

**ITEM ADAPTIF MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY
MAMDANI PADA GAME BERTEMA
KEBERSIHAN SUNGAI**

***ADAPTIVE ITEM USING MAMDANI FUZZY LOGIC
IN RIVER SANITATION
THEMED GAME***

Septian Idhi Pangestu¹

Hanny Haryanto²

Erlin Dolphina³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro
Jl. Imam Bonjol 207 Semarang
Telp. (024) 3517261 / Fax. (024) 3569684
e-mail: ¹111201307669@mhs.dinus.ac.id, ²hanny.haryanto@dsn.dinus.ac.id,
³erlin.dolphina@dsn.dinus.ac.id

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara yang memiliki tingkat biodiversitas yang tinggi, ditandai dengan keanekaragaman hayatinya. Keanekaragaman hayati tersebut perlu untuk dijaga kelestariannya. Salah satu yang perlu dijaga adalah kebersihan lingkungan sungai dari pencemaran khususnya sampah. Akan tetapi kesadaran masyarakat Indonesia untuk tidak membuang sampah di sungai masih kurang. Maka diperlukan adanya sosialisasi atau pembelajaran untuk meningkatkan kesadaran masyarakat. Salah satu media yang dapat digunakan untuk pembelajaran adalah game karena dalam game akan terjadi interaksi antara pemain dan komputer dengan cara menyenangkan. Dalam game, terdapat sebuah objek yang berguna untuk membantu pemain dalam menyelesaikan game yang disebut item. Item akan muncul secara acak atau sesuai dengan konfigurasi yang ditentukan developer. Hal ini kurang efektif karena apabila item tidak muncul atau item yang muncul tidak sesuai kebutuhan pemain maka pemain akan kesulitan dan cenderung mengalami kegagalan dalam menyelesaikan game. Metode Fuzzy Mamdani digunakan untuk menentukan jenis item yang muncul sesuai dengan apa yang saat itu dibutuhkan oleh pemain. Input diperoleh dari nilai sisa health pemain, sisa health laut, serta jumlah kesalahan yang dilakukan pemain, sedangkan output yang dihasilkan berupa item yang dibutuhkan oleh pemain. Hasil akhir dari penerapan metode tersebut menjadikan kemunculan item lebih adaptif dengan kebutuhan pemain.

Kata kunci : Game, Kebersihan, Sungai, Sampah, Fuzzy Mamdani, Item

ABSTRACT

Indonesia is characterized by its biodiversity. Such biodiversity needs to be preserved. One that needs to be taken care of is the cleanliness of the river environment from pollution, especially waste. However, the awareness of Indonesian people not to throw garbage in the river is still lacking. It is necessary for socialization to increase public awareness. Games can be used for learning because it will encourage fun interaction between players and computers. In the game, items will appear randomly or in accordance with the configuration specified by the developer. This is less effective because if the item does not appear or the item that appears does not match the needs of players then players will be difficult and tend to experience failure in completing the game. Fuzzy Mamdani method is used to determine the type of item that appears in accordance with what is currently required by the player. Input is

derived from the residual health value of the player, the remaining marine health, as well as the number of mistakes made by the player, while the output is an item required by the player. The result makes the appearance of items more adaptive to players needs.

Keywords : Game, Sanitation, River, Garbage, Fuzzy Mamdani, Item

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan suatu negara kepulauan yang kaya akan sumber daya alam, dan juga keanekaragaman hayati. Bersamaan dengan hal tersebut, lingkungan hidup juga wajib untuk dijaga agar keanekaragaman tetap terjaga. Salah satu cara untuk menjaga lingkungan tetap bersih adalah dengan mengurangi polusi, baik polusi udara, polusi tanah, dan polusi air. Polusi yang cukup menjadi masalah dalam lingkungan adalah polusi air. Polusi tersebut berkaitan dengan banyaknya sampah yang menumpuk di aliran sungai. Banyaknya sampah di sungai menimbulkan berbagai macam masalah diantaranya adalah timbulnya bencana banjir. Di Indonesia, bencana banjir menempati urutan pertama sebagai bencana yang sering terjadi berdasarkan laporan hingga Februari 2017 oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), dengan persentase 31,4%, diikuti bencana puting beliung dengan persentase 21,2% [1].

