

**IMPLEMENTASI MONTE CARLO TREE SEARCH PADA
PERMAINAN KARTU "DAIFUGO"**

Skripsi



oleh
EUNIKE THIRZA HANITYA C
22094703

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
2014

IMPLEMENTASI MONTE CARLO TREE SEARCH PADA PERMAINAN KARTU "DAIFUGO"

Skripsi



Diajukan kepada Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana
Sebagai Salah Satu Syarat dalam Memperoleh Gelar
Sarjana Komputer

Disusun oleh

EUNIKE THIRZA HANITYA C
22094703

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
2014

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

IMPLEMENTASI MONTE CARLO TREE SEARCH PADA PERMAINAN KARTU "DAIFUGO"

yang saya kerjakan untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Komputer pada pendidikan Sarjana Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi Universitas Kristen Duta Wacana, bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi keserjanaan di lingkungan Universitas Kristen Duta Wacana maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Jika dikemudian hari didapati bahwa hasil skripsi ini adalah hasil plagiasi atau tiruan dari skripsi lain, saya bersedia dikenai sanksi yakni pencabutan gelar keserjanaan saya.

Yogyakarta, 17 Juni 2014



EUNIKE THIRZA HANITYA C
22094703

HALAMAN PERSETUJUAN


Judul Skripsi : IMPLEMENTASI MONTE CARLO TREE SEARCH
PADA PERMAINAN KARTU "DAIFUGO"
Nama Mahasiswa : EUNIKE THIRZA HANITYA C
N I M : 22094703
Matakuliah : Skripsi (Tugas Akhir)
Kode : TIW276
Semester : Genap
Tahun Akademik : 2013/2014

Telah diperiksa dan disetujui di
Yogyakarta,
Pada tanggal 17 Juni 2014

Dosen Pembimbing I


Drs. R. Gunawan Santosa, M.Si.

Dosen Pembimbing II


Erick Purwanto, S.Kom, M.Com.

HALAMAN PENGESAHAN

IMPLEMENTASI MONTE CARLO TREE SEARCH PADA PERMAINAN KARTU "DAIFUGO"

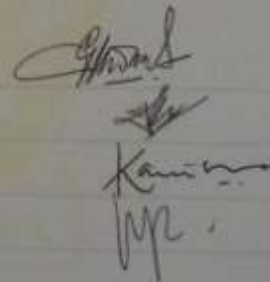
Oleh: EUNIKE THIRZA HANITYA C / 22094703

Dipertahankan di depan Dewan Penguji Skripsi
Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana - Yogyakarta
Dan dinyatakan diterima untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Komputer
pada tanggal 11 Juni 2014

Yogyakarta, 17 Juni 2014
Mengesahkan,

Dewan Penguji:

1. Drs. R. Gunawan Santosa, M.Si.
2. Erick Purwanto, S.Kom, M.Com.
3. Ignatia Dhian E.K.R., S.Kom
4. Rosa Dharma, S.Kom., M.Com.

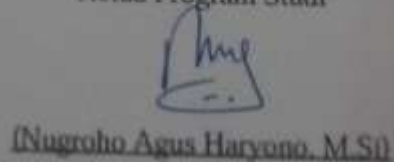


Dekan



(Drs. Wimmie Hardiwidjaja, M.T.)

Ketua Program Studi



(Nugroho Agus Haryono, M.Si)

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan yang Maha Esa, yang telah memberikan anugrah serta penyertaan yang sempurna, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul Implementasi Monte Carlo Tree Search Pada Permainan Kartu Daifugo.

Penulisan laporan ini merupakan kelengkapan dan pemenuhan dari salah satu syarat dalam meraih gelar Sarjana Komputer. Selain itu bertujuan dalam melatih mahasiswa untuk dapat menghasilkan suatu karya ilmiah yang dapat dipertanggungjawabkan dan bermanfaat bagi penggunanya.

