

Penggunaan Model Logika Fuzzy Sugeno dalam Game Balancing System pada Game Dental Knight

Implementation of Fuzzy Sugeno Logic Model in Game Balancing System of Dental Knight Game

Febryan Adi Pratama¹, Hanny Haryanto², Edy Mulyanto³, Noor Ageng Setiyanto⁴
^{1,2,3,4} Teknik Informatika, Universitas Dian Nuswantoro

E-mail: ¹111202012719@mhs.dinus.ac.id, ²111202012719@mhs.dinus.ac.id,
³edy.mulyanto@dsn.dinus.ac.id, ⁴nasetiyanto@dsn.dinus.ac.id

Abstrak

Industri video game adalah industri yang pesat perkembangannya. Selain untuk hiburan, game juga dapat digunakan untuk mendukung pembelajaran dan dikenal dengan istilah serious game. Penggunaan game sebagai media edukasi dinilai dapat meningkatkan minat dan kesadaran pemain mengenai hal yang dipelajari sehingga diharapkan dapat memberikan dampak yang lebih besar daripada metode pembelajaran konvensional. Agar game yang dibuat menjadi menarik, diperlukan sebuah mekanisme Game balancing untuk mengatur tingkat kesulitan dan reward yang diberikan pada setiap tahapan game guna menjaga motivasi pemain. Jika tingkat kesulitan terlalu tinggi atau terlalu rendah, maka keinginan untuk bermain akan menurun. Akibatnya, pemain akan mudah jenuh dan game yang dibuat gagal dalam menarik minat pemain serta meraih kesuksesan yang diharapkan oleh developer. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengatur hal tersebut adalah dengan menggunakan Logika Fuzzy Sugeno. Logika ini akan digunakan untuk menentukan kesulitan dan reward pada level berikutnya berdasarkan variabel TRY, SCORE, dan COIN. Dari hasil pengujian dalam game menunjukkan bahwa Fuzzy Sugeno dapat menghasilkan output yang variatif dan sesuai. Hasil ini membuktikan bahwa metode ini cocok digunakan dalam menentukan tantangan dan reward dalam game.

Kata kunci: Serious Game, Action Platformer, Fuzzy Logic, Metode Sugeno

Abstract

The video game industry is a rapidly growing sector. In addition to entertainment, games can also be used to support learning, a concept known as serious games. The use of games as an educational medium is considered to increase player interest and awareness of the subject matter, thereby potentially having a greater impact than conventional learning methods. To make the game appealing, a game balancing mechanism is needed to regulate the difficulty level and rewards given at each stage of the game to maintain player motivation. If the difficulty level is too high or too low, the desire to play will decrease. Consequently, players will easily become bored, and the game will fail to attract player interest and achieve the success expected by the developer. One method that can be used to regulate this is by using Sugeno Fuzzy Logic. This logic will be used to determine the difficulty and rewards at the next level based on the TRY, SCORE and COIN variables. The game will be developed using the agile method and the Unity game engine. Testing results in games show that Fuzzy Sugeno can produce varied and appropriate outputs. These results prove that this method is suitable for determining challenges and rewards in games.

Keywords: Serious Game, Action Platformer, Fuzzy Logic, Sugeno Method

1. PENDAHULUAN

Sebuah data dari Kementerian Kesehatan Republik Indonesia tahun 2018 menunjukkan bahwa 93% dari anak Indonesia mengalami gangguan gigi dan mulut. Dampak negatif dari gangguan ini termasuk pada kesejahteraan dan kualitas hidup anak, serta potensi penyakit kardiovaskular dan diabetes di masa mendatang [1]. Untuk mengatasi masalah ini, pencegahan diperlukan, salah satunya melalui peningkatan kesadaran dan pengetahuan tentang kesehatan gigi.

Pembelajaran dengan video game dapat menjadi metode alternatif yang interaktif dan menyenangkan, khususnya dalam game edukasi. Game dapat memotivasi anak-anak untuk belajar dengan kompetisi dan reward, sebagaimana ditunjukkan dalam penelitian yang membandingkan efektivitas game dengan metode konvensional [2]. Namun, beberapa masalah ditemukan dalam game edukasi seperti tingkat kesulitan yang repetitif dan reward yang tidak proporsional [3]. Untuk mengatasi masalah ini, perlu dilakukan proses game balancing.

