

# Perubahan Perilaku Agen Cerdas Menggunakan Metode Fuzzy State Machine pada Game Bank Sampah

Syafei Karim<sup>1</sup>, Fajar Ramadhani<sup>1</sup> dan Rudito<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak, Jurusan Teknik dan Informatika, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda

<sup>2</sup>Teknologi Hasil Perkebunan, Jurusan Manajemen Perkebunan, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda

Jl. Samratulangi Samarinda Seberang Kota Samarinda 75131

E-mail: syfei.karim@gmail.com, fajar.ramadhani@politisanamarinda.ac.id, rudito@politisanamarinda.ac.id

## Abstrak

Saat ini, game sudah semakin berkembang dan banyak dimainkan oleh anak-anak. Banyak game yang dimainkan tidak sesuai dengan umur anak-anak. Diantara banyaknya jenis game, ada satu jenis game yang dapat dijadikan salah satu media pembelajaran yaitu game edukasi. Game edukasi sendiri merupakan media pembelajaran yang dirancang untuk memberikan pengalaman pendidikan atau pengalaman belajar. Dengan bermain game, anak-anak usia dini dapat bermain dengan belajar. Salah satu isu yang sangat cocok untuk pembelajaran kepada anak-anak adalah masalah kepedulian lingkungan khususnya tentang kepedulian membuang sampah. Game ini memiliki konsep dengan mengumpulkan sampah plastik dan organik yang dikumpulkan pada bank sampah untuk di daur ulang. Game ini akan diberikan sebuah agen cerdas dengan perubahan perilaku yang berdasarkan variabel jarak, jumlah sampah, dan *health point*. Metode yang digunakan untuk perilaku agen cerdas adalah kombinasi logika *fuzzy* dan *finite state machine*. Untuk menyelesaikan penelitian ini menggunakan metode pengembangan Multimedia Life Cycle yang memiliki 6 tahapan yaitu konsep, perancangan, pengumpulan materi, pembuatan, pengujian, hingga distribusi game yang sudah dibuat. Pengujian agen cerdas dilakukan sebanyak 20 kali uji coba dengan data acak. Berdasarkan hasil uji coba didapatkan keakuratan sebesar 80%.

**Kata kunci** : Logika Fuzzy, Finite State Machine, Fuzzy State Machine, Game Edukasi, Non Player Character .

## Pendahuluan

Berbagai permasalahan lingkungan dan bencana alam yang terjadi di Indonesia seperti banjir, kebakaran hutan, gempa bumi, dan lainnya disebabkan kelalaian, kurangnya pemahaman terhadap lingkungan dan cara pandang manusia. Isu lingkungan masih menjadi masalah utama di Kota Samarinda khususnya masalah sampah. Berdasarkan data dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Samarinda, setiap hari sampah di Samarinda mencapai 85 sampai 100 ton [1]. Masyarakat diharapkan bisa memilih sampah yang dapat didaur ulang untuk di tabung ke bank sampah untuk mengurangi jumlah sampah di Samarinda. Kepedulian terhadap lingkungan harus disadari oleh semua kalangan dari anak kecil hingga dewasa. Berdasarkan artikel yang ditulis BP-PAUD dan DIKMAS Kaltim [2] kepedulian terhadap lingkungan harus ditanamkan sejak dini agar menjadi ke-

biasaan ketika dewasa nanti. Salah satu kegiatan yang dapat diajarkan berupa membuang sampah pada tempatnya, berhemat menggunakan listrik dan air, dan bisa diajarkan untuk menanam pohon dan berkebun.

Karakter peduli terhadap lingkungan dapat diajarkan atau ditanamkan pada proses pembelajaran di sekolah maupun di rumah. Salah satunya adalah dengan pemanfaatan media pembelajaran sehingga pembelajaran menjadi lebih menarik bagi seorang anak. Media pembelajaran yang menarik dan mudah digunakan adalah dengan memanfaatkan teknologi informasi. Memasuki revolusi industri 4.0, teknologi telah menjadi tuntutan dalam kehidupan manusia [3]. Segala hal dituntut untuk selalu memanfaatkan perkembangan teknologi terutama dalam hal pemanfaatan teknologi seperti smartphone. Perkembangan teknologi di era sekarang perlu dimanfaatkan untuk memberikan edukasi yang membangun perkembangan karakter

anak [4]. Salah satu media pembelajaran yang dapat digunakan adalah game. Game adalah sesuatu yang dapat dimainkan oleh seseorang dengan aturan tertentu dari pembuatnya sehingga ada yang menang dan juga ada yang kalah. Game juga merupakan sebuah permainan yang terdiri atas beberapa peraturan yang membuat situasi persaingan dari dua hingga beberapa orang dengan memilih strategi yang dibangun untuk memaksimalkan kemenangan sendiri dan meminimalkan kemenangan dari lawan.

Pada dasarnya game dibuat untuk mendapatkan hiburan untuk menghilangkan kepenatan dengan melakukan kegiatan yang dilalui menggunakan kecerdasan berpikir dan strategi. Berdasarkan tipenya game memiliki tiga jenis yaitu *Role Playing Game* (RPG), *Real Time Strategy* (RTS), dan *First Person Shooter* (FPS) [5]. Game juga memiliki beberapa genre game yang memiliki aturan tersendiri seperti petualangan (*adventure*), aksi (*action*), pertarungan (*fighting*), simulasi (*simulation*), strategi (*strategy*), dan edukasi (*education*). Game edukasi merupakan media pembelajaran yang dirancang untuk memberikan pengalaman pendidikan atau pengalaman belajar kepada para pemainnya yang disajikan secara menyenangkan. Game edukasi dibuat dengan tujuan spesifik sebagai alat pendidikan atau pembelajaran. Salah satu contoh yaitu game edukasi untuk pemanfaatan sampah organik dan anorganik. Pembuat game harus memperhitungkan berbagai hal agar game ini benar-benar dapat mendidik, menambah pengetahuan, dan meningkatkan keterampilan kepada anak-anak[6]. Game edukasi yang akan dikembangkan ini bukan hanya game biasa, game ini diberikan kecerdasan buatan untuk menentukan perilaku pada *Non-Player Character* (NPC) dengan menggunakan metode Logika *Fuzzy* dan *Finite State Machine*. Logika *fuzzy* sering digunakan untuk memberikan kecerdasan buatan pada permainan yang membuat permainan menjadi dinamis [7]–[9]. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh [10], [11] menggabungkan logika *Fuzzy* dengan *Finite State Machine*.

