

Sistem Cerdas Permainan Papan *The Battle Of Honor* dengan *Decision Making* dan *Machine Learning*

Arnan Dwika Diasmara¹, Aditya Wikan Mahastama², Antonius Rachmat Chrismanto³
Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Informasi Universitas Kristen Duta Wacana

Jl. dr. Wahidin Sudirohusodo no. 5-25, Yogyakarta

Email: ¹arnan.dwika@ti.ukdw.ac.id, ²mahas@staff.ukdw.ac.id, ³anton@ti.ukdw.ac.id

Abstract. Intelligent System of the Battle of Honor Board Game with Decision Making and Machine Learning. *The Battle of Honor is a board game where 2 players face each other to bring down their opponent's flag. This game requires a third party to act as the referee because the players cannot see each other's pawns during the game. The solution to this is to implement Rule-Based Systems (RBS) on a system developed with Unity to support the referee's role in making decisions based on the rules of the game. Researchers also develop Artificial Intelligence (AI) as opposed to applying Case-Based reasoning (CBR). The application of CBR is supported by the nearest neighbor algorithm to find cases that have a high degree of similarity. In the basic test, the results of the CBR test were obtained with the highest formulated accuracy of the 3 examiners, namely 97.101%. In testing the AI scenario as a referee, it is analyzed through colliding pieces and gives the right decision in determining victory*

Keywords: *The Battle of Honor, CBR, RBS, unity, AI*

Abstrak. *The Battle of Honor merupakan permainan papan dimana 2 pemain saling berhadapan untuk menjatuhkan bendera lawannya. Permainan ini membutuhkan pihak ketiga yang berperan sebagai wasit karena pemain yang saling berhadapan tidak dapat saling melihat bidak lawannya. Solusi dari hal tersebut yaitu mengimplementasikan Rule-Based Systems (RBS) pada sistem yang dikembangkan dengan Unity untuk mendukung peran wasit dalam memberikan keputusan berdasarkan aturan permainan. Peneliti juga mengembangkan Artificial Intelligence (AI) sebagai lawan dengan menerapkan Case-Based reasoning (CBR). Penerapan CBR didukung dengan algoritma nearest neighbour untuk mencari kasus yang memiliki tingkat kemiripan yang tinggi. Pada pengujian dasar didapatkan hasil uji CBR dengan accuracy yang dirumuskan tertinggi dari 3 penguji yaitu 97,101%. Pada pengujian skenario AI sebagai wasit dianalisis lewat bidak yang bertabrakan dan memberikan keputusan yang tepat dalam menentukan kemenangan.*

Kata Kunci: *The Battle of Honor, CBR, RBS, unity, AI*

1. Pendahuluan

Permainan *The Battle of Honor* merupakan *game* papan yang membutuhkan AI dalam menjalankan peran wasitnya. Tetapi yang menjadi fokus utama adalah bagaimana menciptakan *machine learning* yang dapat mempelajari gerakan lawannya, dan mengambil keputusan dalam permainan *game* papan tersebut ketika tidak mengetahui bidak apa yang digerakkan oleh lawannya.

Banyak metode dan algoritma AI dalam *decision making* dan *machine learning* yang digunakan dalam *serious game*. *Serious game* adalah sebuah genre yang dirancang tidak hanya untuk bersenang-senang, tetapi juga memiliki nilai edukasi di luar akademis dengan fokus melatih suatu keahlian dengan hiburan [1]. *Serious game* menjadi topik populer tidak hanya di bidang kehidupan seperti ekologi, ekonomi bisnis, psikologi, maupun kesehatan, tetapi juga populer di ilmu lainnya [2]. Setelah melakukan riset, diputuskan untuk menggunakan metode *decision making Rule-Based Systems (RBS)*, dan *machine learning Case-Based Reasoning*

(CBR).

Papan permainan *The Battle of Honor* hingga saat ini hanya berupa papan permainan secara fisik. Tidak adanya penelitian yang sebelumnya dilakukan menjadi tantangan bagi penelitian pertama yang berfokus pada *gameplay* AI. Perlu adanya pihak ketiga yang bertindak sebagai wasit dalam menentukan bidak yang menang tanpa memberitahu pemain mengenai bidak lawannya.

Terdapat permasalahan utama dalam memainkan permainan papan *The Battle of Honor*, yaitu perlunya pihak ketiga atau orang ketiga yang hanya bertindak sebagai wasit. Wasit berperan penting dalam papan permainan ini. Jika tidak ada wasit, permainan tidak dapat berjalan sebagaimana mestinya. Penciptaan sistem pengambilan keputusan sebagai wasit dalam gim ini menerapkan RBS dengan melihat informasi pada bidak yang sedang berlawanan sebagai pihak ketiga dan CBR bagi AI yang akan menjadi lawan dari pemain tanpa menghilangkan unsur hiburan dari *game* tersebut [3].

