan terdorong untuk menciptakan berbagai *game* yang menarik dan atraktif untuk membuat para pemain *game* tersebut merasa penasaran dan akan terus memainkan *game* tersebut. semakin menarik dan atraktifnya sebuah *game* maka semakin banyak peminat *game* tersebut (Purnawa, 2017). Dalam *game* atau

permainan, salah satu aspek yang membuatnya menarik dalam permainan adalah tingkat kesulitan yang sesuai bagi pemain (*Game Balancing*).

Agar suasana dalam *game* menjadi lebih menarik dan lebih hidup salah satu caranya dengan mengimplementasikan kecerdasan buatan pada NPC (*Non-Playable Character*) (Pranselga dkk., 2021). Kecerdasan suatu *game* bergantung pada perilaku dan kemampuan dari *Non-Playable Character* (NPC) tanpa campur tangan manusia (*autonomous*) dengan tujuan untuk mewujudkan permainan (*game*) lebih menarik dan realistis seperti serangan jarak dekat (*close combat*) NPC harus dibuat senatural mungkin agar gerakan maupun karakternya seperti halnya manusia sehingga *game* tersebut menjadi lebih menarik dan realistis (Asmiatun dkk., 2013). Menurut Rismanto dkk., (2018) perlu dilakukan upaya untuk membuat perilaku NPC menjadi cukup menantang dan tidak monoton. Menciptakan perilaku acak adalah salah satu cara tetapi masalahnya dengan pendekatan ini adalah perilaku NPC yang kurang interaktif karena ketidakmampuan untuk merespon dari kondisi permainan yang sesuai.

Penelitian terdahulu mengembangkan pemanfaatan *artificial intelligence* untuk mengatur NPC seperti yang diimplementasikan pada tank tempur sehingga memiliki kemampuan untuk terus menyerang, bertahan, melarikan diri dengan menggunakan metode *fuzzy logic*, dan hasil yang diperoleh sesuai dengan kondisi juga pertimbangan yang sudah diberikan dengan persentase keberhasilan fungsionalitas mencapai 100% dan 3,02% error dari perbandingan dengan menggunakan metode matlab dan pengujian mean opinion score dari 30 responden mendapat nilai persentase 76,4% (Aska dkk., 2018), dan pada *game pride of battle* yang mengatur tingkah laku NPC mengejar dan menyerang lawan saat lawan berada pada dalam jangkauan dan diam saat lawan menghilang atau berada di luar jangkauan, dan hasil dari pengujian *finite state machine* dengan hasil akhir sesuai dengan yang telah diharapkan dengan memperoleh persentase keberhasilan 81,36% dari 10 user dan dinyatakan menarik (Baani, 2019).

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dikemukakan, diketahui bahwa untuk membuat *game* itu lebih menarik diperlukan adanya *game balancing* dan untuk membentuk suatu *game balancing* agar tidak monoton atau bersifat statis maka diperlukan adanya kecerdasan buatan yang bisa merespon sesuai keadaan atau kondisi yang berlangsung, metode FSM dapat mengatur tingkah laku NPC sesuai dengan aturan yang telah diberikan sedangkan *fuzzy logic* mampu mengatur respon dari kondisi permainan yang sesuai dengan keadaan pemain atau NPC. maka penulis mencoba membuat penelitian dengan judul “Penerapan Metode *Finite State Machine* dan *Fuzzy logic* Sebagai Kecerdasan Buatan pada *Non-Playable Character* (NPC)”.

2. KAJIAN PUSTAKA

A. *Game*

Menurut Costikyan (2013) “*Game* merupakan bentuk seni di mana pemain atau peserta, membuat keputusan tentang bagaimana mengelola sumber daya mereka melalui objek dalam permainan untuk mencapai tujuan. Sedangkan arti *game* dalam bahasa Indonesia yaitu permainan. Secara umum *game* adalah sesuatu yang dapat dimainkan ataupun suatu aktivitas dengan tujuan bersenang-senang”.

B. *Non-Player Character* (NPC)

Non-Player Character (NPC) adalah suatu objek pada sebuah *game* yang dapat menyerupai tumbuhan, robot hewan, manusia dan lainnya yang tidak bisa dikontrol oleh pemain, namun NPC dapat bergerak atau melakukan kegiatan seperti yang dilakukan oleh pemain. NPC umumnya dikendalikan oleh sebuah program atau

codingan yang sudah diatur sehingga menjadi sebuah kecerdasan buatan pada *Non-Player Character* (NPC) yang juga disebut *Artificial intelligence* (AI),

