

Implementasi Rule Base System dan Fuzzy Logic Artificial Intelligence pada Game Kartu Capsa

Edo Pangkatodi¹, Liliana², Gregorius Satiabudhi³

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra

Jln. Siwalankerto 121 – 131 Surabaya 60236

Telp. (031)-2983455, Fax. (031)-8417658

Email: hienkaku@yahoo.com, lilian@petra.ac.id, greg@petra.ac.id

ABSTRAK

Di era globalisasi pada saat ini, ilmu pengetahuan dan teknologi berkembang sangat cepat, khususnya pada media hiburan lebih spesifiknya pada dunia *game*. Pada zaman sekarang *game* tidak hanya digunakan sebagai media hiburan semata, namun juga dapat dijadikan alternatif dalam dunia pekerjaan, pendidikan, bahkan olahraga. Pada dunia *game*, kecerdasan buatan atau AI merupakan suatu faktor yang tidak dapat dipisahkan. Dengan metode yang tepat dan aturan tertentu maka AI dapat berjalan seperti layaknya manusia mengerjakan suatu pekerjaan. Sehingga tidak hanya pada dunia *game* saja, AI juga dapat digunakan dalam bidang lain yang memerlukan sistem komputasi AI seperti dalam bidang perkembangan teknologi.

Sistem aplikasi ini menggunakan program Unity5 dengan bahasa pemrograman C#, dengan AI *rule base* dan *fuzzy* yang digunakan ini diharapkan agar AI dapat menjadi lawan bagi pemain yang menggunakan aplikasi ini.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, aplikasi ini dapat berjalan dengan lancar, AI dapat berjalan dan dapat mengikuti peraturan permainan yang ada dan mengikuti aturan pola pikir yang telah ditetapkan. Namun cara berpikir AI masih terbilang sedikit dan perlu adanya penambahan pola berpikir yang lebih lagi.

Kata Kunci: Permainan, Kartu, Capsa, Big2, Unity5, C#, Rule Base, Fuzzy.

ABSTRACT

In the era of globalization today, science and technology is developing very fast, particularly in entertainment media, specifically in the gaming world. Today, games are not only used as an entertainment, but also can be used as an alternative in the world of work, education, and even sports. In the world of gaming, artificial intelligence, or AI is a factor that cannot be separated. With the right methods and the specific rules of the AI can walk like a human being doing a job. So it is not only in the gaming world alone, AI can also be used in other fields that require AI computing systems for example in technological development.

The system is using Unity5 program with the programming language C#, with AI rule base and fuzzy used, the AI expected to have enough ability to be an opponent for players who use this application.

Based on testing that has been done, these applications can run smoothly, AI can run and can follow rules of the game and follow

the mindset that have been established. But the way of thinking AI still fairly few and need to be developed more.

Keywords: Game, Card, Capsa, Big2, Unity5, C#, Rule Base, Fuzzy.

1. PENDAHULUAN

Strategy game merupakan salah satu *genre* dari *video game* yang cukup diminati oleh banyak orang. Hasil survey dari ESA (Entertainment Software Association), *strategy* merupakan *best-selling computer game genre* pada tahun 2013, dengan persentase penjualan 38.4%. Permainan untuk *genre* ini menjadi sangat populer akibat munculnya *game strategy* Starcraft II dari Blizzard yang meraih urutan pertama dan permainan lain seperti Firaxis dengan permainannya berjudul Civilization V[4]. Sebelum adanya computer, permainan dengan *genre* ini sudah ada dan populer dengan adanya beberapa permainan papan seperti catur dan halma.

Salah satu *strategy / Turn-Based Strategy game* adalah *game* dengan menggunakan kartu. *Game* kartu adalah *game* yang sangat sering dimainkan di dunia ini, banyaknya jenis *game* kartu tersebut membuat kita tertarik dengan hal tersebut. Dalam *game* kartu selalu ada teknik untuk memenangkan *game*, terutama dengan mengetahui peluang, dan kombinasi kartu yang dapat dimainkan. salah satu *game* kartu remi, yaitu capsa. *Game* ini memiliki banyak sekali jenis nama, seperti *Big Deuce*, *Big Two*, *Top Dog*, dan sebagainya. Capsa adalah salah satunya. Di Kanada, *game* ini dikenal dengan nama “*The Hannah Game*”. Di Filipina, *game* ini dikenal dengan nama “*Pusoy Dos*”. Kata Capsa diambil dari bahasa Hokkien, yang artinya 13, seperti dalam *game*, setiap orang mendapatkan 13 kartu dari 52 kartu yang dipakai[8].

