

Game Visual Novel Edukasi Dengan Algoritma Fuzzy Mamdani

Jodi Setiawan¹; Chyquitha Danuputri²; Lukman Hakim³

¹ Informatika, Universitas Bunda Mulia Jakarta, ² Informatika, Universitas Muhammadiyah Makasar,

³ Informatika, Universitas Mercu Buana

jodi.set2106@gmail.com, ¹ chyquith@gmail.com, ² lukman.hakim@mercubuana.ac.id, ³

Kata kunci:

Fuzzy Mamdani, Educational Game, Calculus, MDLC, Unity, Visual Novel.

Abstract

Lack of interest in learning is one of the obstacles experienced by students that can affect learning power and cause students' ability to capture learning material to be hampered. Calculus is one of the subjects that is considered quite difficult due to the lack of interest in learning and the lack of basic knowledge of this course. Visual novel is a game genre that focuses on the interaction between characters and the story of the game in which it is possible for branching of stories to occur and also mini games which in this study use quizzes. Fuzzy Mamdani algorithm that can change input parameters in the form of fuzzy values into a solution can be applied to visual novels to determine the route of the story in the game. The development of the game using Multimedia Development Life Cycle (MDLC) and is made using the Unity game engine. The implementation of the fuzzy Mamdani algorithm to determine the route of the game is implemented in two parts, calculating the final value of the chapter with the parameters obtained when the user takes the quiz – the number of correct answers and processing time to determine the storyline at the end of the chapter – and determination of the final value of the game – using parameters of the average value of chapter result and accumulation of additional questions that can be answered correctly by the user. The compared results between manual and program calculation shows the same result.

Pendahuluan

A. Latar Belakang

Belajar merupakan usaha dalam memperoleh kepandaian atau ilmu. Belajar merupakan tugas dari seorang pelajar dalam memahami apa yang diajarkan. Namun beberapa pelajar memiliki hambatan yang menyebabkan melambatnya proses belajar seperti kurangnya minat atau motivasi.

Kalkulus sebagai salah satu cabang matematika - yang ditemui di perguruan tinggi -berfokus pada ide dasar yang berpusat pada huruf, rumus, grafik, serta pengembangannya pada kehidupan sehari-hari. Sebagai cabang dari matematika, kalkulus juga ikut dianggap sebagai mata kuliah yang sulit karena kurangnya minat dan kemampuan dasar dalam mempelajari mata kuliah ini.

Beberapa komponen yang menentukan mutu pendidikan baik di tahap sekolah wajib 12

tahun sampai di tahap pendidikan lanjut yaitu peserta didiknya, pendidik, media pembelajaran, materi pembelajaran dan metode merancang rencana pembelajaran. Media pembelajaran merupakan alat bantu yang digunakan dalam penyajian informasi yang bertujuan untuk mendorong pelajar dalam memahami materi yang sedang dipelajari.

Hampir semua aspek pendidikan menggunakan game. Game edukasi adalah salah satu dari media pembelajaran yang dinilai memungkinkan proses belajar menjadi lebih menarik. Menggunakan game edukasi diharapkan tercapainya cara berpikir pengguna menjadi lebih Visual novel merupakan genre dari game dengan cerita berbingkai yang di dalamnya terdapat narasi dan penampilan karakter. Alur cerita dari visual novel memungkinkan juga untuk dapat bercabang, bergantung pada keputusan yang diambil oleh user. Dalam visual novel juga dapat disisipi mini game, seperti quiz.

Berdasarkan permasalahan tersebut, peneliti berkeinginan untuk membuat sebuah game edukasi bergenre visual novel dengan fuzzy Mamdani. Fuzzy Mamdani pada game yang akan dikembangkan akan digunakan dalam menentukan dialog dan hasil akhir (ending) dari cerita.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang, dapat disimpulkan permasalahan yang ada antara lain:

- 1) Bagaimana mengimplementasikan fuzzy Mamdani ke dalam game yang dibuat dalam menentukan rute dari cerita?
- 2) Bagaimana tingkat keberhasilan penerapan algoritma fuzzy Mamdani dalam menentukan rute dari cerita?

C. Tujuan

Penelitian ini dibuat dengan tujuan sebagai berikut.

- 1) Membuat sebuah game yang dapat digunakan dalam membantu proses belajar Kalkulus.
- 2) Mengetahui tingkat keberhasilan dari algoritma fuzzy Mamdani yang diterapkan pada game.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian adalah sebagai berikut.

- 1) Diharapkan game yang dikembangkan dapat membantu pemain dalam mempelajari materi kalkulus.
- 2) Diharapkan game yang dikembangkan dapat membantu meningkatkan minat dalam belajar Kalkulus.

Metode penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan dalam pembuatan sistem adalah sebagai berikut.

A. Jenis Penelitian

Pada penelitian ini diterapkan metode penelitian kuantitatif. Jenis penelitian kuantitatif berfokus pada analisis data numerik untuk mendapatkan hasil dari game visual novel edukasi dengan algoritma fuzzy mamdani berdasarkan keseluruhan data yang dikumpulkan. Penerapan metode kuantitatif ini bersifat objektif karena penelitian ini berfokus pada perhitungan matematis dan perhitungan terkait hipotesa.

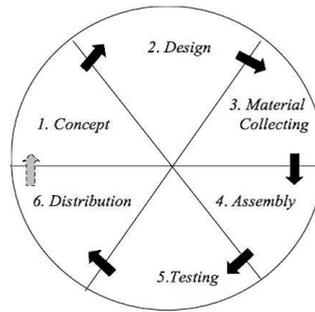
B. Metode Perancangan

Perancangan dilakukan dengan melakukan analisis kebutuhan sistem, merancang alur proses sistem, merancang alur interaksi pengguna dengan sistem, merancang kelas yang akan digunakan, dan merancang tampilan antarmuka pengguna.

C. Metode Implementasi

Game yang dibuat dikembangkan dengan menggunakan metode pengembangan Multimedia Development Life Cycle (MDLC) Luther-Sutopo dan dibuat dengan menggunakan game engine Unity. Pada penelitian ini menggunakan algoritma *fuzzy* Mamdani dalam menentukan rute cerita dari game.

Multimedia Development Life Cycle (MDLC)



Gambar 1. Metode pengembangan MDLC

Multimedia Development Life Cycle menggunakan enam tahap dalam mengembangkan perangkat lunak, yaitu:

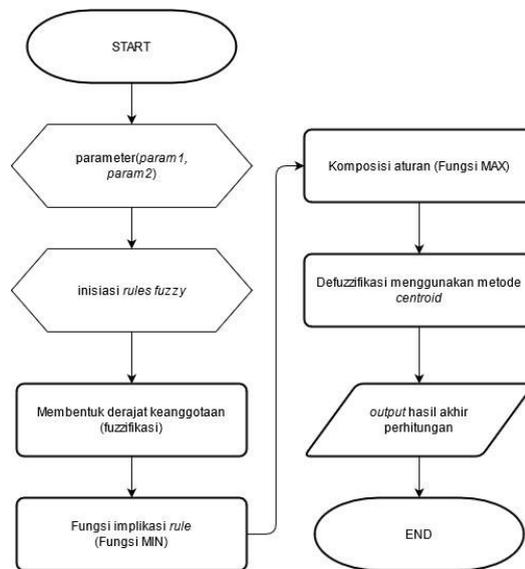
1. *Concept*
Tahap konsep adalah tahap untuk menentukan tujuan dan manfaat dari aplikasi yang dibuat.
2. *Design*
Tahap ini menjelaskan spesifikasi mengenai arsitektur, tampilan, dan kebutuhan *asset* yang akan digunakan dalam membangun program.
3. *Material collecting*
Pada tahap ini *asset* yang akan digunakan dalam membuat aplikasi akan dibuat, bisa berupa gambar, audio, video, dan juga yang lainnya.
4. *Assembly*
Pada tahap ini rancangan yang telah dibuat dalam tahap *design* akan dieksekusi.
5. *Testing*
Dilakukan pengujian apakah aplikasi yang dibuat berjalan sesuai dengan harapan atau tidak.
6. *Distribution*
Tahap dimana aplikasi disimpan dan dievaluasi kembali.