Pendidikan untuk meningkatkan kepedulian terhadap lingkungan sangat penting diberikan pada masyarakat Indonesia terutama masyarakat yang masih berusia dini agar masyarakat sungguh-sungguh memahami makna penting dari menjaga kebersihan, dan kelestarian lingkungan untuk mencegah terjadinya bencana yang dapat merugikan masyarakat itu sendiri serta mencegah rusaknya ekosistem sebagai akibat dari polusi/pencemaran air. Disamping itu, sebagai bagian dari pendidikan tentang betapa pentingnya. Media yang dapat digunakan sebagai alternatif dalam pembelajaran adalah *game digital* atau *video games* [2]. Media *game digital* digunakan agar sosialisasi dapat dilakukan dengan cara yang lebih menyenangkan serta pesan yang ingin disampaikan dapat tersalurkan dengan baik [3]

Dalam sebuah *game*, terdapat konten *item* yang digunakan untuk membantu seorang pemain agar dapat menyelesaikan sebuah tugas atau misi yang diberikan dalam *game*. Pada umumnya *collectible-item* akan muncul secara statis yang artinya *item* tersebut hanya muncul atau dapat diperoleh pada tempat-tempat tertentu yang telah ditentukan oleh pihak pengembang. Hal ini dapat menimbulkan ketidakefektifan kegunaan dari *item* itu sendiri. Maka dari itu, penelitian dilakukan untuk menjadikan kemunculan *item* lebih *adaptive* atau dapat menyesuaikan apa yang dibutuhkan oleh pengguna. Agar kemunculan *item* lebih *adaptive* maka digunakan logika *Fuzzy Mamdani* pada *game* yang dibuat. Alasan pemilihan logika *Fuzzy Mamdani* adalah karena logika *Fuzzy Mamdani* memiliki tingkat akurasi yang cukup baik [4].

Penelitian yang berkaitan dengan *adaptive game* telah dilakukan sebelumnya oleh Ardiawan Bagus Harisa, dimana pada penelitian tersebut fungsi *adaptive* diterapkan pada tingkat kesulitan dalam *game* dengan menggunakan algoritma *fuzzy Sugeno* yang dikombinasikan dengan *Neural Network* atau jaringan saraf buatan. Penelitian tersebut bertujuan agar *game* yang dibuat memiliki tingkat kesulitan yang dapat berubah secara otomatis sesuai dengan kemampuan atau pengalaman bermain dari pengguna/pemain [5]. [6] menerapkan *Finite State Machine (FSM)* untuk mengatur perilaku musuh pada *game* pendidikan untuk mengenal unsur kimia. Kemudian [7] menggunakan metode serupa untuk membentuk perilaku reward *game*.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah logika *Fuzzy Mamdani*. Dimana penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Penentuan parameter *input & output* serta fungsi keanggotaannya (Fuzzifikasi)

Parameter *input* yang digunakan adalah sebagai berikut :