Game / software ini akan dibuat dengan AI yang akan menggunakan *rule-based systems* dan *fuzzy logic*. Dimana *rule-based systems* akan mengatur semua peraturan tentang *game* mulai dari pembagian kartu dan pengeluaran kartu yang diperbolehkan. Sedangkan *fuzzy logic* akan digunakan sebagai jalan berpikir atau otak dari AI yang akan menjadi lawan bermain dari *player*.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Video Game

Kata *game* yang berasal dari bahasa inggris yang berarti *game*. *Game* adalah sesuatu yang digunakan untuk bermain yang dimainkan dengan peraturan atau rule tertentu yang menentukan tindakan atau langkah yang pemain dapat dan tidak dapat lakukan.

Dalam kamus besar bahasa Indonesia online *game* adalah sesuatu yang digunakan untuk bermain; barang atau sesuatu yang dimainkan. *Game* adalah *game* yang menggunakan media elektronik yang digunakan sebagai sebuah hiburan berbentuk *multimedia* yang dibuat semenarik mungkin agar para pemain bisa mencapai sesuatu untuk mendapatkan kepuasan batin [10].

2.2 Game Kartu Capsa

Capsa adalah jenis *game* kartu remi yang biasanya dimainkan oleh empat orang. Capsa diambil dari bahasa Tionghoa yang artinya 13. Capsa ini juga dikenal dengan nama *Big Two* dan terbagi menjadi dua jenis, yaitu capsa susun dan capsa banting. Dalam hal ini penulis akan menjelaskan tentang capsa banting[8].

2.3 Fuzzy Logic

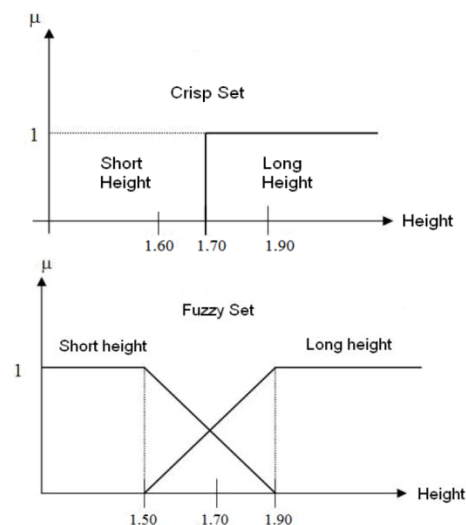
Fuzzy logic pertama kali ditemukan oleh Prof. Lotfi Asker Zadeh pada seminar di University of California, Berkeley, Amerika Serikat. *Fuzzy logic* ini dibuat dengan alasan bahwa adanya ketidakpastian yang dimana anggotanya tidak hanya dapat dipisahkan kedalam anggota(1) atau bukan anggota(0).[5][6]

2.3.1 Fuzzy Logic dan Crisp set

Crisp set merupakan himpunan didefinisikan sebagai suatu koleksi objek-objek yang terdefinisi secara tegas apakah objek tersebut merupakan anggota atau bukan anggota. Sehingga dapat didefinisikan dengan menggunakan suatu fungsi $\mu_A : X \rightarrow \{0,1\}$, yang disebut fungsi karakteristik dari himpunan A, dimana untuk setiap $x \in X$

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{untuk } x \in A \\ 0 & \text{untuk } x \notin A \end{cases} \quad (1)$$

Namun didalam *fuzzy set*, anggota ini mungkin terdapat dalam satu atau lebih set. Derajat keanggotaan dapat didefinisikan dengan menggunakan fungsi karakteristik bernama *membership function* pada *fuzzy logic*[6]. Sehingga membuat keanggotaan dalam himpunan *fuzzy* tidak lagi merupakan sesuatu yang hanya bernilai 0 atau 1, melainkan sesuatu range nilai dari 0 hingga 1.



