

# Analisis Perilaku *Non-Playable Character* Pada Game Menggunakan Fuzzy Sugeno

*Non-Playable Character Behavior Analysis on Game Using Fuzzy Sugeno*

Usman Nurhasan<sup>1</sup>, Hendra Pradibta<sup>2</sup>, Firgiawan Zhein Alhaddad<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Malang

E-mail: <sup>1</sup>usmannurhasan@polinema.ac.id, <sup>2</sup>hendra.pradibta@polinema.ac.id,

<sup>3</sup>firgizhein87@gmail.com

## Abstrak

Game merupakan sarana hiburan dan memungkinkan untuk dijadikan sebagai sarana informasi. Game yang baik adalah game yang memiliki otomasi dalam menentukan perilaku NPC didalamnya. NPC harus dapat bergerak secara dinamis sesuai dengan aturan yang berlaku. Dalam penelitian ini, digunakan metode logika Fuzzy Sugeno untuk mengatur perilaku NPC. Terdapat 2 jenis NPC yang ada pada game ini yaitu tipe jarak dekat dan jarak jauh. Dalam mengatur NPC ini memiliki parameter input fuzzy yaitu jarak antara pemain dan npc, damage npc, kecepatan gerak npc, dan nyawa npc. Penerapan fuzzy dalam permainan ini telah berjalan dengan baik dan sesuai dengan rules yang telah ditentukan. Hal ini ditunjukkan dengan melakukan percobaan pada 24 variasi rule fuzzy, hasil yang defuzzyfikasi yang didapatkan adalah 100% dan sesuai dengan perancangan rule. Implementasi engine fuzzy dalam aplikasi game juga berjalan dengan baik. Ujicoba dilakukan pada 30 kondisi dengan berbagai variasi value pada variabel, aplikasi mengeluarkan output yang benar sesuai dengan rule yang telah ditetapkan. Dari variasi pengujian tersebut, 53% NPC akan bergerak mendekati player dan 47% NPC akan diam.

Kata kunci: Aturan, Fuzzy Sugeno, Game, Perilaku NPC, Pemain.

## Abstract

*Games is a means of entertainment and allow to be used as a means of information. A good game application is a game that has automation in determining the NPC behavior in it. NPCs must be able to move dynamically in accordance with applicable rules. In this research, Fuzzy Sugeno logic method is used to regulate NPC behavior. There are 2 types of NPC in this game, namely the type of close range and long distance. In arranging this NPC has fuzzy input parameters namely the distance between the player and the npc, npc damage, npc speed, and npc life. Fuzzy implementation in this game has been going well and in accordance with the rules that have been determined. This is demonstrated by experimenting on 24 variations of fuzzy rules, the defuzzyfication results obtained are 100% and in accordance with the design of the rule. Fuzzy engine implementation in game applications also works well. The test is carried out on 30 conditions with a variety of values on the variables, the application outputs the correct according to predetermined rules. From the variations of the test, 53% NPC will move closer to the player and 47% NPC will be silent.*

*Keywords: Fuzzy Sugeno, Games, NPC Behavior, Players, Rules*

## 1. PENDAHULUAN

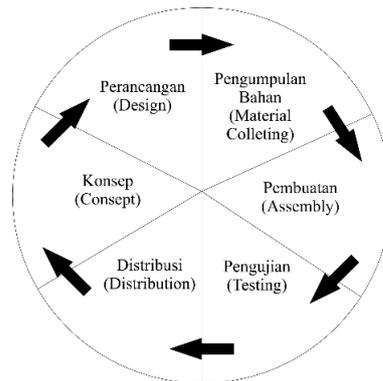
Game merupakan salah satu alternatif sarana hiburan dan informasi. Game yang menarik adalah yang dapat memberikan kesan tantangan pada player ketika dimainkan. Tantangan diberikan agar player tidak merasa bosan ketika memainkan sebuah game[1]. Beberapa tantangan pada game dapat berupa rule, level, timer, target ataupun skema scoring pada game yang dibuat sedemikian rupa sesuai dengan tema game itu sendiri. Tantangan yang diterapkan pada game hendaknya sesuai dengan tema dan genre game. Sebagai contoh game bergenre RPG atau Role Playing Game akan lebih cocok diberikan tantangan pada tingkat kesulitan level game, kesesuaian player dalam memerankan tokoh cerita dan sebagainya[2]. Sedangkan pada genre platformer, sebuah game dapat diberikan tantangan berupa Non-Playable Character atau NPC.

NPC adalah sebuah objek dalam game yang biasanya berupa karakter manusia, hewan, monster atau yang lainnya dan tidak dapat dikendalikan oleh player[3]. Sifat lain dari NPC adalah sebuah object yang dapat bereaksi secara mandiri menyerupai gerakan player[4]. NPC yang baik adalah yang dapat bergerak secara mandiri dan tidak bersifat monoton. Dengan kata lain, NPC akan bergerak secara otomatis berdasarkan perintah dan aturan yang berlaku pada sebuah game. NPC yang dinamis akan membuat player merasa tertantang karena memiliki gerakan / keputusan yang tidak terduga. Proses penentuan keputusan gerakan pada NPC hendaknya dilakukan secara otomatis dan cerdas. Implementasi artificial intelligence dapat dilakukan dalam hal ini. AI akan melakukan proses keputusan secara cepat dengan mempertimbangkan kemungkinan-kemungkinan keadaan pada waktu yg sama[5]. Gerakan NPC hendaknya dinamis dan sulit ditebak, namun tetap memperhatikan aturan dalam game. Aturan yang digunakan harus sesuai dengan tema game dan memiliki dasar logika yang jelas. Pada penelitian sebelumnya, interaksi NPC dan player dapat dilakukan dengan mempertimbangkan banyak keadaan. Hal ini bergantung dengan genre game yang sedang dirancang[6][7][8].