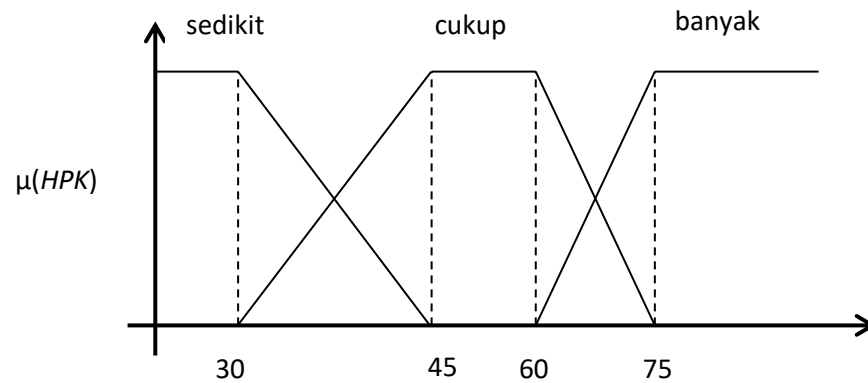
1. HPK : {sedikit, cukup, banyak}

Parameter yang merepresentasikan sisa *Health Point* yang dimiliki karakter utama

$$SEDIKIT = \begin{cases} 1; & HPK \leq 30 \\ \frac{45-HPK}{45-30}; & 30 < HPK < 45 \\ 0; & HPK \geq 45 \end{cases} \quad (1)$$

$$CUKUP = \begin{cases} 1; & 45 \leq HPK \leq 60 \\ \frac{HPK-30}{45-30}; & 30 < HPK < 45 \\ \frac{75-HPK}{75-60}; & 60 < HPK < 75 \\ 0; & HPK \leq 30 \text{ OR } HPK \geq 75 \end{cases} \quad (2)$$

$$BANYAK = \begin{cases} 1; & HPK \geq 75 \\ \frac{HPK-60}{75-60}; & 60 < HPK < 75 \\ 0; & HPK \leq 60 \end{cases} \quad (3)$$



Gambar 1 Himpunan Fuzzy variabel *Health Point* Kapal

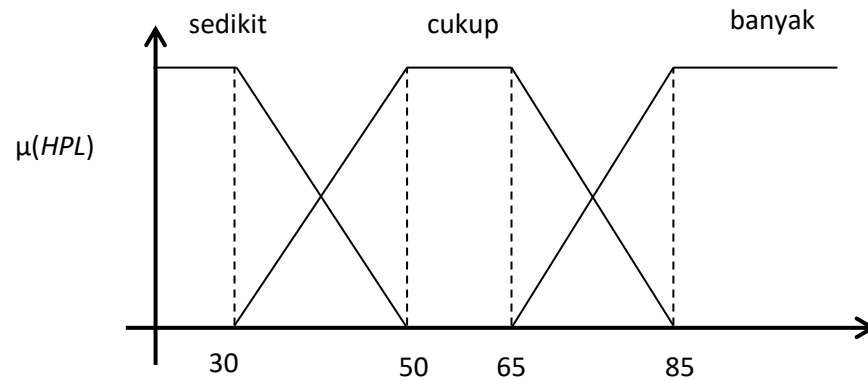
2. HPL : {sedikit, cukup, banyak}

Parameter yang merepresentasikan sisa *Health Point* dari laut

$$SEDIKIT = \begin{cases} 1; & HPL \leq 30 \\ \frac{50-HPK}{50-30}; & 30 < HPL < 50 \\ 0; & HPL \geq 50 \end{cases} \quad (4)$$

$$CUKUP = \begin{cases} 1; & 50 \leq HPL \leq 65 \\ \frac{HPK-30}{50-30}; & 30 < HPL < 50 \\ \frac{85-HPK}{85-65}; & 65 < HPL < 85 \\ 0; & HPL \leq 30 \text{ OR } HPL \geq 85 \end{cases} \quad (5)$$

$$BANYAK = \begin{cases} 1; & HPL \geq 85 \\ \frac{HPK-65}{85-65}; & 65 < HPL < 85 \\ 0; & HPL \leq 65 \end{cases} \quad (6)$$