Unity

Unity adalah salah satu *game engine* buatan *Unity Technologies Inc* yang dalam developmentnya dapat menggunakan bahasa pemrograman seperti *JavaScript*, *C#*, dan *BooScript*. Terdapat juga *tool* yang telah terintegrasi yang dapat digunakan untuk mengembangkan permainan 2D dan 3D. *Unity* juga menyediakan fitur pengembangan yang dapat digunakan untuk berbagai *platform*.

Fuzzy Mamdani

Algoritma *fuzzy* Mamdani merupakan algoritma yang dapat digunakan untuk menarik kesimpulan atau keputusan pada kondisi yang tidak pasti berdasarkan perhitungan faktor-faktor yang ada. *Fuzzy* yang juga dikenal sebagai metode *MAX-MIN* atau *MAX-PRODUCT* ini memiliki tingkat akurasi yang cukup baik. Saat melakukan evaluasi aturan dalam mesin inferensi, metode Mamdani menggunakan fungsi *MIN* dan komposisi rule yang menggunakan fungsi *MAX* untuk menghasilkan himpunan *fuzzy* baru.



Gambar 2. Flowchart fuzzy Mamdani

Proses prediksi *fuzzy* Mamdani terdiri dari empat tahap, seperti yang terlihat pada gambar 2, yaitu [13]:

1. Pembentukan Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* adalah rentang dari pengembangan lebih lanjut tentang konsep himpunan matematika. Derajat keanggotaan diperlukan dalam membentuk himpunan *fuzzy* yang direpresentasikan dengan kurva segitiga. Masing-masing nilai mempunyai derajat keanggotaan antara nol sampai dengan satu.

2. Aplikasi Fungsi Implikasi

Fungsi implikasi menggunakan fungsi *MIN*, yaitu dengan mengambil derajat keanggotaan minimum dari variabel *input* sebagai *output*-nya berdasarkan aturan ke-*i*. Dapat dinyatakan sebagaimana tertera pada rumus (1).

$$a_i = \mu A_i(x) \cap \mu B_i(x) \quad (1)$$

Keterangan:

a_i = nilai minimum dari himpunan *fuzzy* A dan B pada aturan ke-*i*

$\mu A_i(x)$ = derajat keanggotaan *x* dari himpunan *fuzzy* A pada aturan ke-*i*

$\mu B_i(x)$ = derajat keanggotaan *x* dari himpunan *fuzzy* B pada aturan ke-*i*

3. Komposisi Aturan

Tahap komposisi aturan pada *fuzzy* Mamdani pada komposisi aturan menggunakan fungsi *MAX* untuk mengambil nilai maksimum dari setiap konsekuen fungsi implikasi yang akan digunakan untuk memodifikasi daerah *fuzzy*. Komposisi aturan dengan menggunakan metode *MAX* tertera pada rumus (2).

$$\mu_{sf}[x_i] = \text{MAX}(\mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_i]) \quad (2)$$

Keterangan:

$\mu_{sf}[x_i]$ = Nilai keanggotaan solusi *Fuzzy* sampai aturan ke-*i*

$\mu_{kf}[x_i]$ = Nilai keanggotaan konsekuen *Fuzzy* aturan ke-*i*

4. Defuzzification

Defuzzification, atau dikenal juga sebagai penegasan, merupakan langkah terakhir dimana dalam proses ini nilai himpunan *fuzzy* akan diubah menjadi bilangan riil. *Input* dari proses penegasan adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*. Sedangkan *output* yang dihasilkan adalah bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut.

Proses defuzzifikasi menggunakan metode *Centroid* seperti yang terlihat pada rumus (3).

$$Z = \frac{\int \mu(z)z dz}{\int \mu(z)dz} \quad (3)$$

Keterangan:

Z = nilai hasil defuzzifikasi atau titik pusat daerah *fuzzy*

$\int \mu(z)z dz$ = Momen untuk semua daerah hasil komposisi aturan

$\int \mu(z)dz$ = Luas untuk setiap daerah hasil komposisi aturan

Hasil dan diskusi (Times 10pt, Bold, Center)

Penerapan *fuzzy* Mamdani digunakan untuk mendapatkan nilai yang nantinya digunakan untuk menentukan jalan cerita. Penerapan *fuzzy* Mamdani diterapkan ke dalam dua bagian, yaitu untuk menghitung nilai chapter result yang akan digunakan untuk menentukan rute cerita pada akhir dari chapter dan ending result untuk menentukan rute cerita pada akhir permainan.

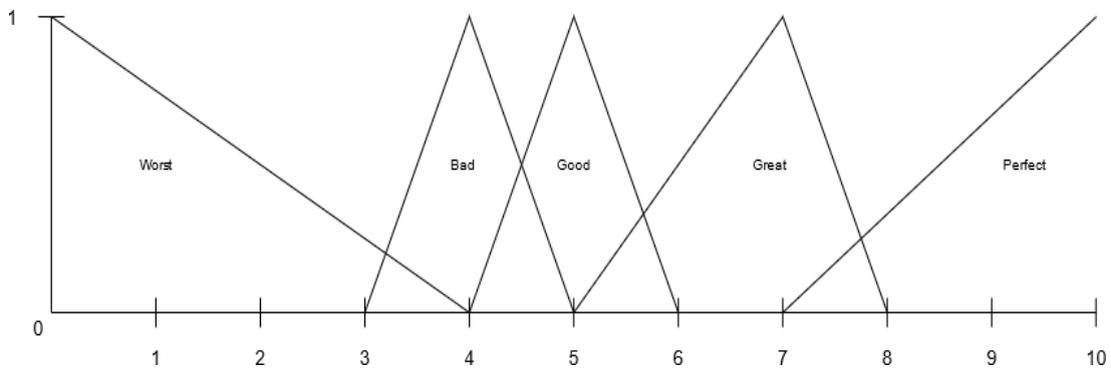
A. Chapter Result

Implementasi *fuzzy* Mamdani pada *chapter result* adalah sebagai berikut dengan pengujiannya dengan menggunakan variabel *input main completion* dengan nilai 7 dan *time elapsed* dengan nilai 600.

1. Pembentukan Himpunan Fuzzy

a. Himpunan main completion

Variabel *main completion* memiliki himpunan *fuzzy* yang tertera pada **gambar 2**.



