

TINGKAT KESULITAN DINAMIS MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY PADA GAME MUSIK TRADISIONAL JAWA TENGAH

Kadhana Reya Wisinggya, Hanny Haryanto, T.Sutojo, Edy Mulyanto, Erlin Dolphina

Program Studi Teknik Informatika, Universitas Dian Nuswantoro, Semarang, Indonesia
e-mail: 111201609650@mhs.dinus.ac.id, hanny.haryanto@dsn.dinus.ac.id, tsutojo@gmail.com,
edy.mulyanto@dsn.dinus.ac.id, erlin.dolphina@dsn.dinus.ac.id

Diterima: 3 September 2020 – Direvisi: 8 Januari 2021 – Disetujui: 25 Maret 2021

ABSTRACT

The culture in Indonesia is very diverse, one of which is traditional songs. However, knowledge of traditional songs is still small. Digital Games can spread knowledge about traditional songs, one of which is Central Javanese traditional songs. However, the Game that is made still has static difficulties, so the Game cannot follow the player's ability, resulting in the player feeling bored and not wanting to continue the Game. To generate dynamic difficulties, methods in artificial intelligence can be applied to Games, one of which is Fuzzy. So in this study proposed the application of dynamic difficulties using Fuzzy Logic in music Games / Rhythm Games. Fuzzy Logic is built based on mathematical values and represents uncertainty, where this logic imitates the human way of thinking. Fuzzy Logic can convert crisp input values into fuzzy sets by performing fuzzification. After the input value is converted, the input will be entered into the set of rules provided. Each rule produces a different output. After the process is complete, the output value will be converted back to the crisp output value. Based on the research conducted, it is found that Fuzzy Logic can be applied to music Games where the Game can follow the player's ability based on the given rules.

Keywords: dynamic difficulty, fuzzy logic, rhythm Game, traditional song.

ABSTRAK

Budaya yang ada di Indonesia sangat beragam, salah satunya adalah lagu tradisional, namun pengetahuan mengenai lagu tradisional masih sedikit. Permainan digital dapat digunakan untuk menyebarkan pengetahuan mengenai lagu tradisional, salah satunya lagu tradisional Jawa Tengah. Namun permainan yang dibuat masih memiliki kesulitan yang statik, sehingga permainan tidak dapat mengikuti kemampuan pemain yang mengakibatkan pemain merasa bosan dan tidak ingin melanjutkan permainan. Untuk menghasilkan kesulitan yang dinamis, metode dalam kecerdasan buatan dapat diterapkan pada Game, salah satunya adalah Fuzzy. Maka pada penelitian ini diusulkan penerapan kesulitan dinamis menggunakan Fuzzy Logic pada permainan musik / Rhythm Game. Fuzzy Logic adalah logika yang dibangun berdasarkan nilai matematika dan merepresentasikan ketidakpastian, dimana logika ini meniru cara berpikir manusia. Fuzzy Logic dapat mengubah nilai input crisp menjadi sets fuzzy dengan melakukan fuzzifikasi. Setelah nilai input dikonversi maka input akan dimasukkan ke dalam kumpulan aturan yang disediakan, dimana masing-masing aturan menghasilkan output yang berbeda. Setelah proses selesai maka nilai output akan diubah kembali menjadi nilai crisp output. Berdasarkan penelitian yang dilakukan didapatkan Fuzzy Logic dapat diterapkan pada permainan musik di mana permainan dapat mengikuti kemampuan pemain berdasarkan aturan yang diberikan.

Kata Kunci: Game musik, kesulitan dinamis, lagu tradisiona, logika fuzzy.

I. PENDAHULUAN

BUDAYA di Indonesia sangat beragam, dimana keberagaman ini selalu diterapkan dalam kehidupan pada masing-masing daerah yang ada di Indonesia. Salah satu budaya Indonesia yang sangat beragam adalah lagu tradisional, dengan jumlah total 418 lagu. Namun seiring berjalannya zaman pengetahuan mengenai lagu tradisional mulai berkurang. Dilakukan survei oleh [1] pada daerah Yogyakarta mengenai pengetahuan guru-guru TK mengenai lagu tradisional diketahui

bahwa hanya ada 3 lagu tradisional yang umum dikenal dari 50 judul lagu yang ada. *Game* dapat digunakan untuk menyebarkan pengetahuan mengenai ragam budaya yang ada di Indonesia, dan sudah dilakukan oleh peneliti lain. [2] melakukan penelitian dengan mengembangkan permainan edukasi ragam budaya Indonesia dan mampu menghasilkan dampak yang positif. [3] mengembangkan aplikasi yang dapat mengenalkan pemain mengenai *Gamelan* melalui *Game* musik yang mampu menyamai cara memainkan alat *Gamelan* pada sebenarnya. Pengembangan *Game* edukasi ini umumnya masih memiliki kesulitan yang statik, sehingga dapat membuat pemain merasa bosan dan tidak ingin melanjutkan permainan. Untuk mengatasi ini maka dapat diterapkan kesulitan dinamis sehingga kesulitan permainan dapat mengikuti kemampuan pemain dan tidak menimbulkan kebosanan.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menciptakan *Game* dengan kesulitan dinamis adalah *Fuzzy Logic*. *Fuzzy Logic* dapat mengubah nilai input *crisp* menjadi *sets fuzzy* dengan melakukan *fuzzifier*. Setelah nilai *input* dikonversi maka *input* akan dimasukkan ke dalam kumpulan aturan yang disediakan, dimana masing-masing aturan menghasilkan *output* yang berbeda dengan peraturan IF-THEN. Setelah proses selesai maka nilai *output* akan diubah kembali menjadi nilai *crisp output*.