Gambar 2 Himpunan Fuzzy variabel Health Point Kapal

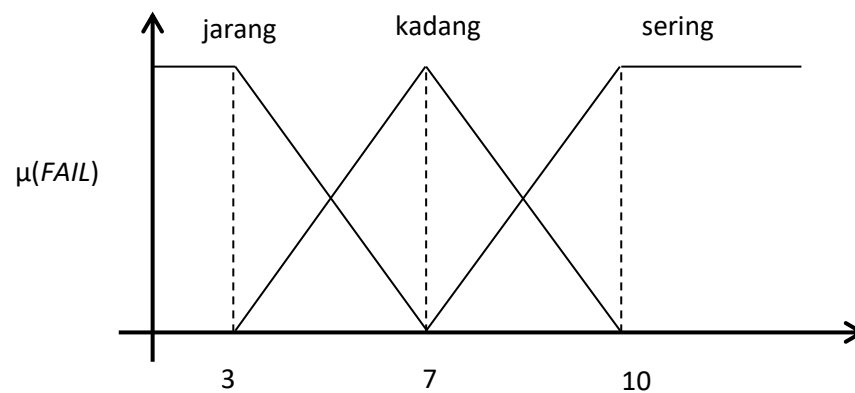
3. FAIL : {jarang, kadang, sering}

Parameter yang merepresentasikan seberapa banyak kesalahan yang dilakukan pemain

$$JARANG = \begin{cases} 1; & FAIL \leq 3 \\ \frac{7-FAIL}{7-3}; & 3 < FAIL < 7 \\ 0; & FAIL \geq 7 \end{cases} \quad (7)$$

$$KADANG = \begin{cases} 1; & FAIL = 7 \\ \frac{FAIL-3}{7-3}; & 3 < FAIL < 7 \\ \frac{10-FAIL}{10-7}; & 7 < FAIL < 10 \\ 0; & FAIL \leq 7 \text{ OR } FAIL \geq 10 \end{cases} \quad (8)$$

$$SERING = \begin{cases} 1; & FAIL \geq 10 \\ \frac{FAIL-7}{10-7}; & 7 < FAIL < 10 \\ 0; & FAIL \leq 7 \end{cases} \quad (9)$$

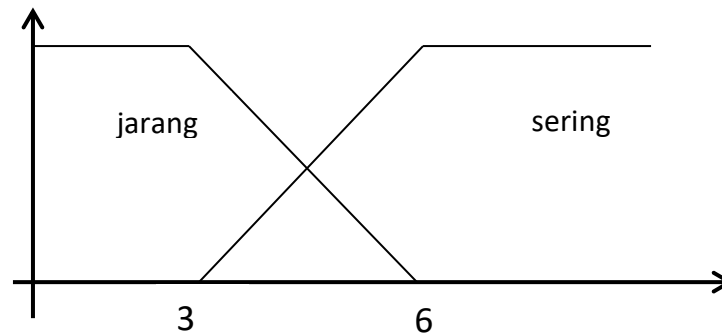


Gambar 3 Himpunan Fuzzy variabel Kesalahan pemain (FAIL)

Parameter *output* yang dihasilkan akan merepresentasikan jenis *item* yang akan muncul. Parameter tersebut adalah :

1. *Item* penambah HPK (ADD_HPK)
2. *Item* penambah HPL (ADD_HPL)
3. *Item* pemerlambat permainan (SLOW)
4. *Item* pengganda skor yang diperoleh (DOUBLE)

Masing-masing parameter memiliki grafik keanggotaan yang sama



Gambar 4 Grafik keanggotaan untuk paramter *output*

4. Menentukan *Rule*/Aturan

Dalam menentukan *rule* akan digunakan rumus A^n , karena pada penelitian yang dilakukan menggunakan 3 variabel dan 3 himpunan *Fuzzy* maka, *rule* optimal yang mungkin terbentuk adalah 3^3 . Berikut *rule* untuk rekomendasi *item* :