Gambar 3. Himpunan *main completion*

Dapat juga dinyatakan dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut.

$$\mu_{worst}(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ 4 - x, & 0 \leq x \leq 4 \\ 0, & x > 4 \end{cases}$$

$$\mu_{bad}(x) = \begin{cases} 0, & x < 3 \\ x - 3, & 3 \leq x < 4 \\ \frac{4 - 3}{5 - x}, & 4 \leq x \leq 5 \\ \frac{5 - 4}{5 - 4}, & 4 \leq x \leq 5 \\ 0, & x > 5 \end{cases}$$

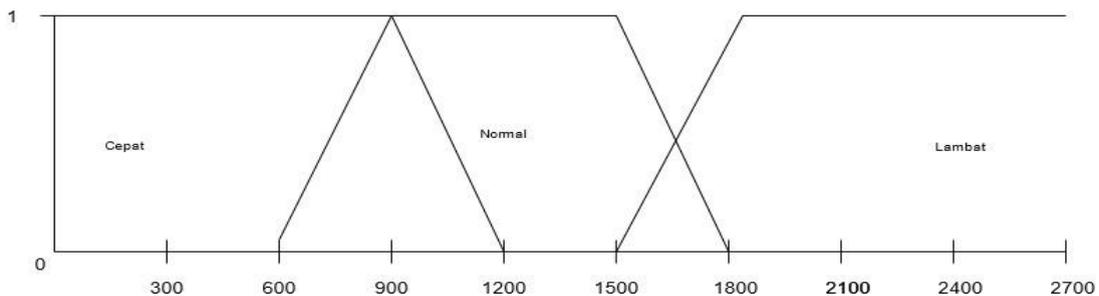
$$\mu_{good}(x) = \begin{cases} 0, & x < 4 \\ x - 4, & 4 \leq x < 5 \\ \frac{5 - x}{6 - x}, & 5 \leq x \leq 6 \\ \frac{6 - 5}{6 - 5}, & 6 \leq x \leq 6 \\ 0, & x > 6 \end{cases}$$

$$\mu_{great}(x) = \begin{cases} 0, & x < 5 \\ x - 5, & 5 \leq x < 7 \\ \frac{7 - x}{8 - x}, & 7 \leq x \leq 8 \\ \frac{8 - 7}{8 - 7}, & 8 \leq x \leq 8 \\ 0, & x > 8 \end{cases}$$

$$\mu_{perfect}(x) = \begin{cases} 0, & x < 7 \\ x - 7, & 7 \leq x \leq 10 \\ \frac{10 - x}{10 - 7}, & 10 \leq x \leq 10 \\ 0, & x > 10 \end{cases}$$

b. **Himpunan main completion**

Variabel *time elapsed* memiliki himpunan fuzzy yang tertera pada **gambar 3**.



Gambar 4. Himpunan *time elapsed*

Dapat juga dinyatakan dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut.

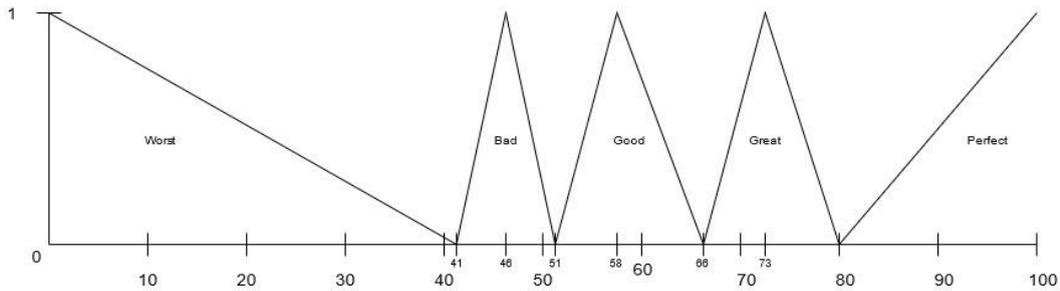
$$\mu_{cepat}(x) = \begin{cases} 1, & x < 900 \\ \frac{1200 - x}{1200 - 900}, & 900 \leq x \leq 1200 \\ 0, & x > 1200 \end{cases}$$

$$\mu_{normal}(x) = \begin{cases} 0, & x < 600 \\ \frac{x - 600}{900 - 600}, & 600 \leq x < 900 \\ 1, & 900 \leq x \leq 1500 \\ \frac{1800 - x}{1800 - 1500}, & 1500 < x \leq 1800 \\ 0, & x > 1800 \end{cases}$$

$$\mu_{lambat}(x) = \begin{cases} 0, & x < 1500 \\ \frac{x - 1500}{1800 - 1500}, & 1500 \leq x \leq 1800 \\ 1, & x > 1800 \end{cases}$$

c. Himpunan *chapter result*

Variabel *chapter result* memiliki himpunan *fuzzy* yang tertera pada gambar 5.



Gambar 5. Himpunan *chapter result*

Dapat juga dinyatakan dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut.

$$\mu_{\text{worst}}(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ \frac{41 - x}{41 - 0}, & 0 \leq x \leq 41 \\ 0, & x > 41 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{bad}}(x) = \begin{cases} 0, & x < 41 \\ \frac{x - 41}{46 - 41}, & 41 \leq x < 46 \\ \frac{51 - x}{51 - 46}, & 46 \leq x \leq 51 \\ 0, & x > 51 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{good}}(x) = \begin{cases} 0, & x < 51 \\ \frac{x - 51}{58 - 51}, & 51 \leq x < 58 \\ \frac{66 - x}{66 - 58}, & 58 \leq x \leq 66 \\ 0, & x > 66 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{great}}(x) = \begin{cases} 0, & x < 66 \\ \frac{x - 66}{73 - 66}, & 66 \leq x < 73 \\ \frac{80 - x}{80 - 73}, & 73 \leq x \leq 80 \\ 0, & x > 80 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{perfect}}(x) = \begin{cases} 0, & x < 80 \\ \frac{x - 80}{100 - 80}, & 80 \leq x \leq 100 \\ 0, & x > 100 \end{cases}$$

Sebagai contoh perhitungan dengan menggunakan *input main completion* bernilai 7 dan

main time elapsed bernilai 600 maka:

a) Untuk fuzzifikasi *main completion*.

$$\begin{aligned}\mu_{worst}(7) &= 0 \\ \mu_{bad}(7) &= 0 \\ \mu_{good}(7) &= \frac{0}{8-7} \\ \mu_{great}(7) &= \frac{8-7}{8-7} = 1 \\ \mu_{perfect}(7) &= 0\end{aligned}$$

b) Untuk fuzzifikasi *main time elapsed*.

$$\begin{aligned}\mu_{cepat}(600) &= 1 \\ \mu_{normal}(600) &= 0 \\ \mu_{lambat}(600) &= 0\end{aligned}$$

2. Aplikasi Fungsi Implikasi

Aturan implikasi yang diterapkan untuk perhitungan *chapter result* adalah sebagai berikut.