Dalam proses penyelesaian dan pembuatan program serta laporan Tugas Akhir ini, penulis telah menerima bimbingan, masukan, saran, dan dukungan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. R. Gunawan Santosa, M.Si selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, saran, petunjuk, dan dukungan kepada penulis dalam pembuatan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Erick Purwanto, S. Kom, M. Com selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, saran, petunjuk, dan dukungan kepada penulis dalam pembuatan Tugas Akhir ini.
3. Dosen-dosen Universitas Kristen Duta Wacana yang juga telah membantu memberikan bimbingan, saran, dan petunjuk dalam pembuatan Tugas Akhir ini.

4. Teman dan keluarga yang telah memberikan semangat dan masukan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, serta pihak lain yang penulis tidak dapat sebutkan satu per satu .

Penulis menyadari bahwa program dan laporan dari Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat membangun dari pembaca, sehingga dalam waktu ke depan penulis dapat memberikan karya yang lebih baik lagi.

Akhir kata penulis meminta maaf yang sebesar-besarnya apabila dalam proses pembuatan program dan penyusunan laporan Tugas Akhir terselip kata-kata yang salah maupun kesalahan yang penulis lakukan. Semoga Tugas Akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua.

Yogyakarta, 27 Mei 2014

Penulis

INTISARI

IMPLEMENTASI MONTE CARLO TREE SEARCH PADA PERMAINAN KARTU “DAIFUGO”

Permainan Daifugo merupakan permainan kartu berjenis *climbing card game* yang berasal dari negara Jepang yang menggunakan deck kartu yang berisi 52 kartu. Permainan ini dimainkan oleh 4 orang pemain, yang pada awal permainan masing-masing pemain mempunyai 13 kartu yang dibagi secara acak. Tujuan dari permainan ini adalah menghabiskan kartu di tangan pemain secepat mungkin. Permasalahan yang dihadapi adalah bagaimana AI *player* memilih kartu/kombinasi yang optimal untuk mendapatkan *rank* tertinggi dengan waktu yang minimal.

Sistem yang dibangun untuk mencari *move* yang optimal menggunakan Monte Carlo Tree Search. Tree yang dibangun mengelompokkan kombinasi kartu berdasarkan jenisnya, dengan kombinasi kartu yang dapat dimainkan pada cabangnya. Proses *selection*, *expansion*, *simulation*, dan *backpropagation* akan diulang berdasarkan banyaknya maksimal loop yang ditentukan, yaitu 10 pada level *easy* dan 100 pada level *normal*. *Move* yang dipilih adalah *move* dengan nilai paling minimal (*rank* tertinggi dan waktu terendah) berdasarkan proses MCTS.

Hasil yang dicapai dari penelitian ini adalah untuk memperoleh keputusan *move* terbaik pemain AI untuk mencapai rank tertinggi dengan waktu terendah berdasarkan simulasi *random*.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
UCAPAN TERIMAKASIH.....	vi
INTISARI.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Metode Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Dasar Teori.....	6
2.1.1 Daifugo.....	6

2.1.2 Monte Carlo.....	14
2.1.3 Tree.....	15
2.1.4 Monte Carlo Tree Search.....	15
2.1.5 Contoh Penyelesain Kasus Menggunakan Monte Carlo Tree Search...	22
2.2 Tinjauan Pustaka.....	27
BAB 3 ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM.....	31
3.1 Use Case Diagram.....	31
3.1.1 Use Case Diagram Menu Permainan Daifugo.....	31
3.1.2 Use Case Diagram pada Permainan Daifugo.....	32
3.2 Activity Diagram.....	33
3.2.1 Activity Diagram dari Exit Game.....	33
3.2.2 Activity Diagram untuk View Rule.....	34
3.2.3 Activity Diagram untuk Play Game.....	34
3.2.4 Activity Diagram untuk Exit Game saat Game Berlangsung.....	35
3.2.5 Activity Diagram untuk Pass.....	36
3.2.6 Activity Diagram untuk Draw Card.....	36
3.2.7 Activity Diagram untuk Reset Card.....	37
3.3 Flowchart.....	38
3.3.1 Flowchart dari Jalannya Permainan Secara Keseluruhan.....	38