Penelitian yang dilakukan oleh [6] dengan judul aplikasi game edukasi trash grabber untuk mengenal jenis-jenis sampah. Game ini bertujuan untuk memberikan pengetahuan tentang jenis-jenis sampah yang ada di lingkungan sekitar yang secara tidak langsung menjadi media untuk melatih kemampuan mengenal jenis-jenis sampah sejak usia dini. Begitu juga yang dilakukan oleh [12] yang berjudul pengembangan gim edukasi 2D pemilahan sampah daur ulang berbasis android. Peneliti membuat permainan ini untuk menyosialisasikan dan memberikan edukasi kepada masyarakat melalui game.

Penelitian yang dilakukan oleh [13] dengan judul game edukasi pengumpulan sampah organik dan anorganik menggunakan *finite state machine* (FSM). Game ini memberikan edukasi tentang pentingnya menjaga kebersihan yang ada di lingkungan sekitar, karena dengan adanya lingkung-

an yang kotor maka menimbulkan penyakit dan lingkungan menjadi tidak nyaman untuk ditinggali. Pada game ini juga menerapkan metode FSM pada karakter musuh yang digunakan untuk menentukan gerakan dan aksi dari musuh. Pada penelitian yang lain, [14] melakukan penelitian game kebersihan lingkungan menggunakan metode *finite state machine*. Metode ini digunakan untuk memberikan kecerdasan buatan dan tingkat kesulitan pada game.

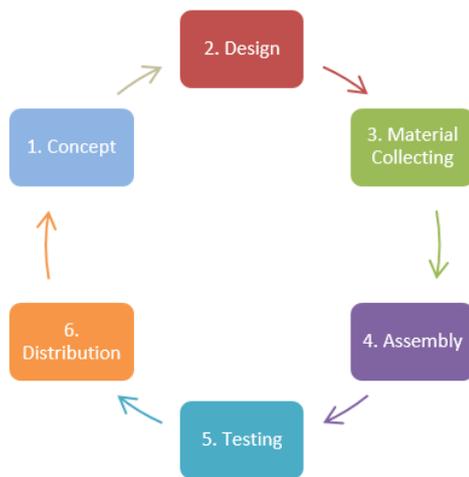
Pada penelitian yang dilakukan oleh [15], peneliti menggunakan metode FSM untuk menentukan respons karakter *non-player character* berdasarkan interaksi yang dilakukan oleh pemain. Pada penelitian lain yang dilakukan oleh [16] yang berjudul game edukasi berbasis kinect untuk anak berkebutuhan khusus (Autis) dengan *finite state machine*. Metode tersebut digunakan untuk menentukan alur pengguna dalam menjawab suatu pertanyaan yang tampil dalam game. Selain itu, penelitian yang dilakukan [17] yang berjudul Logika *Fuzzy* untuk Perilaku Dinamis pada Sistem Crafting dalam Game Pembelajaran Aritmatika. Metode *Fuzzy* digunakan dalam penelitian ini untuk membuat hasil dari kombinasi item dalam sistem crafting menjadi lebih terlihat dinamis dan tidak monoton. Item yang dikombinasikan dalam penelitian ini berupa batuan dan menggunakan parameter masukan berupa nilai dari batuan dasar untuk perhitungan dalam menentukan kualitas batu yang dihasilkan. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, sistem *fuzzy* berhasil menciptakan batu baru dengan kualitas yang lebih variatif, tidak monoton dan lebih terlihat dinamis sesuai dengan nilai dari batu dasar yang digunakan untuk crafting.

Berdasarkan dari penelitian sebelumnya, game edukasi tentang peduli lingkungan memberikan pengetahuan kepada anak-anak sejak dini bahwa peduli lingkungan itu sangat penting metode FSM dan Fuzzy dapat digunakan untuk memberikan kecerdasan buatan terhadap game. Pada penelitian ini, metode FSM dan *Fuzzy* akan digunakan untuk memberikan perilaku *Non-Player Character* (NPC) berdasarkan parameter yang sudah ditentukan. Dengan adanya teknologi ini, maka game edukasi dapat dijadikan sebuah sarana untuk memberikan kepedulian terhadap lingkungan kepada anak sejak dini khususnya terhadap sampah.

## Metode Penelitian

### *Multimedia Development Life Cycle*

Penelitian ini menggunakan model pengembangan *Multimedia Development Life Cycle* untuk mengembangkan game edukasi Bank Sampah. Metode pengembangan game dimulai dari konsep, desain, pengumpulan bahan hingga tahap distribusi. Tahap pengembangan tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1: *Multimedia Development Life Cycle*

Pada model pengembangan ini terdapat enam tahap yang dimulai dari konsep, desain, pengumpulan bahan higgan distribusi.

#### 1. Konsep (*Concept*)

Pada tahap ini merencanakan konsep game yang akan dibuat dan *end user* yang menggunakan aplikasi ini. Tujuan dari game ini adalah memberikan edukasi peduli lingkungan sejak dini.