Gambar 1. Crisp Set dan Fuzzy Set[6]

2.3.2 Mendefinisikan membership function

Di dalam *fuzzy set*, *membership function* (fungsi keanggotaan) dari *fuzzy set* merupakan sesuatu yang ditetapkan terlebih dahulu. Penetapan diagram *fuzzy* ini dapat dihasilkan dari observasi dan pencatatan kemampuan seseorang bermain yang dibuat dalam sebuah grafik, atau persepsi yang dibuat berdasarkan hasil yang telah diteliti[7].

Karena keanggotaan pada *fuzzy set* merupakan range dari 0 hingga 1 maka *membership function* ditunjukkan dengan gambar kisaran kurva. Penentuan kurva sangatlah penting, karena dengan input yang diberikan berbeda-beda maka akan berbeda juga cara melakukan perhitungannya. Beberapa kurva yang sering digunakan diantaranya adalah: segitiga, trapesium, dan Gaussian.

2.3.3 Aturan Linguistik Fuzzy

Di dalam setiap *fuzzy IF-THEN rule* terdapat bagian *premise* (IF) yang memuat beberapa kondisi awal dan bagian *conclusion* (THEN) yang menggambarkan *output* dari sebuah aksi. bagian *premise* dan *conclusion* ditandai dengan beberapa *fuzzy set*[3].

Di dalam aturan linguistik *fuzzy*, terdapat sebuah *variable input* dan *variable output* yang ditulis dalam sebuah *fuzzy if-then rule*. Di dalam setiap kombinasi *input*, *if-then rule* akan ditulis untuk mendefinisikan hasil *output*. *fuzzy rule* ini akan digabungkan dan membentuk *rule table* yang dapat diamati[6].

Misal sebagai contoh dalam *fuzzy logic system* ini digunakan dua *input* untuk satu *output* yang ditulis sebagai berikut: IF(usia DEWASA) AND(tinggi badan SANGAT PENDEK) THEN (postur tubuh DIBAWAH RATA-RATA). Aturan-aturan seperti ini dimasukkan dalam *table rule* sehingga memudahkan untuk menyusun aturan *input* dan *output* yang berbeda.

2.3.4 Defuzzification

Defuzzification merupakan suatu sistem pengolahan *otuput* atau *mapping* dari *fuzzy set* menjadi *crisp set*. Dimana hasil diambil dari *output* hasil *fuzzy set* diambil sebuah element atau nilai yang dianggap menjadi nilai yang dapat mewakili hasil *output fuzzy set*[3].

Nilai dari setiap *variable* dikalkulasi dengan menggunakan metode *defuzzification* yang telah dipilih. Beberapa metode *defuzzification* diantaranya adalah: *Center of gravity*, *center of gravity singleton*, *center of area*, *rightmost max*, *leftmost max*, *mean max*[2].

2.4 Rule base system

Rule-based system dibuat untuk memecahkan masalah dengan aturan yang dibuat berdasarkan pengetahuan dari pakar. Aturan tersebut memiliki kondisi(*if*) dan tindakan(*then*). Peraturan-peraturan tersebut akan di masukkan ke dalam mesin aplikasi. Dengan beberapa penyocokan pola dan aturan dari *applier*. Mesin akan mencocokkan dengan pengaturan yang ada dan menentukan aturan yang berhubungan. *Rule-based* mudah untuk digunakan dan dimengerti, namun *rule-based* tidak dapat membuat peraturan baru atau memodifikasi peraturan yang ada dengan sendirinya karena *rule-based* tidak dirancang untuk dapat belajar[1].