Tabel 1 Tabel *Rules*

<i>HPK</i>	<i>HPL</i>	<i>FAIL</i>	<i>ITEM_KIND</i>			
			<i>ADD_HPK</i>	<i>ADD_HPL</i>	<i>SLOW</i>	<i>DOUBLE</i>
SEDIKIT	SEDIKIT	JARANG	Sering	Sering	Jarang	Jarang
SEDIKIT	SEDIKIT	KADANG	Sering	Sering	Jarang	Jarang
SEDIKIT	SEDIKIT	SERING	Sering	Sering	Sering	Jarang
SEDIKIT	CUKUP	JARANG	Sering	Jarang	Jarang	Jarang
SEDIKIT	CUKUP	KADANG	Sering	Jarang	Jarang	Jarang
SEDIKIT	CUKUP	SERING	Sering	Jarang	Sering	Jarang
SEDIKIT	BANYAK	JARANG	Sering	Jarang	Jarang	Jarang
SEDIKIT	BANYAK	KADANG	Sering	Jarang	Jarang	Jarang
SEDIKIT	BANYAK	SERING	Sering	Jarang	Sering	Jarang
CUKUP	SEDIKIT	JARANG	Jarang	Sering	Jarang	Jarang
CUKUP	SEDIKIT	KADANG	Jarang	Sering	Jarang	Jarang
CUKUP	SEDIKIT	SERING	Jarang	Sering	Sering	Jarang

CUKUP	CUKUP	JARANG	Jarang	Jarang	Jarang	Sering
CUKUP	CUKUP	KADANG	Jarang	Jarang	Jarang	Sering
CUKUP	CUKUP	SERING	Jarang	Jarang	Sering	Jarang
CUKUP	BANYAK	JARANG	Jarang	Jarang	Jarang	Sering
CUKUP	BANYAK	KADANG	Jarang	Jarang	Jarang	Sering
CUKUP	BANYAK	SERING	Jarang	Jarang	Sering	Jarang
BANYAK	SEDIKIT	JARANG	Jarang	Sering	Jarang	Jarang
BANYAK	SEDIKIT	KADANG	Jarang	Sering	Jarang	Jarang
BANYAK	SEDIKIT	SERING	Jarang	Sering	Sering	Jarang
BANYAK	CUKUP	JARANG	Jarang	Jarang	Jarang	Sering
BANYAK	CUKUP	KADANG	Jarang	Jarang	Jarang	Sering
BANYAK	CUKUP	SERING	Jarang	Jarang	Sering	Jarang
BANYAK	BANYAK	JARANG	Jarang	Jarang	Jarang	Sering
BANYAK	BANYAK	KADANG	Jarang	Jarang	Jarang	Jarang
BANYAK	BANYAK	SERING	Jarang	Jarang	Sering	Jarang

5. Penghitungan Defuzzifikasi

Merupakan tahapan yang dilakukan untuk mengubah data *output* berupa rekomendasi *item* berdasarkan *rule* yang telah ditentukan sebelumnya menjadi data numerik. Rumus untuk mengubah data tersebut adalah sebagai berikut:

$$y = \frac{\sum y \mu_R(y)}{\sum \mu_R(y)} \quad (10)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian yang dilakukan, menghasilkan sebuah *game* yang bertema kebersihan lingkungan yang telah diterapkan logika *fuzzy mamdani* untuk membuat tingkat kemunculan *item* menjadi adaptif atau dapat menyesuaikan dengan kebutuhan pemain

1. *Game*

Latar belakang *game* akan berlokasi pada suatu aliran sungai dengan daratan pada bagian tepinya. Tugas pemain dalam *game* adalah mengumpulkan skor tertinggi dengan mengumpulkan objek berupa sampah dengan jenis-jenis yang telah disebutkan sebelumnya. Selama permainan pemain dapat menggerakkan karakter secara bebas serta mampu mengubah status karakter sesuai jenis objek yang harus diambil. Jenis objek yang diambil akan selalu muncul secara acak tanpa bisa diperkirakan oleh pemain, serta titik kemunculan objek dipilih secara acak berdasarkan titik-titik yang telah ditentukan sebelumnya. Kecepatan permainan akan meningkat ketika pemain mampu mencapai skor tertentu.