2. Tinjauan Pustaka

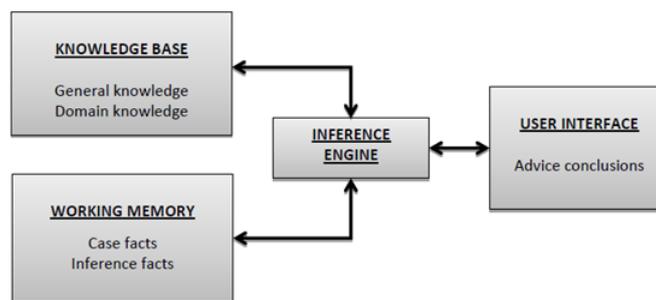
Artificial Intelligence (AI) dan *Computational Intelligence* (CI) digunakan pada 10 area penelitian pada *game*, yaitu pembelajaran perilaku *Non-Player Character* (NPC), pencarian dan perencanaan, pemodelan sebagai *player*, *benchmarks* AI, pembuatan konten secara prosedural, komputasi narasi, *believable agents*, pembantu desain *game*, penerapan AI *game* pada umumnya, dan membangun *game* komersial [4]. Sistem cerdas merupakan sistem yang menerapkan ilmu pengetahuan pada suatu mesin sehingga dapat melakukan suatu kegiatan tertentu yang membutuhkan kecerdasan [5]. *Game* adalah sebuah struktur interaktif untuk memecahkan suatu masalah, dengan memberikan pilihan yang memiliki keluaran positif ataupun negatif [6]. Kegunaan atau manfaat dari bermain *game* sudah bukan lagi sebagai hiburan saja, melainkan dapat untuk melakukan riset pada pengambilan keputusan pemainnya [7]. *Artificial Intelligence* atau biasa disingkat AI adalah subyek atau agen yang memiliki pengetahuan yang dapat berkembang dan *self-learning* serta melakukan pekerjaan yang membutuhkan kecerdasan manusia. AI dapat diartikan pula arsitektur teknologi komputasi yang berisi kumpulan data untuk menjadi pemecah masalah [8]. Pembelajaran AI pada *The Battle of Honor* juga mengacu pada *partially-observed state*, hanya sebagian data saja yang dapat diakses oleh AI [9].

2.1. Rule-Based Systems

Rule-Based Systems (RBS) merupakan program berbasis teknologi *Artificial Intelligence* (AI) yang menggambarkan sebuah pengetahuan dan memiliki kemampuan untuk melakukan *task* seperti pengambilan keputusan oleh seorang pakar [10]. RBS sendiri merupakan metode dari *expert systems* dimana *expert systems* merupakan sebuah sistem yang ditanamkan pengetahuan dari pakar. Algoritma yang merujuk pada metode RBS berupa pola bagaimana cara memenuhi suatu aturan khusus yang menjadi *knowledge base* pada sistem cerdas tersebut [11]. RBS banyak digunakan juga pada bidang kesehatan selain pada bidang *game* [12, 13, 14]. Saat ini RBS selalu digunakan pada sistem yang membutuhkan proses pengambilan keputusan sederhana namun cepat seperti deteksi penyakit anemia pada ibu hamil [15], dan bahkan dapat digunakan untuk prediksi investasi lingkungan setelah dikembangkan menjadi *fuzzy rule-based system* [16]. Penelitian-penelitian tersebut membuktikan bahwa RBS sangat cocok digunakan ketika suatu pekerjaan atau proses memiliki aturan atau penyebab yang jelas dan hasil atau akibat yang telah diketahui dari seorang pakar pekerjaan atau proses tersebut. Kemudian, mempercepat proses pengambilan keputusan ketika melakukan suatu pekerjaan atau menjalankan proses tersebut oleh suatu sistem dengan *decision making* RBS.

RBS memiliki arsitektur yang berbeda-beda tergantung kebutuhan penelitian. Pada penelitian ini, RBS *Systems* diterapkan dengan 4 komponen utama sebagai dasarnya yang diambil dari *expert systems*. Secara umum digambarkan seperti Gambar 1, yaitu *knowledge base*, *working memory*, *inference engine*, dan *user interface* [11]. *Knowledge base* adalah komponen paling utama dalam *expert systems*. Komponen ini meliputi seluruh pengetahuan