2.5 Unity Game Engine

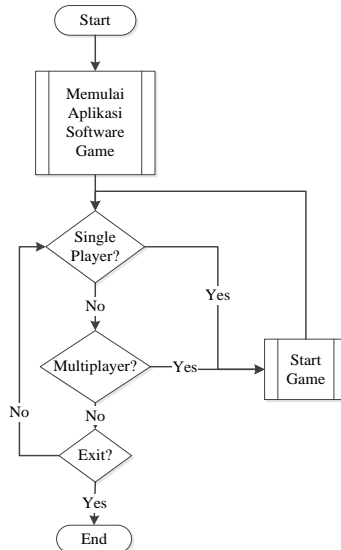
Unity Game Engine merupakan *software* yang digunakan untuk membuat *video game* 3D atau konten yang interaktif lainnya seperti, visual arsitektur dan *real-time* 3D animasi. *Unity Game Engine* juga dapat membuat sebuah animasi ataupun *editor game*.

Keunggulan *Unity Game Engine* dengan *engine* yang lain yaitu dioperasikan pada *platform* Windows dan Mac Os dan dapat menghasilkan *game* untuk Windows, Mac, Linux, Wii, iPad, iPhone, *platform* Android, dan juga web browser yang membutuhkan *Unity web player plugin*. Namun Kekurangan dari *Unity Game Engine* yaitu *game engine* memiliki kapasitas data yang besar dan tidak dapat membuat suatu model seperti Blander karena *Unity Game Engine* hanya didesain untuk editor *game* [9].

3. ANALISIS DAN DESAIN SISTEM

3.1 Design Umum dari Perangkat Lunak

Judul *game* yang akan dibuat adalah "Capsa BIG2", yang merupakan *game* kartu classic. Agar memudahkan pemahaman dari proses-proses yang ada, maka akan ditampilkan gambar flowchart dari perangkat lunak ini. Dimulai dari membuka aplikasi *software game*. Setelah itu akan ditampilkan menu awal dari *game* dimana *player* dapat memilih *singleplayer* untuk bermain sendiri dan melawan AI. Atau memilih *multiplayer* untuk bermain bersama *player* lain. Setelah memilih mode maka *game* akan segera dimulai. Selain itu juga terdapat pilihan untuk keluar dari *game* yaitu dengan menekan menu pilihan *exit*. Flowchart dari seluruh sistem kerja dari perangkat lunak aplikasi *game* "Capsa BIG2" dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Arsitektur Aplikasi

3.2 Design Fuzzy

Fuzzy logic pada permainan ini digunakan untuk melakukan pembatasan pengeluaran kartu di tangan AI, hal ini dimaksudkan agar AI tidak mengeluarkan kartu yang terlalu tinggi pada kondisi tertentu. Misal jika *output* yang dihasilkan *fuzzy* mengeluarkan angka sepuluh maka AI tidak dapat mengeluarkan kartu dengan angka sepuluh keatas untuk kartu *single* dan *pair*.

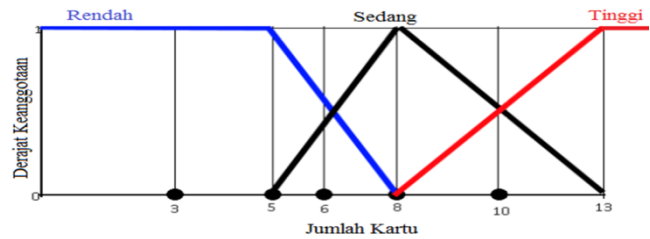
Untuk membuat *fuzzy* ini diperlukan langkah-langkah pembuatan yang diantaranya adalah sebagai berikut:

3.2.1 Fuzzification

Terdapat tiga grafik *fuzzy* yang digunakan yang diantaranya adalah:

- Jumlah kartu player

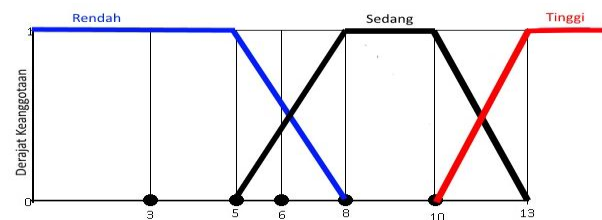
Merupakan grafik *fuzzy* jumlah dari kartu pemain pada *turn* tersebut. Gambar grafik *fuzzy* dapat dilihat pada gambar 3