[R1] IF *mainCompletion* "Perfect" AND *mainTimeElapsed* "Cepat" THEN *chapterResult* "Perfect"

[R2] IF *mainCompletion* "Perfect" AND *mainTimeElapsed* "Normal" THEN *chapterResult* "Great"

[R3] IF *mainCompletion* "Perfect" AND *mainTimeElapsed* "Lambat" THEN *chapterResult* "Great"

[R4] IF *mainCompletion* "Great" AND *mainTimeElapsed* "Cepat" THEN *chapterResult* "Great"

[R5] IF *mainCompletion* "Great" AND *mainTimeElapsed* "Normal" THEN *chapterResult* "Great"

[R6] IF *mainCompletion* "Great" AND *mainTimeElapsed* "Lambat" THEN *chapterResult* "Good"

[R7] IF *mainCompletion* "Good" AND *mainTimeElapsed* "Cepat" THEN *chapterResult* "Good"

[R8] IF *mainCompletion* "Good" AND *mainTimeElapsed* "Normal" THEN *chapterResult* "Good"

[R9] IF *mainCompletion* "Good" AND *mainTimeElapsed* "Lambat" THEN *chapterResult* "Bad"

[R10] IF *mainCompletion* "Bad" AND *mainTimeElapsed* "Cepat" THEN *chapterResult* "Bad"

[R11] IF *mainCompletion* "Bad" AND *mainTimeElapsed* "Normal" THEN *chapterResult* "Bad"

[R12] IF *mainCompletion* "Bad" AND *mainTimeElapsed* "Lambat" THEN *chapterResult* "Worst"

[R13] IF *mainCompletion* "Worst" AND *mainTimeElapsed* "Cepat" THEN *chapterResult* "Worst"

[R14] IF *mainCompletion* "Worst" AND *mainTimeElapsed* "Normal" THEN *chapterResult* "Worst"

[R15] IF *mainCompletion* "Worst" AND *mainTimeElapsed* "Lambat" THEN *chapterResult* "Worst"

Untuk perhitungan pada interferensi dengan nilai fuzzifikasi *main completion* dan *main time elapsed* yang telah dilakukan sebelumnya, maka hasil interferensinya adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}[R1] \text{ MIN}(\mu_{perfect}(0); \mu_{cepat}(1)) &= 0 \\ [R2] \text{ MIN}(\mu_{perfect}(0); \mu_{normal}(0)) &= 0 \\ [R3] \text{ MIN}(\mu_{perfect}(0); \mu_{lambat}(0)) &= 0 \\ [R4] \text{ MIN}(\mu_{great}(1); \mu_{cepat}(1)) &= 1 \\ [R5] \text{ MIN}(\mu_{great}(1); \mu_{normal}(0)) &= 0 \\ [R6] \text{ MIN}(\mu_{great}(1); \mu_{lambat}(0)) &= 0 \\ [R7] \text{ MIN}(\mu_{good}(0); \mu_{cepat}(1)) &= 0\end{aligned}$$

- [R8] $MIN(\mu_{good}(0); \mu_{normal}(0)) = 0$
- [R9] $MIN(\mu_{good}(0); \mu_{lambat}(0)) = 0$
- [R10] $MIN(\mu_{bad}(0); \mu_{cepat}(1)) = 0$
- [R11] $MIN(\mu_{bad}(0); \mu_{normal}(0)) = 0$
- [R12] $MIN(\mu_{bad}(0); \mu_{lambat}(0)) = 0$
- [R13] $MIN(\mu_{worst}(0); \mu_{cepat}(1)) = 0$
- [R14] $MIN(\mu_{worst}(0); \mu_{normal}(0)) = 0$
- [R15] $MIN(\mu_{worst}(0); \mu_{lambat}(0)) = 0$

3. Komposisi Aturan

Perhitungan dengan menggunakan nilai implikasi yang telah dihitung sebelumnya maka komposisi aturannya adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \mu_{sf}(x) &= MAX \left(\begin{array}{l} \mu_{worst}(x); \mu_{bad}(x); \mu_{good}(x); \\ \mu_{great}(x); \mu_{perfect}(x) \end{array} \right) \\ &= MAX(0; 0; 0; 1; 0) \end{aligned}$$

Pada saat $\mu_{ggreat}(x) = 1$, nilai z dapat ditentukan sebagai berikut.

- a) Untuk batas atas

$$\begin{aligned} 1 &= \frac{(z - 66)}{(73 - 66)} \\ &\Leftrightarrow 1 = \frac{z - 66}{7} \\ &\Leftrightarrow z = 66 + 7 = 73 \end{aligned}$$

- b) Untuk batas bawah

$$\begin{aligned} 1 &= \frac{(80 - z)}{(80 - 73)} \\ &\Leftrightarrow 1 = \frac{80 - z}{7} \\ &\Leftrightarrow z = 80 - 7 = 73 \end{aligned}$$

Dari hasil yang didapat, fungsi keanggotaan untuk hasil komposisi daerah *fuzzy* yang baru adalah sebagai berikut.

$$\mu(z)f(x) = \begin{cases} \frac{(z - 66)}{(73 - 66)}, & 66 \leq x < 73 \\ \frac{(z - 73)}{(80 - 73)}, & 73 \leq x \leq 80 \end{cases}$$

4. Defuzzifikasi

Dengan menggunakan daerah hasil komposisi *fuzzy* yang baru maka perhitungan daeri defuzzifikasi adalah sebagai berikut.

Perhitungan momentum area.

- $M1 = \int_{66}^{73} \frac{z-66}{7} z dz$

$$= \int_{66}^{73} (1/7 z^2 - 66/7 z) dz$$

$$= 1/21 z^3 - 66/14 z^2 \Big|_{66}^{73}$$

$$= 247,333 \dots$$
- $M2 = \int_{73}^{80} (1)z dz = 1/2 z^2 \Big|_{73}^{80} = 0$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad M3 &= \int_{73}^{80} \frac{80-z}{7} z \, dz \\
 &= \int_{73}^{80} \left(\frac{80}{7} z - \frac{1}{7} z^2 \right) dz \\
 &= \frac{80}{14} \left[\frac{z^2}{2} \right]_{73}^{80} - \frac{1}{21} \left[\frac{z^3}{3} \right]_{73}^{80} \\
 &= 263,666
 \end{aligned}$$

- Perhitungan luas area.
 $A1 = (73 - 66) \cdot \frac{1}{2} = 3,5$
- $A2 = (73 - 73) \cdot \frac{1}{2} = 0$
- $A3 = (80 - 73) \cdot \frac{1}{2} = 3,5$

Berdasarkan momentum dan luas area tersebut, dapat diperoleh titik pusat atau *centroid* sebagai berikut.

$$Z = \frac{247,333 \dots + 0 + 263,666 \dots}{3,5 + 0 + 3,5} = 73$$

Dengan begitu didapatkan nilai variabel *chapter result* adalah 73 yang berada di dalam range himpunan "Great".

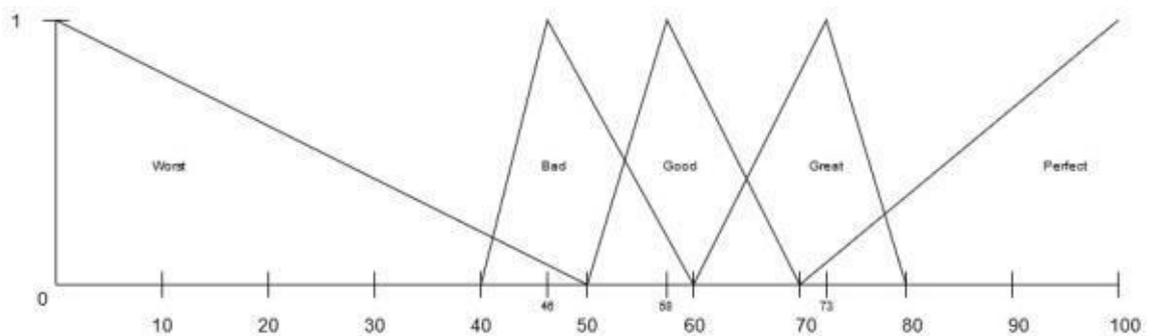
B. Hasil

Implementasi *fuzzy Mamdani* pada *ending result* dengan menggunakan variabel *input* pengujian *average chapter result* bernilai 64 dan *total sub completion* bernilai 18.