domain permasalahan yang bersangkutan. Pengetahuan yang dimaksud mencakup aturan-aturan, informasi kasus dan data lain yang berhubungan. *Knowledge base* bukanlah sistem basis data. *Working memory* berisi informasi yang diinputkan oleh pengguna. Data yang ada disini nantinya menjadi sesuatu yang akan diuji berdasarkan *knowledge base* yang ada. *Inference engine* merupakan analogi dari manusia untuk berpikir. *Inference engine* bekerja melihat data dari *knowledge base* dan *working memory* yang kemudian mencari solusinya. Komponen ini berperan utama untuk memberikan jawaban seperti halnya seorang pakar akan berkesimpulan. Ada dua tipe *inference engine* yaitu *backward chaining* dan *forward chaining*. *User interface* menjadi penghubung antara sistem dengan pengguna. Komponen ini yang berfungsi untuk menerima inputan *user* dan memberikan solusi dari sistem dalam bentuk visual, dan mempermudah pengguna, *administrator*, dan *developer* untuk berkomunikasi dengan *system*.

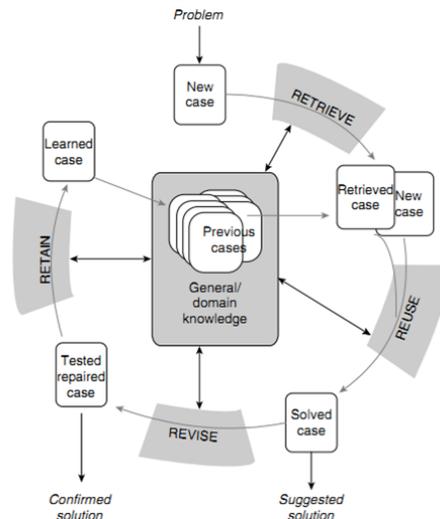


Gambar 1. Arsitektur RBS [11]

RBS sering juga diterapkan dalam *serious game* untuk mengimplementasikan sebuah acuan dan aturan-aturan yang kemudian membantu sistem dalam mengambil keputusan ataupun suatu langkah baik tercepat dan terbaik dalam bermain [1]. Peneliti memanfaatkannya untuk memberikan bantuan dalam proses belajar bagi AI dengan metode *Case-Based Reasoning* (CBR).

2.2. Case-Based Reasoning

Case-Based Reasoning (CBR) merupakan teknik dan kemampuan sistem untuk memberikan solusi berdasarkan solusi yang telah ditemukan sebelumnya [17]. CBR mempelajari dan mendalami data-data dari masalah yang telah terpecahkan [18]. Metode ini memungkinkan sistem untuk menyelesaikan kasus yang baru saja terjadi dengan melihat kasus yang telah terjadi dan diatasi [19]. Salah satu contohnya, melakukan perbaikan kerusakan kendaraan dengan memberikan rekomendasi kepada mekanik dalam mengambil keputusan [20, 21, 22]. CBR menjadi fondasi dalam suatu penelitian yang bedasarkan kasus-kasus sebelumnya, seperti saat ini digunakan untuk menentukan prioritas pasien Covid-19 berdasarkan gejalanya dan dibandingkan dengan kasus serupa [23]. Hal tersebut dapat dilakukan karena sudah ada banyaknya kasus Covid-19 dan tindak lanjut penanganannya lebih baik melihat hasil dari kasus sebelumnya yang telah ditangani. Maka dari itu, CBR dapat diterapkan dengan hasil maksimal untuk suatu pekerjaan atau proses yang pencapaian solusi kasus atau masalah yang sebelumnya telah diselesaikan. CBR memiliki 4 fase utama yang dijelaskan pada Gambar 2, yaitu [17]: *Retrieve* merupakan tahap awal yaitu mengidentifikasi kasus yang telah ada dengan melihat kemiripannya terhadap kasus baru. Kasus dicocokkan berdasarkan berbagai aspek, kemudian kasus yang memiliki tingkat kemiripan yang tinggi akan diambil solusinya. *Reuse*, menggunakan kembali informasi pada kasus lama tersebut untuk memberikan pertimbangan solusi. *Revise*, memberikan solusi akhir jika diperlukan karena belum tentu pertimbangan solusi yang telah diberikan sesuai dan dapat menyelesaikan kasus baru. *Retain*, menyimpan solusi dan seluruh data berkaitan dengan kasus yang telah diselesaikan untuk kemudian dapat digunakan kembali.