Salah satu konsep artificial intelligence yang dapat diterapkan pada penentuan perilaku NPC game adalah metode Fuzzy Sugeno. Hal ini didasari karena konsep fuzzy memberlakukan skala sesuai dengan kondisi dan persepsi[9]. Rule yang dapat diterapkan pada fuzzy bersifat sangat dinamis. Semakin kompleks rule dan variable yang digunakan, maka output yang dihasilkan juga akan semakin baik. Sehingga kompleksitas variable menentukan variasi gerakan yang adaptif pada sebuah NPC[10]. Beberapa variable yang akan digunakan pada penelitian ini adalah variable jarak, nyawa, damage, kecepatan gerak dan output yang diharapkan adalah aksi dari NPC yaitu bergerak maju, diam, atau mundur menjauhi player. Selain itu, akan diberikan pula perlakuan kecepatan dalam melakukan keputusan, yaitu lambat atau cepat. Ketika NPC dapat bergerak dengan dinamis berdasarkan kondisi permainan secara real time, maka player tidak akan merasa bosan dalam memainkan sebuah game[11].

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini terdiri dari langkah-langkah yang akan membimbing penulis memilih metode, teknik prosedur apa yang tepat, dan tools apa yang akan digunakan sehingga setiap tahap penelitian dapat dilakukan dengan tepat. Dalam rancang bangun game save our rare animal menggunakan metode pengembangan Multimedia Development Life Cycle (MDLC)[12]. Pada metode MDLC terdapat 6 langkah yaitu kosep, perancangan, pengumpulan bahan, pembuatan, pengujian dan distribusi, seperti pada gambar 1.



Gambar 1 Multimedia Development Life Cycle (MDLC)

### 2.1. Konsep

Tahap konsep merupakan tahap awal dalam siklus MDLC. Pada tahap konsep, dimulai dengan menentukan tujuan pembuatan aplikasi serta pengguna aplikasi tersebut. Sehingga aplikasi diharapkan dapat digunakan dan berjalan dengan sesuai konsep yang telah dibuat. Pada penelitian ini, tujuan pembuatan aplikasi ini adalah untuk membuktikan dan melakukan analisis pergerakan NPC pada game. NPC akan bergerak sesuai dengan analisis perhitungan kondisi-kondisi yang terjadi pada game secara real time.

### 2.2. Perancangan

Pada tahap ini dilakukan penentuan proses dan asset yang akan diperlukan untuk pembuatan sistem. Jika sistem ini berbasis komputer, rancangan dapat menyertakan spesifikasi jenis peralatan yang akan digunakan. Pada tahap ini juga dilakukan membuat pemodelan proses, membuat pemodelan data, dan membuat desain tampilan antar muka (interface) [12][13]. Pada tahap ini juga ditentukan metode apa yang akan digunakan untuk menentukan tingkah laku dari NPC terhadap player. Didalam game save our rare animal ini menggunakan metode fuzzy sugeno dalam menentukan perilaku npc terhadap player. Metode Fuzzy Sugeno merupakan metode inferensi fuzzy untuk aturan yang direpresentasikan dalam bentuk IF – THEN, dimana output (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan fuzzy, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear. Metode ini diperkenalkan oleh Tkago-Sugeno Kang pada tahun 1985 [5]. Secara umum bentuk model fuzzy sugeno orde nol sebagai berikut:

$$IF (x_1 \text{ is } A_1) \&\&(x_2 \text{ is } A_2) \dots (x_n \text{ is } A_n) THEN z = k \quad (1)$$

Keterangan (1):

A adalah himpunan fuzzy ke-1 sebagai antesedan

K adalah satu konstanta (tegas) sebagai konsekuen

Tahap-tahap dalam mengerjakan metode Fuzzy Sugeno terbagi menjadi 4 tahap yaitu:

1. Fuzzyfikasi adalah proses memetakan nilai crips (numerik) ke dalam himpunan fuzzy dan menentukan derajat keanggotaanya.
2. Pembentukan basis pengetahuan fuzzy (Rule dalam bentuk IF..THEN)
3. Mesin inferensi
4. Implikasi dan Defuzzyfikasi

Fungsi implikasi yang digunakan adalah fungsi MIN dan Defuzzyfikasi menggunakan metode rata-rata (Average) [5].

$$Output = \frac{\sum_i^N = w_i z_i}{\sum_i^N = w_i} \quad (2)$$

Keterangan (2):

- N = Jumlah fuzzy rule
- w = Bobot hasil implikasi
- z = Output perilaku NPC

### 2.3. Pengumpulan Bahan

Pada tahap ini adalah proses pengumpulan bahan yang sesuai dengan kebutuhan sistem. Bahan-bahan yang dibutuhkan terdiri dari:

1. Teks: Font yang sesuai dengan tema aplikasi
2. Gambar: gambar yang akan digunakan seperti tombol, karakter dan juga tampilan dibuat dengan menggunakan Adobe Illustrator dan Corel Draw.
3. Animasi: pembuatan animasi karakter utama dan NPC, dibuat menggunakan coreldraw.
4. Audio: file audio pada aplikasi ini menggunakan extensi mp3, yang dimana audio digunakan pada backsound di menu dan didalam game.