C. *Artificial intelligence* (AI)

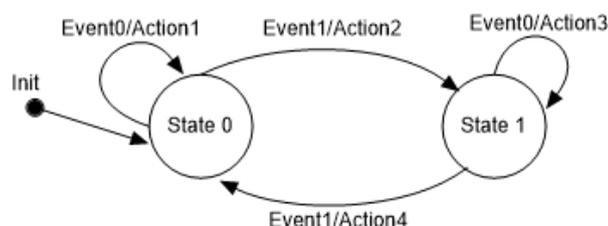
Menurut Budiharto (2014) Kata “*intelligence*” sendiri berasal dari bahasa latin “*intelligo*” yang berarti “saya paham” berarti dasar dari *intelligence* adalah kemampuan untuk memahami dan melakukan aksi. *Intelligence* merupakan istilah yang kompleks yang dapat didefinisikan dengan ungkapan yang berbeda seperti logika, pemahaman, *self-awareness*, pembelajaran, perencanaan, dan *problem solving*. Sedangkan “*Artificial*” adalah sesuatu yang tidak nyata, seperti tipuan karena merupakan hasil dari simulasi.

D. *Unity 3D*

Unity 3D dikembangkan oleh *Unity Technologies* merupakan sebuah *game engine* terbaik yang bisa bersifat *cross-platform*, yang artinya kita bisa membangun ataupun merilis *game* yang kita buat ke banyak platform, misalnya Android, iOS, PS3, PS4, Windows, Linux, dan lain-lain. Dengan *Unity*, kita bisa membangun *game* 3D ataupun 2D.

E. *Finite State Machine*

FSM atau juga disebut *finite state machine* merupakan suatu metodologi perancangan sistem kontrol yang menggambarkan tingkah laku atau prinsip kerja sistem dengan menggunakan tiga hal berikut: “*State* (Keadaan), *Event* (kejadian) dan *Action* (aksi)” (Millington, 2006).



Gambar 1. Contoh *State Machine* Sederhana (Setiawan, 2006)

F. *Fuzzy Logic*

Logika *fuzzy* memetakan ruang *input* ke ruang *output*. Antara *input* dan *output* ada suatu kotak hitam yang harus memetakan *input* ke *output* yang sesuai. Alasan mengapa orang menggunakan logika *fuzzy* Pada Metode Tsukamoto, setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk IF-THEN harus direpresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Sebagai hasilnya, *output* hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (*crisp*) berdasarkan α -predikat (*fire strength*). Hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobot (*Weight Average*) (Kusumadewi, 2013).

G. *ISO 25010*

ISO/IEC 25010 merupakan model kualitas sistem dan perangkat lunak yang menggantikan dan memperbaiki model kualitas sebelumnya yaitu *ISO/IEC 9126*. *ISO/IEC 25010* juga digunakan untuk tiga model kualitas yang berbeda untuk produk perangkat lunak antara lain (Intyana, 2019):

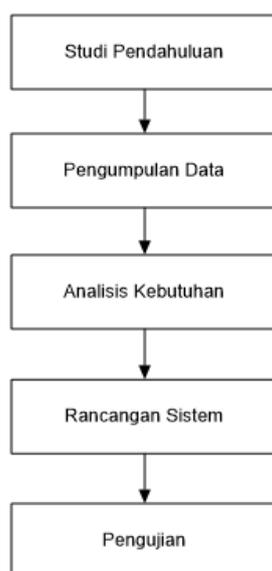
- a. Kualitas dalam model penggunaan
- b. Model kualitas produk, dan
- c. Data model kualitas



Gambar 2. Model Kualitas Produk ISO/IEC 25010

3. METODE PENELITIAN

Berikut adalah tahapan penelitian sebagai panduan penulis ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Tahapan Penelitian

A. Studi Literatur

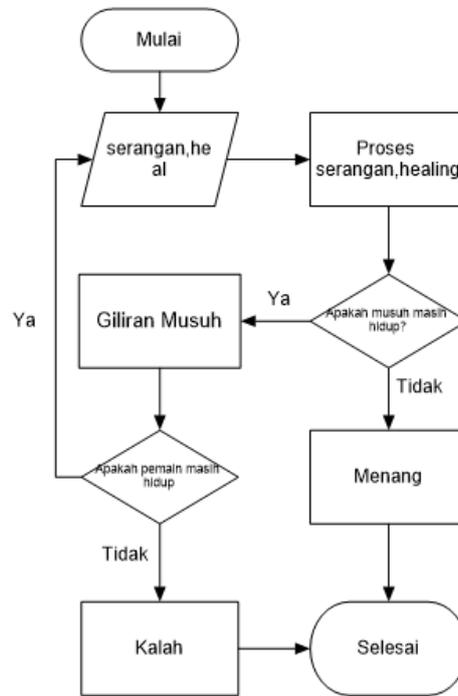
Penelitian ini diawali dengan studi literatur untuk mendapatkan referensi terhadap teori yang sesuai dalam menyelesaikan permasalahan. Beberapa referensi yang didapat meliputi NPC, *fuzzy logic*, *finite state machine*, pembuat *game* dan semua bahan-bahan dan referensi didapatkan dari *paper*, jurnal, buku, artikel, makalah, dan juga situs internet, serta beberapa referensi lainnya untuk pencapaian tujuan dari penelitian.