Gambar 5. Tampilan Permainan

2. Logika Fuzzy Mamdani

Algoritma *fuzzy* yang telah diterapkan akan memulai proses kalkulasi ketika pemain telah bertahan dalam permainan dalam kurun waktu tertentu. Untuk mengamati perilaku jenis *output* yang dihasilkan, maka dilakukan beberapa pengujian. Pengujian dilakukan dengan mendeklarasikan terlebih dahulu nilai dari masing-masing parameter *input* yang telah ditentukan

Pengujian pertama dilakukan dengan mengambil sampel *input* sebesar 75 untuk *health point* pemain (HPK), 35 untuk *health point* laut (HPL), dan 8 kali kesalahan yang dilakukan oleh pemain (FAIL). Maka proses fuzzifikasi dapat dijabarkan sebagai berikut :

Derajat keanggotaan dari *health point* pemain (HPK) adalah :

$$\mu_{HPK_Cukup}[75] = 0 \quad (2)$$

$$\mu_{HPK_Banyak}[75] = 1 \quad (3)$$

Derajat keanggotaan dari *health point* laut (HPL) adalah :

$$\mu_{HPL_Sedikit}[35] = \frac{50-35}{50-30} = 0,75 \quad (4)$$

$$\mu_{HPL_Cukup}[35] = \frac{35-30}{50-30} = 0,25 \quad (5)$$

Derajat keanggotaan dari jumlah kesalahan pemain (FAIL) adalah :

$$\mu_{FAIL_Kadang}[8] = \frac{10-8}{10-7} = 0,67 \quad (8)$$

$$\mu_{FAIL_Sering}[8] = \frac{8-7}{10-7} = 0,33 \quad (9)$$

Setelah hasil dari proses fuzzifikasi diperoleh maka dilakukan proses inferensi *rules*. Masing-masing derajat keanggotaan akan dilakukan operasi AND dan operasi MIN berdasarkan aturan yang telah ditentukan. Berdasarkan hasil perhitungan pada masing-masing derajat keanggotaan maka *rule* yang memenuhi adalah *rule* 20, 21, 23, 24

1. IF HPK **BANYAK** AND HPL **SEDIKIT** AND FAIL **KADANG** THEN ADD_HPK **JARANG**, ADD_HPL **SERING**, SLOW **JARANG**, DOUBLE **JARANG**

$$\begin{aligned} \alpha - predikat_{20} &= \mu_{HPK_Banyak} \cap \mu_{HPL_Sedikit} \cap \mu_{FAIL_Kadang} \\ &= \min(\mu_{HPK_Banyak}[75], \mu_{HPL_Sedikit}[35], \mu_{FAIL_Kadang}[8]) \\ &= \min(1; 0,75; 0,67) \\ &= 0,67 \end{aligned}$$

2. IF HPK **BANYAK** AND HPL **SEDIKIT** AND FAIL **SERING** THEN ADD_HPK **JARANG**, ADD_HPL **SERING**, SLOW **SERING**, DOUBLE **JARANG**

$$\begin{aligned} \alpha - predikat_{21} &= \mu_{HPK_Banyak} \cap \mu_{HPL_Sedikit} \cap \mu_{FAIL_Sering} \\ &= \min(\mu_{HPK_Banyak}[75], \mu_{HPL_Sedikit}[35], \mu_{FAIL_Sering}[8]) \\ &= \min(1; 0,75; 0,33) \\ &= 0,33 \end{aligned}$$

3. IF HPK **BANYAK** AND HPL **CUKUP** AND FAIL **KADANG** THEN ADD_HPK **JARANG**, ADD_HPL **JARANG**, SLOW **JARANG**, DOUBLE **SERING**

$$\begin{aligned} \alpha - predikat_{23} &= \mu_{HPK_Banyak} \cap \mu_{HPL_Cukup} \cap \mu_{FAIL_Kadang} \\ &= \min(\mu_{HPK_Banyak}[75], \mu_{HPL_Cukup}[35], \mu_{FAIL_Kadang}[8]) \\ &= \min(1; 0,25; 0,67) \\ &= 0,25 \end{aligned}$$