### 2.4. Pembuatan

Pada proses pembuatan ini dimulai dengan pembuatan objek seperti karakter dan user interface. Setelah proses pemodelan selesai, maka akan dilanjutkan dengan proses pembuatan aplikasi menggunakan Unity Engine[4].



Gambar 2 Tampilan Menu Utama

Metode Fuzzy Sugeno di implementasikan pada setiap jenis musuh pada game ini. Metode fuzzy sugeno dipilih karena metode ini dapat digunakan untuk membuat suatu perilaku pada musuh dan metode ini memungkinkan untuk menentukan perilaku musuh yang terbatas.

### 2.5. Percobaan

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja dari fungsi konten yang ada dan algoritma yang digunakan. Pada pengujian system, seluruh fungsi, logika dan rule yang direncanakan akan diujicoba. Pengujian algoritma dengan cara memberikan kondisi-kondisi yang berbeda untuk mengetahui reaksi pergerakan dari NPC.



Gambar 3 Tampilan In-game

### 2.6. Distribusi

Pada tahap distribusi ini aplikasi akan disimpan dengan format apk. Tahap ini juga dapat

disebut tahap evaluasi untuk pengembangan produk yang sudah jadi supaya menjadi lebih baik. Hasil evaluasi ini dapat digunakan sebagai masukan untuk tahap konsep pada produk selanjutnya.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### a. Metode Fuzzy Sugeno

Implementasi metode Fuzzy Sugeno akan digunakan untuk mengatur perilaku dari npc pada game yang terdiri dari NPC range, NPC melee, dan NPC boss. Sedangkan untuk dapat beberapa variabel yang akan menentukan perilaku dari npc antara lain:

- Variabel jarak : himpunan {dekat, jauh}
- Variabel nyawa NPC : himpunan {sedikit, sedang, banyak}
- Variabel damage NPC : himpunan {lemah, kuat}
- Variabel kecepatan gerak NPC : himpunan{lambat, cepat}
- Variabel Action (Output) : Himpunan {diam, mendekat}

Sedangkan untuk membership function masing-masing variabel adalah sebagai berikut:

- Variabel Jarak

Range nilai untuk variabel jarak antara 0 hingga 15pixel yang dibagi menjadi 2 bagian antara lain dekat dan jauh, kedua bagian tersebut akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Dekat: 0-10
2. Jauh: 5-15

- Variabel Nyawa NPC

Range nilai untuk variabel nyawa NPC antara 0 hingga 100 yang dibagi menjadi 3 bagian antara lain sedikit, sedang dan penuh, ketiga bagian tersebut akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Sedikit: 0-50
2. Sedang: 25-75
3. Banyak: 50-100

- Variabel Damage NPC

Range nilai untuk variabel damage antara 0 hingga 20 yang dibagi menjadi 2 bagian antara lain lemah dan kuat, kedua bagian tersebut akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Lemah: 0-12
2. Kuat: 6-20

- Variabel Kecepatan Gerak NPC

Range nilai untuk variabel kecepatan antara 0 hingga 6 yang dibagi menjadi 2 bagian antara lain lambat dan cepat, kedua bagian tersebut akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Lambat: 0-4
2. Cepat: 2-6

- Variabel Output

Variabel output ini adalah tindakan perilaku NPC terhadap pemain. Pada tindakan perilaku ini dibagi menjadi 2 yaitu diam dan mendekat, yang akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Diam:  $x < 1$
2. Mendekat:  $0 < x \leq 1$

Aturan-aturan yang diterapkan dalam menentukan perilaku NPC Implementasi Game Save Our Rare Animal Berbasis Client Server berjumlah 24 rules, sebagai berikut :

Tabel 1 Rules fuzzy sugeno

R	J	NM	DM	KM	A	PK	PKS
R1	Dekat	Sedikit	Lemah	Lambat	Mendekat	Cepat	Cepat
R2	Dekat	Sedikit	Kuat	Lambat	Mendekat	Cepat	Lambat

R	J	NM	DM	KM	A	PK	PKS
R3	Dekat	Sedikit	Lemah	Cepat	Mendekat	Cepat	Lambat
R4	Dekat	Sedikit	Kuat	Cepat	Mendekat	Cepat	Lambat
R5	Dekat	Cukup	Lemah	Lambat	Mendekat	Cepat	Lambat
R6	Dekat	Cukup	Kuat	Lambat	Mendekat	Cepat	Lambat
R7	Dekat	Cukup	Lemah	Cepat	Mendekat	Cepat	Cepat
R8	Dekat	Cukup	Kuat	Cepat	Mendekat	Cepat	Lambat
R9	Dekat	Penuh	Lemah	Lambat	Mendekat	Lambat	Lambat
R10	Dekat	Penuh	Kuat	Lambat	Mendekat	Lambat	Lambat
R11	Dekat	Penuh	Lemah	Cepat	Mendekat	Lambat	Lambat
R12	Dekat	Penuh	Kuat	Cepat	Mendekat	Lambat	Lambat
R13	Jauh	Sedikit	Lemah	Lambat	Diam	Cepat	Cepat
R14	Jauh	Sedikit	Kuat	Lambat	Diam	Cepat	Cepat
R15	Jauh	Sedikit	Lemah	Cepat	Diam	Cepat	Cepat
R16	Jauh	Sedikit	Kuat	Cepat	Diam	Cepat	Cepat
R17	Jauh	Cukup	Lemah	Lambat	Diam	Cepat	Cepat
R18	Jauh	Cukup	Kuat	Lambat	Diam	Cepat	Lambat
R19	Jauh	Cukup	Lemah	Cepat	Diam	Cepat	Cepat
R20	Jauh	Cukup	Kuat	Cepat	Diam	Cepat	Lambat
R21	Jauh	Penuh	Lemah	Lambat	Diam	Lambat	Lambat
R22	Jauh	Penuh	Kuat	Lambat	Diam	Lambat	Lambat
R23	Jauh	Penuh	Lemah	Cepat	Diam	Lambat	Lambat
R24	Jauh	Penuh	Kuat	Cepat	Diam	Lambat	Lambat