#### 2. Perancangan (*Design*)

Tahapan ini dilakukan proses perancangan aplikasi yang terdiri dari arsitektur aplikasi, tampilan, skenario game, dan penerapan metode *Fuzzy* dan *Finite State Machine*. Logika *Fuzzy* merupakan metode yang mempunyai kemampuan untuk memproses variabel yang bersifat samar-samar atau yang tidak bisa di deskripsikan secara pasti seperti bising, tinggi, lambat [18]. *Finite State Machine* ialah sebuah metode perancangan dengan sistem kontrol yang menggambarkan perilaku atau prinsip kerja sistem dengan menggunakan tiga hal berikut: *State* (keadaan), *Event* (kejadian), dan *Action* (aksi) [19]. Pada game ini menggunakan mekanik tantangan seperti *quest* dan challenge untuk memberikan informasi kepada pemain. *Quest* yang harus menjalankan *quest* dengan mengumpulkan sampah. Ketika mengumpulkan sampah, pemain akan berinteraksi dengan *Non-Player Character* (NPC) yang sebagai agen cerdas yang dapat mengejar pemain.

#### 3. Pengumpulan Materi (*Material Collecting*)

Pada tahapan ini adalah proses pengumpulan bahan yang dibutuhkan untuk pembuatan

aplikasi. Bahan-bahan tersebut berupa gambar karakter, *background* aplikasi, *sound effect*, dan musik yang diperoleh secara gratis. Bahan-bahan ini dapat memberikan aplikasi menjadi lebih menarik bagi pemain.

#### 4. Pembuatan (*Assembly*)

Tahapan ini merupakan dimana semua objek atau bahan multimedia akan dibuat. Pembuatan aplikasi berdasarkan skenario game dan perancangan yang sudah dikerjakan pada tahapan perancangan. Semua objek atau material dibuat dan digabungkan menjadi satu aplikasi. Game ini bergenre *Role Playing Game* yang dibuat menggunakan aplikasi RPG Maker.

#### 5. Pengujian (*Testing*)

Tahapan ini disebut juga sebagai tahap pengujian alpha dimana pengujian hanya dilakukan oleh pembuat aplikasi itu sendiri. Pengujian ini bertujuan untuk mengecek aplikasi yang telah dibuat berjalan dengan baik dari segi fungsi maupun algoritme yang diterapkan serta sesuai dengan tujuan dari pembuatan aplikasi.

#### 6. Distribusi (*Distribution*)

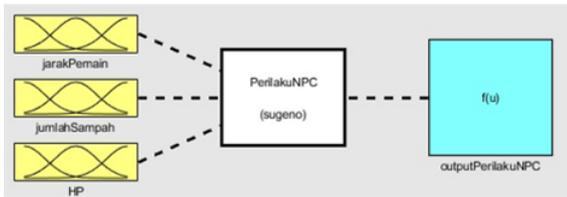
Tahapan ini merupakan tahapan dimana aplikasi yang sudah di uji coba dan dinyatakan baik sesuai dengan tujuan pembuatan. Aplikasi akan didistribusikan kepada publik untuk mendapatkan nilai *feedback* dari pengguna untuk perbaikan selanjutnya.

### Perancangan *Fuzzy*

Pada tahapan ini mengimplementasikan Logika *Fuzzy* Sugeno dan *Finite State Machine*. Untuk menggunakan Logika *Fuzzy* diperlukan variabel linguistik untuk proses fuzzyfikasi. Dalam game ini ada 4 variabel yang digunakan yaitu:

1. Variabel jarak pemain sebagai variabel input
2. Variabel jumlah sampah sebagai variabel input
3. Variabel HP( Health Point) sebagai variabel input4
4. Variabel perilaku sebagai variabel output

Dari empat variabel ini dapat digunakan untuk proses fuzzyfikasi yang memetakan nilai kedalam himpunan *fuzzy* dan menentukan derajat keanggotaan. Pada Gambar 2 merupakan hasil dari fuzzyfikasi yang diolah pada Matlab.

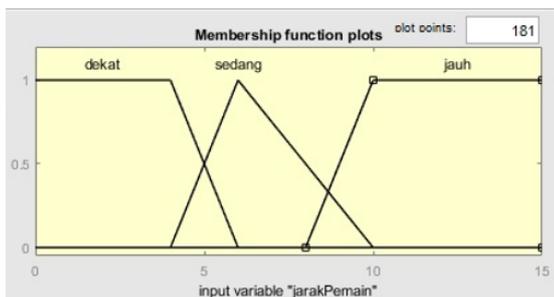


Gambar 2: Desain Fuzzy untuk Keluaran Perilaku NPC

Dari desain *fuzzy* maka dapat menentukan derajat keanggotaan jarakPemain, jumlahSampah, dan HP. Pada Tabel 1 merupakan nilai jarak pemain dengan nilai linguistik dekat, sedang, dan jauh. Dari hasil ini didapatkan derajat keanggotaan yang mempunyai nilai interval dari 0 sampai 15. Pada Gambar 3 menunjukkan grafik derajat keanggotaan untuk input jarak terhadap pemain.