Menurut [3] pada penelitiannya aplikasi *Game* musik dapat digunakan untuk memperkenalkan kebudayaan Bali terutama *Gamelan* Gong Kebyar. Aplikasi yang dibangun mendapatkan respon yang baik dengan presentase 92% oleh ahli. Menggunakan algoritma NSGA-II [4] berhasil menghasilkan permainan Space Shooter dengan kesulitan dinamis yang berubah berdasarkan perilaku pemain. Kemudian [5] menggunakan algoritma ANFIS dapat membuat permainan dengan kesulitan dinamis dengan menghasilkan nilai *Root Mean Squared Error* 0,010592338 dibandingkan dengan *Neural Network* 0,026847068. Selanjutnya [6] menggunakan *evolutionary algorithm* untuk mengoptimasi kemampuan belajar sehingga tidak memerlukan banyak training data untuk permainan dengan kesulitan dinamis. Dengan permainan Tower Defence [7] dan menggunakan *Dynamic Scripting* mampu mengimplementasikan *Dynamic Difficulty Adjustment* dengan aturan dan kondisi yang diberikan dimana didapatkan beberapa hasil berdasarkan situasi yang dilakukan, dimana permainan dapat mengikuti kondisi pemain dan memastikan permainan stabil dan menantang. Dalam penelitian untuk klasifikasi lagu tradisional yang dilakukan oleh [8], lagu Tradisional diciptakan berdasarkan budaya dan adat istiadat pada daerah lagu diciptakan, memiliki kandungan makna maupun pesan yang diuntukkan untuk masyarakat, dan menceritakan keadaan masyarakat setempat seperti bahasa atau adat yang mereka gunakan. Lagu tradisional juga menggambarkan sebuah komunitas [9]. Kesulitan dinamis digunakan untuk mendukung penyajian lagu tradisional tersebut di dalam *Game*. Kesulitan dinamis adalah proses pengubahan parameter, skenario, atau tingkah laku pada video *Game* secara *real-time* [10]. Pengubahan ini dilakukan berdasarkan kemampuan pemain untuk mengurangi kebosanan pemain jika permainan terlalu sulit, dan memudahkan permainan jika pemain tidak dapat menyelesaikan permainan. Tujuan dari kesulitan dinamis ini adalah untuk membuat pemain tetap tertarik dari awal permainan hingga permainan berakhir dengan memberikan kesulitan yang sesuai. Namun tidak semua kesulitan dinamis dapat menghasilkan kesulitan yang menantang. Permainan Oblivion yang dirilis oleh Bethesda menerapkan kesulitan dinamis dimana berdasarkan level pemain perlengkapan dan kemampuan musuh berubah semakin tinggi level pemain. Secara sekilas penerapan ini tidak memunculkan masalah yang besar, namun fitur ini dapat mengakibatkan pemain mengalami kesulitan menyelesaikan misi level rendah ketika pemain sudah mencapai level tertentu [11]. Penelitian ini merancang perilaku cerdas dari tingkat kesulitan sehingga dapat menyesuaikan dengan kondisi permainan menggunakan metode *Fuzzy Logic*.

Fuzzy Logic adalah logika yang menentukan nilai benar dengan angka real antara 0 dan 1, dimana logika ini dibangun berdasarkan observasi yang dilakukan pada orang umumnya ketika mengambil keputusan berdasarkan informasi yang diterima [12]. *Fuzzy models* dibangun berdasarkan nilai matematika dan menrepresentasikan ketidakpastian. Pada *Fuzzy Logic*, peranan derajat keanggotaan untuk menentukan keberadaan elemen pada suatu himpunan sangat penting, dengan nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan menjadi ciri utama dari penalaran *Fuzzy Logic*. Ada tiga *Fuzzy Logic* yang umumnya digunakan, yaitu *Fuzzy Logic* Tsukamoto, *Fuzzy Logic* Sugeno, dan *Fuzzy Logic* Mamdani [13], dimana penelitian ini menggunakan *Fuzzy Tsukamoto* untuk mengatur perilaku tingkat kesulitan dinamis. Penelitian dari [14] dan [15] menyimpulkan implementasi *Fuzzy Tsukamoto* dalam *Game* dengan perilaku dinamis yang sederhana lebih dapat diterima daripada metode fuzzy yang lain. *Fuzzy Sugeno* memiliki kekurangan dalam keterbatasan perilaku yang dihasilkan dan bersifat diskrit, sedangkan *Fuzzy Mamdani* lebih berat dari segi performa daripada *Fuzzy Tsukamoto*. Penelitian



Gambar 1. Tahapan Penelitian

tersebut menyebutkan bahwa dalam penggunaan Fuzzy Tsukamoto sebaiknya tidak menggunakan aturan dan nilai variabel yang terlalu banyak, yang dalam hal ini sesuai dengan kondisi dari tingkat kesulitan dinamis yang cukup sederhana. Oleh karena itu, penelitian ini akan melakukan pengaturan kesulitan dinamis menggunakan *Fuzzy Logic* Tsukamoto pada *Game* bertema lagu tradisional.