Keterangan tabel 1:

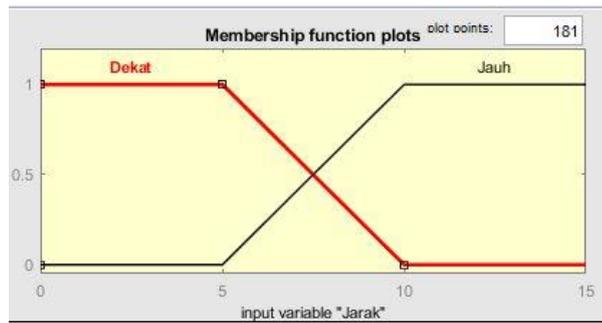
1. R = Rules
2. J = Jarak
3. NM = Nyawa NPC
4. DM = Damage NPC
5. KM = Kecepatan NPC
6. A = Action
7. PK = Perubahan Kecepatan NPC
8. PS = Perubahan Kecepatan Serangan NPC

#### **b. Pembahasan Metode Fuzzy Sugeno**

Dalam mengerjakan metode ini ada beberapa tahap yaitu fuzzifikasi, sistem infrensi dan defuzzy. Contoh perhitungan, apabila variabel jarak memiliki nilai 5, variabel nyawa NPC 45, variabel damage NPC 15 dan variabel movement speed 5, maka tahapan tahapan untuk mendapatkan hasil keputusan sebagai berikut.

##### 1. Fuzzifikasi

Penentuan memetakan nilai crisp dari jarak, nyawa NPC, damage dan movement speed kedalam himpunan fuzzy dan menentukan derajat keanggotaannya. Berikut perhitungan fuzzyfikasi untuk variabel jarak dengan nilai 5. Pada gambar 4, menunjukan derajat keanggotaan dari variabel jarak.

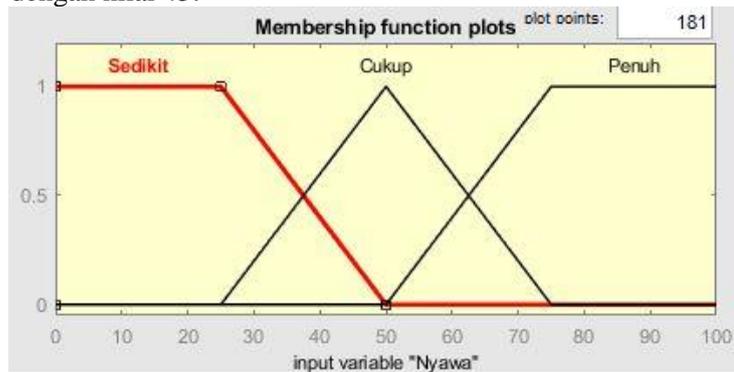


Gambar 4 Derajat keanggotaan jarak  
 $\mu_{\text{Jarak dekat}}[5] = \text{jarak} > 10$   
 $\mu_{\text{Jarak jauh}}[5] = \text{jarak} < 5$

Dari hasil perhitungan berdasarkan rumus trapesium dan segitiga diperoleh derajat keanggotaan jarak dekat dan jarak jauh sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Derajat keanggotaan dekat}[5] &= 1 \\ \text{Derajat keanggotaan jauh}[5] &= 0 \end{aligned}$$

Pada gambar 5, menunjukkan derajat keanggotaan dari variabel nyawa. Perhitungan fuzzyfikasi variabel nyawa NPC dengan nilai 45:

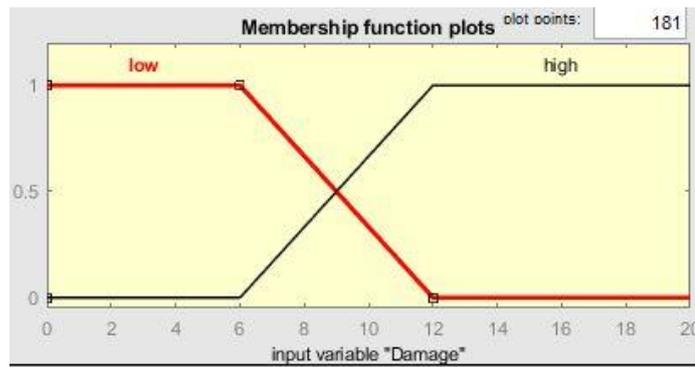


Gambar 5 Derajat keanggotaan variabel nyawa  
 $\mu_{\text{Nyawa sedikit}}[45] = \text{nyawa} < 25$   
 $\mu_{\text{Nyawa sedang}}[45] = \text{nyawa} \leq 25; \text{nyawa} \geq 75$   
 $\mu_{\text{Nyawa penuh}}[45] = \text{nyawa} > 75$