1. Pembentukan Himpunan Fuzzy

a. Himpunan *average chapter result*

Variabel *average chapter result* memiliki himpunan *fuzzy* yang tertera pada gambar 5.



Gambar 6. Himpunan *average chapter result*

Dapat juga dinyatakan dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut.

$$\mu_{\text{worst}} = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ \frac{50-x}{50-0}, & 0 \leq x \leq 50 \\ 0, & x > 50 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{bad}} = \begin{cases} 0, & x < 40 \\ \frac{x-40}{46-40}, & 40 \leq x < 46 \\ \frac{60-x}{60-46}, & 46 \leq x \leq 60 \\ 0, & x > 60 \end{cases}$$

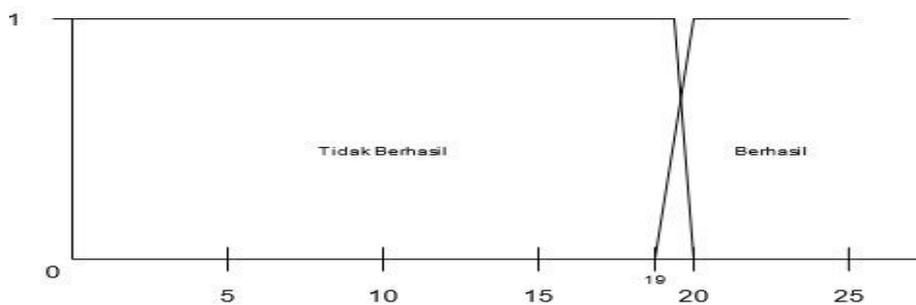
$$\mu_{good} = \begin{cases} 0, & x < 50 \\ \frac{x-50}{58-50}, & 50 \leq x < 58 \\ \frac{70-x}{70-58}, & 58 \leq x \leq 70 \\ 0, & x > 70 \end{cases}$$

$$\mu_{great} = \begin{cases} 0, & x < 60 \\ \frac{x-60}{73-60}, & 60 \leq x < 73 \\ \frac{80-x}{80-73}, & 73 \leq x \leq 80 \\ 0, & x > 80 \end{cases}$$

$$\mu_{perfect} = \begin{cases} 0, & x < 70 \\ \frac{x-70}{100-70}, & 70 \leq x \leq 100 \\ 0, & x > 100 \end{cases}$$

b. Himpunan total sub completion

Variabel *total sub completion* memiliki himpunan *fuzzy* yang tertera pada gambar 6



Gambar 7. Himpunan *total sub completion*

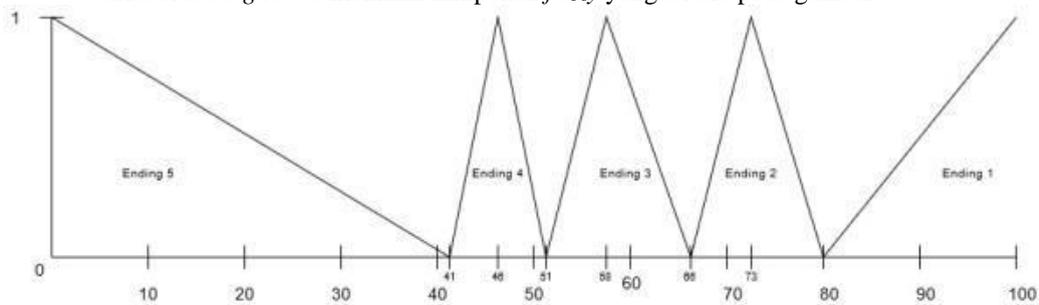
Dapat juga dinyatakan dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut.

$$\mu_{no\ pass} = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ 1, & 0 \leq x < 19 \\ \frac{20-x}{20-19}, & 19 \leq x \leq 20 \\ 0, & x > 20 \end{cases}$$

$$\mu_{pass} = \begin{cases} 0, & x < 19 \\ \frac{x-19}{20-19}, & 19 \leq x \leq 20 \\ 1, & x > 20 \end{cases}$$

c. Himpunan ending result

Variabel *ending result* memiliki himpunan *fuzzy* yang tertera pada gambar 7.



Gambar 8. Himpunan *ending result*

Dapat juga dinyatakan dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut.

$$\mu_{ending\ 5} = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ \frac{41 - x}{41 - 0}, & 0 \leq x \leq 41 \\ 0, & x > 41 \end{cases}$$

$$\mu_{ending\ 4} = \begin{cases} 0, & x < 41 \\ \frac{x - 41}{46 - 41}, & 41 \leq x < 46 \\ \frac{46 - 41}{51 - x}, & 46 \leq x \leq 51 \\ \frac{51 - 46}{51 - 46}, & 46 \leq x \leq 51 \\ 0, & x > 51 \end{cases}$$

$$\mu_{ending\ 3} = \begin{cases} 0, & x < 51 \\ \frac{x - 51}{58 - 51}, & 51 \leq x < 58 \\ \frac{58 - 51}{66 - x}, & 58 \leq x \leq 66 \\ \frac{66 - 58}{66 - 58}, & 58 \leq x \leq 66 \\ 0, & x > 66 \end{cases}$$

$$\mu_{ending\ 2} = \begin{cases} 0, & x < 66 \\ \frac{x - 66}{73 - 66}, & 66 \leq x < 73 \\ \frac{73 - 66}{80 - x}, & 73 \leq x \leq 80 \\ \frac{80 - 73}{80 - 73}, & 73 \leq x \leq 80 \\ 0, & x > 80 \end{cases}$$

$$\mu_{ending\ 1} = \begin{cases} 0, & x < 80 \\ \frac{x - 80}{100 - 80}, & 80 \leq x \leq 100 \\ 0, & x > 100 \end{cases}$$

Sebagai contoh perhitungan dengan menggunakan *input average chapter result* bernilai 64 dan *total sub completion* bernilai 18 maka:

a) Untuk fuzzifikasi *average chapter result*.

$$\begin{aligned} \mu_{worst}(64) &= 0 \\ \mu_{bad}(64) &= \frac{0}{70 - 64} \\ \mu_{good}(64) &= \frac{70 - 58}{64 - 30} = 0,5 \\ \mu_{great}(64) &= \frac{73 - 60}{73 - 60} = 0,307 \\ \mu_{perfect}(64) &= 0 \end{aligned}$$

b) Untuk fuzzifikasi *total sub completion*.

$$\begin{aligned} \mu_{no\ pass}(18) &= 1 \\ \mu_{pass}(18) &= 0 \end{aligned}$$

2. Aplikasi Fungsi Implikasi

Aturan yang diterapkan untuk perhitungan *ending result* adalah sebagai berikut.