Gambar 3. Grafik Fuzzy Jumlah Kartu Player

- Jumlah kartu pemain yang paling sedikit

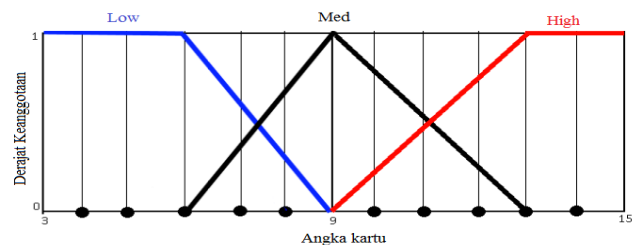
Merupakan grafik *fuzzy* jumlah kartu dari pemain yang paling sedikit dari keempat *player* yang ada. Gambar grafik *fuzzy* dapat dilihat pada gambar 4



Gambar 4. Grafik Fuzzy Jumlah kartu pemain yang paling sedikit

- Batas dari angka kartu tertinggi yang boleh dikeluarkan

Merupakan grafik *fuzzy* output hasil dari jumlah kartu pemain dan kartu pemain paling sedikit. Dengan grafik ini maka akan dicari hasil akhir angka kartu paling besar dari kartu yang boleh dikeluarkan. Gambar grafik *fuzzy* dapat dilihat pada gambar 5



Gambar 5. Grafik Fuzzy Angka Kartu Tertinggi Yang Boleh Dikeluarkan

3.2.2 Fuzzy Rules

Pada *fuzzy* ini akan dibandingkan jumlah kartu dari *player* pada *turn* tersebut dan jumlah kartu paling sedikit dari empat *player* yang bermain. Outputnya adalah angka kartu paling maksimal yang diperbolehkan untuk dikeluarkan. Dengan demikian maka *rule* yang terbentuk adalah sebagai berikut:

- Jika kartu pemain TINGGI dan kartu paling sedikit TINGGI maka angka kartu LOW.
- Jika kartu pemain TINGGI dan kartu paling sedikit SEDANG maka angka kartu MED.

- Jika kartu pemain TINGGI dan kartu paling sedikit RENDAH maka angka kartu HIGH.
- Jika kartu pemain SEDANG dan kartu paling sedikit TINGGI maka angka kartu MED.
- Jika kartu pemain SEDANG dan kartu paling sedikit SEDANG maka angka kartu MED.
- Jika kartu pemain SEDANG dan kartu paling sedikit RENDAH maka angka kartu HIGH.
-
- Jika kartu pemain RENDAH dan kartu paling sedikit RENDAH maka angka kartu HIGH.

Dari *rule* diatas maka akan dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode min max untuk mendapatkan hasil outut *fuzzy*. Table *fuzzy rule* dapat dilihat pada gambar 6 dibawah ini:

Kartu\KartuM	Rendah	Sedang	Tinggi
Rendah	High	High	Med
Sedang	High	Med	Med
Tinggi	High	Med	Low

Gambar 6. Gambar table *Fuzzy Rule*

3.2.3 Defuzzification

Proses *defuzzification* ini dilakukan dengan menggunakan metode *centroid* dengan sample yaitu sebanyak jumlah angka kartu yang ada yaitu tiga belas sample. Setelah membagi sample maka sample akan dikalikan dengan DOM(*Degree of member*)pada tiap sample dan ditotal dan dibagi dengan total DOM sample.

3.3 Rule Base

Pada aplikasi ini AI memiliki jalan pikir yang dibuat dengan menggunakan *rule base* yang dimana beberapa contoh peraturan yang dibuat adalah sebagai berikut:

- Jika *counter* dari kartu dengan kembang yang sama ada lima maka terdapat combo kartu *flush*.
- jika kartu berurutan dengan jumlah *counter* lima maka *straight* adalah true, jika kartu memiliki kembang yang sama dan jumlah *counter* lima maka kartu adalah *straight flush*.
- Jika kartu yang dipilih lebih kecil dari pada kartu yang harus dilawan, maka *disable* tombol *play* untuk AI.
- Jika kartu yang dipilih dan kartu yang dilawan sama, cek kembang apakah lebih tinggi, jika lebih tinggi maka *enable* tombol *play* untuk AI, jika lebih kecil maka *disbale* tombol *play* untuk AI.
- Jika status tombol *play* adalah *disable* maka lakukan *pass*.