4. IF HPK **BANYAK** AND HPL **CUKUP** AND FAIL **SERING** THEN ADD_HPK **JARANG**, ADD_HPL **JARANG**, SLOW **SERING**, DOUBLE **JARANG**

$$\begin{aligned} \alpha - predikat_{23} &= \mu_{HPK_Banyak} \cap \mu_{HPL_Cukup} \cap \mu_{FAIL_Sering} \\ &= \min(\mu_{HPK_Banyak}[75], \mu_{HPL_Cukup}[35], \mu_{FAIL_Sering}[8]) \\ &= \min(1; 0,25; 0,33) \\ &= 0,25 \end{aligned}$$

Setelah hasil proses inferensi *rule* diperoleh maka dilakukan proses defuzzifikasi untuk masing-masing parameter berdasarkan rumus (1).

Nilai Z untuk *item* ADD_HPK adalah :

$$Z = \frac{(\max(\mu_{ADDHPKJARANG})+1+2+3) + (\max(\mu_{ADDHPKSERING})+6+7+8)}{(\max(\mu_{ADDHPKJARANG}) * 3) + (\max(\mu_{ADDHPKSERING}) * 3)}$$

$$Z = \frac{(0,67 * 6) + (0 * 21)}{(0,67 * 3) + (0 * 3)}$$

$$Z = 2$$

Nilai Z untuk *item* ADD_HPL adalah :

$$Z = \frac{(\max(\mu_{ADDHPLJARANG})+1+2+3) + (\max(\mu_{ADDHPLSERING})+6+7+8)}{(\max(\mu_{ADDHPLJARANG}) * 3) + (\max(\mu_{ADDHPLSERING}) * 3)}$$

$$Z = \frac{(0,25 * 6) + (0,67 * 21)}{(0,25 * 3) + (0,67 * 3)}$$

$$Z = 5,64$$

$$Z = 6$$

Nilai Z untuk *item* SLOW adalah :

$$Z = \frac{(\max(\mu_{SLOWJARANG})+1+2+3) + (\max(\mu_{SLOWSERING})+6+7+8)}{(\max(\mu_{SLOWJARANG}) * 3) + (\max(\mu_{SLOWSERING}) * 3)}$$

$$Z = \frac{(0,67 * 6) + (0,33 * 21)}{(0,67 * 3) + (0,33 * 3)}$$

$$Z = 3,65$$

$$Z = 4$$

Nilai Z untuk *item* DOUBLE adalah :

$$Z = \frac{(\max(\mu_{DOUBLEJARANG})+1+2+3) + (\max(\mu_{DOUBLESERING})+6+7+8)}{(\max(\mu_{DOUBLEJARANG}) * 3) + (\max(\mu_{DOUBLESERING}) * 3)}$$

$$Z = \frac{(0,67 * 6) + (0,25 * 21)}{(0,67 * 3) + (0,25 * 3)}$$

$$Z = 3,358$$

$$Z = 3$$

Berdasarkan pengujian diatas, dalam keadaan sisa HPK pemain 75, sisa HPL pemain sebesar 35, serta jumlah kegagalan (FAIL) yang dilakukan pemain sebanyak 8 kali. Maka pemain memerlukan kemunculan *item* penambah HPK (ADD_HPK) sebanyak 2 kali, *item* penambah HPL (ADD_HPL) sebanyak 6 kali, *item* untuk mengurangi kecepatan *game* (SLOW) sebanyak 4 kali, dan *item* untuk menggandakan poin (DOUBLE) sebanyak 3 kali. Pengujian dilakukan sebanyak 20 kali dengan nilai *input* yang berbeda, dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. Hasil Pengujian