B. Pengumpulan Data

Metode literatur ini dilaksanakan dengan melakukan studi kepustakaan melalui referensi buku-buku untuk mendapatkan data yang berhubungan dengan judul tugas akhir yang penulis ambil. Contohnya peneliti mengevaluasi penelitian terdahulu agar bisa lebih memahami permasalahan yang ada supaya mendapatkan referensi penyelesaian dengan baik dan benar. Pada penelitian ini beberapa jurnal yang digunakan yaitu “Pengembangan *game* edukasi kimia berbasis *role playing game* (RPG) pada materi struktur atom sebagai media pembelajar mandiri untuk siswa kelas x sma di kabupaten” hasil yang diperoleh adalah *genre role playing game* (RPG) adalah *genre* yang paling banyak disukai oleh *gamer* di Indonesia (Sari dkk., 2014).

C. Rancangan Sistem

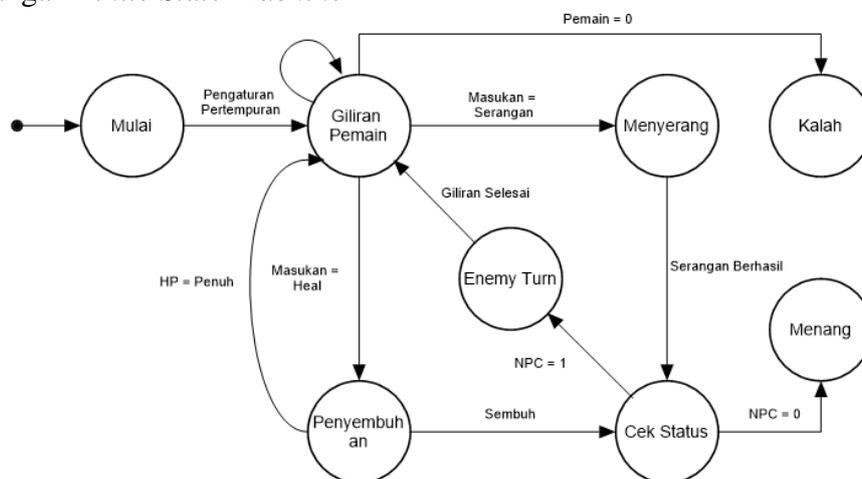
Game single player semi-RPG dan turn-based strategy 3D dengan karakter utama berinteraksi dengan NPC musuh cerdas. Tujuan penelitian adalah mengembangkan kecerdasan buatan pada NPC musuh dan mengedukasi pemain tentang COVID-19. *Game "Lawan Covid" (LaCov)* adalah permainan dimana pemain berperan sebagai seorang dokter yang harus mencapai tujuan, seperti rumah sakit. Saat menjelajah kota, pemain akan diserang oleh NPC berupa virus. Jika pemain berhasil mengalahkan virus tersebut, permainan berlanjut. Tujuan utama adalah menyelesaikan misi.



