

**PENERAPAN ALGORITMA *MONTE CARLO TREE SEARCH*
PADA PERMAINAN HALMA**

SKRIPSI

VINCENTIUS

111402075



**PROGRAM STUDI S1 TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
MEDAN
2016**

PENERAPAN ALGORITMA *MONTE CARLO TREE SEARCH*
PADA PERMAINAN HALMA

SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi tugas dan memenuhi syarat memperoleh ijazah
Sarjana Teknologi Informasi

VINCENTIUS

111402075



PROGRAM STUDI S1 TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
MEDAN
2016

PERSETUJUAN

Judul : PENERAPAN ALGORITMA *MONTE CARLO TREE SEARCH* PADA PERMAINAN HALMA

Kategori : SKRIPSI

Nama : VINCENTIUS

Nomor Induk Mahasiswa : 111402075

Program Studi : SARJANA (S1) TEKNOLOGI INFORMASI

Departemen : TEKNOLOGI INFORMASI

Fakultas : ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA

Komisi Pembimbing :

Pembimbing 2 Pembimbing 1

Sarah Purnamawati, ST., M.Sc
NIP. 19830226 201012 2 003

Dr. Erna Budhiarti Nababan, M.IT
NIP. -

Diketahui/disetujui oleh
Program Studi S1 Teknologi Informasi
Ketua,

Muhammad Anggia Muchtar, ST., MM.IT
NIP. 19800110 200801 1 010

PERNYATAAN

**PENERAPAN ALGORITMA MONTE CARLO TREE SEARCH
PADA PERMAINAN HALMA**

SKRIPSI

Saya mengakui bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, kecuali beberapa kutipan dari ringkasan yang masing-masing telah disebutkan sumbernya.

Medan, 21 November 2016

Vincentius

111402075

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji Syukur penulis ucapkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang masih memberikan kesempatan dan kesehatan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer, pada Program Studi S1 Teknologi Informasi di Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Sumatera Utara.

Dalam proses penulisan skripsi ini, penulis banyak mengalami kesulitan dan hambatan, namun berkat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak yang diberikan kepada penulis, hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Runtung Sitepu, SH., M.Hum selaku Rektor Universitas Sumatera Utara.
2. Bapak Prof. Dr. Opim Salim Sitompul, M.Sc selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Sumatera Utara.
3. Bapak Muhammad Anggia Muchtar, ST., MM.IT selaku Ketua Program Studi S1 Teknologi Informasi Universitas Sumatera Utara.
4. Bapak Mohammad Fadly Syahputra, B.Sc., M.Sc.IT selaku Sekretaris Program Studi S1 Teknologi Informasi Universitas Sumatera Utara.
5. Ibu Dr. Erna Budhiarti Nababan, M.IT selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, saran dan masukan kepada penulis dalam pengerjaan skripsi ini.
6. Ibu Sarah Purnamawati, ST., M.Sc selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, saran dan masukan kepada penulis dalam pengerjaan skripsi ini.
7. Bapak Ainul Hizriadi, S.Kom., M.Sc selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan kritik dan saran kepada penulis dalam penyempurnaan skripsi ini.
8. Ibu Ulfi Andayani, S.Kom., M.Kom selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan kritik dan saran kepada penulis dalam penyempurnaan skripsi ini.

9. Semua dosen dan semua pegawai di Program Studi S1 Teknologi Informasi Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Sumatera Utara.
10. Secara khusus penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orangtua penulis, Ayahanda R. Siagian dan Ibunda D. Marpaung yang dengan keikhlasan dan ketulusan hatinya membesarkan, mendidik, memberikan doa restu, cinta kasih, pengorbanan, dan dukungan, baik dukungan moril maupun materil yang diberikan kepada penulis.
11. Teman-teman mahasiswa S1 Teknologi Informasi stambuk 2011 yang telah memberikan semangat dan menjadi teman diskusi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
12. Semua pihak yang terlibat langsung ataupun tidak langsung yang tidak dapat penulis ucapkan satu per satu yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan pada skripsi ini. Oleh karena itu, kepada pembaca agar kiranya memberikan kritik dan saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan skripsi ini. Sehingga dapat bermanfaat bagi kita semuanya.