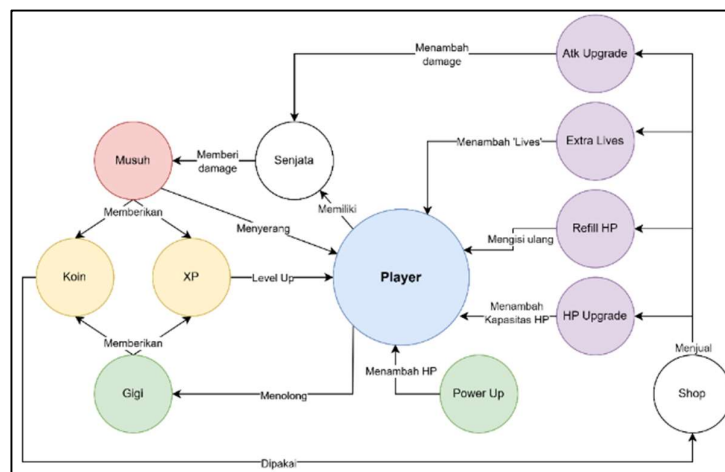
Game Balancing didefinisikan sebagai proses sistematis dalam memodifikasi parameter pada komponen-komponen game untuk mencapai satu atau lebih tujuan desain game[4]. Game balancing dapat dilakukan dengan mengatur tingkat kesulitan dan reward. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan kecerdasan buatan, salah satunya model logika fuzzy Sugeno, sebuah metode yang telah diusulkan dalam beberapa penelitian [5], [6], [7].

Fuzzy Sugeno, yang pertama kali diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno-Kang pada tahun 1985, menggunakan metode inferensi fuzzy dengan aturan yang diungkapkan dalam bentuk IF-THEN. Model ini dapat menghasilkan output berupa konstanta atau persamaan linier. Terdapat alternatif model fuzzy lain seperti Fuzzy Mamdani dan Fuzzy Tsukamoto, Fuzzy Sugeno dipilih karena kinerjanya yang lebih baik dalam hal waktu pemrosesan, ketangguhan, dan analisis sensitivitas[8]. Fuzzy Sugeno menawarkan fleksibilitas dalam menyesuaikan tingkat kesulitan dan reward sesuai dengan kebutuhan pemain [7]. Dengan demikian, implementasi model ini diharapkan dapat meningkatkan pengalaman bermain dan efektivitas pembelajaran dalam game.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Perancangan game

Game action-platformer “Dental Knight” memiliki konsep permainan mengalahkan musuh dan menyelamatkan gigi untuk naik level dan bertambah kuat. Pemain dapat membeli item untuk mempermudah permainan yang mana perubahan harga item diatur oleh sistem fuzzy. secara garis besar rancangan permainan dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1. Rancangan Gameplay game

2.2 Fuzzy Sugeno

Metode logika fuzzy sangat berguna dalam pengolahan data yang tidak sepenuhnya benar atau salah. Dengan menggunakan logika fuzzy, dimungkinkan untuk menggambarkan ketidakpastian, kompleksitas, ambiguitas, dan keberagaman dalam pemikiran manusia. Jika dalam logika tegas suatu elemen memiliki nilai benar (1) atau salah (0), maka pada logika fuzzy keanggotaan elemen berada dalam rentang [0 1]. Logika fuzzy digunakan untuk menerjemahkan suatu besaran yang diekspresikan secara linguistik [9].

a. Fuzzy Sugeno orde nol

Fuzzy Sugeno berorde nol dapat diartikan bahwa suatu item x tidak termasuk anggota sebuah himpunan. Fuzzy Sugeno berorde nol memiliki bentuk:

$$IF(X_1 \text{ is } A_1) \circ (X_2 \text{ is } A_2) \circ \dots \circ (X_i \text{ is } A_i) THEN z = k \quad (1)$$

Dimana A_i merupakan himpunan ke- i sebagai anteseden dan k adalah konsekuensi sebagai konsekuensi

b. Fuzzy Sugeno orde satu

Fuzzy Sugeno orde satu berorde nol dapat diartikan bahwa suatu item x termasuk anggota sebuah himpunan. Fuzzy dengan orde satu memiliki bentuk:

$$IF(X_1 \text{ is } A_1) \circ \dots \circ (X_i \text{ is } A_i) THEN z = p_1 * x_1 + \dots + p_i * x_i + q \quad (2)$$

Dengan A_i adalah himpunan ke- i sebagai anteseden dan k adalah konsekuensi sebagai konsekuensi. Apabila komposisi aturan menggunakan metode sugeno, maka defuzzifying dilakukan dengan cara mencari nilai rata-ratanya.