Tabel 1: Variabel Linguistik Input Jarak Terhadap Pemain

Jarak Pemain	
Nilai Linguistik	Range
Dekat	0-6
Sedang	4-10
Jauh	8-15

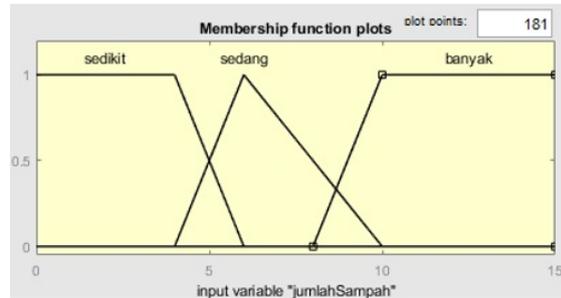


Gambar 3: Derajat Keanggotaan Jarak Pemain

Pada Tabel 2 merupakan nilai dari jumlah sampah yang di ambil oleh pemain. Terdapat tiga nilai linguistik yaitu sedikit, sedang, dan banyak dengan nilai interval dari angka 0 sampai 15. Gambar 4 menunjukkan derajat keanggotaan untuk input jumlah sampah yang diambil oleh pemain.

Tabel 2: Variabel Linguistik Input Jumlah Sampah

Jarak Pemain	
Nilai Linguistik	Range
Sedikit	0-6
Sedang	4-10
Banyak	8-15

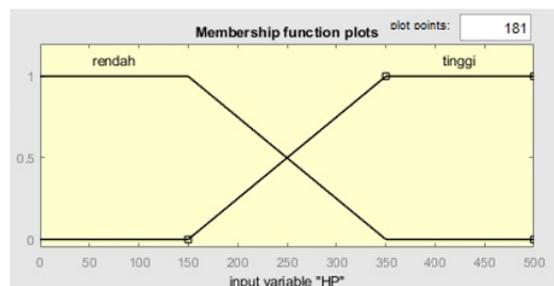


Gambar 4: Derajat Keanggotaan Input Jumlah Sampah

Variabel input selanjutnya adalah nilai HP (Health Point) pemain. Nilai HP memiliki interval dari 0 sampai 500. Pada Tabel 3 menunjukkan nilai linguistik yang dibagi menjadi dua input yaitu rendah dan tinggi. Dari nilai tersebut menghasilkan derajat keanggotaan input HP yang ditampilkan pada Gambar 5.

Tabel 3: Variabel Linguistik Input HP

Health Point (HP)	
Nilai Linguistik	Range
Rendah	0-350
Tinggi	150-500



Gambar 5: Derajat Keanggotaan untuk Input HP

Persamaan 1-3 menunjukkan cara perhitungan jarak pemain terhadap musuh yang digunakan.

$$\mu_{dekat}[x] = \begin{cases} 1; x \leq 4 \\ \frac{6-x}{2}; 4 \leq x \leq 6 \\ 0; x \geq 6 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{sedang}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 4 \text{ or } x \geq 10 \\ \frac{x-4}{2}; 4 \leq x \leq 6 \\ \frac{10-x}{4}; 6 \leq x \leq 10 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{jauh}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 8 \\ \frac{x-8}{2}; 8 \leq x \leq 10 \\ 1; x \geq 10 \end{cases} \quad (3)$$

Persamaan 4-6 menunjukkan cara perhitungan jumlah sampah yang digunakan.

$$\mu_{sedikit}[x] = \begin{cases} 1; x \leq 4 \\ \frac{6-x}{2}; 4 \leq x \leq 6 \\ 0; x \geq 6 \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_{sedang}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 4 \text{ or } x \geq 10 \\ \frac{x-4}{2}; 4 \leq x \leq 6 \\ \frac{10-x}{4}; 6 \leq x \leq 10 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{banyak}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 8 \\ \frac{x-8}{2}; 8 \leq x \leq 10 \\ 1; x \geq 10 \end{cases} \quad (6)$$

Persamaan 7-8 menunjukkan cara perhitungan HP yang digunakan.

$$\mu_{rendah}[x] = \begin{cases} 1; x \leq 150 \\ \frac{350-x}{200}; 150 \leq x \leq 350 \\ 0; x \geq 350 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{tinggi}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 150 \\ \frac{x-150}{200}; 150 \leq x \leq 350 \\ 1; x \geq 350 \end{cases} \quad (8)$$

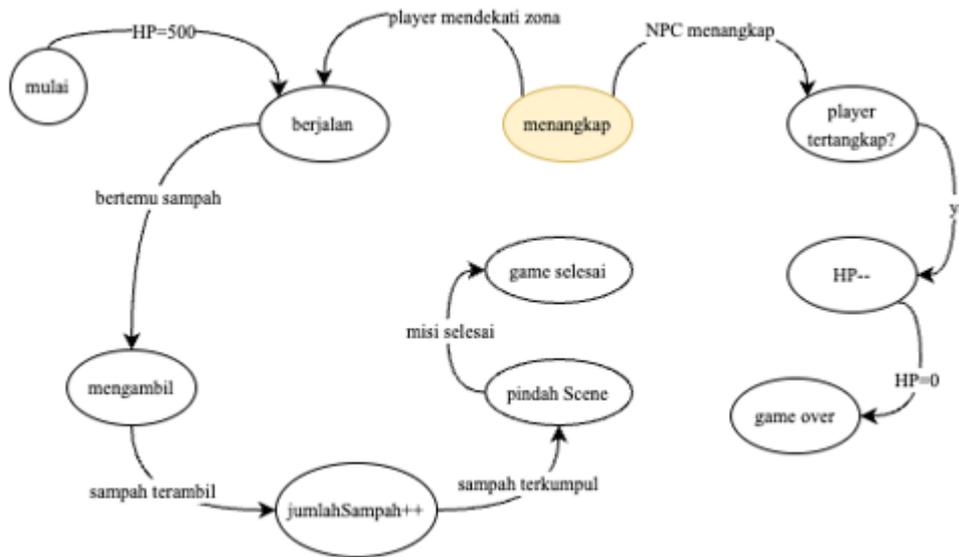
Setelah dilakukan penentuan fungsi derajat keanggotaan variabel telah ditentukan maka dapat menghasilkan fuzzy rules. yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4: Variabel Linguistik Input HP