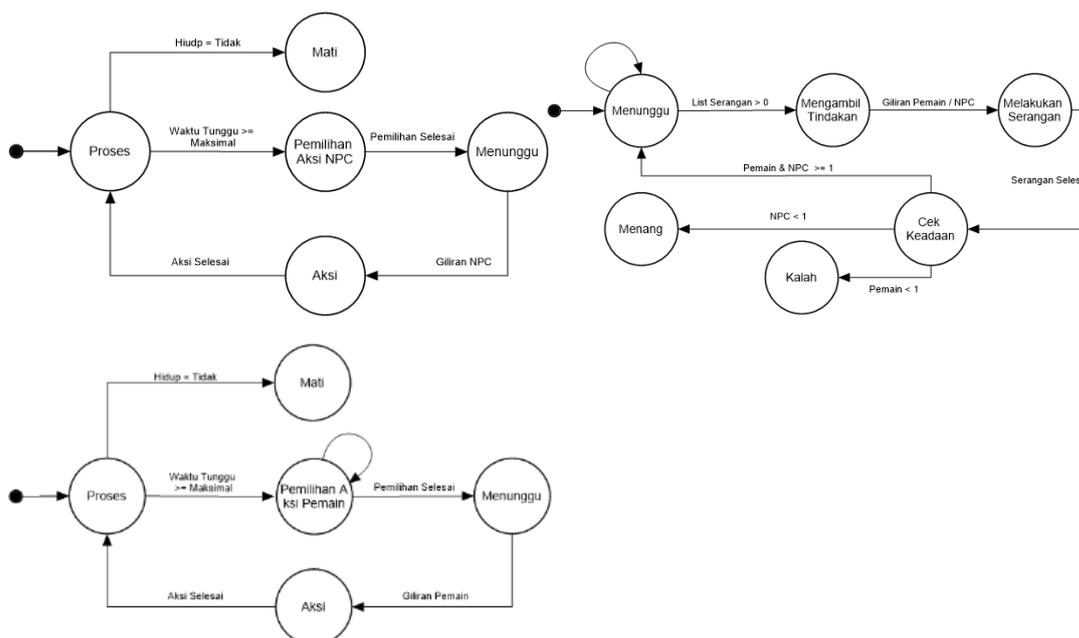
Gambar 4. Flowchart Pertarungan

Rancangan *Finite State Machine* dan *Fuzzy Logic*:

1. Rancangan *Finite State Machine*



Gambar 5. Rancangan FSM pada *Bos Battle System*

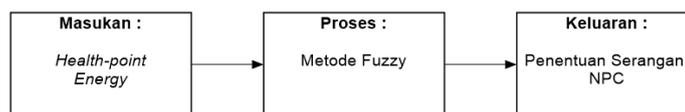


Gambar 6. Rancangan FSM pada Normal Battle

Terdapat 4 rancangan *finite state machine* satu pada *bos battle* dan 3 di *normal battle*.

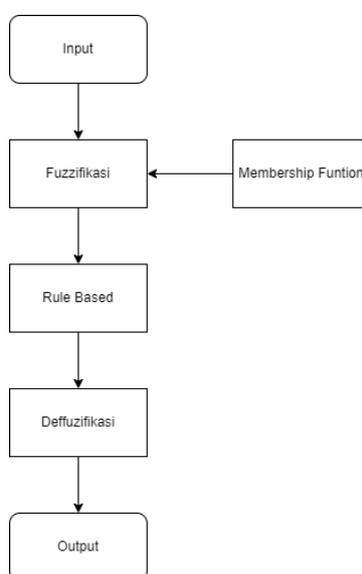
2. Fuzzy Logic

Peneliti mulai melakukan rancangan proses dengan menghitung masing-masing *input* dan proses logika *Fuzzy* yang kemudian akan menghasilkan *output* berupa serangan NPC yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Rancangan Proses Serangan NPC

Metode yang digunakan adalah metode Tsukamoto berikut adalah *flowchart* yang dapat dilihat pada Gambar 8.



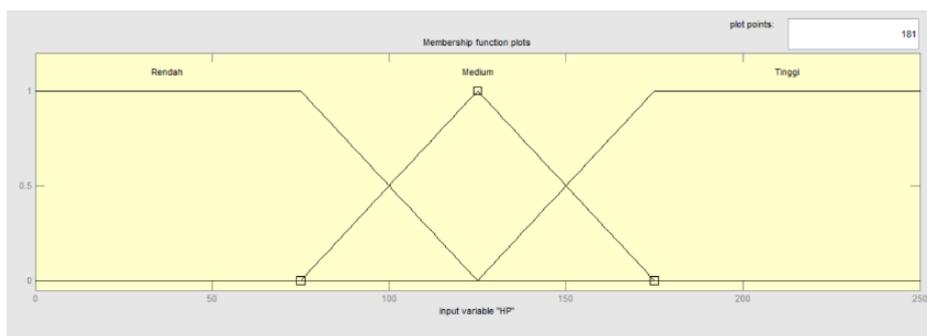
Gambar 8. Flowchart Kendali Fuzzy

a. *Fuzzyfikasi*

Dalam atribut *Health-Point* ini terdapat beberapa komponen seperti variabel, grafik dan juga range nilai tertentu. Pada *Input Health-Point* ini terdapat 3 variabel yaitu Rendah, Medium, dan Tinggi dengan nilai interval yang beragam, mulai dari 0 sampai 250.

Tabel 1. Variabel dan Nilai *Health-Point*

Variabel	Notasi	Nilai
R	Rendah	0 - 125
M	Medium	75 - 175
T	Tinggi	125 - 250



Gambar 9. Derajat Keanggotaan *Input Health-Point* (HP)

$$\mu_{\text{Rendah}} [x] = \begin{cases} (125 - x) / (125 - 75) & 75 \leq x \leq 125 \\ 0; & x \geq 125 \end{cases}$$