II. METODE PENELITIAN

Sebelum pengembangan *Rhythm Game* dimulai diperlukan data berupa lagu tradisional yang akan dipakai dalam permainan. Data lagu tradisional diambil dari archive.org [16], yang menyediakan 24 lagu tradisional Jawa Tengah. Dari 24 lagu tradisional yang didapat kemudian dipilih lagu yang dapat digunakan untuk *Rhythm Game* dengan beberapa kondisi. Kondisi pertama yang akan digunakan adalah hanya lagu yang memiliki jeda yang berada di tengah lagu. Kemudian lagu yang akan dipilih memiliki keberagaman pada *Beat per Minute* (BPM) sehingga dapat menghasilkan kesulitan yang beragam. Diambil 5 lagu tradisional Jawa Tengah untuk memudahkan dalam pembuatan *note map* / penataan *note* yang menentukan kapan dan dimana *note* akan muncul dalam permainan. Tahapan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

Lagu tradisional Jawa Tengah yang akan digunakan adalah Lir – Ilir, Gambang Suling, Gundul - Gundul Pacul, Ngelamuning Ati, dan Prau Layar. Proses pengambilan keputusan menggunakan fungsi Tsukamoto terbagi jadi tiga tahap. Pertama melakukan proses fuzzifikasi untuk memetakan data input dan menghitung beda kesalahan data fuzzy sesuai dengan tipe dan keanggotaan. Melakukan proses data fuzzy menggunakan operator AND dan kemudian mengambil nilai paling minimal. Kedua dilakukan inferensi dengan memasukkan hasil fuzzifikasi pada rules yang ditunjukkan di Tabel 1. Nilai minimal kemudian digunakan untuk mengetahui keanggotaan output setelah melalui operator AND sehingga didapatkan daerah fuzzy. Setelah proses tersebut berjalan maka diperlukan proses komposisi menggunakan metode MAX dengan mengambil nilai maksimum dari aturan yang ada, yang kemudian digunakan untuk merubah daerah fuzzy dan menggunakannya ke output menggunakan operator OR. Setelah proses komposisi dan pengambilan keputusan selesai maka perlu dilakukan proses defuzzifikasi. Ketiga adalah defuzzifikasi, digunakan untuk melakukan konversi dari *fuzzy sets* menjadi nilai pasti. Terdapat beberapa metode untuk melakukan *defuzzification* dan masing-masing metode memiliki keuntungan berdasarkan sistem yang digunakan dengan tujuan mengurangi *error* yang dihasilkan oleh sistem *Fuzzy Logic*.

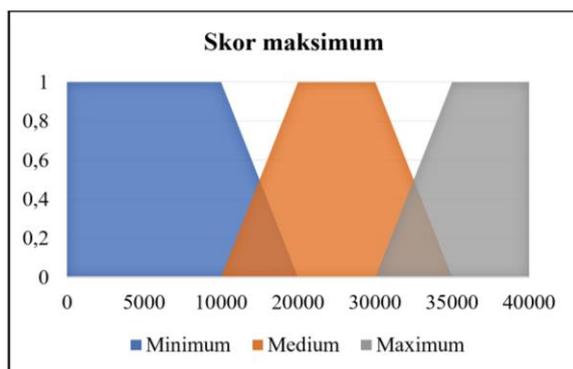
Untuk *Fuzzy Logic* Tsukamoto, berbeda dengan sebelumnya proses evaluasi aturan dilakukan menggunakan fungsi implikasi MIN untuk mendapatkan nilai α masing-masing *rule* yang memenuhi. Nilai tersebut kemudian digunakan untuk menemukan nilai tegas z . Proses defuzzifikasi kemudian digunakan menggunakan rata-rata dengan Persamaan 1.