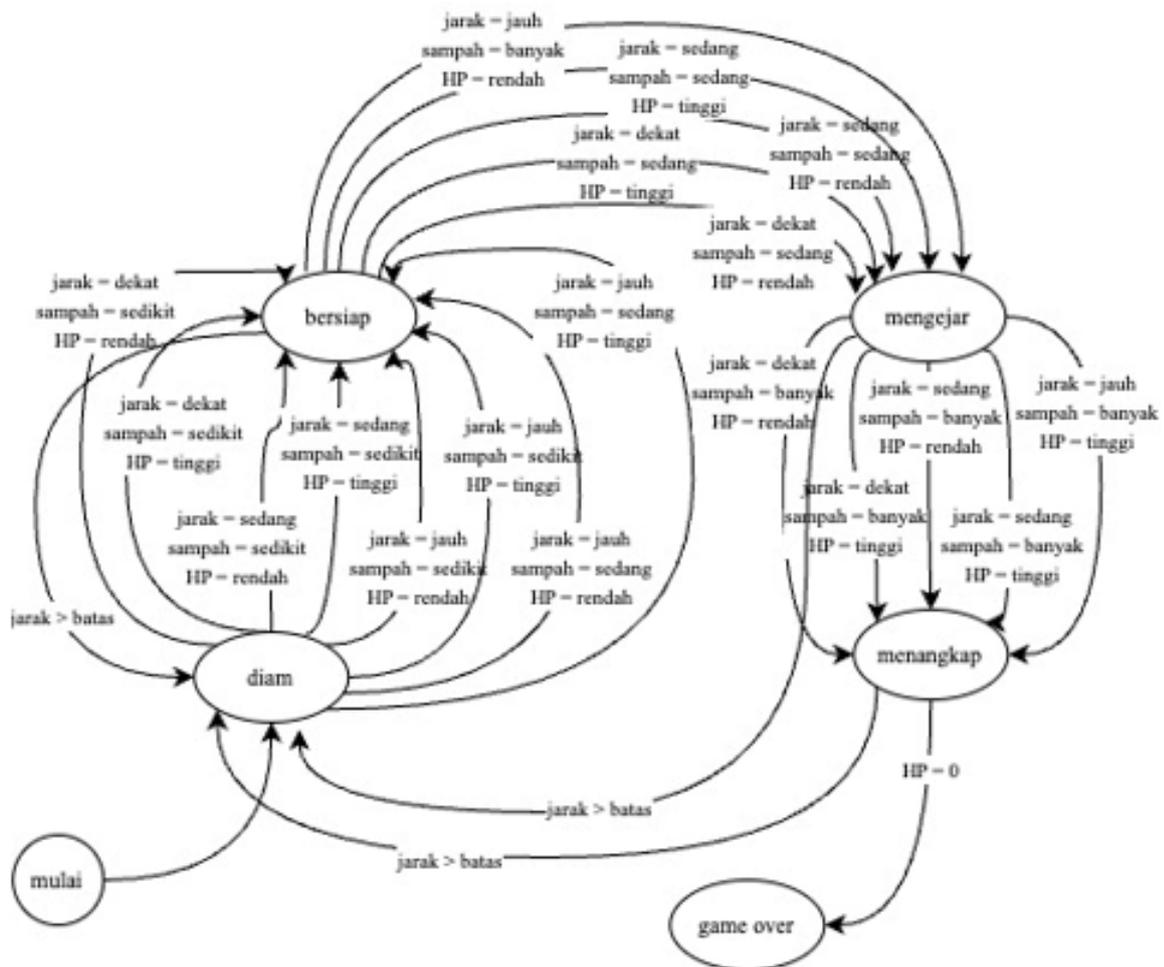
No.	Jenis	Fuzzy Rules
1	R1	If (jarakPemain is dekat) and (jumlahSampah is sedikit) and (HP is rendah) then (outputPerilakuNPC is bersiap)
2	R2	If (jarakPemain is dekat) and (jumlahSampah is sedikit) and (HP is tinggi) then (outputPerilakuNPC is bersiap)
3	R3	If (jarakPemain is dekat) and (jumlahSampah is sedang) and (HP is rendah) then (outputPerilakuNPC is mengejar)
4	R4	If (jarakPemain is dekat) and (jumlahSampah is sedang) and (HP is tinggi) then (outputPerilakuNPC is mengejar)
5	R5	If (jarakPemain is dekat) and (jumlahSampah is banyak) and (HP is rendah) then (outputPerilakuNPC is menangkap)
6	R6	If (jarakPemain is dekat) and (jumlahSampah is banyak) and (HP is tinggi) then (outputPerilakuNPC is menangkap)
7	R7	If (jarakPemain is sedang) and (jumlahSampah is sedikit) and (HP is rendah) then (outputPerilakuNPC is bersiap)
8	R8	If (jarakPemain is sedang) and (jumlahSampah is sedikit) and (HP is tinggi) then (outputPerilakuNPC is bersiap)
9	R9	If (jarakPemain is sedang) and (jumlahSampah is sedang) and (HP is rendah) then (outputPerilakuNPC is mengejar)
10	R10	If (jarakPemain is sedang) and (jumlahSampah is sedang) and (HP is tinggi) then (outputPerilakuNPC is mengejar)
11	R11	If (jarakPemain is sedang) and (jumlahSampah is banyak) and (HP is rendah) then (outputPerilakuNPC is menangkap)
12	R12	If (jarakPemain is sedang) and (jumlahSampah is banyak) and (HP is tinggi) then (outputPerilakuNPC is menangkap)
13	R13	If (jarakPemain is jauh) and (jumlahSampah is sedikit) and (HP is rendah) then (outputPerilakuNPC is bersiap)
14	R14	If (jarakPemain is jauh) and (jumlahSampah is sedikit) and (HP is tinggi) then (outputPerilakuNPC is bersiap)
15	R15	If (jarakPemain is jauh) and (jumlahSampah is sedang) and (HP is rendah) then (outputPerilakuNPC is bersiap)
16	R16	If (jarakPemain is jauh) and (jumlahSampah is sedang) and (HP is tinggi) then (outputPerilakuNPC is bersiap)
17	R17	If (jarakPemain is jauh) and (jumlahSampah is banyak) and (HP is rendah) then (outputPerilakuNPC is mengejar)
18	R18	If (jarakPemain is jauh) and (jumlahSampah is banyak) and (HP is tinggi) then (outputPerilakuNPC is menangkap)