Gambar 2. Siklus CBR [17]

Penelitian ini peneliti menggunakan algoritma *nearest neighbour* yang merupakan perhitungan nilai *similarity* untuk mendapat kecocokan antar kasus. Berikut perumusan fungsi *similarity* pada Persamaan 1 [17]:

$$Total\ similarity = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot sim(f_i^T \cdot f_i^S)}{\sum_{i=1}^n W_i} \tag{1}$$

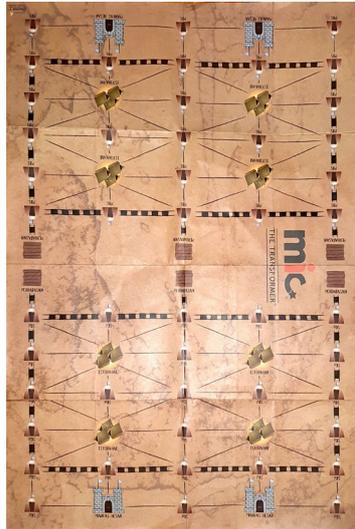
Keterangan:

- T : kasus baru
- S : kasus lama
- n : jumlah atribut dalam masing-masing kasus
- i : atribut individu antara 1 s/d n
- f : fungsi *similarity* antara kasus T dan kasus S
- W_i : bobot yang diberikan kepada atribut ke- i

2.3. Aturan Bermain *The Battle of Honor*

Permainan *The Battle of Honor* merupakan *game* papan yang cukup terkenal di penginapan Kampoeng Kidz dan Hotel Transformer Center, Batu, Malang. Permainan papan tersebut membutuhkan tiga orang untuk bermain. Dua orang sebagai *player* yang saling berhadapan, dan satu orang akan menjadi seorang wasit yang menjadi penentu pemenang pada bidak yang sedang berhadapan, menggunakan papan permainan pada Gambar 3. Aturan dan penjelasan bidak perlu diperhatikan dalam penelitian ini [24], sebagai berikut : (1) Bendera diletakkan di salah satu Markas Besar; (2) Tempat istirahat dan Perbatasan tidak boleh langsung ditempati; (3) Dinamit boleh dipasang hanya sampai baris kotak ketiga; (4) Bidak-bidak yang lain boleh ditempatkan secara bebas, tapi tidak melewati Perbatasan; (5) Melalui Jalan Setapak, bidak dapat berjalan sebanyak satu langkah; (6) Melalui Rel, bidak dapat berjalan lurus sepanjang rel sampai menemui bidak lawan; (7) Bidak tidak bisa saling melompati bidak yang lain; (8) Bidak yang bergerak tidak harus menabrak bidak lawan; (9) Bidak yang masuk ke Tempat Istirahat tidak boleh diserang, tapi tetap bisa menyerang; (10) Sebelum melintas ke wilayah lawan, bidak harus berhenti dulu di Perbatasan; (11) Bidak boleh bergerak maju, mundur, menyamping, atau serong sesuai Jalan Setapak atau Rel yang dilewati; (12) Kemenangan ditentukan oleh pangkat bidak. Bidak dengan pangkat lebih tinggi adalah pemenangnya, urutan pangkat dari yang paling rendah yaitu: Prajurit, Sersan, Letnan, Kapten, Mayor, Kolonel, Brigjen, Letjen, Panglima; (13) Bidak yang kalah / mati disingkirkan oleh wasit; (14) Bila bertemu dengan pangkat yang sama dianggap *draw* / seri, keduanya mati; (15) Bidak yang menabrak dinamit dinyatakan mati, kecuali Prajurit. Karena Prajurit menang atas

Dinamit. Dinamit yang meledak juga ikut disingkirkan; (16) Apabila bidak yang diserang adalah Bom / Meriam, maka kedua bidak dinyatakan mati; (17) Pihak yang Panglima-nya mati harus membalik bidak Bendera (tulisan menghadap ke atas; (18) Pihak yang menang perang boleh melanjutkan permainan dengan menggerakkan bidak berikutnya; (19) Apabila *draw* / keduanya mati, maka pihak lawan yang melanjutkan permainan; (20) Apabila Dinamit bertemu dengan Bom, maka keduanya mati; (21) Permainan dilanjutkan sampai ada satu pihak yang berhasil merebut / menjatuhkan Bendera lawan.



Gambar 3. Papan permainan The Battle of Honor

3. Metodologi Penelitian

3.1. Perancangan AI Sebagai Wasit dengan RBS

Rules dan *gameplay* permainan papan *The Battle of Honor* merupakan hal yang perlu dipahami dalam penelitian ini. Serangkaian *rules* yang telah dicantumkan pada landasan teori penelitian ini diimplementasi pada *prototype* permainan sebagai perancangan *Rule-Based System* (RBS) menggunakan AI sebagai wasit. Setiap bidak memiliki nilai pangkatnya masing-masing yang dipresentasikan dalam bentuk angka. Bom bernilai -2, Dinamit bernilai -1, Bendera bernilai 1, kemudian Prajurit bernilai 2 dan sesuai urutannya hingga Panglima bernilai 10.