4. PENGUJIAN SISTEM

Aplikasi Game kartu capsa ini dibuat dengan menggunakan unity5, berikut ini akan ditampilkan beberapa proses tahapan dan pengujian sistem:.

4.1 Pengecekan Sistem Game

Pada awal *game* kartu akan dibagikan kepada masing-masing pemain sebanyak tiga belas kartu. Pemain pertama yang jalan adalah pemain yang mendapatkan kartu tiga wajik / tiga diamond,

dan kartu yang pertama harus dikeluarkan juga kartu tiga diamond atau kartu yang diantara nya terdapat tiga diamond dan sesuai dengan aturan *game*., Gambar pengecekan ini dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Contoh hasil pengecekan pengeluaran kartu awal

A) Gambar pengecekan pemain pertama melakukan select kartu dengan tiga diamond namun tidak sesuai aturan, B) Gambar pengecekan pemain pertama melakukan select kartu tanpa tiga diamond, C) gambar pengecekan pemain pertama melakukan select kartu dengan tiga diamond dan sesuai aturan

4.2 Pengelompokan kartu

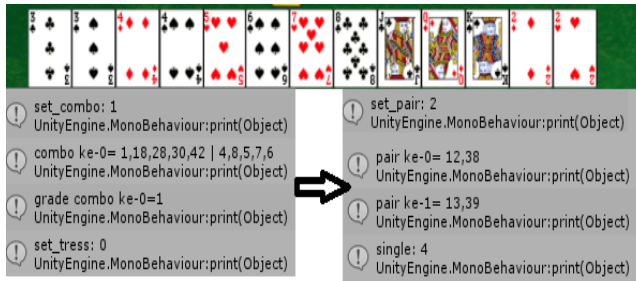
Pada bagian ini akan ditampilkan contoh pengelompokan kartu combo. Tampilan dapat dilihat pada Gambar 8



Gambar 8. Hasil pengelompokan kartu

Setelah setelah itu data kartu yang dipilih akan dihapus dari *arrcard1*. jika tidak ada lagi kartu combo maka akan proses akan berlanjut ke pengecekan *trees* dan *pair*, dan sisa dari kartu yang

ada di arrcard1 adalah single. Tampilan dapat dilihat pada gambar 9



Gambar 9. Hasil pengelompokan kartu akhir

4.3 Pengecekan pengeluaran aturan kartu

Pada bagian ini akan ditunjukkan pengecekan pengeluaran kartu dengan aturan yang sesuai. Tampilan pengecekan pengeluaran aturan kartu bisa dilihat pada Gambar 10



Gambar 10. Contoh hasil pengecekan pengeluaran kartu lanjutan

A)Gambar pengecekan pemain yang yang melakukan select kartu tidak sesuai aturan jumlah dan *game*, B) Gambar pengecekan pemain yang yang melakukan select sesuai aturan jumlah tapi tidak sesuai aturan *game*, C) Gambar pengecekan pemain yang yang melakukan select kartu sesuai aturan jumlah dan *game*

4.4 Proses memainkan kartu dan melakukan pass

Jika kartu ada yang dapat menandingi lawan maka kartu akan dipilih dan diselect(memekan tombol selectAI), pada saat diselect(memekan tombol select) akan dikonfirmasi apakah kartu

yang dipilih oleh AI benar-benar dapat dimainkan. Jika kartu dapat dimainkan maka tombol play akan muncul, jika muncul maka tombol play AI akan muncul dan kartu akan dimainkan. Hasil ditunjukkan seperti pada Gambar 11