$$z = \frac{\sum a_1 z_1}{\sum a_1} \quad (1)$$

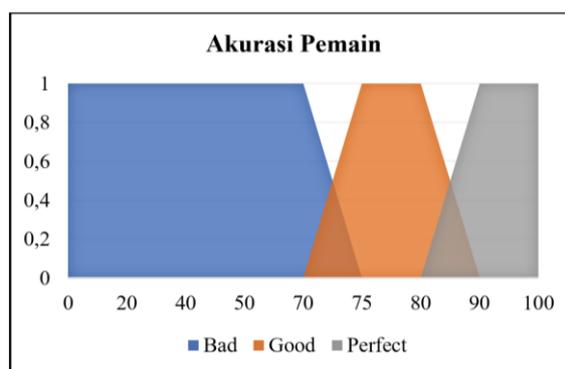
Logika Fuzzy akan berjalan ketika pemain memainkan sebuah lagu pada permainan sebanyak satu kali untuk melakukan perubahan kesulitan pada pertengahan lagu atau ketika ada jeda panjang pada lagu. Ini dilakukan agar tidak terjadi kerusakan pada *flow* permainan, dan membuat perubahan kesulitan tidak terlihat mendadak. Untuk menentukan *Fuzzy Rule* maka dilakukan dengan membandingkan dengan permainan *Rhythm Game* lainnya, dan menentukan variabel mana yang dapat digunakan untuk menentukan apakah kesulitan harus diubah atau tidak. Pemain yang bermain pada kesulitan *Easy* ketika dapat bermain dengan baik belum tentu dapat bermain pada kesulitan *Hard*, sehingga akan diarahkan menuju kesulitan *Normal*. Sementara ketika pemain tidak dapat bermain pada kesulitan *Normal* maka

TABEL 1
RULE FUZZY LOGIC RHYTHM GAME

No.	Skor Maksimum	Akurasi Pemain	Total Note	Kesulitan Akhir
1	Minimum	Perfect	High	Normal
2	Minimum	Perfect	Mid	Normal
3	Minimum	Perfect	Low	Normal
4	Minimum	Good	High	Normal
5	Minimum	Good	Mid	Normal
6	Minimum	Good	Low	Easy
7	Minimum	Bad	High	Easy
8	Minimum	Bad	Mid	Easy
9	Minimum	Bad	Low	Easy
10	Medium	Perfect	High	Hard
11	Medium	Perfect	Mid	Hard
12	Medium	Perfect	Low	Normal
13	Medium	Good	High	Hard
14	Medium	Good	Mid	Normal
15	Medium	Good	Low	Normal
16	Medium	Bad	High	Easy
17	Medium	Bad	Mid	Easy
18	Medium	Bad	Low	Easy
19	Maximum	Perfect	High	Hard
20	Maximum	Perfect	Mid	Hard
21	Maximum	Perfect	Low	Hard
22	Maximum	Good	High	Hard
23	Maximum	Good	Mid	Normal
24	Maximum	Good	Low	Normal
25	Maximum	Bad	High	Normal
26	Maximum	Bad	Mid	Normal
27	Maximum	Bad	Low	Normal



Gambar 2. Fungsi Keanggotaan Skor Maksimum



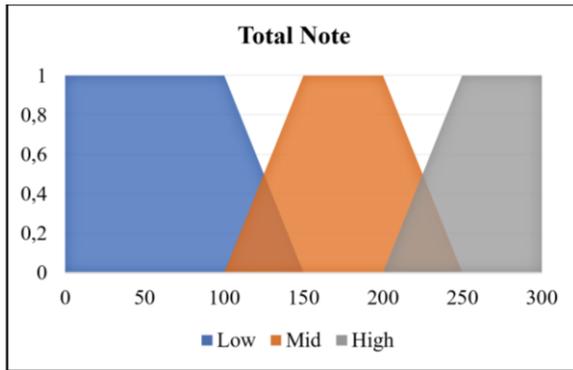
Gambar 3. Fungsi Keanggotaan Akurasi Pemain

kesulitan akan turun menjadi *Easy*. Maka dari itu akan digunakan tiga indikator, yaitu Skor Maksimum lagu yang dipilih untuk mengetahui seberapa sulit lagu yang dipilih. Skor Maksimum ditentukan berdasarkan lama lagu dan jumlah note yang akan muncul. Akurasi Pemain untuk menentukan apakah pemain dapat memainkan lagu dengan kesulitan yang dipilih. Dan terakhir Total Note yang digunakan untuk mengetahui jumlah note yang ada pada sebuah lagu. Note yang dimaksud bukan berarti catatan melainkan notasi musik yang muncul pada *Rhythm Game*. Tabel 1 berikut merupakan tabel *Fuzzy Rule* yang akan digunakan.

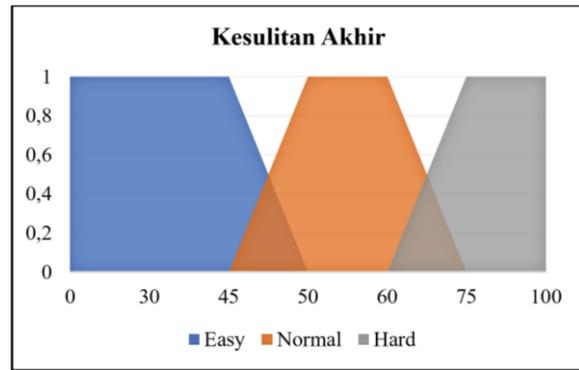
Gambar 2 menunjukkan fungsi keanggotaan untuk variabel Skor Maksimum. Variabel Skor maksimum memiliki 3 nilai yaitu Minimum, Medium dan Maksimum. Nilai Minimum memiliki range nilai 0 – 10000, Medium antara 10000-30000 dan Maximum adalah 30000 ke atas. Nilai skor ini dipilih sampai pada rentang puluhan ribu karena dalam *Game* ini nanti cukup banyak dan sering skor yang didapatkan pemain pada saat memainkan *Game*. Dengan mendapatkan skor yang cukup besar maka dapat mendorong pemain untuk menyelesaikan aktivitas permainan dengan benar.