[R1] IF *averageChapterResult* "Perfect" AND *totalSubCompletion* "Pass" THEN *endingResult* "Ending 1"

[R2] IF *averageChapterResult* "Perfect" AND *totalSubCompletion* "No Pass" THEN *endingResult* "Ending 2"

[R3] IF *averageChapterResult* "Great" AND *totalSubCompletion* "Pass" THEN *endingResult* "Ending 2"

- [R4] IF *averageChapterResult* “Great” AND *totalSubCompletion* “No Pass” THEN *endingResult* “Ending 2”
- [R5] IF *averageChapterResult* “Good” AND *totalSubCompletion* “Pass” THEN *endingResult* “Ending 2”
- [R6] IF *averageChapterResult* “Good” AND *totalSubCompletion* “No Pass” THEN *endingResult* “Ending 3”
- [R7] IF *averageChapterResult* “Bad” AND *totalSubCompletion* “Pass” THEN *endingResult* “Ending 3”
- [R8] IF *averageChapterResult* “Bad” AND *totalSubCompletion* “No Pass” THEN *endingResult* “Ending 4”
- [R9] IF *averageChapterResult* “Worst” AND *totalSubCompletion* “Pass” THEN *endingResult* “Ending 4”
- [R10] IF *averageChapterResult* “Worst” AND *totalSubCompletion* “No Pass” THEN *endingResult* “Ending 5”

Untuk perhitungan pada interferensi dengan nilai fuzzifikasi *average chapter result* dan *total sub completion* yang telah dilakukan sebelumnya, maka hasil interferensinya adalah sebagai berikut.

- [R1] $MIN(\mu_{perfect}(0); \mu_{pass}(0)) = 0$
- [R2] $MIN(\mu_{perfect}(0); \mu_{no\ pass}(1)) = 0$
- [R3] $MIN(\mu_{great}(0,307..); \mu_{pass}(0)) = 0$
- [R4] $MIN(\mu_{great}(0,307..); \mu_{no\ pass}(1)) = 0,307..$
- [R5] $MIN(\mu_{good}(0,5); \mu_{pass}(0)) = 0$
- [R6] $MIN(\mu_{good}(0,5); \mu_{no\ pass}(1)) = 0,5$
- [R7] $MIN(\mu_{bad}(0); \mu_{pass}(0)) = 0$
- [R8] $MIN(\mu_{bad}(0); \mu_{no\ pass}(1)) = 0$
- [R9] $MIN(\mu_{worst}(0); \mu_{pass}(0)) = 0$
- [R10] $MIN(\mu_{worst}(0); \mu_{no\ pass}(1)) = 0$

3. Komposisi Aturan

Perhitungan dengan menggunakan nilai implikasi yang telah dihitung sebelumnya maka komposisi aturannya adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \mu_{sf}(x) &= MAX(\mu_{ending\ 5}(x); \mu_{ending\ 4}(x); \\ &\quad \mu_{ending\ 3}(x); \\ &\quad \mu_{ending\ 2}(x); \mu_{ending\ 1}(x)) \\ &= MAX(0; 0; 0,5; 0,307; 0) \end{aligned}$$

Pada saat $\mu_{ending\ 3}(x) = 0,5$, nilai z dapat ditentukan sebagai berikut.

- a) Untuk batas bawah

$$\begin{aligned} 0,5 &= \frac{(z - 51)}{(58 - 51)} \\ \Leftrightarrow 0,5 &= \frac{z - 51}{7} \\ \Leftrightarrow z &= 51 + 7 * 0,5 = 54,5 \end{aligned}$$

- b) Untuk batas atas

$$\begin{aligned} 0,5 &= \frac{(66 - z)}{(66 - 58)} \\ \Leftrightarrow 0,5 &= \frac{66 - z}{8} \\ \Leftrightarrow z &= 66 - 8 * 0,5 = 62 \end{aligned}$$

Pada saat $\mu_{ending\ 2}(x) = 0,307$, nilai z dapat ditentukan sebagai berikut.

- a) Untuk batas bawah

$$0,307 \dots = \frac{(z - 66)}{(73 - 66)}$$

$$\Leftrightarrow 0,307 \dots = \frac{z - 66}{7}$$

$$\Leftrightarrow z = 66 + 7 * 0,307 = 68,153$$

b) Untuk batas atas

$$0,307 \dots = \frac{(80 - z)}{(80 - 73)}$$

$$\Leftrightarrow 0,307 \dots = \frac{80 - z}{7}$$

$$\Leftrightarrow z = 80 - 7 * 0,307 \dots = 77,846$$

Dari hasil yang didapat, fungsi keanggotaan untuk hasil komposisi daerah *fuzzy* yang baru adalah sebagai berikut.

a) Untuk $z = 0,5$.

$$\mu(z) = \begin{cases} \frac{(z - 51)}{(54,5 - 51)}, & 51 \leq z \leq 54,5 \\ \frac{(66 - z)}{(66 - 62)}, & 62 \leq z \leq 66 \end{cases}$$

b) Untuk $z = 0,307$

$$\mu(z) = \begin{cases} \frac{(z - 51)}{(54,5 - 51)}, & 66 \leq z \leq 68,153 \\ \frac{(z - 62)}{(66 - 62)}, & 77,846 \leq z \leq 80 \end{cases}$$

4. Defuzzifikasi

Dengan menggunakan daerah hasil, komposisi *fuzzy* yang baru maka perhitungan daerah defuzzifikasi adalah sebagai berikut.

Untuk $\mu_{ending_3}(x) = 0,5$, perhitungan untuk menentukan nilai momen dari setiap daerah adalah sebagai berikut.

- $M1 = \int_{51}^{54,5} \frac{z-51}{7} z dz$

$$= \int_{51}^{54,5} (1/7 z^2 - 51/7 z) dz$$

$$= \frac{1}{21} z^3 - \frac{51}{14} z^2 \Big|_{51}^{54,5}$$

$$= 46,666$$
- $M2 = \int_{54,5}^{62} (0,5)z dz = \frac{0,5}{2} z^2 \Big|_{54,5}^{62}$

$$= 218,4375$$
- $M3 = \int_{62}^{66} \frac{66-z}{8} z dz$

$$= \int_{62}^{66} (66/8 z - 1/8 z^2) dz$$

$$= \frac{66}{16} z^2 - \frac{1}{24} z^3 \Big|_{62}^{66}$$

$$= 63,333$$

Untuk $\mu_{ending\ 3}(x) = 0,5$, perhitungan untuk menentukan nilai luas dari setiap daerah adalah sebagai berikut.

- $A1 = (54,5 - 51) \cdot \frac{0,5}{2} = 0,875$
- $A2 = (62 - 54,5) \cdot 0,5 = 3,75$
- $A3 = (66 - 62) \cdot \frac{0,5}{2} = 1$

Untuk $\mu_{ending\ 2}(x) = 0,307$ perhitungan untuk menentukan nilai momen dari setiap daerah adalah sebagai berikut.

- $M1 = \int_{66}^{68,153} \frac{z-66}{7} z \, dz$
 $= \int_{66}^{68,153} (1/7 z^2 - 66/7 z) \, dz$
 $= \frac{1}{21} z^3 - \frac{66}{14} z^2 \Big|_{66}^{68,153} = 22,345$
- $M2 = \int_{68,153}^{77,846} (0,307) z \, dz$
 $= 0,307 \int_{68,153}^{77,846} z^2 \Big|_{68,153}^{77,846}$
 $= 217,704$
- $M3 = \int_{77,846}^{80} \frac{80-z}{7} z \, dz = \int_{77,846}^{80} (80/7 z - 1/7 z^2) \, dz$
 $= \frac{80}{14} z^2 - \frac{1}{21} z^3 \Big|_{77,846}^{80} = 26,033$

Untuk $\mu_{ending\ 2}(x) = 0,307$, perhitungan untuk menentukan nilai luas dari setiap daerah adalah sebagai berikut.