Dari hasil perhitungan berdasarkan rumus trapesium dan segitiga diperoleh derajat keanggotaan jarak dekat dan jarak jauh sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Derajat keanggotaan sedikit}[45] &= 1 \\ \text{Derajat keanggotaan sedang}[45] &= 0 \\ \text{Derajat keanggotaan penuh}[45] &= 0 \end{aligned}$$

Pada gambar 6, menunjukkan derajat keanggotaan dari variabel damage. Perhitungan fuzzyfikasi variabel damage dengan nilai 15 sebagai berikut:

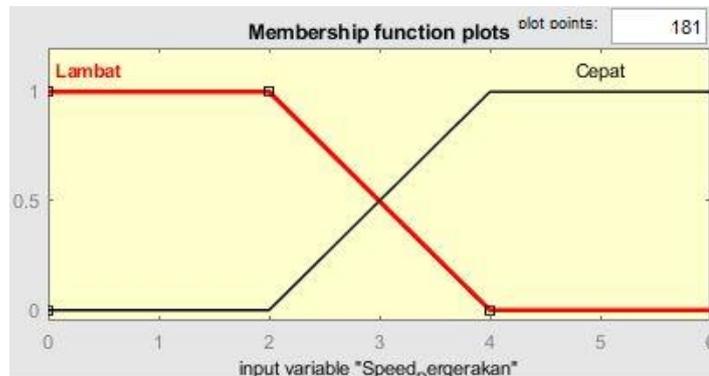


Gambar 6 Derajat keanggotaan dari variabel damage  
 $\mu_{\text{damage lemah}}[15] = \text{damage} < 6$   
 $\mu_{\text{damage kuat}}[15] = \text{damage} > 12$

Dari hasil perhitungan berdasarkan rumus trapesium dan segitiga diperoleh derajat keanggotaan jarak dekat dan jarak jauh sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Derajat keanggotaan lemah}[15] &= 0 \\ \text{Derajat keanggotaan kuat}[15] &= 1 \end{aligned}$$

Pada gambar 7, menunjukkan derajat keanggotaan dari variabel speed. Perhitungan fuzzyfikasi variabel movement speed dengan nilai 5:



Gambar 7 Derajat keanggotaan dari variabel speed  
 $\mu_{\text{movement speed pelan}}[5] = \text{speed} < 2$   
 $\mu_{\text{movement speed cepat}}[5] = \text{speed} > 4$

Dari hasil perhitungan berdasarkan rumus trapesium dan segitiga diperoleh derajat keanggotaan jarak dekat dan jarak jauh sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Derajat keanggotaan pelan}[5] &= 0 \\ \text{Derajat keanggotaan cepat}[5] &= 1 \end{aligned}$$

## 2. Implikasi

Pada tahap ini akan dibandingkan tiap variabel sesuai dengan rule fuzzy yang telah dibuat, untuk fuzzy sugeno digunakan fungsi minimum, seperti pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2 Perbandingan antara variabel dengan rule

NO	Rules	Hasil	Min	Nilai Z
1	If (Jarak is Dekat) and (Nyawa is Sedikit) and (Speed_Pergerakan is Lambat) and (Damage is low) then (output1 is mendekati)	1;1;0;0	0	1
2	If (Jarak is Dekat) and (Nyawa is Sedikit) and (Speed_Pergerakan is Lambat) and (Damage is high) then (output1 is mendekati)	1;1;0;1	0	1

NO	Rules	Hasil	Min	Nilai Z
3	If (Jarak is Dekat) and (Nyawa is Sedikit) and (Speed_Pergerakan is Cepat) and (Damage is low) then (output1 is mendekat)	1;1;1;0	0	1
4	If (Jarak is Dekat) and (Nyawa is Sedikit) and (Speed_Pergerakan is Cepat) and (Damage is high) then (output1 is mendekat)	1;1;1;1	1	1
5	If (Jarak is Dekat) and (Nyawa is Cukup) and (Speed_Pergerakan is Lambat) and (Damage is low) then (output1 is mendekat)	1;0;0;0	0	1
6	If (Jarak is Dekat) and (Nyawa is Cukup) and (Speed_Pergerakan is Lambat) and (Damage is high) then (output1 is mendekat)	1;0;0;1	0	1
7	If (Jarak is Dekat) and (Nyawa is Cukup) and (Speed_Pergerakan is Cepat) and (Damage is low) then (output1 is mendekat)	1;0;1;0	0	1
8	If (Jarak is Dekat) and (Nyawa is Cukup) and (Speed_Pergerakan is Cepat) and (Damage is high) then (output1 is mendekat)	1;0;1;1	0	1
9	If (Jarak is Dekat) and (Nyawa is Penuh) and (Speed_Pergerakan is Lambat) and (Damage is low) then (output1 is mendekat)	1;0;0;0	0	1
10	If (Jarak is Dekat) and (Nyawa is Penuh) and (Speed_Pergerakan is Lambat) and (Damage is high) then (output1 is mendekat)	1;0;0;1	0	1
11	If (Jarak is Dekat) and (Nyawa is Penuh) and (Speed_Pergerakan is Cepat) and (Damage is low) then (output1 is mendekat)	1;0;1;0	0	1
12	If (Jarak is Dekat) and (Nyawa is Penuh) and (Speed_Pergerakan is Cepat) and (Damage is high) then (output1 is mendekat)	1;0;1;1	0	1
13	If (Jarak is Jauh) and (Nyawa is Sedikit) and (Speed_Pergerakan is Lambat) and (Damage is low) then (output1 is diam)	0;1;0;0	0	0
14	If (Jarak is Jauh) and (Nyawa is Sedikit) and (Speed_Pergerakan is Lambat) and (Damage is high) then (output1 is diam)	0;1;0;1	0	0
15	If (Jarak is Jauh) and (Nyawa is Sedikit) and (Speed_Pergerakan is Cepat) and (Damage is low) then (output1 is diam)	0;1;1;0	0	0
16	If (Jarak is Jauh) and (Nyawa is Sedikit) and (Speed_Pergerakan is Cepat) and (Damage is high) then (output1 is diam)	0;1;1;1	0	0
17	If (Jarak is Jauh) and (Nyawa is Cukup) and (Speed_Pergerakan is Lambat) and (Damage is low) then (output1 is diam)	0;0;0;0	0	0
18	If (Jarak is Jauh) and (Nyawa is Cukup) and (Speed_Pergerakan is Lambat) and (Damage is high) then (output1 is diam)	0;0;0;1	0	0
19	If (Jarak is Jauh) and (Nyawa is Cukup) and (Speed_Pergerakan is Cepat) and (Damage is low) then (output1 is diam)	0;0;1;0	0	0
20	If (Jarak is Jauh) and (Nyawa is Cukup) and (Speed_Pergerakan is Cepat) and (Damage is high) then (output1 is diam)	0;0;1;1	0	0
21	If (Jarak is Jauh) and (Nyawa is Penuh) and (Speed_Pergerakan is Lambat) and (Damage is low) then (output1 is diam)	0;0;0;0	0	0
22	If (Jarak is Jauh) and (Nyawa is Penuh) and (Speed_Pergerakan is Lambat) and (Damage is high) then (output1 is diam)	0;0;0;1	0	0
23	If (Jarak is Jauh) and (Nyawa is Penuh) and (Speed_Pergerakan is Cepat) and (Damage is low) then (output1 is diam)	0;0;1;0	0	0
24	If (Jarak is Jauh) and (Nyawa is Penuh) and (Speed_Pergerakan is Cepat) and (Damage is high) then (output1 is diam)	0;0;1;1	0	0