Selanjutnya, Gambar 3 menunjukkan fungsi keanggotaan untuk variabel Akurasi Pemain. Variabel Akurasi Pemain memiliki 3 nilai yaitu *Bad*, *Good* dan *Perfect*. Nilai *Bad* memiliki range nilai 0 – 75, *Good* antara 70-90 dan *Perfect* adalah 80 ke atas. Penggunaan kisaran nilai ini berdasarkan persentase dari 0 sampai 100 persen.

Selanjutnya, Gambar 4 di bawah menunjukkan fungsi keanggotaan untuk variabel *Total Note*.



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Total Note



Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Kesulitan Akhir

Variabel Total Note memiliki 3 nilai yaitu *Low*, *Mid* dan *High*. Nilai *Low* memiliki *range* nilai 0 – 150, *Mid* antara 100-250 dan *High* adalah 200 ke atas. Kisaran nilai *Total Note* ini menyesuaikan jumlah *Note* yang ada di *Game*.

Untuk variabel output, yaitu Kesulitan Akhir mempunyai 3 nilai, yaitu *Easy*, *Normal* dan *Hard*. Variabel ini merupakan hasil dari sistem fuzzy yang dibuat. Nilai *Easy* memiliki kisaran 0-50, *Normal* bernilai 45-75 dan *Hard* bernilai antara 60-100, Grafik keanggotaan ditunjukkan pada Gambar 5 di bawah. Nilai yang dihasilkan dalam Kesulitan Akhir ini berdasarkan sistem standar nilai umum dari 0 sampai 100 yang juga berdasarkan nilai persentase, hanya dalam hasil Kesulitan Akhir ini menggunakan nilainya saja tanpa benar-benar merepresentasikan persentase.

Persamaan 2-4 menunjukkan cara perhitungan skor maksimum yang digunakan.

$$\mu_{Minimum}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 10,000 \\ \frac{(20000 - x)}{(20000 - 10000)}, & 10,000 < x < 20,000 \\ 0, & x \geq 20,000 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{Medium}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 10,000 \text{ atau } x \geq 35,000 \\ \frac{(x - 10000)}{(20000 - 10000)}, & 10,000 < x < 20,000 \\ 1, & 20,000 \leq x \leq 30,000 \\ \frac{(35000 - x)}{(35000 - 30000)}, & 30,000 < x < 35,000 \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_{Maximum}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 30,000 \\ \frac{(x - 30000)}{(35000 - 30000)}, & 30,000 < x < 35,000 \\ 1, & x \geq 35,000 \end{cases} \quad (4)$$

Persamaan 5-7 menunjukkan cara perhitungan akurasi pemain yang digunakan.

$$\mu_{Bad}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 70 \\ \frac{(75 - x)}{(75 - 70)}, & 70 < x < 75 \\ 0, & x \geq 75 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{Good}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 70 \text{ atau } x \geq 90 \\ \frac{(x - 70)}{(75 - 70)}, & 70 < x < 75 \\ 1, & 75 \leq x \leq 80 \\ \frac{(90 - x)}{(90 - 80)}, & 80 < x < 90 \end{cases} \quad (6)$$

$$\mu_{Perfect}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 80 \\ \frac{(x - 80)}{(90 - 80)}, & 80 < x < 90 \\ 1, & x \geq 90 \end{cases} \quad (7)$$

Persamaan 8-10 menunjukkan cara perhitungan total note yang digunakan.

$$\mu_{Low}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 100 \\ \frac{(150 - x)}{(150 - 70)}, & 100 < x < 150 \\ 0, & x \geq 150 \end{cases} \quad (8)$$

$$\mu_{Mid}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 100 \text{ atau } x \geq 250 \\ \frac{(x - 100)}{(150 - 100)}, & 100 < x < 150 \\ 1, & 150 \leq x \leq 200 \\ \frac{(250 - x)}{(250 - 200)}, & 200 < x < 250 \end{cases} \quad (9)$$