3.2. Perancangan AI Sebagai Lawan dengan CBR

Case-Based Reasoning (CBR) menjadi kemampuan bagi AI sebagai lawan untuk melihat keadaan papan permainan dan memutuskan bagaimana AI menjalankan bidaknya dengan empat strategi yang telah ditentukan untuk bertahan dan memenangkan permainan *The Battle of Honor*. Empat strategi tersebut direpresentasikan dengan angka satu hingga empat dengan perbedaan pergerakannya seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Strategi AI

Strategi	Pergerakan AI
1	Menggerakkan bidak di sekitar tempat istirahat memasuki tempat istirahat pada area AI
2	Menggerakkan bidak yang dipilih secara <i>random</i> untuk bergerak maju atau kesamping
3	Mengincar salah satu bidak pemain dengan bidak AI yang dipilih dari langkah tercepat menuju bidak pemain atau dengan bidak AI yang diperkirakan memiliki pangkat yang lebih tinggi dari bidak pemain dan memiliki langkah tercepat
4	Mengincar bendera pemain dengan bidak AI yang memiliki langkah tercepat. Jika bendera pemain belum diketahui maka akan menebak secara <i>random</i> dari dua tempat markas besar.

CBR akan diimplementasikan dengan algoritma *nearest neighbour* dengan mencari nilai *similarity* yang tinggi ketika dibandingkan dengan kasus-kasus yang telah dilalui atau disimpan oleh AI. Kasus-kasus tersebut memiliki 11 kolom atau *feature* yang mewakili keadaan papan permainan ketika giliran pemain selesai termasuk strategi yang menjadi solusi kasus-kasus tersebut. Sebelas kolom tersebut diuraikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Feature Kasus CBR

No	Feature	Tipe Data
1	Apakah pemain memasuki wilayah AI	Boolean (1/0)
2	Apakah jalur rel kolom 0 atau 4 AI kosong	Boolean (1/0)
3	Apakah AI memasuki wilayah pemain	Boolean (1/0)
4	Apakah jalur rel kolom 0 atau 4 pemain kosong	Boolean (1/0)
5	Apakah tempat istirahat AI kosong	Boolean (1/0)
6	Apakah tempat istirahat pemain kosong	Boolean (1/0)
7	Berapa jumlah bidak pemain yang telah diperkirakan pangkatnya	Integer
8	Berapa jumlah bidak pemain yang telah diperkirakan pangkatnya memasuki tempat istirahat	Integer
9	Apakah lokasi bendera pemain diketahui	Boolean (1/0)
10	Apakah pemain mengetahui lokasi bendera AI	Boolean (1/0)
11	Solusi kasus	Integer

Kasus tersebut disimpan dalam sebuah *structure* bernama *cases*. Perhitungan *similarity* diawali dengan standar pembobotan terhadap setiap *feature* seperti pada Tabel 3. F1 merupakan *feature* yang pertama yaitu apakah pemain memasuki wilayah AI, dan dilanjutkan hingga F10 berarti *feature* kesepuluh yaitu apakah pemain mengetahui lokasi bendera AI.

Tabel 3. Standar Pembobotan

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
Bobot Similarity	1 atau 0,3	1 atau 0,5	1 atau 0,3	1 atau 0,5	1 atau 0	1 atau 0	1 atau 0	1 atau 0,3	1 atau 0	1 atau 0
Bobot kriteria	2	4	2	4	2	2	5	4	5	5

CBR menentukan kemiripan kasus dengan menggunakan *nearest neighbour* berdasarkan standar pembobotan. Perhitungan dijalankan ketika pemain telah selesai menggerakkan bidaknya, dimana kondisi papan permainan saat itu juga menjadi kasus baru yang akan ditampung sistem. Pada awal permainan, pemain menggerakkan bidaknya masuk ke tempat istirahat hingga penuh, sehingga akan membentuk data kasus baru seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Contoh Data kasus baru

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	Solusi Strategi
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Kasus baru dengan solusi strategi masih nol tersebut dibandingkan kemiripannya terhadap kasus-kasus lama yang telah tersimpan dengan solusi strateginya. Perhitungan kasus baru terhadap kasus lama pertama pada Tabel 5 adalah seperti pada Persamaan 2:

$$\text{similarity} = \frac{(2 \times 1) + (4 \times 1) + (2 \times 1) + (4 \times 1) + (2 \times 1) + (2 \times 0) + (5 \times 1) + (4 \times 1) + (5 \times 1) + (5 \times 1)}{2 + 4 + 2 + 4 + 2 + 2 + 5 + 4 + 5 + 5} \quad (2)$$

$$= 0.943$$

Perhitungan diatas dilakukan terhadap kasus-kasus lama yang tersimpan. Nilai *similarity* yang didapatkan akan dipilih yang nilainya paling tinggi sebagai kasus yang paling mirip dan kemudian menggunakan solusi strategi dari kasus lama tersebut terhadap kasus baru.