### 3. Deffuzifikasi

Langkah selanjutnya adalah menentukan variabel linguistik keputusan setiap rule yaitu sebagai berikut:

1. Mendekati = 1
2. Diam = 0

Selanjutnya menghitung defuzzifikasi dengan rumus rata-rata:

$$Keputusan = \frac{\sum a z}{\sum a}$$

Dari proses implikasi mencari nilai yang terdapat pada proses kedua dan penempatan nilai z, maka didapat hasil a dan z dari masing-masing rule yaitu seperti pada tabel 3.2. Dari hasil tabel 3.2 diatas kemudian di masukan kedalam rumus rata-rata dan didapatkan hasil sebagai berikut:

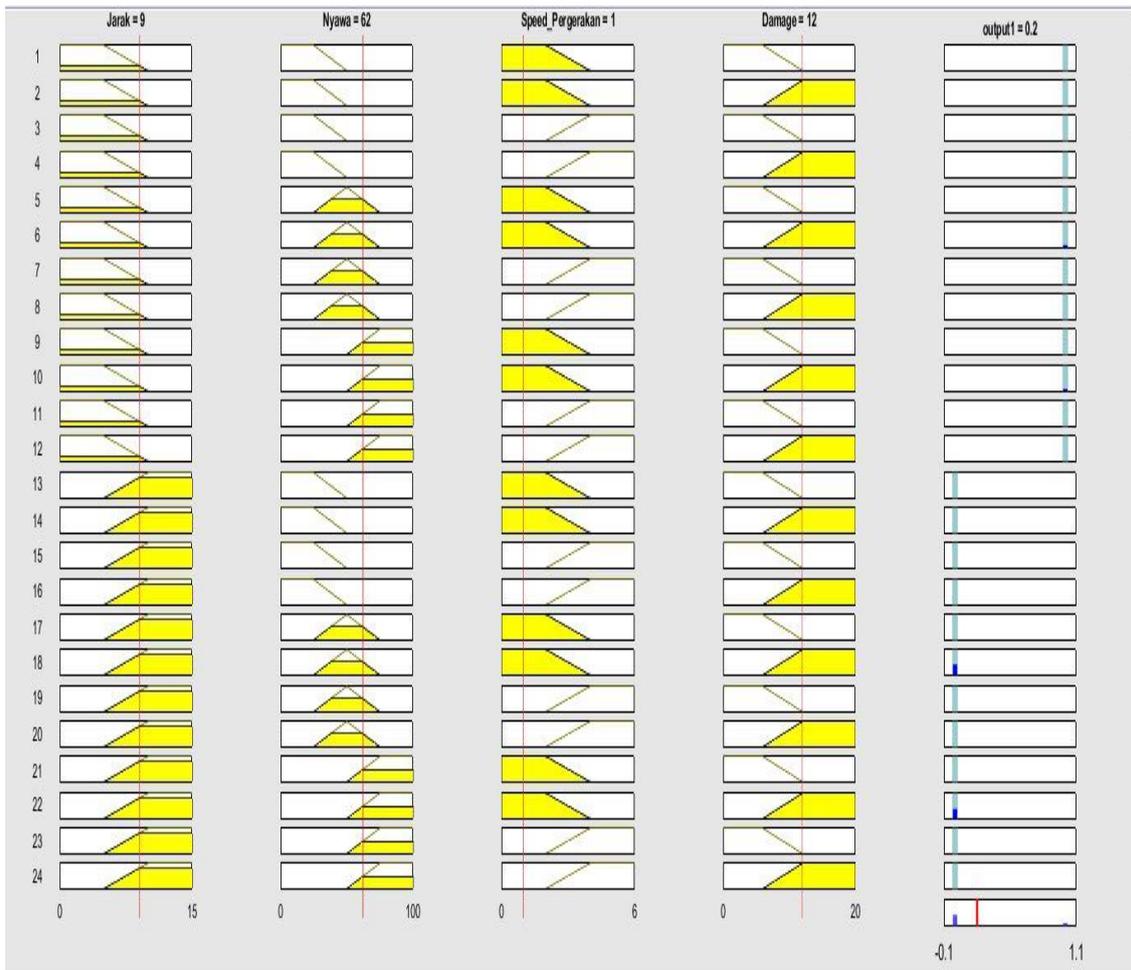
$$= \frac{(a1 * z1) + (a2 * z2) + \dots + (a23 * z23) + (a24 * z24)}{(a1 + a2 + \dots + a23 + a24)} = 1$$