$$\mu_{High}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 200 \\ \frac{(x - 200)}{(250 - 200)}, & 200 < x < 250 \\ 1, & x \geq 250 \end{cases} \quad (10)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan penerapan aturan *Fuzzy Logic* pada permainan, dilakukan pengujian untuk mengetahui apakah aturan yang dibuat dapat mengubah kesulitan sesuai peraturan yang diberikan. Beberapa fitur yang mempengaruhi kesulitan akhir adalah total *note* untuk kesulitan yang dimainkan, total skor yang mungkin didapatkan, dan akurasi pemain setelah mencapai bagian tengah permainan. Pada salah satu contoh kasus dengan *Score Maksimum* 14.400, Total Note 120 dan Akurasi 90, maka perhitungannya adalah sebagai berikut. Berdasarkan Gambar 3, Total Note 120 masuk ke dalam aturan *Low* dan *Mid*. Kemudian untuk variabel skor maksimum seperti ditunjukkan pada Gambar 1, maka 14.400 masuk ke dalam Minimum dan Medium. Sementara untuk Akurasi 90, berdasarkan Gambar 2 dikategorikan High. *Score Maksimum* 14.400 maka *membership function* yang dapat digunakan adalah Minimum dan Medium karena memenuhi persyaratan $10,000 < x < 20,000$ dimana x adalah 14.400, Karena nilai 14.400 berada di irisan untuk keanggotaan Minimum dan Medium maka didapatkan nilai 14.400 memenuhi dua keanggotaan yaitu Minimum dan Medium. Berdasarkan Gambar 1 yang menampilkan fungsi keanggotaan untuk skor maksimum, diketahui ketika pemain memainkan permainan dengan skor maksimum 14.400 maka *membership function* yang dapat digunakan adalah Minimum dan Medium karena memenuhi persyaratan $10,000 < x < 20,000$ dimana x adalah 14.400, Karena nilai 14.400 berada di irisan untuk keanggotaan Minimum dan Medium maka didapatkan nilai 14.400 memenuhi dua keanggotaan yaitu Minimum dan Medium.

Kemudian menggunakan Persamaan 2, nilai $\mu_{Minimum}(14400)$ adalah 0,56. Pada Persamaan 3 dilakukan perhitungan keanggotaan untuk skor maksimum $\mu_{Medium}(14400)$ adalah 0,44.

Diketahui bahwa untuk *Score Maksimum* didapatkan nilai x yaitu 14.400 berdasarkan fungsi keanggotaan yang ditentukan memiliki nilai 0,56 untuk keanggotaan Minimum, dan nilai 0,44 untuk keanggotaan Medium. Selanjutnya untuk akurasi pemain, berdasarkan Gambar 2 yang menampilkan fungsi keanggotaan untuk Akurasi Pemain diketahui ketika pemain mendapatkan akurasi 90 dikategorikan sebagai *Perfect*, dan tidak beririsan dengan keanggotaan lainnya. Karena nilai 90 tidak beririsan dengan keanggotaan lainnya maka keanggotaan yang didapatkan adalah *Perfect* dengan nilai keanggotaan 1. Nilai akurasi pemain $\mu_{Perfect}(90)$ adalah $1, x \geq 90$,

Dan yang terakhir untuk *Total Note* berdasarkan pada Gambar 3 diketahui jika pemain melakukan

permainan dengan *Total Note* 120 maka didapatkan keanggotaan yang beririsan yaitu keanggotaan *Low* dan *Mid*, dan digunakan membership function yang memenuhi persyaratan yaitu $100 < x < 150$ dimana x adalah 120, Maka berdasarkan Persamaan 8 dan 9, berikut merupakan perhitungan nilai keanggotaan untuk *Total Note* 120 masing-masing adalah 0,6 dan 0,4.

Didapatkan nilai keanggotaan untuk *Total Note* dengan nilai x adalah 120 adalah keanggotaan *Low* dengan nilai 0,6, dan keanggotaan *Mid* dengan nilai 0,4. Setelah melakukan perhitungan nilai keanggotaan, maka untuk menentukan Kesulitan Akhir maka ditentukan peraturan yang memenuhi berdasarkan nilai keanggotaan yang didapatkan. Berdasarkan Tabel 1, berikut merupakan peraturan yang didapatkan berdasarkan nilai keanggotaan.

- *Score* Maksimum Minimum DAN Akurasi Pemain *Perfect* DAN *Total Note Low*, maka Kesulitan Akhir *Normal*
- *Score* Maksimum Minimum DAN Akurasi Pemain *Perfect* DAN *Total Note Mid*, maka Kesulitan Akhir *Normal*
- *Score* Maksimum Medium DAN Akurasi Pemain *Perfect* DAN *Total Note Low*, maka Kesulitan Akhir *Normal*
- *Score* Maksimum Medium DAN Akurasi Pemain *Perfect* DAN *Total Note Mid* maka Kesulitan Akhir *Hard*

Kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari nilai z untuk setiap aturan yang memenuhi. Karena peraturan menggunakan DAN maka digunakan fungsi minimum dari ketiga nilai keanggotaan:

- *Score* Maksimum Minimum DAN Akurasi Pemain *Perfect* DAN *Total Note Low*, maka Kesulitan Akhir Normal

$$\alpha_1 = \min(\mu_{\text{Minimum}}(14.400), \mu_{\text{Perfect}}(90), \mu_{\text{Low}}(120))$$

$$\alpha_1 = \min(0,56, 1, 0,6)$$

$$\alpha_1 = 0,56$$

$$z_1 = 60 - (15 * 0,56)$$

$$z_1 = 51.6$$
- *Score* Maksimum Minimum DAN Akurasi Pemain *Perfect* DAN *Total Note Mid*, maka Kesulitan Akhir Normal

$$\alpha_2 = \min(\mu_{\text{Minimum}}(14.400), \mu_{\text{Perfect}}(90), \mu_{\text{Mid}}(120))$$