### Perancangan Fuzzy State Machine

Kecerdasan buatan dalam game ini dikonsentrasikan pada perilaku NPC yang diatur sesuai dengan *fuzzy rules*. Ada tiga *output* untuk menentukan perilaku NPC yaitu bersiap, mengejar, dan menangkap.



Gambar 6: Finite State Machine Game



Gambar 7: Fuzzy State Machine

Dari variabel yang sudah ditentukan, maka dibuat aturan untuk input pada penerapan *Finite State Machine*. Pada Gambar 6 menjelaskan alur dari game yang telah dirancang. Berdasarkan Gambar 6, pada saat *game* dimulai pemain memiliki nilai HP sebesar 500. Pemain akan terus berjalan untuk mengumpulkan sampah yang sudah ditentukan. Jika sudah terkumpul maka akan pindah ke *scene* selanjutnya hingga misi selesai. Nilai HP pemain akan berkurang jika tertangkap oleh NPC yang mengakibatkan *game over*. Pada state menangkap terdapat tiga *state* yang menyesuaikan dengan *fuzzy rules*. Implementasi *Fuzzy State Machine* pada aplikasi ditampilkan pada Gambar 7 dimana masing-masing *state* dipengaruhi oleh *event* yang berbeda. Masing-masing *event* akan dipengaruhi oleh tiga parameter *input* yaitu jarak, jumlah sampah, dan HP

Pada saat mengumpulkan sampah, pemain harus menghindari NPC musuh agar tidak tertangkap.



Gambar 9: Tampilan *Quest*

## Hasil dan Pembahasan

Bagian ini menjelaskan hasil dari pencangan game dengan menggunakan *Fuzzy State Machine*

### Hasil Desain dan Implementasi Aplikasi

Berikut ini adalah hasil dari desain dan implementasi berdasarkan dari analisis dan perancangan game yang telah dibuat. Selanjutnya melakukan perancangan antarmuka sesuai dengan perancangan. Pengembangan *game* ini dibangun menggunakan RPG Maker. Tampilan utama *Game Bank Sampah* ditunjukkan pada Gambar 8 dengan menampilkan tiga menu utama yaitu *New Game*, *Continue*, dan *Options*.



Gambar 8: Tampilan Utama *Game*

Setelah memilih menu "*New Game*", pemain akan mendapatkan "*Quest*" untuk menyelesaikan permainan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9. *Quest* pertama pemain harus menemui Pak Baron untuk mendapatkan *Quest* selanjutnya.

Pada Gambar 10 menampilkan pemain yang mengumpulkan sampah plastic. Pemain harus mengumpulkan sampah sebanyak 15 sampah.



Gambar 10: Pemain Mengumpulkan Sampah

### Hasil Pengujian

Berikut adalah hasil pengujian dari perancangan dan implementasi game *Bank Sampah* yang telah dilakukan. Pengujian game ini akan di uji pada empat *device* smartphone yang berbeda khususnya spesifikasi *device*. Pada Tabel 5 menunjukkan spesifikasi setiap *device*.

*Device* tersebut akan digunakan untuk pengujian fungsionalitas dari aplikasi *game* yang telah dibuat. Pada pengujian ini, menggunakan empat *device* yang sesuai dengan Tabel 5. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui hasil perbandingan uji coba *game* dari setiap *device* dengan spesifikasi yang berbeda. Hasil pengujian *device* ditunjukkan pada Tabel 6 dengan hasil berhasil semua pada setiap *device*.

Tabel 5: Spesifikasi Device

No.	Nama Device (D)	Spesifikasi
1.	Sony Xperia 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>OS: Android 11</li> <li>Chipset: Qualcomm SM8150 Snapdragon 855 (7 nm)</li> <li>CPU: Octa-core (1x2.84 GHz Kryo 485 &amp; 3x2.42 GHz Kryo 485 &amp; 4x1.78 GHz Kryo 485)</li> <li>GPU: Adreno 640</li> <li>Memory: 128GB 6GB RAM</li> </ul>
2.	Sony Xperia 10 II	<ul style="list-style-type: none"> <li>OS: Android 12</li> <li>Chipset: Qualcomm SDM665 Snapdragon 665 (11 nm)</li> <li>CPU: Octa-core (4x2.0 GHz Kryo 260 Gold &amp; 4x1.8 GHz Kryo 260 Silver)</li> <li>GPU: Adreno 610</li> <li>Memory: 128GB 4GB RAM</li> </ul>
3.	Samsung A03	<ul style="list-style-type: none"> <li>OS: Android 13</li> <li>Chipset: Unisoc T606 (12 nm)</li> <li>CPU: Octa-core (2x1.6 GHz Cortex-A75 &amp; 6x1.6 GHz Cortex-A55)</li> <li>GPU: Mali-G57 MP1</li> <li>Memory: 128GB 4GB RAM</li> </ul>
4.	Redmi Note 8	<ul style="list-style-type: none"> <li>OS: Android 11</li> <li>Chipset: Qualcomm SDM665 Snapdragon 665 (11 nm)</li> <li>CPU: Octa-core (4x2.0 GHz Kryo 260 Gold &amp; 4x1.8 GHz Kryo 260 Silver)</li> <li>GPU: Adreno 610</li> <li>Memory: 64GB 4GB RAM</li> </ul>

