

**IMPLEMENTASI ALGORITMA NEGAMAX PADA PERMAINAN TIC-
TAC-TOE TIGA DIMENSI**

SKRIPSI



Diajukan oleh:

AGATHA LINDAWATI

71110065

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

2015

**IMPLEMENTASI ALGORITMA NEGAMAX PADA PERMAINAN TIC-
TAC-TOE TIGA DIMENSI**

SKRIPSI



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

Diajukan oleh:

AGATHA LINDAWATI

71110065

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
YOGYAKARTA**

2015

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

IMPLEMENTASI ALGORITMA NEGAMAX PADA PERMAINAN TIC-TAC-TOE 3D

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, 29 September 2015



AGATHA LINDAWATI
71110065

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : PERANCANGAN TIC-TAC-TOE TIGA DIMENSI
DENGAN MENGIMPLEMENTASI ALGORITMA
NEGAMAX
Judul : AGATHA LINDAWATI
N I M : 71110065
Matakuliah : Skripsi (Tugas Akhir)
Kode : TIW276
Semester : Gasal
Tahun Akademik : 2015/2016

Telah diperiksa dan disetujui
di Yogyakarta,
Pada tanggal 9 September 2015

Dosen Pembimbing I



Rosa Delima, S.Kom., M.Kom.

Dosen Pembimbing II



Hendro Setiadi, M.Eng.

HALAMAN PENGESAHAN

IMPLEMENTASI ALGORITMA NEGAMAX PADA PERMAINAN TIC-TAC-TOE 3D

Oleh: AGATHA LINDAWATI / 71110065

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 16 September 2015

Yogyakarta, 29 September 2015
Mengesahkan,

Dewan Penguji:

1. Rosa Delima, S.Kom., M.Kom.
2. Hendro Setiadi, M.Eng.
3. Gani Indriyanta, Ir. M.T.
4. Sri Suwarno, Dr. Ir. M.Eng.

Dekan

(Eva Susanto, S.Kom., M.T.)

Ketua Program Studi

(Gloria Virginia, Ph.D.)

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya, skripsi yang berjudul “Perancangan Tic-Tac-Toe Tiga Dimensi Dengan Mengimplementasi Algoritma Negamax” dapat terselesaikan. Penulis menyusun skripsi ini dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk mencapai gelar sarjana (S1) pada Program Studi Teknik Informatika. Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta.

Penulis menyadari banyak masukan, saran, dan campur tangan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis hendak berterima kasih kepada:

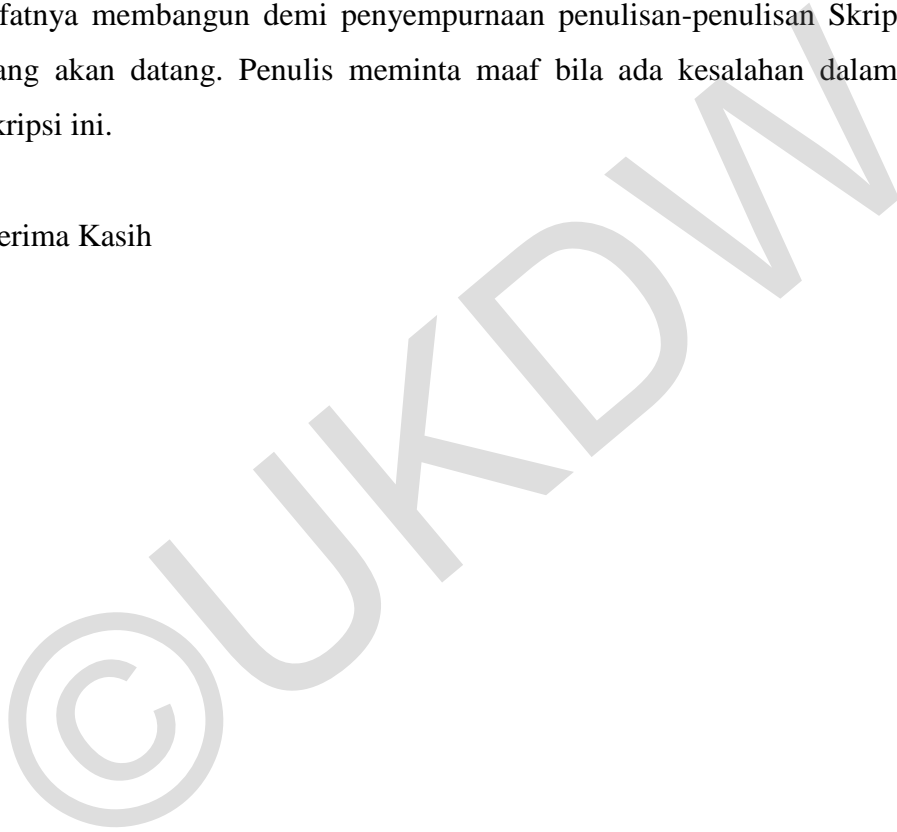
1. Tuhan Yesus Kristus yang telah menyertai saya selama kuliah terutama ketika saya menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Rosa Delima, S.Kom., M.Kom selaku dosen pembimbing I, yang telah banyak membantu dan membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Hendro Setiadi, M.Eng selaku dosen pembimbing II yang juga telah banyak membimbing, memberikan bantuan dan masukan dalam proses penyusunan skripsi.
4. Bapak Aditya Wikan Mahastama, S.Kom yang telah banyak membimbing, memberikan bantuan dan masukan dalam proses pembuatan program.
5. Keluarga terkasih, Mama dan kedua koko saya yang memberikan dukungan dan semangat hingga skripsi ini bisa selesai.
6. Feli W, Nindy, Stefanus dan Madya yang telah memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis selama pembuatan program hingga skripsi selesai.
7. Teman-teman Teknik Informatika Universitas Kristen Duta Wacana angkatan 2011 yang telah memberikan dukungan, bantuan dan telah bersama-sama berjuang untuk menyelesaikan skripsi, terutama untuk Lidya, Daniel Roy, Hanako, Ardhian, Robert, Adit, Lyvi, Stefi, Silvi, Vicky, Andy, Tanu dan Wawan.