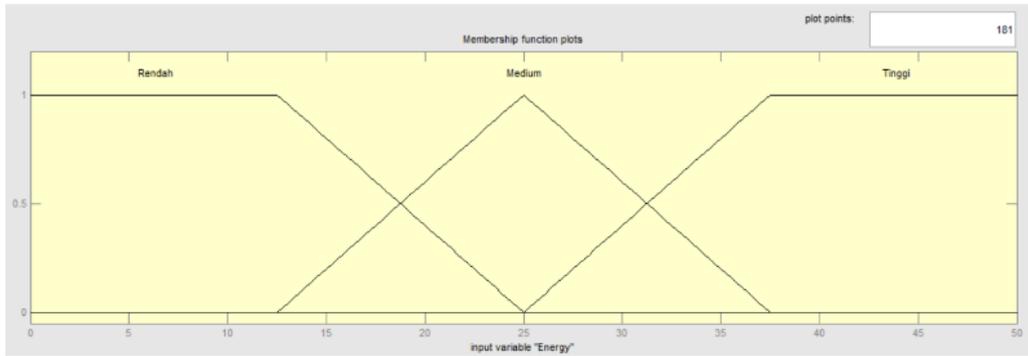
$$\mu_{\text{Medium}} [x] = \begin{cases} 0; & x \leq 75 \text{ atau } x \geq 175 \\ (x - 75) / (125 - 75) & 75 \leq x \leq 125 \\ (175 - x) / (175 - 125) & 125 \leq x \leq 175 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Tinggi}} [x] = \begin{cases} 0; & x \leq 125 \\ (x - 125) / (175 - 125) & 125 \leq x \leq 175 \\ 1; & x \geq 175 \end{cases}$$

Dalam atribut energi terdapat beberapa komponen seperti variabel, grafik dan juga range nilai tertentu. Pada *input energi* ini terdapat 3 variabel yaitu Rendah, Medium, dan Tinggi dengan interval nilai-nilai yang beragam, mulai dari 0 sampai 50.

Tabel 2. Variabel dan *Energy*

Variabel	Notasi	Nilai
R	Rendah	0 - 25
M	Medium	12.5 - 37.5
T	Tinggi	25 - 50

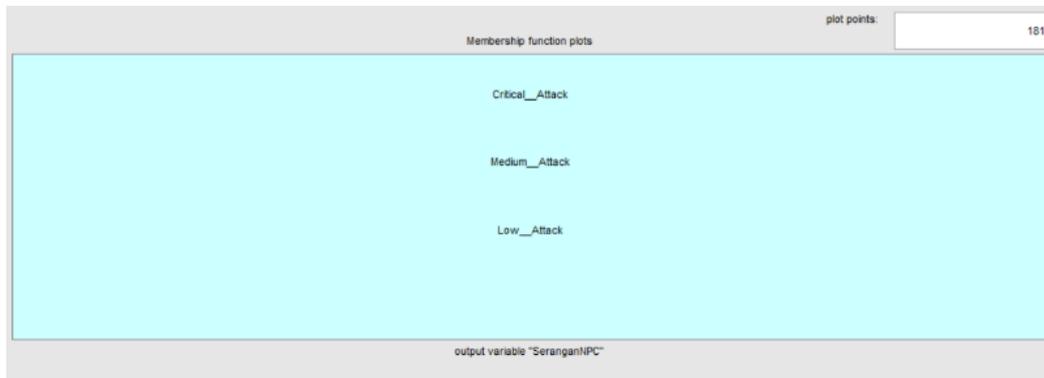


Gambar 10. Derajat Keanggotaan *Energy* (HP)

$$\mu_{\text{Rendah}}[x] = \begin{cases} (25 - x) / (25 - 12.5) & 12.5 \leq x \leq 25 \\ 0; & x \geq 25 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Medium}}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 12.5 \text{ atau } x \geq 37.5 \\ (x - 12.5) / (25 - 12.5) & 12.5 \leq x \leq 25 \\ (37.5 - x) / (37.5 - 25) & 25 \leq x \leq 37.5 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Tinggi}}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 25 \\ (x - 25) / (37.5 - 25) & 25 \leq x \leq 37.5 \\ 1; & x \geq 37.5 \end{cases}$$



Gambar 11. Derajat Keanggotaan *Output* Serangan NPC

b. Rule Based

Berikut adalah aturan *fuzzy* (*fuzzy rule*) yang dibuat untuk menghasilkan perilaku serangan *Non-Player Character* (NPC) yang akan peneliti jabarkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Aturan *Fuzzy* Serangan NPC

<i>Input</i>		<i>Output</i>
<i>Health-Point</i>	<i>Energy</i>	Serangan NPC
Tinggi	Tinggi	<i>Critical</i>
Tinggi	Medium	<i>Low</i>
Tinggi	Rendah	<i>Low</i>
Medium	Tinggi	<i>Critical</i>
Medium	Medium	<i>Medium</i>
Medium	Rendah	<i>Low</i>
Rendah	Tinggi	<i>Critical</i>
Rendah	Medium	<i>Medium</i>
Rendah	Rendah	<i>Low</i>

c. Defuzzifikasi

Setelah selesai menentukan *fuzzy rule*, selanjutnya adalah tahap untuk menentukan *output* dan juga keputusan yang akan dilakukan oleh NPC dengan menggunakan *defuzzifikasi*. Nilai ini nantinya akan ditambah dan dikalikan dengan hasil dari implikasi / *rule based* pada proses *defuzzifikasi*. Variabel dan nilai tersebut digolongkan sebagai berikut:

- 1) *Low* = 0
- 2) *Medium* = 20
- 3) *Critical* = 40

D. Pengujian

Pada penelitian ini, metode pengujian yang akan dipakai dalam pengembangan *game* ini menggunakan metode *ISO/IEC 25010* dari segi *functional suitability*, *usability*, *portability*, dan *performance efficiency*. Pengujian program dalam *game* ini dilakukan oleh pengembang, *game expert* dan lebih dari 100 *user* bermain *game* untuk memberikan data yang akan di-*input* dengan menggunakan angket kuesioner, kemudian hasil yang didapatkan akan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai rata-rata yang akan diuji dengan menggunakan *ISO/IEC 25010* untuk mendapatkan kelayakan dari *game* tersebut. Dan menggunakan skala LSR (*Likert's Summated Rating*) dalam menyusun pertanyaan dan mendapatkan jawaban yang tegas dari 100 responden tersebut:

$$\text{Persentase Kelayakan} = \frac{\text{Skor Perolehan}}{\text{Skor Maksimal}} \times 100\%$$

Tabel 4. Kriteria interpretasi skor

Persentase Skor	Keterangan
0% - 20%	Sangat Tidak Layak
20% - 40%	Tidak Layak
40% - 60%	Cukup Layak
60% - 80%	Layak
80% -100%	Sangat Layak

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian dari *fuzzy logic* dapat dilihat dari 23 jumlah percobaan yang sudah dilakukan.

Tabel 5. Tabel Pengujian Fuzzy Pada Game Lacov

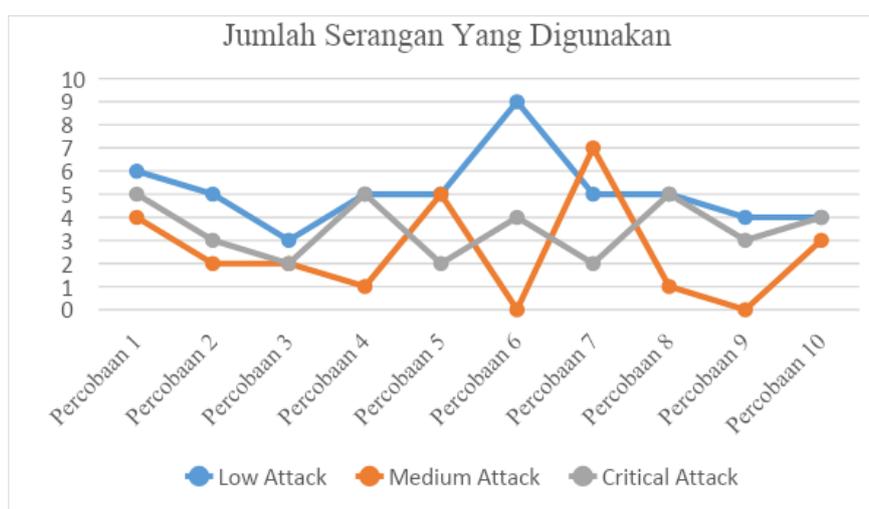
No	Input		Output	
	Health-point	Energy	Fuzzy (Defuzzification)	NPC Attack
1	250	48	40	Critical Attack
2	190	30	16	Low Attack
3	160	59	40	Critical Attack
4	160	41	40	Critical Attack
5	130	26	21.03	Medium Attack
6	123	13	1.4	Low Attack
7	117	11	0	Low Attack
8	100	26	22.75	Medium Attack
9	70	29	26.4	Medium Attack
10	40	30	28	Medium Attack
11	40	40	40	Critical Attack
12	10	39	40	Critical Attack
13	220	27	6.4	Low Attack

No	Input		Output	
	Health-point	Energy	Fuzzy (Defuzzification)	NPC Attack
14	190	46	40	Critical Attack
15	160	31	23.25	Medium Attack
16	130	22	12.66	Low Attack
17	100	48	40	Critical Attack
18	100	32	30.63	Medium Attack
19	70	35	36	Medium Attack
20	30	38	40	Critical Attack
21	30	33	32.8	Medium Attack
22	12	15	5	Low Attack
23	40	22	15.2	Low Attack