No	HPK	HPL	FAIL	ITEM			
				ADD_HPK	ADD_HPL	SLOW	DOUBLE
1	75	35	8	2	6	4	3
2	40	70	4	4	2	2	5
3	80	90	1	2	2	2	7
4	30	60	7	7	2	2	2
5	45	35	2	2	6	2	3
6	60	80	9	2	2	5	4
7	78	42	5	2	4	2	4
8	25	64	3	7	2	2	2
9	14	24	2	4	4	4	4
10	92	50	6	2	2	2	6
11	62	40	7	2	4	2	4
12	36	35	10	5	6	7	2
13	30	75	4	7	2	2	2
14	92	80	3	2	2	2	3
15	15	10	6	6	6	3	3
16	82	95	5	2	2	2	4
17	76	20	1	2	7	2	2
18	40	55	0	4	2	2	5
19	28	60	8	7	2	4	2
20	70	30	3	2	7	2	2

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. *Game* dengan tema kebersihan lingkungan sungai berhasil dibuat dengan konsep *Endless-Run*
2. Latar belakang, tampilan objek, tampilan karakter, dibuat untuk menguatkan kesan suasana sungai
3. Metode *fuzzy mamdani* menjadikan jenis *item* yang muncul akan sesuai dengan kebutuhan dari pemain, berdasarkan atribut yang dimiliki pemain
4. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, nilai *Z* terendah yang mungkin dapat diperoleh pemain adalah 2, sedangkan nilai *Z* tertinggi yang mungkin diperoleh adalah 7

5. SARAN

Penulis menyadari bahwa penelitian yang dilakukan masih terdapat banyak kekurangan. Maka dari itu, terdapat beberapa hal yang dapat dikembangkan atau ditingkatkan pada penelitian yang selanjutnya, diantaranya :

1. Melakukan optimasi berkaitan dengan fungsi keanggotaan maupun *rules*, *dll*, sehingga kesan adaptif lebih kuat dirasakan dalam permainan
2. Mengkombinasikan metode yang *fuzzy mamdani* dengan metode lain guna meningkatkan kualitas pengambilan keputusan yang lebih baik
3. Menambahkan jenis *item* sehingga *game* menjadi lebih kaya akan fitur

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Nasional Penanggulangan Bencana, “Data dan Informasi Bencana Indonesia,” *bnpb.go.id*. [Online]. Available: <http://dibi.bnpb.go.id/>. [Accessed: 09-Nov-2017].
- [2] Y. Allsop and J. Jessel, “Teachers’ Experience and Reflections on Game-Based Learning in the Primary Classroom,” *Int. J. Game-Based Learn.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–17, 2015.
- [3] C. Sandbrook, W. M. Adams, and B. Monteferri, “Digital Games and Biodiversity Conservation,” *Conserv. Lett.*, vol. 8, no. 2, pp. 118–124, 2015.
- [4] S. F. W. Utama and H. A. Wibawa, “Implementasi Logika Fuzzy Mamdani Dalam Game Simulasi Memancing,” *Jurnal Dinarek*, vol. 11, no. 2, pp. 48–53, 2015.
- [5] A. B. Harisa, H. Ali, and H. Haryanto, “TINGKAT KESULITAN OTOMATIS BERBASIS FUZZY SUGENO PADA PLATFORMER GAME BERTEMA CERITA,” *Semnasteknomedia 2015*, 6 Februari 2015.
- [6] T. Bimantoro, and H. Haryanto, “Pemodelan Perilaku Musuh Menggunakan Finite State Machine (FSM) Pada Game Pengenalan Unsur Kimia”, *Journal of Applied Intelligent System*, Volume 1, Number 3, 2016, pp. 210-219(10).
- [7] H. Haryanto, “Reward Dinamis dalam Skenario Adaptif Menggunakan Metode Finite State Machine pada Game Edukasi”, *Journal of Applied Intelligent System*, Volume 1, Number 2, 2016, pp. 144-153(10).