$$\alpha_2 = \min(0,56, 1, 0,4)$$

$$\alpha_2 = 0,4$$

$$z_2 = 60 - (15 * 0,4)$$

$$z_2 = 54$$
- *Score* Maksimum Medium DAN Akurasi Pemain *Perfect* DAN *Total Note Low*, maka Kesulitan Akhir *Normal*

$$\alpha_3 = \min(\mu_{\text{Medium}}(14.400), \mu_{\text{Perfect}}(90), \mu_{\text{Low}}(120))$$

$$\alpha_3 = \min(0,44, 1, 0,6)$$

$$\alpha_3 = 0,44$$

$$z_3 = 60 - (15 * 0,44)$$

$$z_3 = 53.4$$
- *Score* Maksimum Medium DAN Akurasi Pemain *Perfect* DAN *Total Note Mid*, maka Kesulitan Akhir *Hard*

$$\alpha_4 = \min(\mu_{\text{Medium}}(14.400), \mu_{\text{Perfect}}(90), \mu_{\text{Mid}}(120))$$

$$\alpha_4 = \min(0,44, 1, 0,4)$$

$$\alpha_4 = 0,4$$

$$z_4 = 75 - (15 * 0,4)$$

$$z_4 = 69$$

Setelah didapatkan nilai α dan z dari masing-masing peraturan, dilakukan perhitungan menggunakan Persamaan 1 untuk menentukan nilai Z dimana nilai $\alpha * z$ yang kemudian dibagi α berdasarkan jumlah peraturan yang memenuhi. Berdasarkan fungsi keanggotaan untuk Kesulitan Akhir pada Gambar 5, didapatkan bahwa nilai $Z = 56.425$ memenuhi keanggotaan untuk Kesulitan Akhir Normal, sehingga jika pemain mendapatkan akurasi 90 untuk permainan dengan total note 120 dan skor maksimum 14.400 akan mendapatkan kesulitan akhir Normal.

TABEL 2
HASIL PENGUJIAN

No.	Score Maks	Akurasi	Total Note	Kesulitan Akhir	Skor Akhir	Akurasi Akhir
1	8200	50	82	Easy	4600	57
2	8200	75	82	Easy	6400	79
4	9000	50	90	Easy	5200	60
5	9000	75	90	Easy	7200	81
6	9000	90	90	Normal	12700	100
7	10500	50	105	Easy	5200	58
8	10500	75	105	Easy	7000	79
9	10500	90	105	Normal	12300	100
10	15680	50	112	Easy	6100	57
11	15680	75	112	Normal	11800	79
12	15680	90	112	Normal	13800	94
13	14400	50	120	Easy	6600	60
14	14400	75	120	Normal	12000	82
15	14400	90	120	Normal	14400	99
16	17780	50	127	Easy	6200	56
17	17780	75	127	Normal	10800	77
18	17780	90	127	Normal	14200	99
19	21600	50	135	Easy	7600	56
20	21600	75	135	Normal	13000	79
21	21600	90	135	Hard	18800	99
22	25600	50	160	Easy	8200	60
23	25600	75	160	Normal	13500	80
24	25600	90	160	Hard	19200	99
25	33600	50	210	Normal	10000	59
26	33600	75	210	Normal	13400	79
27	33600	90	210	Hard	19400	100

Tabel 2 adalah hasil pengujian berupa eksperimen untuk 27 kasus yang menghasilkan tingkat kesulitan dinamis. Pada Tabel 2 adalah *Fuzzy Logic* dijalankan ketika jumlah note yang muncul di layar sudah mencapai setengah total note keseluruhan. Jika jumlah *note* yang muncul sudah mencapai setengah *Total Note* permainan akan menjalankan *Fuzzy Logic* berdasarkan aturan yang sudah diberikan, dan akan mengubah kesulitan permainan. *Fuzzy Logic* kemudian akan menerima *score* yang pemain sudah dapatkan, total note untuk kesulitan yang dipilih, dan total skor yang dapat pemain dapatkan untuk kesulitan yang dipilih.

Untuk lagu pertama, Gambang Suling, ditentukan bahwa pemain bisa mendapatkan skor maksimum 9000 dengan total note yang muncul 90 untuk kesulitan awal *Easy*, skor maksimum 14.400 dan total note muncul sebanyak 120 untuk kesulitan awal *Normal*, dan pada kesulitan *Hard* pemain akan mendapatkan skor maksimum 25.600 dan *total note* yang muncul 160, Sementara untuk lagu kedua, Gundul-gundul Pacul, memungkinkan pemain mendapatkan skor maksimum 10,500 dengan *total note* sebanyak 105 pada kesulitan awal *Easy*, skor maksimum 17.780 dan maksimal note muncul 127 untuk kesulitan awal *Normal*, dan terakhir kesulitan awal *Hard* memungkinkan pemain mendapatkan maksimal skor 33.600 dengan maks *note* 210,