3.3. Perancangan Pengujian Dasar

Pengujian system bermain *The Battle of Honor* menggunakan papan permainan sesungguhnya melawan peneliti sebagai tahap validasi tingkat kemampuan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemampuan bermain pengujian yaitu: (1) Durasi penataan permainan; (2) Jumlah giliran; (3) Panglima berhasil disingkirkan atau tidak; (4) Frekuensi melanggar peraturan *The Battle of Honor*; (5) Jumlah bidak yang mati.

Tujuan pengujian dasar adalah memastikan pengujian mendapatkan pengalaman bermain yang menarik melawan AI hingga salah satu pihak kalah. Pengujian dasar menempatkan bidak sehingga pemain dapat menempatkan bidaknya terlebih dahulu.

3.4. Perancangan Pengujian Skenario

Pada pengujian skenario, akan disediakan tiga skenario keadaan *map* untuk pemain mendapat giliran terlebih dahulu. Tujuan pengujian skenario adalah melakukan pengecekan langkah yang tepat oleh AI ketika mengalami situasi tertentu.

Pada skenario satu, pemain menjalankan bidak LTJN menabrak bidak di depannya hingga baris dua, kemudian mundur kembali ke posisi semula. Pada baris dua kolom empat, terdapat bidak BGJN milik AI yang harusnya disingkirkan sehingga AI akan menebak bidak yang pemain jalankan adalah LTJN. Pada skenario dua, pemain akan memajukan bidak LTJN miliknya selangkah melewati perbatasan, kemudian memasukkan bidak lain ke tempat istirahat.

Pada skenario tiga, pemain memajukan bidak LTJN ke baris satu kolom empat melalui jalur rel. AI melihat jalur relnya kosong, mencoba menghentikan bidak LTJN dengan bidak AI terdekat untuk segera menyingkirkan bidak pemain. Pada tempat istirahat baris dua kolom tiga, terdapat bidak PGLM AI yang seharusnya digerakkan untuk mengalahkan bidak LTJN.

4. Hasil dan Diskusi

4.1 Pengujian Dasar

Terdapat 18 kasus yang menggambarkan keadaan papan permainan dengan solusinya sebagai *dataset* CBR dalam memberikan solusi bagi kasus baru. 18 kasus tersebut ditunjukkan pada Tabel 5 dimana F1 merupakan *feature* pertama yaitu apakah pemain memasuki wilayah AI, dan dilanjutkan hingga F10 berarti *feature* kesepuluh yaitu apakah pemain mengetahui lokasi bendera AI. Dataset berikut dirancang berdasarkan pengalaman bermain. Permainan ini tidak populer di luar penginapan Kampoeng Kidz sehingga tidak banyak yang memainkannya. Penelitian ini diharapkan bisa memperkenalkan permainan ini kepada masyarakat.

Tabel 5. Dataset Kasus CBR

No	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	Solusi Strategi
1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
3	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1
4	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	2
5	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
6	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	2
7	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	3
8	0	0	1	0	0	1	2	1	0	0	3
9	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	3
10	1	1	1	0	0	0	2	1	0	0	3
11	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	3
12	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	3
13	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	3

14	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	3
15	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	4
16	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	4
17	1	1	1	1	1	0	2	2	1	0	4
18	0	1	1	1	1	1	2	1	0	0	4

Peneliti tidak menggabungkan *dataset* kasus yang dihasilkan oleh pengujian satu dengan pengujian lainnya dengan harapan permainan setiap pengujian bersifat adil. Hasil pengujian dasar pada pengujian ketiga tidak valid dikarenakan kesalahan sistem yang disebabkan oleh peneliti, sehingga mencari orang lagi sebagai pengujian keempat dalam penelitian. Ringkasan hasil pengujian dasar terhadap CBR ditunjukkan pada Tabel 6. Pengujian hanya dilakukan ke beberapa pemain dikarenakan hanya sedikit orang yang menguasai permainan ini.

Tabel 6. Hasil Penerapan CBR Pada Pengujian Dasar

Pengujian	Total Kasus	False Solutions	Accuracy
1	86	13	84,884%
2	64	4	93,75%
3	-	-	-
4	69	2	97,101%

Hasil pengujian dasar menunjukkan bahwa penerapan CBR tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap kemenangan AI. *Accuracy* didapatkan dari solusi yang berhasil dijalankan dibagi total kasus dikali 100%. Nilai *accuracy* yang tinggi bukan berarti AI melakukan langkah yang tepat, melainkan menerapkan strategi yang dapat dilakukan oleh AI. Hasil pengukuran menggunakan *library* python *accuracy_score* dan *classification_report* untuk pemodelan *KNeighborsRegressor* seperti pada Gambar 4 dan Gambar 5.

```

Klasifikasi model: Case Pengujian 1 KNN
Accuracy score 0.86
      precision    recall  f1-score   support

     1         1.00      0.80      0.89         5
     2         0.95      0.83      0.89        24
     3         0.60      1.00      0.75         6

 accuracy                   0.86         35
 macro avg                 0.85         35
 weighted avg              0.90         35