Sistem fuzzy secara umum terdapat 5 langkah dalam melakukan penalaran, yaitu :

- Fuzzyfikasi
- Pembentukan basis pengetahuan
- Mengaplikasikan metode implikasi
- Defuzzyfikasi

2.3 Variabel Fuzzy

Dalam sistem inferensi pada game, diambil 3 variabel input yang digunakan untuk yaitu; Score, Koin dan Try. Ketiga variabel ini memiliki himpunan keanggotaan Banyak dan Sedikit. Selain itu, terdapat dua variabel output: Harga Item dengan himpunan Naik_Banyak, Naik, dan Tetap, serta Damage Musuh dengan himpunan Naik, Tetap, dan Turun. Dalam konteks permainan, sistem inferensi ini memungkinkan untuk menyesuaikan harga item dan tingkat kerusakan musuh berdasarkan kondisi-kondisi yang terjadi dalam permainan, seperti jumlah skor (Score) yang diperoleh, jumlah koin (Koin) yang dimiliki, dan upaya (Try) yang dilakukan oleh pemain. Dengan menggunakan mekanisme fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi, sistem ini dapat menghasilkan keputusan yang adaptif sesuai dengan situasi permainan yang berkembang. Dalam permainan, sistem inferensi akan dijalankan dan akan dihasilkan output setiap kali pemain naik level.

Tabel 1. Tabel Variabel Fuzzy

Variabel		Himpunan Fuzzy
		Keanggotaan
Input	Score	Banyak
		Sedikit
	Koin	Banyak
		Sedikit
	Try	Banyak
		Sedikit
Output	Harga Item	Naik Banyak
		Naik
		Tetap
	Damage Musuh	Naik
		Tetap
		Turun

2.4 Rules Fuzzy

Dalam game terdapat 2 Rules yang masing masing mengatur harga item dan kemampuan musuh. Model fuzzy yang digunakan adalah fuzzy sugeno orde-nol dengan komposisi rules sebagai berikut:

a. Fuzzy Rules Harga Item

Tabel 2. Rules Fuzzy Harga Item

RULES	INPUT			OUTPUT
	Score	Koin	Try	
1	Banyak	Banyak	Banyak	Naik_Banyak
2	Banyak	Banyak	Sedikit	Naik_Banyak
3	Banyak	Sedikit	Banyak	Naik
4	Banyak	Sedikit	Sedikit	Tetap
5	Sedikit	Banyak	Banyak	Naik
6	Sedikit	Banyak	Sedikit	Tetap
7	Sedikit	Sedikit	Banyak	Tetap
8	Sedikit	Sedikit	Sedikit	Tetap

Dalam sistem Fuzzy, terdapat 8 aturan yang menghasilkan 3 output berbeda: Naik_Banyak, Naik, dan Tetap, yang dipengaruhi oleh performa pemain yang dinilai berdasarkan Skor, Koin, dan Upaya. Jika performa pemain baik dan menghasilkan output Naik_Banyak, maka harga item dalam game akan naik sebanyak 5 koin, jika outputnya Naik, harga item akan naik sebanyak 2 koin. Namun, jika performa pemain buruk dan mendapat hasil output Tetap, maka harga item tidak mengalami perubahan. Rules yang digunakan adalah sebagai berikut:

- [R1] IF (SCORE IS BANYAK) AND (KOIN IS BANYAK) AND (TRY IS BANYAK) THEN (HARGA_ITEM IS NAIK_BANYAK)
- [R2] IF (SCORE IS BANYAK) AND (KOIN IS BANYAK) AND (TRY IS SEDIKIT) THEN (HARGA_ITEM IS NAIK_BANYAK)
- [R3] IF (SCORE IS BANYAK) AND (KOIN IS SEDIKIT) AND (TRY IS BANYAK) THEN (HARGA_ITEM IS NAIK)
- [R4] IF (SCORE IS BANYAK) AND (KOIN IS SEDIKIT) AND (TRY IS SEDIKIT) THEN (HARGA_ITEM IS TETAP)
- [R5] IF (SCORE IS SEDIKIT) AND (KOIN IS BANYAK) AND (TRY IS BANYAK) THEN (HARGA_ITEM IS NAIK)
- [R6] IF (SCORE IS SEDIKIT) AND (KOIN IS BANYAK) AND (TRY IS SEDIKIT) THEN (HARGA_ITEM IS TETAP)
- [R7] IF (SCORE IS SEDIKIT) AND (KOIN IS SEDIKIT) AND (TRY IS BANYAK) THEN (HARGA_ITEM IS TETAP)
- [R8] IF (SCORE IS SEDIKIT) AND (KOIN IS SEDIKIT) AND (TRY IS SEDIKIT) THEN (HARGA_ITEM IS TETAP)

b. Fuzzy Rules Kemampuan Musuh

Tabel 3 Rules Fuzzy Kemampuan Musuh

RULES	INPUT			OUTPUT
	Score	Koin	Try	
1	Banyak	Banyak	Banyak	Naik
2	Banyak	Banyak	Sedikit	Tetap
3	Banyak	Sedikit	Banyak	Naik
4	Banyak	Sedikit	Sedikit	Naik
5	Sedikit	Banyak	Banyak	Tetap
6	Sedikit	Banyak	Sedikit	Turun
7	Sedikit	Sedikit	Banyak	Tetap
8	Sedikit	Sedikit	Sedikit	Turun

Dalam sistem Fuzzy terdapat 8 rules yang menghasilkan 3 variasi output yaitu Naik_Banyak, Naik, dan Tetap. Ketiga jenis output ini didasarkan dari performa pemain yang dinilai berdasarkan variable Score, Koin dan Try. Jika output yang didapat pemain adalah Naik, maka musuh dalam game akan ditambah damagennya, jika output Tetap, maka tidak terjadi perubahan. Jika performa pemain buruk maka akan mendapat hasil output Turun, dan damage musuh akan dikurangi. Rules yang digunakan adalah sebagai berikut:

- [R1] IF (SCORE IS BANYAK) AND (KOIN IS BANYAK) AND (TRY IS BANYAK) THEN (DAMAGE_MUSUH IS NAIK)
- [R2] IF (SCORE IS BANYAK) AND (KOIN IS BANYAK) AND (TRY IS SEDIKIT) THEN (DAMAGE_MUSUH IS TETAP)
- [R3] IF (SCORE IS BANYAK) AND (KOIN IS SEDIKIT) AND (TRY IS BANYAK) THEN (DAMAGE_MUSUH IS NAIK)
- [R4] IF (SCORE IS BANYAK) AND (KOIN IS SEDIKIT) AND (TRY IS SEDIKIT) THEN (DAMAGE_MUSUH IS NAIK)
- [R5] IF (SCORE IS SEDIKIT) AND (KOIN IS BANYAK) AND (TRY IS BANYAK) THEN (DAMAGE_MUSUH IS TETAP)
- [R6] IF (SCORE IS SEDIKIT) AND (KOIN IS BANYAK) AND (TRY IS SEDIKIT) THEN (DAMAGE_MUSUH IS TURUN)
- [R7] IF (SCORE IS SEDIKIT) AND (KOIN IS SEDIKIT) AND (TRY IS BANYAK) THEN (DAMAGE_MUSUH IS TETAP)
- [R8] IF (SCORE IS SEDIKIT) AND (KOIN IS SEDIKIT) AND (TRY IS SEDIKIT) THEN (DAMAGE_MUSUH IS TURUN)

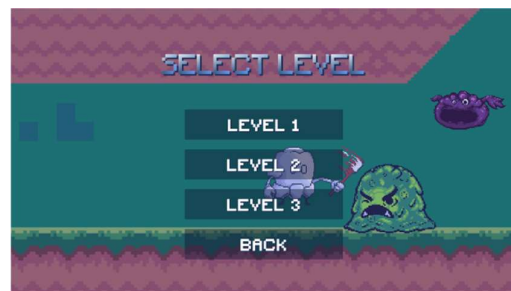
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Tampilan dalam Game