Berdasarkan hasil yang didapat dari proses defuzzifikasi maka keputusan yang diambil NPC adalah mendekati dan hasil sesuai dengan rule yang ditentukan.

### c. Perilaku NPC

Perilaku NPC dalam aplikasi ini ditentukan oleh beberapa variabel, yaitu jarak npc dan player, nyawa, damage, kecepatan, aksi dan perubahan kecepatan. Masing-masing variable memiliki keterikatan satu sama lain dalam bentuk aturan. Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, perilaku NPC akan berjalan secara dinamis sesuai dengan proses perhitungan antar variable menggunakan metode fuzzy sugeno. Pengujian perhitungan fuzzy Sugeno dilakukan sejumlah 24 kali sesuai dengan jumlah kemungkinan yang ada. Sedangkan untuk pengujian perilaku NPC dilakukan sebanyak mungkin agar dapat diketahui kesesuaian luaran dari perilaku NPC dengan perhitungan fuzzy[3].

Pada Gambar 3.5 akan ditampilkan luaran dari proses perhitungan pengujian fuzzy sugeno dengan perlakuan 24 data uji sesuai dengan rule yang telah ditetapkan. Kombinasi kemungkinan keadaan yang muncul pada fuzzy telah diujicoba dengan hasil yang sesuai dengan fungsi implikasi. Dapat dicontohkan pada uji fungsi implikasi ke 6 dengan rule *If (Jarak is Dekat) and (Nyawa is Cukup) and (Speed\_Pergerakan is Lambat) and (Damage is high) then (output1 is mendekat)*, dan memiliki output 1. Pada pengujian fuzzy yang tersaji pada gambar 3.5 juga ditampilkan hasil yang sama, yakni output atau nilai defuzzifikasi bernilai 1. Pada ujicoba yang lain dengan menggunakan variasi kemungkinan nomer 20 dengan rule *If (Jarak is Jauh) and (Nyawa is Cukup) and (Speed\_Pergerakan is Cepat) and (Damage is high) then (output1 is diam)*, dan memiliki output 0. Hasil yang sama juga ditunjukkan pada hasil ujicoba rule fuzzy pada variasi input yang sama. Maka didapatkan hasil defuzzifikasi 0 atau NPC diam. Dari pengujian yang telah dilakukan, unjuk kerja *engine fuzzy* telah sesuai 100% dengan perancangan system yang telah dibuat. Sehingga diharapkan aplikasi game "Rare Animal" yang telah dibuat dapat melakukan analisis keputusan berupa perilaku NPC yang sesuai dengan rule berdasarkan perhitungan Fuzzy Sugeno.



Gambar 8 Pengujian Fuzzy Sugeno

Pada pengujian selanjutnya, engine fuzzy yang telah berjalan sesuai rule di terapkan dalam aplikasi game. Ujicoba dilakukan sebanyak mungkin dengan variasi value yang berbeda di setiap variabelnya. Hal ini dilakukan untuk mengetahui proses penentuan perilaku pada NPC. Pada Tabel 3 ditampilkan hasil pengujian perilaku NPC pada game. Data yang ditampilkan sebanyak 30 ujicoba. Dari hasil pengujian yang disajikan pada tabel, NPC bergerak sesuai dengan rule yang telah ditetapkan. Sebagai contoh, pada pengujian ke 5 dengan variable jarak bernilai 3; nyawa bernilai 58; speed bernilai 2 dan damage bernilai 18. maka didapatkan hasil perilaku NPC mendekat dengan nilai defuzzifikasi adalah 0.

Tabel 3 Hasil implementasi

No	Input				Output		
	Jarak	Nyawa	Speed	Damage	Perilaku	Cool Down	Move Speed
1	7	61	5	7	Mendekat	1	0
2	14	27	5	6	Diam	1	0
3	5	58	2	18	Mendekat	0	1
4	13	21	5	19	Diam	0	0
5	3	6	4	5	Mendekat	1	0
6	13	34	0	16	Diam	0	1