- $A1 = (68,153 - 66) \cdot \frac{0,307...}{2} = 0,331$
- $A2 = (77,846 - 68,153) \cdot 0,307$
 $= 2,982$
- $A3 = (80 - 77,846) \cdot \frac{0,307...}{2} = 0,331$

Berdasarkan momentum dan luas area tersebut, dapat diperoleh titik pusat atau *centroid* sebagai berikut.

$$Z = \frac{46,666 + 218,4375 + 63,333 + 22,345 + 217,704 + 26,033}{0,875 + 3,75 + 1 + 0,331 + 2,982 + 0,331}$$

$$= 64,134$$

Dengan begitu didapatkan nilai variabel *chapter result* adalah 64,134 yang berada di dalam *range* himpunan “Ending 3”.

C. Tampilan

1. Tampilan Main Menu



Gambar 9. Tampilan main menu

Gambar 9 merupakan tampilan dari menu awal atau main menu ketika game dimulai. Pada main menu terdapat empat buah tombol yaitu sebagai berikut.

- “New Game”, digunakan untuk memulai permainan dari awal.
- “Continue”, akan menampilkan menu continue yang berisikan slot save file yang digunakan untuk melanjutkan permainan berdasarkan save file yang disimpan oleh user.
- “Extra”, akan menampilkan extra menu yang berisikan pilihan untuk menampilkan seluruh modul dan pilihan untuk menampilkan credit dari game.
- “Quit” digunakan untuk keluar dari permainan.

2. Tampilan Dialog



Gambar 10. Tampilan Dialog

Gambar 10 merupakan tampilan dari scene dialog pada scene ini akan ditampilkan karakter yang berbicara dan juga dialog yang diucapkan. Ada juga indikator yang ditampilkan pada bagian bawah kanan dari panel dialog.

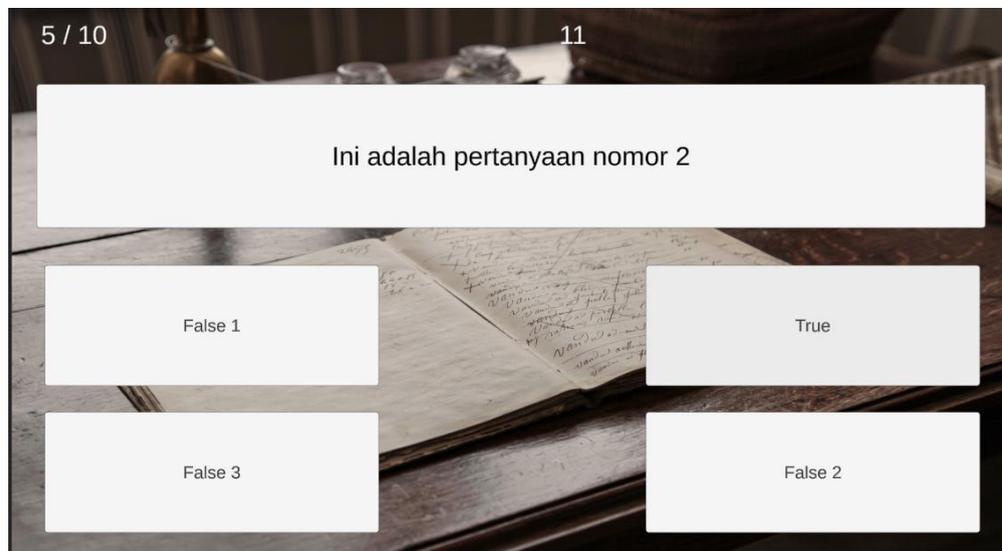
3. Tampilan *Chapter Menu*



Gambar 11. Tampilan *Chapter Menu*

Gambar 11 merupakan tampilan dari chapter menu, menu sebelum user mengambil quiz, dimana user dapat memilih untuk melanjutkan untuk mengerjakan quiz, belajar dari apa yang akan diujikan pada chapter ini, menyimpan progress, melanjutkan progress, dan kembali ke main menu. Dalam chapter menu juga ditampilkan hasil dari progress yang telah dibuat oleh user serta waktu sistem dari perangkat user.

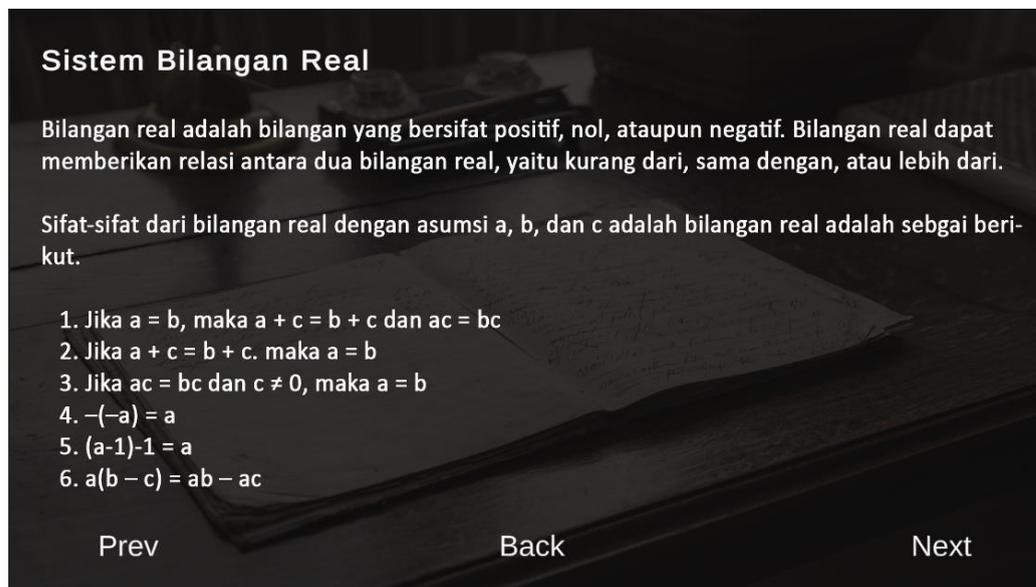
4. Tampilan Pertanyaan *Quiz*



Gambar 12. Tampilan Pertanyaan *Quiz*

Gambar 12 merupakan tampilan dari *quiz* yang akan ada pada setiap *chapter*. Terdapat sebuah pertanyaan dan empat buah pilihan jawabanyang dapat dipilih oleh *user*. Pada bagian atas, terdapat pertanyaan urutan ke berapa yang sedang dikerjakan oleh *user* serta waktu yang telah dilalui oleh *user*.