Tabel 6: Hasil Pengujian Tiap Device

Pengujian	Detail Pengujian	Hasil			
		D1	D2	D3	D4
Tombol Navigation	Perpindahan tiap <i>scene</i>	OK	OK	OK	OK
Tombol New Game	Menampilkan <i>game</i> yang baru dimulai	OK	OK	OK	OK
Tombol Continue	Menampilkan <i>game</i> yang telah di <i>ssave</i> sebelumnya	OK	OK	OK	OK
Menu Options	Menampilkan tampilan pengaturan	OK	OK	OK	OK

Setelah melakukan pengujian aplikasi game pada setiap *device*, maka selanjutnya dilakukan uji-coba untuk pengujian perilaku NPC berdasarkan *fuzzy* sugeno *rules*. *Rules* ditentukan berdasarkan variabel jarak, sampah, dan HP. Pada Tabel 7 merupakan nilai tiap variabel yang diambil secara acak dengan data sebanyak 20 percobaan.

Nilai variabel dari Tabel 7 digunakan untuk pengujian penerapan *fuzzy state machine* pada game dengan cara menguji kesesuaian output pada permainan dengan *rule* yang telah ditentukan. Pada Tabel 8 merupakan hasil pengujian dari 20 percobaan dengan *rules* yang sesuai dengan nilai dari tiap variabel. Pengujian membandingkan output dari hasil pengujian dengan *output* dari *rules*.

Dari 20 percobaan, terdapat empat ujicoba yang tidak sesuai dengan *rules*. Pada Uji5 dengan R18 seharusnya *output*-nya adalah menangkap, namun yang dihasilkan *output*-nya mengejar. Untuk Uji6 seharusnya mengejar dan Uji7 seharusnya menangkap, begitu juga dengan Uji19 yang seharusnya bersiap. Berdasarkan hasil pengujian ini, ada 16 percobaan yang sesuai sehingga mendapatkan akurasi sebesar 80%.

Tabel 7: Data Ujicoba

Ujicoba	Jarak	Sampah	HP
1	4	11	200
2	15	15	500
3	1	1	400
4	7	3	50
5	15	9	400
6	8	5	350
7	5	9	200
8	7	14	300
9	13	10	50
10	13	2	200
11	8	2	500
12	1	8	50
13	1	15	100
14	2	7	50
15	5	1	150
16	14	4	300
17	12	13	400
18	12	7	350
19	3	5	100
20	9	2	200

Tabel 8: Hasil Pengujian Fuzzy State Machine

No.	Ujicoba	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Keterangan
1.	Uji1	R5	Menangkap	Sesuai
2.	Uji2	R18	Menangkap	Sesuai
3.	Uji3	R2	Bersiap	Sesuai
4.	Uji4	R2	Bersiap	Sesuai
5.	Uji5	R18	Mengejar	Tidak Sesuai
6.	Uji6	R10	Menangkap	Tidak Sesuai
7.	Uji7	R11	Mengejar	Tidak Sesuai
8.	Uji8	R12	Menangkap	Sesuai
9.	Uji9	R17	Mengejar	Sesuai
10.	Uji10	R13	Bersiap	Sesuai
11.	Uji11	R8	Bersiap	Sesuai
12.	Uji12	R3	Mengejar	Sesuai
13.	Uji13	R5	Menangkap	Sesuai
14.	Uji14	R3	Mengejar	Sesuai
15.	Uji15	R1	Bersiap	Sesuai
16.	Uji16	R14	Bersiap	Sesuai
17.	Uji17	R18	Menangkap	Sesuai
18.	Uji18	R16	Bersiap	Sesuai
19.	Uji19	R1	Menangkap	Tidak Sesuai
20.	Uji20	R13	Bersiap	Sesuai

## Penutup

*Game* Bank Sampah dikembangkan menggunakan metode *Multimedia Development Life Cycle* yang terdiri dari *concept, design, material collecting, assembly, testing, dan distribution*. Dengan metode pengembangan ini, pembuatan *game* menjadi lebih terstruktur sehingga *game* yang telah dibuat berfungsi dengan baik sesuai dengan pengujian fungsionalitas. Metode *Fuzzy State Machine*

juga berhasil diterapkan dengan baik yang digunakan untuk perubahan perilaku NPC. *Fuzzy State Machine* berfungsi untuk memberikan respon NPC pada saat kondisi yang sudah ditetapkan sesuai dengan *rules fuzzy* sugeno. *Game* ini juga memberikan pembelajaran tentang kepedulian untuk menjaga lingkungan tetap bersih.

Berdasarkan hasil pengujian dari 20 percobaan, ada 16 percobaan yang sesuai dengan *output fuzzy rules* sugeno dengan akurasi 80%. Ada empat percobaan yang error karena tidak sesuai dengan *output rules fuzzy* sugeno. Dari pengujian tersebut, dapat disimpulkan *fuzzy state machine* berhasil digunakan untuk perubahan perilaku agen cerdas atau NPC.