3.3.2 Flowchart dari Deal Card.....	39
3.3.3 Flowchart dari Arange Card.....	40
3.3.4 Flowchart dari Search for the First Trick Leader.....	41
3.3.5 Flowchart untuk Play Game.....	42
3.3.6 Flowchart dari pengecekan valid tidaknya kombinasi kartu.....	43
3.3.7 Flowchart dari update rank player.....	44
3.3.8 Flowchart dari cara kerja AI player.....	45
3.4 Perancangan Antar Muka.....	46
3.4.1 Perancangan Antar Muka Menu Utama.....	46
3.4.2 Perancangan Antar Muka Choose Level dan Avatar.....	47
3.4.3 Perancangan Antar Muka Play Game.....	47
3.4.4 Perancangan Antar Muka Show Result.....	48
3.4.5 Perancangan Antar Muka About.....	49
3.4.6 Perancangan Antar Muka Show Rule.....	50
3.5 Metode Pengujian.....	50
BAB 4 IMPLEMENTASI DAN ANALISIS SISTEM.....	52
4.1 Implementasi Sistem.....	52
4.1.1 Implementasi AI Player.....	52
4.1.2 Implementasi Game Daifugo.....	55
4.2 Analisis Sistem.....	61

4.2.1 AI Player versus Human Player.....	61
4.2.2 AI Player versus AI Player.....	64
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	69
5.1 Kesimpulan.....	69
5.2 Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA.....	71
LAMPIRAN.....	72

©UKDW

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Monte Carlo Tree Search.....	16
Gambar 2.2 Tree yang diperoleh dari hasil simulasi.....	19
Gambar 2.3 Contoh Penerapan MCTS (1).....	23
Gambar 2.4 Contoh Penerapan MCTS (2).....	24
Gambar 2.5 Contoh Penerapan MCTS (3).....	24
Gambar 2.6 Contoh Penerapan MCTS (4).....	25
Gambar 2.7 Contoh Penerapan MCTS (5).....	25
Gambar 2.8 Contoh Penerapan MCTS (6).....	26
Gambar 2.9 Contoh Penerapan MCTS (7).....	26
Gambar 3.10 Use Case Diagram Menu Permainan Daifugo.....	32
Gambar 3.11 Use Case Diagram pada Permainan Daifugo.....	32
Gambar 3.12 Activity Diagram untuk Exit Game.....	33
Gambar 3.13 Activity Diagram untuk View Rule.....	34
Gambar 3.14 Activity Diagram untuk Play Game.....	35
Gambar 3.15 Activity Diagram untuk mengakhiri permainan.....	35
Gambar 3.16 Activity Diagram untuk Pass.....	36
Gambar 3.17 Activity Diagram untuk Draw Card.....	37

Gambar 3.18 Activity Diagram untuk Reset Card.....	37
Gambar 3.19 Flowchart dari jalannya game secara keseluruhan.....	39
Gambar 3.20 Flowchart dari Deal Card.....	40
Gambar 3.21 Flowchart dari Arrange Card.....	41
Gambar 3.22 Flowchart dari Search for the 1st Trick Leader.....	42
Gambar 3.23 Flowchart dari Play Game.....	43
Gambar 3.24 Flowchart dari pengecekan valid tidaknya kombinasi kartu.....	44
Gambar3.25 Flowchart dari update rank.....	44
Gambar 3.26 Flowchart dari cara kerja AI player.....	45
Gambar 3.27 Perancangan Antar Muka Menu Utama.....	46
Gambar 3.28 Perancangan Antar Muka Choose Level and Avatar	47
Gambar 3.29 Perancangan Antar Muka Play Game.....	48
Gambar 3.30 Perancangan Antar Muka Show Result.....	49
Gambar 3.31 Perancangan Antar Muka About.....	49
Gambar 3.32 Perancangan Antar Muka Rule.....	50
Gambar 4.33 Pseudocode dari implementasi AI player menggunakan metode MCTS.....	52
Gambar 4.34 Hasil proses MCTS.....	53
Gambar 4.35 Hasil proses MCTS.....	54
Gambar 4.36 Hasil proses MCTS.....	54

Gambar 4.37 Menu Utama.....	56
Gambar 4.38 Halaman Rule.....	57
Gambar 4.39 Halaman About.....	57
Gambar 4.40 Halaman Setting.....	58
Gambar 4.41 Halaman setting saat button play diklik sebelum memilih icon character atau level.....	58
Gambar 4.42 Permainan berlangsung.....	59
Gambar 4.43 Warning saat player memainkan kartu sebelum gilirannya.....	59
Gambar 4.44 Warning jika kombinasi kartu yang dipilih player tidak valid.....	60
Gambar 4.45 Result dari permainan.....	60