Setelah dilakukan pengujian dengan dua parameter/*input* yaitu *Health-Point* (HP) dan *Energy* yang berbeda-beda dapat menghasilkan 3 jenis serangan yaitu *Low Attack*, *Medium Attack*, dan *Critical Attack* sesuai apa yang sudah direncanakan. Kemudian selanjutnya akan dilakukan 10 kali percobaan untuk mengetahui banyaknya atau seberapa sering ketiga serangan tersebut digunakan yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Jumlah Percobaan Melawan NPC

Jumlah Percobaan	Kondisi	Jumlah Serangan Yang Digunakan		
		Low Attack	Medium Attack	Critical Attack
1	Pemain Menang	6	4	5
2	Pemain Menang	5	2	3
3	Pemain Kalah	3	2	2
4	Pemain Menang	5	1	5
5	Pemain Kalah	5	5	2
6	Pemain Kalah	9	0	4
7	Pemain Kalah	5	7	2
8	Pemain Kalah	5	1	5
9	Pemain Menang	4	0	3
10	Pemain Menang	4	3	4



Gambar 12. Grafik Jumlah Serangan yang Digunakan Berdasarkan Tabel 6.

Berdasarkan Tabel 6 dan Gambar 12 dapat disimpulkan dari 10 kali percobaan jumlah jenis serangannya berbeda-beda sehingga ini membuat permainan tidak monoton untuk dimainkan dikarenakan jenis serangan NPC tidak mudah ditebak oleh pemain. Dari semua percobaan pada tabel diatas dapat disimpulkan bawa *fuzzy logic* yang berada pada *game* Lacov sudah berjalan sesuai dan sebagaimana mestinya.

Selanjutnya dilakukan pengujian *alpha test* yang dilakukan oleh *game expert* untuk mengukur atau mengetahui persentase kelayakan *game* Lacov dari aspek aspek *Functional Suitability*, *Performance Efficiency*, dan *Portability* berdasarkan standar faktor kelayakan perangkat lunak ISO 25010 sebelum diujikan pada *Beta Testing*.

Tabel 7. Hasil Pengujian *Alpha Testing*

No	Nama Penguji	Pertanyaan			
		<i>Functional Suitabilit</i>	<i>Performance Efficiency</i>	<i>Portabilit y</i>	
		1 - 59	1	2	1-5
1	KHO	59	5	3	5
2	AAM	59	5	4	5
Total Skor		59	17		10
Skor Maksimum		59	20		10
Presentase		100%	85%		100%

Setelah Pengujian *Alpha Testing* dinilai baik, maka *game* Lacov dapat dilanjutkan pada pengujian *Beta* pada pengujian ini *game* Lacov akan dimainkan oleh 111 *user*. Pada tahapan ini *user* juga akan mengisi kuesioner untuk mengetahui kelayakan perangkat lunak yang meliputi aspek *functional suitability*, *usability*, *portability*, dan *performance efficiency* namun pada tahap ini yang akan diisi adalah aspek *usability* dimana didalamnya terdapat empat sub aspek yaitu *Usefulness*, *Ease of Use*, *Ease of Learning*, dan *Satisfaction*. Kuesioner yang diberikan dirancang berdasarkan faktor kelayakan perangkat lunak menurut ISO 25010, berikut adalah hasil pengujian yang telah dilakukan.

Tabel 8. Pengukuran Beta Test

Pengguna	<i>Usability</i>			
	<i>Usefulness</i>	<i>Ease of Use</i>	<i>Ease of Learning</i>	<i>Satisfaction</i>
1	9	20	12	40
2	6	22	15	43
3	10	21	13	38
4	8	22	14	48
...
111	8	21	10	40
Skor Diperoleh	972	2417	1440	4819
Skor Maksimum	1110	2775	1665	5550
Presentase	87,56756757	87,0990991	86,48648649	86,82882883
Usability	86,99%			

Tabel 9. Hasil Pengukuran Tingkat Kelayakan *Game* Lacov

No	Aspek	Presentase	Tingkat Kelayakan
1	<i>Functional Suitability</i>	100%	Sangat Layak
2	<i>Performance Efficiency</i>	85%	Sangat Layak
3	<i>Portability</i>	100%	Sangat Layak
4	<i>Usability</i>	86,99%	Sangat Layak
5	<i>Total</i>	92,99%	Sangat Layak

Dari hasil perhitungan diatas yang dapat dilihat pada Table 4.9 dapat disimpulkan bahwa total keseluruhan semua aspek mendapatkan nilai tingkat kelayakan sebesar "92,99%". Dengan hasil persentase yang didapat, dilakukan perbandingan skala Likert dengan tabel kelayakan perangkat lunak, maka tingkat kelayakan dari *game* Lacov masuk ke dalam kategori "**Sangat Layak**".