```

Gambar 4. Pengukuran *case* pengujian 1

```

Klasifikasi model: Case dengan Penempatan Bidak Pengujian 1 KNN
Accuracy score 0.95
      precision    recall  f1-score   support

     1         1.00      0.75      0.86         4
     2         0.94      1.00      0.97        15
     3         1.00      1.00      1.00         3

 accuracy                   0.95         22
 macro avg                 0.98         22
 weighted avg              0.96         22

```

Gambar 5. Pengukuran *case* pengujian dengan penempatan bidak

Bug terjadi ketika bidak AI tinggal sedikit dikarenakan setiap strategi yang ingin dijalankan ternyata tidak memenuhi kondisi awal strategi untuk memilih bidak.

4.2 Pengujian Skenario

Jumlah solusi strategi pada setiap skenario pada Tabel 7 tergantung pada seberapa banyak AI mendapat giliran dan merespon terhadap keadaan papan permainan.

Tabel 7. Solusi yang Diberikan pada Pengujian Skenario

	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
Penguji 1	3, 3	1, 2, 2, 3	1, 2
Penguji 2	1, 3	1, 2, 2, 2	1, 2
Penguji 4	3, 3	1, 2, 2, 2	1, 2

Pengujian skenario CBR sama sekali tidak memberikan solusi strategi empat. AI menggerakkan bidaknya ke tempat istirahat hampir di setiap skenario. Peneliti melakukan pengecekan secara manual pada keputusan wasit dan tidak menemukan kesalahan gerak maupun penentuan bidak yang menang dalam pelaksanaan pengujian skenario.

5. Kesimpulan dan Saran

Sistem cerdas permainan papan *The Battle of Honor* dapat diterapkan sebagaimana mestinya dengan *decision making Rule-Based System* (RBS), tetapi dalam menciptakan AI sebagai lawan membutuhkan *dataset* kasus yang lebih banyak untuk *machine learning Case-Based Reasoning* (CBR) untuk dapat menang melawan pemain sesungguhnya.

Hasil pengujian dasar memiliki nilai *accuracy* terendah adalah 84,884% dan tertinggi mencapai 97,101%. Klasifikasi dengan model KNN dapat diterapkan pada *dataset* kasus seperti pada sistem cerdas ini dengan validasi menggunakan *library* python menghasilkan nilai *accuracy* paling tinggi yaitu 0.95. Pengujian skenario menunjukkan bahwa AI sebagai lawan dapat memiliki pendekatan gerak atau strategi yang berbeda.

Referensi

- [1] M. Frutos-Pascual dan B. G. Zapirain, "Review of the Use of AI Techniques in Serious Games: Decision-Making and Machine Learning," *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, vol. 9, pp. 133-152, Dec. 2017.
- [2] S. Çiftci, "Trends of Serious Games Research from 2007 to 2017: A Bibliometric Analysis," *Journal of Education and Training Studies*, vol. 6, no. 2, pp. 18-27, Jan. 2018.
- [3] R. A. Krisdiawan and T. Rhamdany, "IMPLEMENTASI ALGORITMA FISHER YATES PADA GAMES EDUKASI PENGENALAN HEWAN UNTUK ANAK SD BERBASIS MOBILE ANDROID," *JURNAL LPKIA*, vol. 11, no. 2, pp. 14-22, Nov. 2018.
- [4] G. N. Yannakakis dan J. Togelius, "A Panorama of Artificial and Computational Intelligence in Games," *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, pp. 317-335, Jul. 2015.
- [5] R. Akbar dan Mukhtar, "Perancangan E-Tracer Study berbasis Sistem Cerdas," *Jurnal SISFOKOM (Sistem Informasi dan Komputer)*, vol. 9, no. 1, pp. 8-12, Feb. 2020.
- [6] G. Kalmpourtzis, "The Magical Powers of the Game Designer," dalam *Educational Game Design Fundamentals : A Journey to Creating Intrinsically Motivating Learning Experiences*, New York, CRC Press, Jul. 2019, pp. 69-72.
- [7] S. D. Vermillion, R. J. Malak, R. Smallman, B. Becker, M. Sferra dan S. Fields, "An investigation on using serious gaming to study human decision-making in engineering contexts," *Design Science*, vol. 3, pp. 1-15, Sept. 2017.
- [8] M. Taddeo dan L. Floridi, "How AI can be a force for good," *Science*, pp. 751-752, Aug. 2018.
- [9] C. Berner, G. Brockman, B. Chan, V. Cheung, P. Debiak, C. Dennison, D. Farhi, Q. Fischer, S. Hashme, C. Hesse, R. Józefowicz, S. Gray, C. Olsson, J. Pachocki, M. Petrov, H. P. d. O. Pinto, J. Raiman, T. Salimans, J. Schlatter, J. Schneider, S. Sidor, I. Sutskever,