5. Tampilan Modul

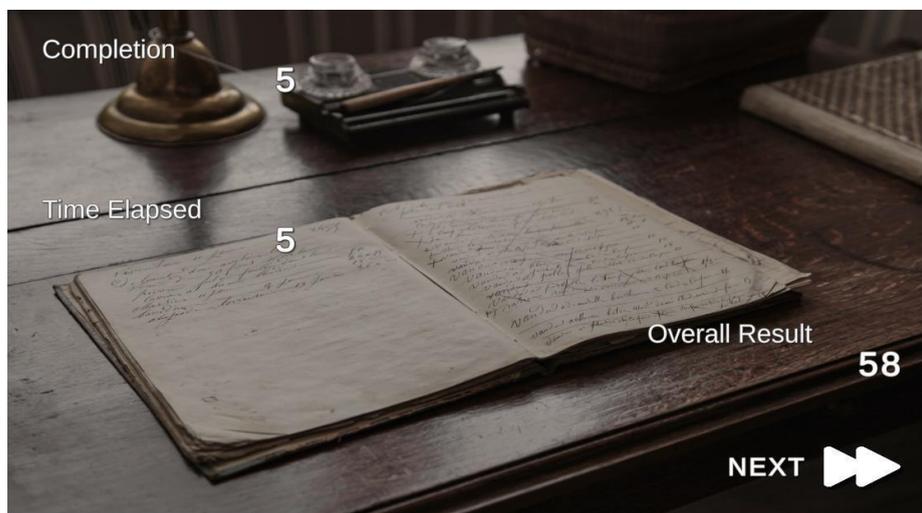


Gambar 13. Tampilan Pertanyaan *Quiz*

Gambar 13 merupakan tampilan dari modul pembelajaran berdasarkan yang user pilih. Terdapat tiga tombol yang dapat digunakan untuk menavigasi modul.

- “Prev” untuk kembali ke modul sebelumnya.
- “Back” untuk kembali ke menu pilihan modul.
- “Next” untuk melanjutkan ke modul berikutnya

6. Tampilan Hasil Akhir *Chapter*



Gambar 14. Tampilan Hasil Akhir *Chapter*

Gambar 14 menunjukkan tampilan dari hasil akhir chapter ketika user berhasil menyelesaikan sebuah chapter. Tampilan akan menunjukkan jawaban benar yang dapat dijawabkan oleh user, waktu yang dilewatkan, dan hasil akhir nilai akhir dari chapter.

Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, kesimpulan yang didapatkan adalah sebagai berikut.

1. Algoritma *fuzzy Mamdani* dapat diterapkan untuk menentukan alur cerita dan diterapkan pada saat dua bagian, yaitu saat sebuah *chapter* akan berakhir dan saat *game* akan berakhir.
 - a. Pada saat sebuah *chapter* akan berakhir, *fuzzy Mamdani* akan membutuhkan parameter berupa jawaban benar yang dapat dijawab dan waktu yang dilewatkan.
 - b. Pada saat *game* akan berakhir, *fuzzy Mamdani* membutuhkan parameter berupa rata-rata dari nilai *chapter* dan jumlah pertanyaan opsional yang dapat dijawab.

2. Dengan membandingkan nilai dan hasil alur cerita yang didapatkan dengan perhitungan manual yang dilakukan, nilai dan hasil yang didapatkan pada kedua bagian sudah sesuai dengan yang diharapkan. Algoritma *fuzzy* Mamdani telah diterapkan pada game.

Ucapan terima kasih

Penulis berterima kasih kepada seluruh author yang berkontribusi di dalam penelitian ini dan sampai menghasilkan jurnal.

Referensi

- [1] A. A. J. Sinlae, F. Tedy, E. Ngaga, and P. Aliandu, “Rekayasa Aplikasi Komputerisasi Sarana dan Prasarana Sekolah Dasar Rekayasa Aplikasi Komputerisasi Sarana dan Prasarana Sekolah Dasar,” no. January 2023, 2021, doi: 10.33857/patj.v5i1.386.
- [2] F. Indrawati, “HAMBATAN DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA,” no. November, pp. 62–69, 2019, doi: 10.30998/simponi.v0i0.293.
- [3] F. Indrawati, “Peran penguasaan dasar matematika dan persepsi mahasiswa terhadap kemampuan pemahaman konsep mata kuliah kalkulus i,” vol. 7, no. 2, pp. 107–114, 2017.
- [4] T. Hidayati, P. Studi, T. Informatika, F. Teknik, and U. Pamulang, “ANALYSIS OF THE DIFFICULTY OF LEARNING CALCULUS,” vol. 5, pp. 175–178, 2020.
- [5] R. Aditia, B. Susilo, and E. P. Purwandari, “MEDIA PEMBELAJARAN KALKULUS I BERBASIS WEB PADA MATERI OPERASI,” vol. 5, no. 3, pp. 360–373, 2017.
- [6] L. Hanes and R. Stone, “and analysis of video games for history education,” *J. Comput. Educ.*, vol. 2, 2018, doi: 10.1007/s40692-018-0120-2.
- [7] L. D. Pratama, A. Bahauddin, and W. Lestari, “Game Edukasi : Apakah membuat belajar lebih menarik ?”
- [8] D. Duda, K. Selat, and K. Karangasem, “Understanding Visual Artwork of Visual,” vol. 32, no. September, pp. 292–298, 2017.
- [9] H. A. Fatah, A. Jamaludin, and N. Heryana, “Game Edukasi Pembelajaran IPA Berbasis Visual Novel Studi Kasus : SDN Cibalongsari IV Karawang,” vol. 5, no. 2, pp. 176–191, 2020, doi: 10.33633/joins.v5i2.3812.
- [10] S. Kasus *et al.*, “Aplikasi Pembelajaran Interaktif Berbasis Multimedia Untuk Sekolah Dasar,” vol. 5, no. 4, pp. 36–46, 2016.
- [11] T. Menggunakan and U. Berbasis, “Jurnal sistem informasi dan

tenologi,” 2019.

- [12] L. S. Mongi, A. S. M. Lumenta, A. M. Sambul, and U. S. Ratulangi, “Rancang Bangun Game Adventure of Unsrat Menggunakan Game Engine Unity,” vol. 14, no. 1, 2018.
- [13] C. Danuputri and M. Kom, “INTENSITAS LAMPU DENGAN FUZZY LOGIC MAMDANI Determination Of Wind Fan Speed And Lamp Intensity With Mamdani Fuzzy Logic,” no. 2, pp. 275–283, 2020.
- [14] D. L. Rahakbauw, F. J. Rianekuay, and Y. A. Lesnussa, “Penerapan Metode Fuzzy Mamdani Untuk Memprediksi Jumlah Produksi Karet (Studi Kasus: Data Persediaan Dan Permintaan Produksi Karet Pada Ptp Nusantara Xiv (Persero) Kebun Awaya, Teluk Elpaputih, Maluku-Indonesia),” *J. Ilm. Mat. Dan Terap.*, vol. 16, no. 1, pp. 51–59, 2019, doi: 10.22487/2540766x.2019.v16.i1.12764.
- [15] S. Batubara, “Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Mamdani Dan Fuzzy Sugeno Untuk Penentuan Kualitas Cor Beton Instan,” *It J. Res. Dev.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–11, 2017, doi: 10.25299/itjrd.2017.vol2(1).644.



Chyquitha Danuputri, S.Kom, M.Kom

Dosen Informatika Universitas
Muhammadiyah Makassar,
aktif dalam penelitian di bidang
Rekayasa Perangkat Lunak dan IoT.



Jodi Setiawan, S.Kom

Mahasiswa Universitas Bunda Mulia
Pemrograman, pengembangan game,
penulisan cerita, dan desain karakter



Lukman Hakim, S.T, M.Kom

Dosen Informatika Universitas Mercu Buana
Jakarta, di bidang Rekayasa
Perangkat Lunak dan IoT