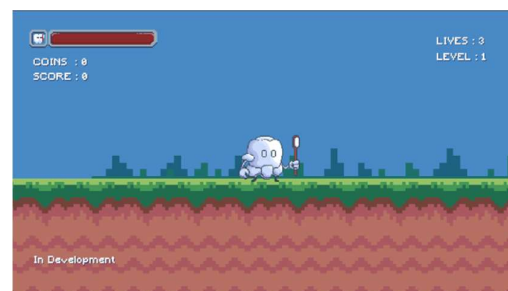
Gambar 2 Tampilan Main Menu

Gambar 2 menunjukkan tampilan yang dilihat pemain saat pertama membuka permainan akan muncul tampilan menu utama. Pada bagian ini terdapat beberapa tombol; *Continue*; *New Game*; *Select Level* dan *Exit*. Untuk memulai permainan pemain dapat menekan tombol *New Game*. Tombol *Continue* dapat ditekan setelah pemain memulai permainan dan kembali ke tombol menu, jika pemain menekan tombol *New Game*, maka progress dalam game akan ter-reset. Pemain juga dapat memilih level yang telah dituntaskan. Jika pemain ingin keluar dari permainan maka dapat ditekan tombol *Exit*.



Gambar 3 Tampilan Select Level

Pada gambar 3 terdapat tampilan menu “Select Level” dimana pemain dapat membuka kembali area yang ditelusurinya di dalam game. Dengan menekan pilihan level pemain akan dipindahkan ke area yang dipilihnya dengan tanpa mengubah *stats* yang dimilikinya saat ini.



Gambar 4 Tampilan Gameplay

Gambar 4 merupakan tampilan yang pemain lihat di dalam game. Pemain dapat mengeksplorasi area dan dapat menyerang musuh yang dijumpainya. Pada layer akan ditunjukkan beberapa statistik seperti HP saat ini, jumlah koin yang dikumpulkan, level, nyawa yang tersisa serta Score yang didapat. Tampilan ini dapat mengalami transisi *fade in* - *fade out* ketika pemain *respawn* atau berpindah area.



Gambar 5 Tampilan Buy Menu

Tampilan pada Gambar 7 akan aktif ketika pemain menekan tombol buy atau mengakses menu "Buy item" dari tampilan "Pause". Proses ini akan menjeda permainan yang sedang berjalan, dan pemain dapat membeli upgrade kekuatan dengan koin yang telah dikumpulkan sepanjang permainan.



Gambar 6 Tampilan Game Over

Pada gambar 8, ditunjukkan tampilan "Game Over" yang akan muncul ketika Try atau lives yang dimiliki player habis atau pemain telah menyelesaikan permainan. Terdapat dua tombol pada tampilan yaitu "Retry" untuk memulai kembali level dan "Main Menu" yang dapat ditekan untuk Kembali ke menu tampilan utama.

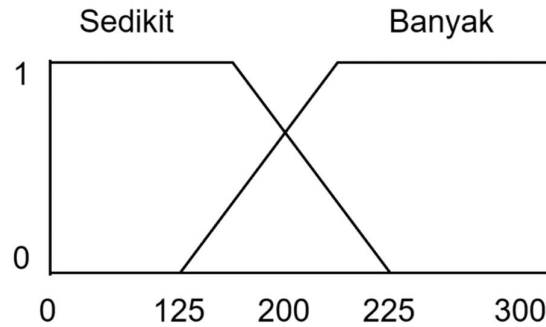
3.2 Proses Perhitungan Fuzzy

1. Variabel Score

Variabel Score terdiri dari 2 himpunan, Sedikit dan banyak. Semesta dari variabel Score adalah $[0, \infty]$. Himpunan fuzzy dari variabel adalah sebagai berikut:

Tabel 4 Domain Himpunan Keanggotaan Score

Himpunan	Domain
Sedikit	0 - 175
Banyak	225 - ∞



Gambar 7 Himpunan keanggotaan variabel Score

Pada himpunan “Sedikit” digunakan fungsi representasi linier turun yang derajat keanggotaan dari himpunannya dapat digambarkan dengan rumus :

$$\mu_{ScoreSedikit}[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 125 \\ \frac{225 - x}{225 - 125}, & 125 < x < 225 \\ 0, & x \geq 225 \end{cases}$$

Pada himpunan “Banyak” digunakan fungsi representasi linier turun yang derajat keanggotaan dari himpunannya dapat digambarkan dengan rumus:

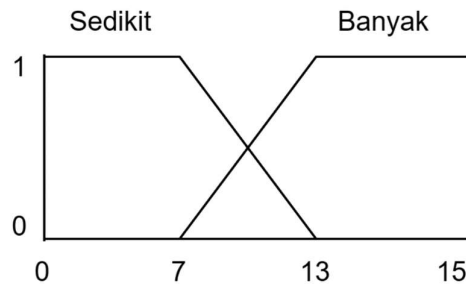
$$\mu_{ScoreBanyak}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 125 \\ \frac{x - 125}{225 - 125}, & 125 < x < 225 \\ 1, & x \geq 225 \end{cases}$$

2. Variabel Koin

Variabel Score terdiri dari 2 himpunan, Sedikit dan banyak. Semesta dari variabel Score adalah $[0 \infty]$. Himpunan fuzzy dari variabel adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Domain Himpunan Keanggotaan Koin

Himpunan	Domain
Sedikit	0 - 7
Banyak	13 - ∞



Gambar 8 Himpunan keanggotaan variabe Koin

Pada himpunan “Sedikit” digunakan fungsi representasi linier turun yang derajat keanggotaan dari himpunannya dapat digambarkan dengan rumus:

$$\mu_{KoinSedikit}[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 7 \\ \frac{13-x}{13-7}, & 7 < x < 13 \\ 0, & x \geq 13 \end{cases}$$

Pada himpunan “Banyak” digunakan fungsi representasi linier naik yang derajat keanggotaan dari himpunannya dapat digambarkan dengan rumus:

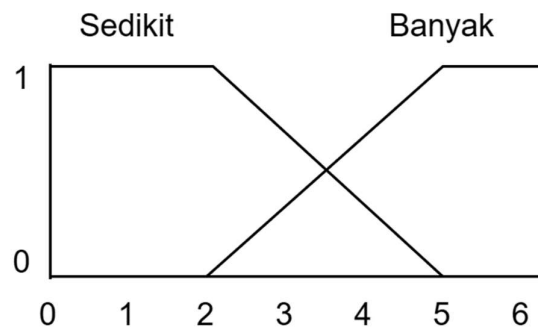
$$\mu_{KoinBanyak}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 7 \\ \frac{x-7}{13-7}, & 7 < x < 13 \\ 1, & x \geq 13 \end{cases}$$

3. Variabel Try

Variabel Score terdiri dari 2 himpunan, Sedikit dan banyak. Semesta dari variabel Score adalah $[0 \infty]$. Himpunan fuzzy dari variabel adalah sebagai berikut :

Tabel 2 Domain Himpunan Keanggotaan Try

Himpunan	Domain
Sedikit	0-2
Banyak	5-6



Gambar 9 Himpunan keanggotaan variabel Try

Pada himpunan “Sedikit” digunakan fungsi representasi linier turun yang derajat keanggotaan dari himpunannya dapat digambarkan dengan rumus:

$$\mu_{TrySedikit}[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 2 \\ \frac{5-x}{5-2}, & 2 < x < 5 \\ 0, & x \geq 5 \end{cases}$$

Pada himpunan “Banyak” digunakan fungsi representasi linier turun yang derajat keanggotaan dari himpunannya dapat digambarkan dengan rumus:

$$\mu_{TryBanyak}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 2 \\ \frac{x-2}{5-2}, & 2 < x < 5 \\ 1, & x \geq 5 \end{cases}$$

Setelah diimplementasikan ke dalam sistem dalam game dilakukan pengujian untuk mengetahui keberhasilan algoritma Fuzzy Sugeno pada game Dental Knight. Pada pengujian ini akan dilihat kesesuaian implementasi dalam permainan dengan rancangan aturan yang telah dibuat sebelumnya. Akan dilakukan percobaan berulang kali dengan input yang berbeda-beda. Berikut adalah hasil pengujian yang telah dilakukan dalam permainan. Inputan variable dan output yang dihasilkan dicatat pada table sebagai berikut :