Medan, November 2016

Penulis,

(Vincentius)

ABSTRAK

Penerapan *Artificial Intelligence* (AI) telah berhasil dilakukan pada berbagai jenis permainan, khususnya pada jenis permainan papan seperti Catur, *Go* dan *Checkers*. Pada penelitian ini, AI dirancang pada permainan papan lainnya yaitu Halma. Permainan Halma dapat dimainkan oleh 2 atau 4 pemain pada bidang persegi ukuran 16×16 dengan jumlah pion 13 untuk masing-masing pemain. Tujuan dari permainan Halma adalah untuk memindahkan seluruh pion pemain dari daerah asal menuju daerah tujuan disebaliknya. Pemain yang lebih dahulu memindahkan seluruh pion miliknya ke daerah tujuan dinyatakan sebagai pemenangnya. Langkah pion Halma dapat berupa langkah biasa atau langkah lompatan ke segala arah tergantung pada posisi pion dengan posisi pion lainnya. Dalam penyelesaian permainan Halma, diperlukan suatu pendekatan untuk mencari langkah pion dengan sedikit pergerakan. Metode yang digunakan untuk menentukan langkah pion Halma adalah algoritma *Monte Carlo Tree Search* (MCTS). Algoritma MCTS merupakan algoritma pencarian yang melakukan simulasi permainan untuk mendapatkan langkah yang terbaik. Dalam proses pencarian algoritma MCTS pada permainan Halma ini, digunakan strategi pemberian skor dan strategi langkah simulasi berdasarkan posisi pion dan perhitungan jarak dengan posisi tujuan terjauh. Dari pengujian yang dilakukan, algoritma MCTS dapat menyelesaikan permainan Halma lebih baik dari pemain manusia dengan total giliran paling sedikit sebanyak 113 untuk 2 pemain dan 192 untuk 4 pemain.

Kata kunci : Halma, permainan papan, *Monte Carlo Tree Search*, *Artificial Intelligence*

IMPLEMENTATION OF MONTE CARLO TREE SEARCH IN HALMA GAME

ABSTRACT

The implementation of Artificial Intelligence (AI) has been successfully performed on various types of games, especially on board games like Chess, Go and Checkers. In this research, AI is applied on another board game namely Halma. The Halma game can be played by two or four players on a square field size 16×16 with a 13 of pawns for each player. The purpose of the game is to move the entire player pawns from the origin area to the opposing destination. The player who moved all his pawns first to the goal area declared as the winner. Halma pawns step can be a regular step or a jump step in any direction depending on the position of the pawn with another pawn position. In the finishing of the game Halma, an approach to search pawn move with little movement is needed. The method used to determine the steps of Halma pawns are Monte Carlo Tree Search (MCTS) algorithm. MCTS algorithm is a search algorithm to simulate the game to get the best move. In the search process of MCTS on this Halma game, scoring and simulation step strategies is used based on the position of the pawns and the calculation of the distance to the farthest destination position. Based on the tests, the MCTS algorithm can finish the Halma game better than a human player with the fewest total of the turns at 113 turns for 2 players and 192 turns for 4 players.

Keywords : Halma, board game, Monte Carlo Tree Search, Artificial Intelligence

DAFTAR ISI

	Hal.
PERSETUJUAN	ii
PERNYATAAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Metodologi Penelitian	3
1.7. Sistematika Penulisan	4
BAB 2 LANDASAN TEORI	5
2.1. <i>Game</i>	5
2.1.1. <i>Game Theory</i>	5
2.2. Kecerdasan Buatan dalam <i>Game</i>	6
2.3. <i>Game Tree Search</i>	7
2.4. <i>Monte Carlo Tree Search (MCTS)</i>	9
2.5. <i>Depth-First Search (DFS)</i>	12
2.6. Halma	13

2.7. Penelitian Terdahulu	14
BAB 3 ANALISIS DAN PERANCANGAN	16
3.1. Arsitektur Umum	16
3.2. Analisis	17
3.2.1. <i>Ilustrasi Permainan Halma</i>	17
3.2.2. <i>Analisis Algoritma MCTS pada Permainan Halma</i>	20
3.2.2.1. <i>Strategi Penentuan Skor Permainan</i>	20
3.2.2.2. <i>Strategi Langkah Simulasi</i>	20
3.2.2.3. <i>Proses Pencarian dengan Algoritma MCTS</i>	21
3.2.2.4. <i>Pemilihan Final Move</i>	35
3.2.3. <i>Analisis Algoritma DFS</i>	36
3.3. Perancangan	38
3.3.1. <i>Pemodelan Visual dengan UML</i>	38
3.3.1.1. <i>Diagram Use Case</i>	39
3.3.1.2. <i>Diagram Activity</i>	39
3.3.2. <i>Flowchart Aplikasi</i>	43
3.3.3. <i>Perancangan Antarmuka</i>	43
3.3.3.1. <i>Tampilan Utama</i>	43
3.3.3.2. <i>Tampilan Game Mode</i>	44
3.3.3.3. <i>Tampilan Game</i>	45
BAB 4 IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN	47
4.1. Implementasi	47
4.1.1. <i>Spesifikasi Perangkat Keras</i>	47
4.1.2. <i>Spesifikasi Perangkat Lunak</i>	47
4.1.3. <i>Hasil Eksekusi Aplikasi</i>	47
4.1.3.1. <i>Tampilan Utama</i>	48
4.1.3.2. <i>Tampilan Game Mode</i>	48
4.1.3.3. <i>Tampilan Game</i>	49
4.2. Pengujian	51
4.2.1. <i>Pengujian Proses Bermain</i>	51