- J. Tang, F. Wolski dan S. Zhang, "Dota 2 with Large Scale Deep Reinforcement Learning," *arXiv preprint arXiv*, Dec. 2019.
- [10] N. Masri, Y. A. Sultan, A. N. Akkila, A. Almasri, A. Ahmed, A. Y. Mahmoud, I. Zaqout dan S. S. Abu-Naser, "Survey of Rule-Based Systems," *International Journal of Academic Information Systems Research (IJASIR)*, vol. 3, no. 7, pp. 1-22, Jul. 2019.
- [11] B. Abu-Nasser dan S. Abu-Naser, "Rule-Based System for Watermelon Diseases and Treatment," *International Journal of Academic Information Systems Research (IJASIR)*, pp. 1-7, Sept. 2018.
- [12] A. S. A. Mettleq and S. S. Abu-Nasser, "A Rule Based System for the Diagnosis of Coffee Diseases," *International Journal of Academic Information Systems Research (IJASIR)*, vol. 3, no. 3, pp. 1-8, May. 2019.
- [13] M. A. Alajrami and S. S. Abu-Naser, "Onion Rule Based System for Disorders Diagnosis and Treatment," *International Journal of Academic Pedagogical Research (IJAPR)*, vol. 2, no. 8, pp. 1-9, Aug. 2018.
- [14] R. Khella, "Rule Based System for Chest Pain in Infants and Children," *International Journal of Engineering and Information Systems (IJEAIS)*, vol. 1, no. 4, pp. 138-148, Jun. 2017.
- [15] S. Y. Veronica, M. N. Widyawati and S. Suryono, "Web-based rule-based system for early detection of anemia among pregnant mothers," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 1108, no. 1, p. 012021, 2021.
- [16] L.-H. Yang, F.-F. Ye, J. Liu, Y.-M. Wang and H. Hu, "An improved fuzzy rule-based system using evidential reasoning and subtractive clustering for environmental investment prediction," *Fuzzy sets and systems*, Sept. 2021.
- [17] M. Kartikasari, P. B. Santoso dan E. Yudaningtyas, "Penerapan Case Based Reasoning pada Sistem Pendukung Keputusan Penanganan Komplain Penyewa Mall," *EECCIS*, vol. 9, pp. 138-143, Aug. 2015.
- [18] S. K. Biswas, D. Devi and M. Chakraborty, "A Hybrid Case Based Reasoning Model for Classification in Internet of Things (IoT) Environment," *Journal of Organizational and End User Computing (JOEUC)*, vol. 30, no. 4, pp. 104-122, Oct. 2018.
- [19] A. Rahman, C. Slamet, W. Darmalaksana, Y. A. Gerhana dan M. A. Ramdhani, "Expert System for Deciding a Solution of Mechanical Failure in a Car using Case-Based Reasoning," *Annual Applied Science and Engineering Conference (AASEC 2017)*, pp. 1-7, Aug. 2017.
- [20] A. González-Briones, J. Prieto, F. D. L. Prieta, E. Herrera-Viedma and J. M. Corchado, "Energy Optimization Using a Case-Based Reasoning Strategy," *Sensors*, vol. 18, no. 3, p. 865, Mar. 2018.
- [21] O. Li, H. Liu, C. Chen and C. Rudin, "Deep Learning for Case-Based Reasoning through Prototypes: A Neural Network that Explains Its Predictions," *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, vol. 32, no. 1, pp. 3530-3537, Apr. 2018.
- [22] J.-B. Lamy, B. Sekar, G. Guezennec, J. Bouaud and B. Séroussi, "Explainable artificial intelligence for breast cancer: A visual case-based reasoning approach," *Artificial Intelligence In Medicine*, vol. 94, pp. 42-53, Mar. 2019.
- [23] S. Geetha, S. Narayanamoorthy, T. Manirathinam and D. Kang, "Fuzzy case-based reasoning approach for finding COVID-19 patients priority in hospitals at source shortage period," *Expert Systems with Applications*, vol. 178, p. 114997, Jun. 2021.
- [24] Media MIC Transformer, "Tutorial Battle of Honor", Youtube, Jun. 28, 2018. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=Bzg4YI-m7o0>. [Accessed: Des. 02, 2021].