Tabel 10 Tabel Hasil Pengujian terhadap Harga item

Percobaan	Variabel Input			Output	Hasil Uji Coba	Keterangan
	Score	Coins	Try	Perubahan Harga Item	Perubahan Harga Item	
1	180	9	4	2	2	Sesuai
2	225	13	3	5	5	Sesuai
3	165	8	4	2	2	Sesuai
4	145	4	5	0	0	Sesuai
5	100	1	2	0	0	Sesuai
6	375	12	6	5	5	Sesuai
7	90	15	4	2	2	Sesuai
8	200	10	1	2	2	Sesuai
9	300	7	5	2	2	Sesuai
10	225	2	5	2	2	Sesuai

Tabel 11 Tabel Hasil Pengujian terhadap Harga item

Percobaan	Variabel Input			Output	Hasil Uji Coba	Keterangan
	Score	Coins	Try	Perubahan Damage Musuh	Perubahan Damage Musuh	
1	180	9	4	0	0	Sesuai
2	225	13	3	0	0	Sesuai
3	165	8	4	0	0	Sesuai
4	145	4	5	0	0	Sesuai
5	100	1	2	-1	-1	Sesuai
6	375	12	6	1	1	Sesuai
7	90	15	4	-1	-1	Sesuai
8	200	10	1	0	0	Sesuai
9	300	7	5	1	1	Sesuai
10	225	2	5	1	1	Sesuai

Game Experience Questionnaire

Setelah fuzzy dapat berjalan dengan baik pada game dilakukan pengujian pengalaman pemain untuk mendapatkan feedback yang dapat digunakan untuk melakukan perbaikan terhadap game dan untuk melihat bagaimana respon pemain terhadap game yang dikembangkan. Pengujian dilaksanakan dengan memberikan sejumlah pertanyaan kepada pemain yang jawabannya dapat dimasukan ke skala 1 sampai 5. Pada pengujian dilaksanakan dengan tata cara sebagai berikut : Perespon diberikan opsi penilaian dengan skala 1-5 dengan kategori yang dijabarkan pada tabel berikut :

1. Pada pertanyaan 1,2,3,6,7,8 dan 9 jawaban responden mendapat nilai sesuai dengan tabel di atas.
2. Pada pertanyaan 4,5, 10 dan 11 skor yang didapat adalah 6 dikurangi dengan jawaban responden.
3. Seluruh jawaban responden lalu dikalikan dengan 11/20 dan dibagi dengan jumlah responden untuk menghasilkan nilai dengan skala 0-100. Penjabaran dari perhitungan skor pengguna dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$U = \frac{\sum R \times \left(\frac{20}{11}\right)}{n}$$

Dimana :

U = User Score

ΣR = Total jawaban yang telah dilakukan proses 1 dan 2.

n = Jumlah Responden

Setelah data responsi pengguna berhasil dikumpulkan, selanjutnya dilakukan pengolahan data sesuai dengan tata cara yang disebutkan sebelumnya. Dari pengolahan data didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 12 Data Responsi Kuesioner setelah diolah

Responden	Pertanyaan											Total Skor	User Score
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	5	4	4	3	3	3	4	4	4	3	3	40	72,72727
2	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	36	65,45455
3	4	4	4	5	4	4	5	4	3	5	2	44	80
4	4	3	5	4	3	4	4	4	4	5	3	43	78,18182
5	4	4	4	5	3	4	4	4	4	4	4	44	80
6	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	3	49	89,09091
7	4	3	5	5	4	5	4	4	4	5	3	46	83,63636
8	4	4	4	4	2	3	4	2	4	3	3	37	67,27273
9	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	5	47	85,45455
10	4	4	4	2	2	4	4	4	4	2	2	36	65,45455
11	5	4	5	4	4	4	5	2	5	5	4	47	85,45455
USER SCORE RATA RATA												77,52066	
USER SCORE TERENDAH												65,45455	
USER SCORE TERTINGGI												89,09091	