©UKYDIN

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Simulasi untuk Node dengan Label 111	19
Tabel 1.2 Simulasi untuk Node dengan Label 121	20
Tabel 1.3 Simulasi untuk Node dengan Label 211	20
Tabel 1.4 Simulasi untuk Node dengan Label 221	20
Tabel 1.5 Simulasi untuk Node dengan Label 311	21
Tabel 1.6 Simulasi untuk Node dengan Label 321	21
Tabel 1.7 Simulasi untuk Node dengan Label 41	21
Tabel 1.8 Hasil dari Simulasi	22
Tabel 4.9 Hasil Pengujian AI vs Human Player pada level easy	61
Tabel 4.10 Hasil Pengujian AI vs Human Player pada level normal	62
Tabel 4.11 Persentase Rank pada Pengujian AI vs Human Player pada level easy ...	63
Tabel 4.12 Persentase Rank pada Pengujian AI vs Human Player pada level normal	63
Tabel 4.13 Hasil analisis dari pengujian AI vs Human player	64
Tabel 4.14 Set kartu untu pengujian	65
Tabel 4.15 Rencana Pengujian	65
Tabel 4.12 Persentase rank AI player pada pengujian test-I	65
Tabel 4.13 Persentase rank AI player pada pengujian test-II	66

Tabel 4.14 Persentase rank AI player pada pengujian test-III.....	66
Tabel 4.15 Persentase rank AI player pada pengujian test-IV.....	66
Tabel 4.16 Persentase rank berdasarkan set kartu.....	66
Tabel 4.17 Persentase rank AI secara keseluruhan.....	67
Tabel 4.18 Persentase rank pada Set-1.....	67
Tabel 4.19 Persentase rank pada Set-2.....	68
Tabel 4.20 Persentase rank pada Set-3.....	68
Tabel 4.21 Persentase rank pada Set-4.....	68

©UKDW

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Permainan kartu merupakan salah satu permainan yang populer dan digemari oleh banyak orang. Ada banyak jenis dari permainan kartu, salah satunya Daifugo(大富豪) atau yang juga sering disebut *Grand Millionaire*. Daifugo adalah permainan kartu yang berasal dari negara Jepang yang menggunakan standard deck (52-pack). Tujuan dari permainan ini adalah untuk menghabiskan kartu yang di tangan secepat mungkin dengan memainkan kartu yang lebih kuat daripada kartu player lainnya secara terus menerus.

Kendala dari permainan kartu ini adalah permainan ini tidak dapat dilakukan sendiri atau dengan 2 orang. Dibutuhkan minimal 3 orang untuk memainkan permainan ini. Hal ini tentunya menjadi masalah jika tidak ada cukup pemain yang mengerti mengenai permainan kartu ini, tetapi hal itu dapat diatasi dengan pemanfaatan *AI player* pada *desktop game*.

Penerapan *AI* dalam *game programming* telah banyak dipakai untuk *strategy game*. Dengan algoritma yang tepat, sebuah *computer opponent* dapat mempunyai kecerdasan yang sebanding dengan pemain pro. Pada *game* Chess, Checkers, dan Scrabble, kemampuan *computer opponent* lebih baik daripada *best human player*. Pada Backgammon, kemampuan *computer opponent* setara dengan *top human player*. Pada Go, *computer opponent* dapat mengalahkan seorang professional pada papan 9x9 dengan 9 stone. Pada Bridge (*card game*), *computer opponent* mempunyai

kemampuan rata-rata pemain kaliber, kemampuan di bawah *best human player*, tetapi mampu untuk memainkan banyak *bridge hand* yang rumit dengan sempurna.