5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dalam pembuatan *game* “*LaCov*”, maka peneliti dapat mengambil beberapa kesimpulan:

1. Hasil Kecerdasan Buatan atau *Artificial intelligence* (AI) yang diterapkan kepada *enemy* berjalan dengan baik dan sesuai dengan tingkat persentase sebesar 100%.
2. Berdasarkan data yang diperoleh dari Kuesioner tingkat kepuasan pemain saat melawan *enemy* yang dilengkapi dengan *finite state machine* dan *fuzzy logic* mencapai tingkat persentase 89% dan berdasarkan sub aspek dari *usability* yaitu *satisfaction* mencapai tingkat persentase 86%, dimana persentase tersebut berada di tingkat kelayakan “**Sangat Layak**”, Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa penerapan *finite state machine* dan *fuzzy logic* sangat bagus untuk diterapkan sebagai kecerdasan buatan pada sebuah *game*.
3. Pada tahap pengujian *ISO 25010* yang dilakukan sebanyak 2 tahap, yaitu *alpha test* yang diuji oleh 2 Validator dan *beta test* yang diuji oleh 111 *player* atau pemain, pada pengujian tersebut dinilai berdasarkan 4 aspek dengan nilai, aspek *Functional Suitability* memperoleh tingkat persentase sebesar 100%, aspek *Usability* memperoleh tingkat persentase sebesar 86,99%, aspek *Portability* memperoleh tingkat persentase sebesar 100%, dan aspek *Performance Efficiency* memperoleh tingkat persentase sebesar 85%. Total semua aspek pengujian memperoleh tingkat persentase sebesar 92,99%. Hasil tersebut menjadikan *Game Lacov* masuk dalam kategori “**Sangat Layak**” berdasarkan kriteria interpretasi skor.
4. Setelah dilakukannya penelitian tentu masih terdapat beberapa kekurangan sehingga dibutuhkan beberapa hal yang perlu mendapat pengkajian ulang dan dilakukan pengembangan lebih lanjut, sehingga peneliti memiliki beberapa saran untuk pengembangan selanjutnya yaitu:
 - a. Pengembang dapat menambahkan beberapa fitur baru dan menarik yang lebih kompleks, seperti penambahan misi (*story*) atau *objective* baru, menambahkan *mini game*, dan juga *world* yang lebih dinamis atau hidup.
 - b. Mengembangkan *game* ini pada platform lain seperti PC, android ataupun iOS.
 - c. Menambahkan lebih banyak unsur edukasi, baik itu saat *mini game* atau pun dari *story*.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Aska, D. T., Wiriasto, G. W., & Suksmadana, I. M. B. (2018). *Application of Fuzzy logic Tsukamoto Method for NPC (Non-Player Character) Enemies in the “Tank Tempur” Game Based on Android*. Mataram: Universitas Mataram.
- Asmiatun S, Hermawan L, & Daryatni T. (2013). Strategi Menyerang Jarak Dekat Menggunakan Klasifikasi Bayesian Pada PC (Non Player Character). *Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan, 2013*(November), 351–357.
- Baani, M. K. H. A. (2019). Penerapan Metode Finite State Machine Pada *Game Pride of Battle*. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 3(2), 83–89.
- Budiharto, W. (2014). *AI for Beginner*. Jakarta: Bina Nusantara.
- Costikyan, G. (2013). *Uncertainty in Games*. Cambridge: MIT Press.
- Intyana, S. (2019). *Pengaplikasian ISO/ IEC 25010 Untuk Mengevaluasi Website SMA Negeri di Kabupaten Pringsewu*. 1–30.
- Kusumadewi, S. (2013). *Artificial intelligence (Teknik dan Aplikasi)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Millington, I., dan Funge, J. (2006). *Artificial Intelligence for Games*. Burlington: Morgan Kaufmann Publisher.

- Pranselga, A., Setiawan, I.R., dan Apriandari, W. (2021). Implementasi Finite State Machine Pada Karakter NPC Musuh Dalam Game Adventure in Java. *Jutisi: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 10 (3), 391-404.
- Purnawa, T.I. (2017). *Menyusun Anatomi Game Airport City*. Bandung: Universitas Pasundan Bandung.
- Rismanto, R., Ariyanto, R., Setiawan, A., & Elinggar Zari, M. (2018). Sugeno Fuzzy for Non-Playable Character Behaviors in a 2D Platformer Game. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.44), 222.
- Sari, K., Saputro, S., & Hastuti, B. (2014). Pengembangan Game Edukasi Kimia Berbasis Role Playing Game (RPG) Pada Materi Struktur Atom Sebagai Media Pembelajaran Mandiri Untuk Siswa Kelas X SMA Di Kabupaten Purworejo. *Jurnal Pendidikan Kimia Universitas Sebelas Maret*, 3(2), 96–104.
- Setiawan, I. (2006). Perancangan Software Embedded System Berbasis FSM. *Jurnal Teknik Elektro*, 1–2.