Fuzzy Logic dijalankan ketika jumlah *note* yang muncul di layar sudah mencapai setengah *total note* keseluruhan. Jika jumlah *note* yang muncul sudah mencapai setengah *total note* permainan akan menjalankan *Fuzzy Logic* berdasarkan aturan yang sudah diberikan, dan akan mengubah kesulitan permainan. Setelah kesulitan berubah, pemain dapat menyelesaikan permainan sesuai kesulitan yang baru. Hasil pengujian pada Tabel 2 menunjukkan berbagai tingkat kesulitan yang dihasilkan oleh sistem.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan untuk menerapkan *Fuzzy Logic* pada permainan musik / *Rhythm Game* dengan lagu tradisional dapat disimpulkan bahwa *Fuzzy Logic* dapat diterapkan untuk kesulitan dinamis pada permainan permainan musik / *Rhythm Game* dimana kesulitan berubah berdasarkan kemampuan pemain. Adapun beberapa hal yang dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya adalah dengan membuat variasi kesulitan yang lebih beragam sehingga perubahan kesulitan dapat berjalan lebih efektif, penambahan peraturan *Fuzzy Logic* dan dari segi konten *Game* dapat menambah lagu tradisional dari beberapa daerah lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Tatminingsih and D. Novita, "Kearifan Lokal Dan Pembelajaran Era Digital: Antara Harapan Dan Fakta (Persepsi guru TK di Wilayah Yogyakarta)," in *Prosiding Temu Ilmiah Nasional Guru (TING) VIII*, 2016, 26 November 2016, pp. 203–211.
- [2] B. Pane, X. Najoan, and S. Paturusi, "Rancang Bangun Aplikasi *Game* Edukasi Ragam Budaya Indonesia," *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 12, no. 1, 2017.
- [3] K. Aribawa, "Pengembangan Aplikasi *Game* Musik Tradisional Bali MeGamelan Berbasis Multiplatform," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 1, p. 7, 2018.
- [4] D. Aditama, R. P. N. Budiarti, S. N. S. Mardi, and M. Hariadi, "Dynamic Evolution Behavior for Non-Player Character on Space Shooter *Game* Using NSGA-II," *International Journal of Education and Research*, vol. 5, no. 1, pp. 185–198, 2017.
- [5] K. Sutanto and Suharjito, "Dynamic difficulty adjustment in *Game* based on type of player with ANFIS method," *J. Theor. Appl. Inf. Technol.*, vol. 65, no. 1, pp. 254–260, 2014.
- [6] E. Lach, "Dynamic difficulty adjustment for serious *Game* using modified evolutionary algorithm," *International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing 2017*, pp. 370–379, 27 May 2017.
- [7] R. Sutoyo, D. Winata, K. Oliviani, and D. M. Supriyadi, "Dynamic Difficulty Adjustment in Tower Defence," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 59, pp. 435–444, 2015.
- [8] P. H. Saputro, M. Aristin, and Dy. L. Tyas, "Klasifikasi Lagu Daerah Indonesia Berdasarkan Lirik Menggunakan Metode Tf-IDF Naive Bayes," *J. Teknologi Informasi dan Terapan*, vol. 4, no. 1, pp. 45–50, 2017.
- [9] K. Ruehl, "A Definition and Brief History of Folk Music," *liveaboutdotcom*, 2019. [Online]. Available: <https://www.liveabout.com/what-is-folk-music-1322534>. [Accessed: 04-Jul-2020].
- [10] C. Chris, "Design Techniques and Ideals for Computer *Games*," *Byte Magazine*, Dec-1982. [Online]. Available: https://archive.org/stream/byte-magazine-1982-12/1982_12_BYTE_07-12_Game_Plan_1982#page/n97/mode/2up. [Accessed: 04-Jul-2020].
- [11] T. Josh, "Good Idea, Bad Idea: Dynamic Difficulty Adjustment," *Destructoid*, 17-Feb-2008. [Online]. Available: <https://www.destructoid.com/good-idea-bad-idea-dynamic-difficulty-adjustment-70591.phtml> [Accessed: 04-Jul-2020].
- [12] V. Novák, I. Perfilieva, and J. Močkoř, *Mathematical Principles of Fuzzy Logic*, December 2014.
- [13] L. Purwati Ayuningtias and M. Irfan Jumadi, "Analisa Perbandingan Logic Fuzzy Metode Tsukamoto, Sugeno, Dan Mamdani (Studi Kasus : Prediksi Jumlah Pendaftar Mahasiswa Baru Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung)," *J. Tek. Inform.*, pp. 9–16, 2017.
- [14] I. A. Ahmadi, E. M. A. Jonemaro, and M. A. Akbar, "Penerapan Algoritme Logika Fuzzy Untuk Dynamic Difficulty Scaling Pada *Game* Labirin," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, 2018.
- [15] A. B. Harisa, H. Haryanto, and H. A. Santoso, "Model Tingkat Kesulitan Dinamis Berbasis Logika Fuzzy," *Semin. Nas. Teknol. Inf. dan Multimed.*, 2016.
- [16] Internet Archive, "Lagu Daerah Jawa Tengah Terlengkap," *Internet Archive*, 2012. [Online]. Available: <https://archive.org/details/LaguDaerahJawaTengahTerlengkap>. [Accessed: 30-May-2020].