Setelah dilakukan pengolahan data, didapatkan nilai rata-rata user score sebesar **77,52066**, sehingga dapat diinterpretasikan bahwa game ini masuk dalam kategori Acceptable pada parameter Acceptability Range, mendapat nilai C pada parameter Grade Scale, dan Good pada parameter Adjective Ratings.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian terhadap implementasi fuzzy Sugeno dalam game Dental Knight dapat diambil kesimpulan bahwa fuzzy Sugeno merupakan metode yang dapat diterapkan dalam pengaturan game balancing utamanya perubahan harga item dan tantangan dalam game. Untuk mengatur dua hal ini, digunakan variabel input yaitu Score, Coin dan Try. Dari hasil pengujian pada perangkat desktop, fuzzy Sugeno dapat menghasilkan output yang variatif dan sesuai dengan kemampuan player. Game yang dikembangkan mendapatkan user score dengan nilai 77,521 dari skala 0 sampai 100. Pada peneleitian selanjutnya, fuzzy Sugeno dapat diterapkan ke aspek lain dalam game serta digabungkan dengan kecerdasan buatan lain untuk emnghasilkan game yang kompleks, menarik dan menyenangkan. Dapat dikembangkan juga permainan pada perangkat mobile.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Sussi dkk., “Perancangan dan Implementasi Game Edukasi Kesehatan Gigi ‘Tooth and Fairy’ berbasis Android Menggunakan Unity Engine,” *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 9, no. 2, Art. no. 2, Feb 2022, doi: 10.25126/jtiik.2021864992.
- [2] S. Fatimah dan W. Widyandana, “Edukasi Kesehatan Gigi dan Mulut Anak melalui Game pada Guru TK,” *BKM*, vol. 33, no. 9, hlm. 449–452, 2017, doi: 10.22146/bkm.26270.
- [3] I. A. Ahmadi, E. M. A. Jonemaro, dan M. A. Akbar, “Penerapan Algoritme Logika Fuzzy Untuk Dynamic Difficulty Scaling Pada Game Labirin,” *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 10, Art. no. 10, Feb 2018.
- [4] M. Preuss, T. Pfeiffer, V. Volz, dan N. Pflanzl, “Integrated Balancing of an RTS Game: Case Study and Toolbox Refinement,” dalam *2018 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG)*, Maastricht: IEEE, Agu 2018, hlm. 1–8. doi: 10.1109/CIG.2018.8490426.
- [5] I. I. Shagianto, G. W. Wiriasto, D. F. Budiman, Misbahuddin, dan N. M. Seniari, “Aplikasi Game 2D berbasis Andorid dengan Logika Fuzzy pada NPC (Non-Player Character);,” *JEITECH (JOURNAL OF ELECTRICAL ENGINEERING AND INFORMATION TECHNOLOGY)*, vol. 1, no. 1, Art. no. 1, Jun 2023.
- [6] C. A. Oktavia dan R. Maulidi, “PENERAPAN LOGIKA FUZZY SUGENO UNTUK PENENTUAN REWARD PADA GAME EDUKASI AKU BISA,” *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia*, vol. 12, no. 2, Art. no. 2, Jul 2019.
- [7] U. Nurhasan, H. Pradibta, dan F. Z. Alhaddad, “Analisis Perilaku Non Playable Character (Npc) Pada Game Menggunakan Fuzzy Sugeno,” *Techno.Com*, vol. 19, no. 3, Art. no. 3, Agu 2020, doi: 10.33633/tc.v19i3.3477.
- [8] N. Siddique, *Intelligent Control: A Hybrid Approach Based on Fuzzy Logic, Neural Networks and Genetic Algorithms*, vol. 517. dalam *Studies in Computational Intelligence*, vol. 517. Cham: Springer International Publishing, 2014. doi: 10.1007/978-3-319-02135-5.
- [9] F. Fikriyah, “Implementasi logika Fuzzy Sugeno untuk pengaturan game scoring dalam game simulasi pertolongan pertama pada kecelakaan lalu lintas (go rescue),” undergraduate, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim M, 2020. Diakses: 25 Juni 2023. [Daring]. Tersedia pada: <http://etheses.uin-malang.ac.id/40489/>