Metode yang diterapkan pada pembuatan Tugas Akhir ini adalah Monte Carlo Tree Search. Metode ini berfungsi untuk menemukan *option* yang optimal dari *domain* yang ada dengan menguji kombinasi yang dimungkinkan, dan membangun tree berdasarkan simulasi yang dilakukan. Metode ini dipilih karena pada permainan kartu Daifugo mempunyai banyak *rule*, kombinasi, dan trik yang menghasilkan beragam result. Dengan menggunakan Monte Carlo Tree Search, semua kombinasi dapat dites dengan simulasi untuk mendapatkan hasil yang terbaik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang didapat adalah sebagai berikut:

- Bagaimana metode Monte Carlo Tree Search diterapkan pada permainan Daifugo untuk mengambil keputusan yang optimal.
- Seberapa efektif metode ini diterapkan dan berapa besar persentase *AI player* menang melawan *human player* dengan pembandingan pemain yang sama, dan diuji pada level *easy* dimana eksplorasi MCTS yang dilakukan lebih sedikit dan level *normal* dengan eksplorasi MCTS yang lebih banyak serta pengaruh banyaknya loop yang diberikan pada pengujian AI melawan AI

1.3 Batasan Masalah

Guna menghindari kesalahpahaman dan meluasnya pokok bahasan, maka penulis membatasi perumusan masalah sebagai berikut:

- Set kartu yang digunakan adalah *deck* standard yang berisi 52- kartu, tidak menggunakan Joker.
- Hanya terdapat 2 level kesulitan, yaitu *easy* dan *normal*. Hal ini bertujuan untuk membandingkan kemampuan *AI* pada saat menggunakan Monte Carlo Tree Search dengan frekuensi eksplorasi yang berbeda.
- *Game* ini membutuhkan 4 pemain: 1 *human player* dan 3 *computer opponent* (AI)
- *Game* berakhir setelah didapat juara 1,2, dan 3 pada setiap *round*.
- *Game* ini tidak dimainkan secara *online* karena hanya membutuhkan 1 *human player* sehingga tidak ada gunanya untuk dijadikan *game online*
- *Game* ini hanya terdiri dari 1 *round*
- Peraturan yang diterapkan pada *game* ini adalah: *without Joker, Deuce means clear, Forbidden Last Cards, Skip and Multi-skip, Revolution (kakumei) and Counter-Revolution (kakumei gaeshi), Sequence (kaidan), Eight Ender (hachigiri), Poker Hand, dan Suit Lock (Shibari)*

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan ilmu pengetahuan tentang kecerdasan buatan (*AI*) pada permainan kartu Daifugo dengan menggunakan metode Monte Carlo Tree Search. Manfaat dari penelitian ini adalah menghasilkan sebuah *game* kartu Daifugo dengan kemampuan *AI player* yang tinggi (di atas 60%). Pada pengembangannya, metode Monte Carlo Tree Search juga dapat digunakan untuk *game* kartu serupa, seperti capsu, big two, atau great damulti.

1.5 Metode Penelitian

Metode yang digunakan oleh penulis dalam penelitian ini adalah:

- Studi pustaka dan literatur

Mempelajari dan mencari bahan-bahan berupa teori atau contoh-contoh kasus yang ada dalam literatur, artikel, jurnal, tutorial ataupun bahan lainnya baik dari buku pendukung ataupun dari Internet yang berhubungan dengan *Artificial Intellegent* dan *Game Design*
- Konsultasi dan diskusi

Konsultasi dan diskusi dengan dosen pembimbing berhubungan dengan perancangan dan pelaporan tugas akhir serta kakak kelas yang memiliki pengalaman dalam pencarian
- Pengujian

Pengujian sistem dilakukan untuk mendapatkan hasil dan kesimpulan dari penelitian ini.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan penelitian ini dibagi menjadi 5 bab, yaitu Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Analisis dan Perancangan Sistem, Implementasi dan Analisis Sistem, Kesimpulan dan Saran.

Bab 1 merupakan Pendahuluan, yang berisikan latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab 2 merupakan Tinjauan Pustaka yang terdiri dari Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori.

Bab 3 merupakan Analisis dan Perancangan Sistem, yang berisi tahapan dan rancangan pembangunan sistem, termasuk rancangan antarmuka, *usecase*, *activity diagram*, desain bentuk model ujian, teknik rencana pengujian, *flowchart*.

Bab 4 merupakan Implementasi dan Analisis Sistem yang berisikan penjelasan diagram blok sistem, komponen dan hubungannya, *pseudocode* dari

flowchart yang ada pada bab 3, *capture* dari sistem yang dibangun, evaluasi, serta keunggulan dan kekurangan sistem.