## Daftar Pustaka

- [1] Fandi dan Rahmat, "Volume sampah di Samarinda capai 85 -100 ton per hari," Antara News, Antara Kaltim, Dec. 11, 2022. diakses daring pada <https://kaltim.antaranews.com/berita/175799/-volume-sampah-di-samarinda-capai-85-100-ton-per-hari> (accessed Mar. 11, 2023)..
- [2] B.-P. dan D. Kaltim, "Mengasah Sikap Peduli Lingkungan pada Anak Sejak Dini," 2019. <https://pauddikmaskaltim.kemdikbud.go.id/-mengasah-sikap-peduli-lingkungan-pada-anak-sejak-dini/> (accessed Jan. 07, 2022).
- [3] W. Indra dan Y. Fitria, "Pengembangan Media Games IPA Edukatif Berbantuan Aplikasi Appsgeyser Berbasis Model PBL untuk Meningkatkan Karakter Peduli Lingkungan Siswa Sekolah Dasar", *JEMS: Jurnal Edukasi Matematika dan Sains*, vol. 9, no. 1, pp. 59–66, doi: 10.25273/jems.v9i1.8654, 2021.
- [4] S. Bahri dan A. Wahdian, "Penguatan Nilai-Nilai Pendidikan Karakter Melalui Game Edukasi Icando di Sekolah Dasar", *Jurnal Pendidikan Dasar Nusantara*, vol. 6, pp. 23–41, 2021.
- [5] K. T. Martono, "Pengembangan Game Dengan Menggunakan Game Engine Game Maker", *Jurnal Sistem Komputer*, vol. 5, no. 1, pp. 23–30, 2015.
- [6] I. D. Putu, A. Sudiarmika, A. A. K. A. Cahyawan dan P. W. Buana, "Aplikasi Game Edukasi Trash Grabber Untuk Mengenal Jenis-Jenis Sampah Pada Smartphone Berbasis Android", *Merpati*, vol. 2, no. 2, pp. 215–225, doi: 10.24843/JIM, 2014.
- [7] Y. D. Raharjo, J. Sahertian dan A. Sanjaya, "Implementasi Logika Fuzzy Mamdani pada Game Tower Defense", in *Seminar Nasional Inovasi Teknologi UN PGRI Kediri*, pp. 35–40, 2020.
- [8] M. R. A. R. Lutfi, H. M. T. Ramadhan dan W. S. J. Saputra, "Penerapan Kecerdasan Buatan dalam Pemilihan Artifact pada Game Genshin Impact dengan Logika Fuzzy Tsukamoto", *JURNAL ILMIAH ILMU KOMPUTER*, vol. 8, no. 2, pp. 71–75, doi: 10.35329/jiik.v8i2.226, Sep. 2022.
- [9] A. Sanjaya, J. Wahyudi dan Y. an Arliando, "Penerapan Logika Fuzzy Sugeno untuk Menentukan Reward pada Game Edukasi Platformer Berbasis Android", *MEANS (Media Informatika Analisa dan Sistem)*, pp. 174–179, doi: 10.54367/means.v6i2.1529, Jan. 2022.
- [10] Y. Muqorrobin, "Implementasi Game sebagai Media Sosialisasi Mitigasi Gunung Meletus pada Siswa SD Kelas 4 dengan menggunakan Metode Finite State Machine dan Fuzzy Sugeno", *MATICS*, vol. 13, no. 2, pp. 57–62, doi: 10.18860/mat.v13i2.8400, Oct. 2021.
- [11] B. Armedianto Putro, J. Dedy Irawan S. dan Adi Wibowo, "Kombinasi Metode Finite State Machine dan Fuzzy pada Game Escape from Punk Hazard", *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 5, no. 1, pp. 71–78, doi: 10.36040/jati.v5i1.3276, Feb. 2021.
- [12] A. Wahyudinata dan H. B. Dirgantara, "Pengembangan Gim Edukasi 2D Pemilahan Sampah Daur Ulang Berbasis Android", *MATRİK: Jurnal Manajemen, Teknik Informatika dan Rekayasa Komputer*, vol. 20, no. 1, pp. 129–138, doi: 10.30812/matrik.v20i1.860, 2020.
- [13] F. Z. Arridho, "Game Edukasi Pengumpulan Sampah Organik Dan Anorganik Menggunakan Finite State Machine", *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 1, no. 1, pp. 498–505, 2017.
- [14] E. J. Hutagaluh, "Game Kebersihan Lingkungan menggunakan Metode Finite State Machine", *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 1, no. 2, pp. 222–228, 2017.
- [15] M. F. Rahadian, A. Suyatno dan S. Maharani, "Penerapan Metode Finite State Machine pada Game 'The Relationship'", *Jurnal Informatika Mulawarman*, vol. 11, no. 1, pp. 14–22, 2016.
- [16] D. M. Anugraha, I. Agustina dan F. Fauziah, "Game Edukasi Berbasis Kinect untuk Anak Berkebutuhan Khusus (Autis) dengan Metode Finite State Machine", *JOINTECS (Journal of Information Technology and Computer Science)*, vol. 3, no. 1, pp. 1–6, doi: 10.31328/jointecs.v3i1.501, 2018.
- [17] A. N. Fajero, H. Haryanto, T. Sutojo dan E. Mulyanto, "Logika Fuzzy untuk Perilaku Dinamis pada Sistem Crafting dalam Game

Pembelajaran Aritmatika”, Jurnal Eksplora Informatika, vol. 9, no. 2, pp. 154–162, doi: 10.30864/eksplora.v9i2.367, Mar. 2020.

[18] R. Dimas Hariyanto, “Penerapan Metode Fuzzy Logic untuk Pembentukan Perilaku Non

Player Character pada Game Petualang Finding Chiko”, Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika, vol. 3, no. 1, 2019.

[19] I. Millington, “AI for Games”, Third Edition, 3rd ed. CRC Press, 2019.