4.2.2. <i>Pengujian Batas Jumlah Iterasi MCTS</i>	57
4.2.3. <i>Pengujian Kemampuan AI terhadap User</i>	58
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1. Kesimpulan	60
5.2. Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61

DAFTAR TABEL

	Hal.
Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu	15
Tabel 3.1. Keterangan Langkah Pion A	19
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Batas Iterasi (a) <i>Two Players</i> dan (b) <i>Four Players</i>	57
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Kemampuan AI terhadap <i>User</i> pada Mode <i>Two Players</i>	58
Tabel 4.2. Hasil Pengujian Kemampuan AI terhadap <i>User</i> pada Mode <i>Four Players</i>	59

DAFTAR GAMBAR

	Hal.
Gambar 2.1. Model AI dalam <i>Game</i>	7
Gambar 2.2. <i>Game Tree</i> pada <i>Game Tic-Tac-Toe</i>	8
Gambar 2.3. <i>Game Tree</i> dalam Bentuk Abstrak	9
Gambar 2.4. Proses Pencarian MCTS	10
Gambar 2.5. Ilustrasi <i>Depth-First Search</i>	12
Gambar 2.6. Bentuk Permainan Halma	13
Gambar 3.1. Arsitektur Umum	16
Gambar 3.2. Ilustrasi Permainan Halma Sebagian pada Bidang Koordinat	18
Gambar 3.3. Delapan Arah Langkah Pion Halma	18
Gambar 3.4. Langkah-Langkah yang Dapat Dilakukan Pion A	19
Gambar 3.5. <i>State</i> Permainan Halma Sebagian	22
Gambar 3.6. Penelusuran <i>Node</i>	23
Gambar 3.7. Pemilihan <i>Node</i> D3	24
Gambar 3.8. <i>State</i> Permainan <i>Node</i> D3 (10,10)	25
Gambar 3.9. Penambahan <i>Node</i> Baru	25
Gambar 3.10. <i>State Expansion Node</i> Langkah I2 (7,8)	26
Gambar 3.11. Langkah Simulasi hingga 2 Kali Gerakan Pion A	27
Gambar 3.12. Langkah Simulasi Pertama <i>Node</i> C4 Dipilih secara Acak	29
Gambar 3.13. <i>State</i> Permainan Simulasi Pertama C (11,10)	29
Gambar 3.14. Langkah Simulasi Kedua <i>Node</i> G3 Dipilih secara Acak	31
Gambar 3.15. <i>State</i> Permainan Simulasi Kedua G (3,3)	32
Gambar 3.16. Langkah Simulasi Ketiga <i>Node</i> D10 Dipilih secara Acak	33
Gambar 3.17. <i>State</i> Permainan Langkah Simulasi Ketiga D10 (8,10)	34
Gambar 3.18. <i>Update</i> Statistik Skor hingga ke <i>Node Parent</i>	35
Gambar 3.19. Pemilihan <i>Final Move</i> dengan Skor Tertinggi	36
Gambar 3.20. Langkah Lompatan Berkali-kali Pion A	36

Gambar 3.21. <i>Search Tree</i> Algoritma DFS untuk Langkah A Menuju Posisi A12	37
Gambar 3.22. Jalur Langkah Lompatan Berkali-kali Pion A	38
Gambar 3.23. Diagram <i>Use Case</i>	39
Gambar 3.24. Diagram <i>Activity New Game</i> dengan <i>Two Players</i>	40
Gambar 3.25. Diagram <i>Activity New Game</i> dengan <i>Four Players</i>	40
Gambar 3.26. Diagram <i>Activity User</i> Bermain	41
Gambar 3.27. Diagram <i>Activity AI</i> Bermain	42
Gambar 3.28. <i>Flowchart</i> Aplikasi	43
Gambar 3.29. Rancangan Tampilan Utama	44
Gambar 3.30. Rancangan Tampilan <i>Game Mode</i>	45
Gambar 3.31. Rancangan Tampilan <i>Game</i>	46
Gambar 4.1. Tampilan Utama	48
Gambar 4.2. Tampilan <i>Game Mode</i>	49
Gambar 4.3. Tampilan <i>Game</i> dengan (a) 2 Pemain dan (b) 4 Pemain	50
Gambar 4.4. Kotak Biru Menunjukkan Langkah yang Diizinkan	51
Gambar 4.5. Pion <i>User</i> Berpindah	52
Gambar 4.6. Giliran Pemain AI Memindahkan Pion	53
Gambar 4.7. Langkah Lompatan Pion <i>User</i> dan AI	53
Gambar 4.8. Sebaran Pion Mengarah ke Daerah Tujuan	54
Gambar 4.9. Dialog Konfirmasi <i>End Game</i>	55
Gambar 4.10. Panel Akhir Permainan Halma Belum Selesai	56
Gambar 4.11. Panel Akhir Permainan Halma Hingga Selesai	56