Bab 5 merupakan Kesimpulan dan Saran yang berisi kesimpulan dari penelitian serta menjawab rumusan masalah yang dipaparkan pada bab 1, dan saran untuk pengembangan penelitian berikutnya.

©UKDW

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa hasil dari pengujian *AI player* melawan *AI player*, maka dapat disimpulkan semakin besar jumlah perulangan / *loop*, semakin optimal performa *AI*. *Loop* optimal untuk *AI* daifugo adalah antara 50 sampai 100. Faktor lain yang mempengaruhi persentase kemenangan *AI* adalah *luck* (kartu player) dan *move player* yang dapat mengubah strategi *AI* (*skip* dan *multi-skip*, *revolution* dan *counter revolution*, *lock*).

Berdasarkan analisa hasil dari pengujian *AI player* melawan *human player*, maka dapat disimpulkan pada *level easy* persentase kemenangan *AI* melawan *human player* mencapai 65%, sedangkan pada *level normal* persentase kemenangan *AI* melawan *human player* mencapai 80%. Persentase *human player* mendapatkan *rank* terendah pada *level easy* adalah sebesar 10%, dan persentase *human player* mendapatkan *rank* terendah pada *level normal* adalah sebesar 15%.

Kelemahan dari *AI player* yang dibangun terletak pada bagian simulasi dimana:

- Tidak adanya strategi untuk mengatasi kemungkinan *forbidden last card*, yaitu memainkan kartu yang dilarang untuk dimainkan sebagai kartu terakhir dari player yang menyebabkan player mendapatkan *rank* terendah
- Tidak adanya strategi untuk tidak memainkan kartu pada saat tertentu (menunggu kartu tertinggi dimainkan, menyimpan kartu untuk kombinasi yang lebih menguntungkan)

- Tidak adanya strategi untuk mencegah terjadinya *revolusi/counter-revolusi* yang merugikan player tersebut

5.2 Saran

Berikut merupakan saran pengembangan berdasarkan implementasi Monte Carlo Tree Search pada *AI player* untuk permainan daifugo yang telah dilakukan:

- Implementasi *opponent modelling* atau *pattern recognition* untuk pengambilan *move* pada simulasi sehingga *move* yang diambil lebih realistis, dan hasil dari simulasi lebih akurat.
- Implementasi basis Bradley-Terry untuk mengkalkulasi *weight* kartu pemain tiap giliran yang dapat digunakan sebagai bahan perhitungan *move* pada simulasi

©UKDM

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, Ernest. 2010. *Fundamentals of Game Design*. United States of America: Pearson.
- Bounzy, Bruno. *MCTS Experiments on the Voronoi Games*. Lipade Universite Paris Descartes, FRANCE
- Browne, Cameron. *A Survey of Monte Carlo Tree Search Methods*. IEEE:2012
- Chaslot, Guillaume. Bakkes, Sanders. Szita, Istvan. Spronck, Pieter. *Monte Carlo Tree Search: A New Framework For Game AI*. Universiteit Maastricht.
- Gerrison, G.E.H. 2010. *Combining Monte Carlo Tree Search and Opponent Modeling in Poker*. Maastricht University
- Kozelek, Tomas. 2009. *Method of MCTS and the Game Arimaa*. Charles University in Prague Faculty of Mathematics and Physics: 2009
- Kleij, A. A. J. van der. 2010. *Monte Carlo Tree Search and Opponent Modeling Through Player Clustering in No-Limit Texas Hold'em Poker*. Netherlands: University of Groningen
- Whitehouse, Daniel. Powley, Edward J. Cowling, Peter I. *Determinization and Information Set Monte Carlo Tree Search for the Card Game Dou Di Zhu*.
- 須藤, 郁弥. 篠原, 歩. モンテカルロ法を用いたコンピュータ大貧民の思考ルーチン設計. 東北大学大学院 情報科学研究科
- 須藤, 郁弥. 成澤, 和志. 篠原, 歩. UECコンピュータ大貧民大会向けクライアント「snow1」の開発. 東北大学 大学院情報科学研究科