7	2	58	6	0	Mendekat	1	0
8	12	35	3	11	Diam	0	1
9	14	4	4	18	Diam	0	0
10	15	95	4	14	Diam	0	0
11	2	51	0	5	Mendekat	1	1
12	13	89	0	6	Diam	1	1
13	5	1	6	7	Mendekat	1	0
14	12	73	0	15	Diam	0	1
15	1	5	1	19	Mendekat	0	1
16	13	48	3	8	Diam	1	1
17	0	10	5	18	Mendekat	0	0
18	2	17	4	8	Mendekat	1	0
19	14	84	1	17	Diam	0	1
20	5	90	2	20	Mendekat	0	1
21	8	68	4	2	Mendekat	1	0
22	11	100	6	5	Diam	1	0
23	11	29	3	4	Diam	1	1
24	3	64	1	14	Mendekat	0	1
25	9	62	1	12	Mendekat	0	1
26	14	22	3	20	Diam	0	1
27	2	63	5	1	Mendekat	1	0
28	12	30	6	10	Diam	1	0
29	2	49	4	5	Mendekat	1	0
30	3	99	0	3	Mendekat	1	1

Dari hasil pengujian fuzzy sugeno yang ditunjukkan pada table 3. Pada pengujian tersebut didapatkan hasil pengujian 53% NPC akan mendekat dan 47% NPC akan diam. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan fuzzy sugeno pada NPC digame ini sudah sesuai dengan rule yang telah ditentukan.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat di tarik kesimpulan bahwa hasil dari pengujian metode fuzzy sugeno berjalan dengan baik dan sesuai dengan rules yang telah ditentukan. Hal ini ditunjukkan dengan melakukan percobaan pada 24 variasi rule fuzzy, hasil yang defuzzyfikasi yang didapatkan adalah 100% dan sesuai dengan perancangan rule. implementasi engine fuzzy dalam aplikasi game juga berjalan dengan baik. Hal ini ditunjukkan dengan percobaan sebanyak 30 kali dengan berbagai variasi value pada variabel, aplikasi mengeluarkan output yang benar sesuai dengan rule yang telah ditetapkan. Dari variasi pengujian tersebut, 53% NPC akan bergerak mendekati player dan 47% NPC akan diam. Ketika dilakukan simulasi pada perhitungan, output perilaku dan kecepatan yang dihasilkan memiliki hasil yang sama. Sehingga dapat disimpulkan Fuzzy Sugeno tepat ketika diterapkan dalam penentuan NPC pada game.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. V. Breakwell, "Lecture notes," *Differ. Games Appl.*, pp. 70–95, 2006, doi: 10.1007/bfb0009064.

- [2] R. Hidayat, "Game-Based Learning: Academic Games sebagai Metode Penunjang Pembelajaran Kewirausahaan," *Bul. Psikol.*, vol. 26, no. 2, p. 71, 2018, doi: 10.22146/buletinpsikologi.30988.
- [3] K. R. Purba, R. N. Hasanah, and M. A. Muslim, "Implementasi Logika Fuzzy Untuk Mengatur Perilaku Musuh dalam Game Bertipe Action-RGP," *J. EECCIS*, vol. 7, no. 1, pp. 15–20, 2013, [Online]. Available: [https://www.academia.edu/6451915/Implementasi\\_Logika\\_Fuzzy\\_Untuk\\_Mengatur\\_Perilaku\\_Musuh\\_dalam\\_Game\\_Bertipe\\_Action-RPG](https://www.academia.edu/6451915/Implementasi_Logika_Fuzzy_Untuk_Mengatur_Perilaku_Musuh_dalam_Game_Bertipe_Action-RPG).
- [4] W. Goldstone, *Unity Game Development Essentials*, vol. 10. 2009.
- [5] P. Norvig, "Artificial intelligence: Early ambitions," *New Sci.*, vol. 216, no. 2889, pp. ii–iii, 2012.
- [6] Y. W. Astuti, A. Yunus, and M. Ahsan, "Perilaku Non Player Character ( Npc ) Pada Game Fps ' Zombie Colonial Wars ' Menggunakan Finite State Machine ( Fsm )," *J. Teknol. Inf. dan Ind.*, vol. 2, no. 2016, pp. 53–63, 2019.
- [7] A. Ahsana, "Implementasi algoritma artificial bee colony untuk menentukan perilaku npc hewan dalam game hunter of wilderness," no. September, 2019.
- [8] M. B. Nendya, S. Gandang, R. G. Santosa, J. T. Elekto, and F. T. Industri, "Pemetaan Perilaku Non-Playable Character Pada Permainan Berbasis Role Playing Game Menggunakan Metode Finite State Machine," vol. 1, no. 2, pp. 185–202, 2015, doi: 10.24821/jags.v1i2.1304.
- [9] G. Leonardi, R. Palamara, and F. Suraci, "A fuzzy methodology to evaluate the landslide risk in road lifelines," *Transp. Res. Procedia*, vol. 45, no. 2019, pp. 732–739, 2020, doi: 10.1016/j.trpro.2020.02.104.
- [10] E. Burke and B. Coyner, *Java Extreme Programming Cookbook*, no. March. 2003.
- [11] D. Gunawan, A. Atthariq, and A. Aswandi, "Meningkatkan Behaviour Npc Pada Game 3d Survival Menggunakan Metode Markov," *J. Infomedia*, vol. 2, no. 1, pp. 7–12, 2017, doi: 10.30811/v2i1.477.
- [12] K. T. Martono, "Pengembangan Game Dengan Menggunakan Game Engine Game Maker," *J. Sist. Komput.*, vol. 5, no. 1, pp. 23–30, 2015.
- [13] S. Dasar, E. Handriyantini, S. Kom, and M. Mt, "Permainan Edukatif ( Educational Games ) Berbasis Komputer untuk Siswa Permainan Edukatif ( Educational Games ) Berbasis Komputer untuk Siswa Sekolah Dasar," no. June 2009, 2015.