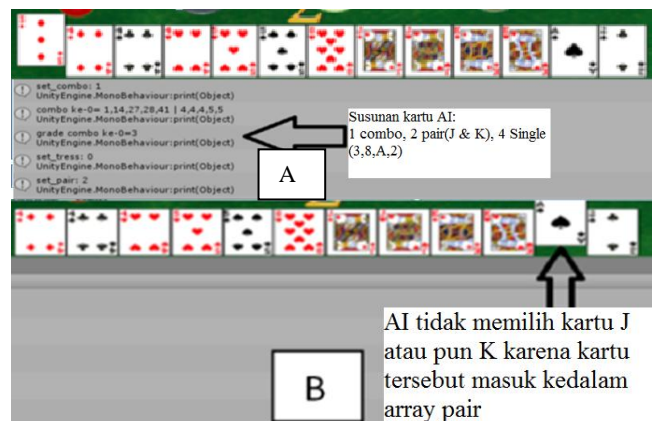


Gambar 11. Proses hasil AI yang dapat menandingi kartu lawan

4.5 Proses pemilihan kartu dalam game

Setelah melakukan pengelompokan kartu dan *game* dimulai, AI akan mengeluarkan kartu sesuai aturan. Pengeluaran kartu dimulai dari yang paling rendah, akan di cek apakah kartu yang dipilih dapat menandingi kartu yang dikeluarkan oleh lawan. pada aplikasi ini AI dibagi dalam tiga bentuk, yaitu:

AIstatik: AI ini akan mengelompokkan kartu dan hanya akan mengeluarkan kartu yang sesuai dengan kelompok kartu yang telah disusun. AI ini tidak akan mengubah penyusunan kartu yang telah ada dalam kondisi apapun. Hasil ditunjukkan seperti pada Gambar 12



Gambar 12. A)gambar awal susunan kartu AI yang sudah dikelompokkan. B)gambar hasil AI setelah memilih kartu setelah game berlanjut

AIagresif: AI ini akan selalu berusaha untuk memainkan kartu yang ada ditangan. Sehingga kartu yang disusun hanya berdasarkan jumlah kartu yang dapat dimainkan. Jika kartu yang sedang dimainkan adalah pair, maka AI ini akan mengelompokkan semua kartu yang ada ditangan menjadi pair sesuai aturan yang ada. Jika pada giliran berikutnya kartu yang dimainkan adalah single maka semua kartu sisa yang ada ditangan akan diubah menjadi dalam bentuk susunan single. Hasil ditunjukkan seperti pada Gambar 13



Gambar 13. A) gambar menunjukkan awal *game* dan AI memiliki 1 combo, 1 pair dan 6 single. B) gambar menunjukkan AI tidak mempunyai pair dan 8 single karena kartu yang harus dilawan adalah single

4.6 Pengecekan fuzzy sistem

Fuzzy dalam *game* menentukan batasan kartu yang dapat dikeluarkan oleh AI, jika kartu yang dipilih oleh AI lebih besar dari batasan maka play button untuk AI tidak akan muncul. Hasil ditunjukkan seperti pada Gambar 14

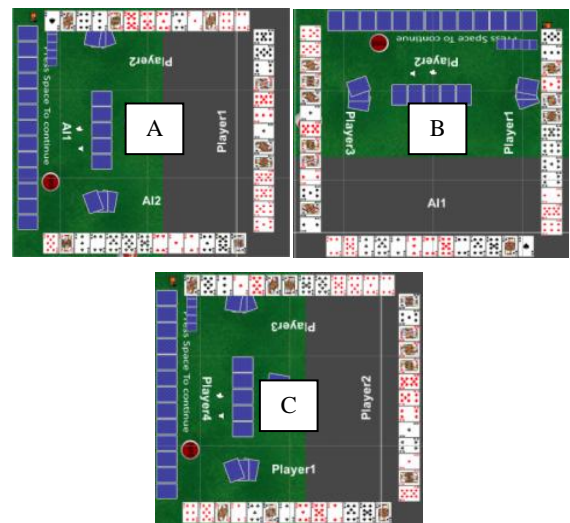


Gambar 14. Hasil AI memilih kartu yang melebihi batasan fuzzy

4.7 Pengecekan multiplayer

Pada aplikasi *game* ini juga terdapat menu untuk bermain secara *multiplayer* dalam satu komputer saja. Player akan memilih jumlah pemain yang di inginkan mulai dari dua, tiga, atau empat *player*. Jika memilih dua *player* maka permainan akan berjalan dengan pengendalian dua *player* dan dua AI, jika memilih tiga *player* maka hanya terdapat satu AI.

AI yang digunakan pada dua *player* adalah random (static, aggressive, atau kombinasi), sedangkan AI pada tiga *player* adalah AI kombinasi karena dianggap AI kombinasi adalah AI yang paling sulit untuk dikalahkan. Pemain yang memenangkan permainan pada *multiplayer* adalah pemain yang telah memainkan semua kartu ditangan, setelah mendapatkan pemenang maka permainan akan berakhir.



Gambar 15. Contoh hasil pemilihan permainan *multiplayer*

A) gambar *multiplayer* (2player). B) gambar *multiplayer* (3player). C) gambar *multiplayer* (4player).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, penulis dapat menyimpulkan berdasarkan hasil pengujian *game* yang telah dibuat dapat berjalan dengan lancar dan AI yang dibuat sudah dapat berjalan dengan baik dan benar. Namun AI yang dibuat masih sangat sederhana dan peraturan-peraturan yang dibuat masih berupa persepsi bahwa AI mendapat kartu yang pada umumnya (tidak terlalu jelek atau tidak terlalu bagus). Sehingga jika pada kondisi-kondisi yang bervariasi maka AI masih tidak dapat berjalan seperti pola pikir manusia pada umumnya.

5.2 Saran

Adapun beberapa hal yang dapat dijadikan sebagai saran dalam proses pengembangan selanjutnya, antara lain:

- Perlu adanya tambahan peraturan permainan untuk beberapa kondisi khusus. Permainan pada aplikasi ini hanya menyangkut peraturan umum dan tidak ada variasi seperti adanya "Shiki", "Dragon", dan variasi peraturan lainnya.

- Pengembangan proses berpikir AI yang lebih advance lagi untuk situasi dan kondisi saat *game* berlangsung karena *game* ini memiliki tingkat variasi kemungkinan yang sangat banyak dan strategi yang berbeda-beda.

6. REFERENCES

- [1] Chen, H.; Jakeman, A. J.; Norton, J. P. 2008. Artificial Intelligence techniques: An introduction to their use for modeling environmental systems. *Mathematics and Computers in Simulation* 78, p(379–400).
- [2] Cingolani, P, Alcalá-Fdez, J. 2013. jFuzzyLogic: a Java Library to Design Fuzzy Logic Controllers According to the Standard for Fuzzy Control Programing. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, vol.6, p(61-75).
- [3] Debnath, S. B. C, Shill, P. C; Murase, K. 2013. Particle Swarm Optimization Based Adaptive Strategy for Tuning of Fuzzy Logic Controller. *International Journal of Artificial Intelligence & Applications (IJAIA)*, Vol.4, No1.
- [4] Entertainment Software Association. 2014. Sales, Demographic, and Usage Data of Video Game Industry 2014. URI=http://www.theesa.com/wpcontent/uploads/2014/10/ESA_EF_2014.pdf.
- [5] Iyer, P, Liu, Y, Sadeghpour, F, Brennan, R. W. 2015. A Fuzzy-Logic based Resource Levelling Optimisation Tool. *IFAC-PapersOnline* 48-3, p(1942-1947)
- [6] Kose, U. 2012. Developing a Fuzzy Logic Based Game System. *Computer Technology and Application* 3, p(510-517).
- [7] Massoudi, P, Fassihi, A. H. 2013. Achieving Dynamic AI Difficulty by Using Reinforcement Learning and Fuzzy Logic Skill Metering. *Games Innovation Conference (IGIC)*, 2013 *IEEE International*, p(163-168).
- [8] Santoso, S. 2012. Aplikasi Teori Kombinatorial dalam Permainan Kartu Capsa (Big Two). URI=<http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2013-2014/Makalah2013/MakalahIF2120-2013-045.pdf>.
- [9] Sunarto. 2011. Pembuatan Game 3 Dimensi "ME VS ALIENS" Dengan Menggunakan Unity 3D Game. URI=http://repository.amikom.ac.id/files/Publikasi_07.11.1540.pdf.
- [10] Yudhanto, P. A. 2010. Perancangan Promosi Produk Edu-Games Melalui Event. Laporan Tugas Akhir Universitas Komputer Indonesia Bandung. URI=<http://elib.unikom.ac.id/gdl.php?mod=browse&op=read&id=jbptunikompp-gdl-prasetyoad-22>