8. Terakhir, penulis hendak berterima kasih pula untuk setiap nama yang tidak bisa disebutkan satu per satu, terima kasih atas dukungan dan doa yang telah diberikan tanpa diketahui penulis.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, tentunya penulis masih memiliki banyak kekurangan pada topik dalam skripsi ini dan penulisannya yang masih banyak terdapat kekurangan.

Oleh karena itu, penulis sangat menghargai dan menerima jika ada berbagai masukan dari para pembaca baik berupa kritik maupun saran yang sifatnya membangun demi penyempurnaan penulisan-penulisan Skripsi di masa yang akan datang. Penulis meminta maaf bila ada kesalahan dalam penulisan skripsi ini.

Terima Kasih



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “IMPLEMENTASI ALGORITMA NEGAMAX PADA PERMAINAN TIC-TAC-TOE TIGA DIMENSI”.

Dengan selesainya tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan masukan-masukan kepada penulis. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terimakasih.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan baik dari bentuk penyusunan maupun materinya. Oleh karena itu segala kritikan dan saran yang membangun akan penulis terima dengan baik. Akhir kata semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat kepada kita sekalian.

Yogyakarta, September 2015

Penulis

INTISARI

IMPLEMENTASI ALGORITMA NEGAMAX PADA PERMAINAN TIC-TAC-TOE TIGA DIMENSI

Permainan tic tac toe merupakan permainan klasik berjenis permainan papan berukuran 3x3. Seiring dengan perkembangan Permainan dari 2 dimensi ke 3 dimensi sejak tahun 1990an, sehingga dalam penelitian ini penulis mengembangkan Permainan tic tac toe tersebut menjadi bentuk 3 dimensi dengan ukuran 3x3x3. Permainan dibuat dengan basis pemain melawan komputer dimana komputer merupakan agen cerdas yang dapat berpikir seperti manusia. Algoritma Negamax diimplementasikan oleh agen cerdas untuk mengambil keputusan.

Dalam pencarian Negamax, nilai heuristik menjadi variabel penting dalam algoritma tersebut sehingga menentukan nilai heuristik dari setiap node dalam pohon pencarian permainan Tic Tac Toe 3D dengan benar dan tepat sangat diperlukan sehingga hasil yang didapat dari algoritma negamax dapat berjalan dengan tepat. Pengujian dilakukan dengan meminta 20 responden untuk memainkan Permainan melawan agen cerdas sebanyak 6 kali untuk melihat hasil permainan. Berdasarkan hasil analisa, agen cerdas yang dibuat oleh penulis cenderung memenangkan permainan melawan pemain *beginer* dan *intermediate* serta seri melawan pemain sehingga dapat disimpulkan bahwa pemberian nilai heuristik dan pengimplemenatsian negamax dalam Permainan ini sudah optimal.

Keywords: *Negamax, Heuristik, Tic Tac Toe 3D*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
INTISARI.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1.....	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. Metodologi Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Penulisan	6
BAB 2.....	8
TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1. Tinjauan Pustaka	8
2.2. Landasan Teori.....	9
2.2.1. Permainan Tic Tac Toe	9
2.2.2. Agen Cerdas	10
2.2.3. Nilai Heuristic	10
2.2.4. Algoritma <i>Negamax</i>	12
2.2.5. Unity3D	14
BAB 3.....	15
PERANCANGAN SISTEM	15

3.1	Kebutuhan Perangkat Keras dan Lunak	15
3.2.	Gambaran Kerja Sistem.....	15
3.2.1.	Aturan Permainan TicTacToe 3D.....	15
3.2.2.	Perancangan Permainan	16
3.2.3.	Algoritma Permainan	17
3.3.	Perancangan Tampilan.....	21
BAB 4.....		26
IMPLEMENTASI DAN ANALISIS SISTEM.....		26
4.1.	Implementasi Sistem.....	26
4.1.1.	Implementasi Antar Muka Sistem.....	26
4.1.1.1.	Tampilan Awal Permainan	26
4.1.1.2.	Tampilan Halaman Utama Permainan	29
4.1.1.3.	Tampilan Halaman Hasil Permainan	30
4.1.1.4.	Tampilan Halaman Akhir Permainan	32
4.1.2.	Implementasi Agen Cerdas padaTic Tac Toe 3D	33
4.1.2.1.	Implementasi Gerak Objek Agen Cerdas	33
4.1.2.2.	Implementasi Algoritma Negamax Agen Cerdas	34
4.1.2.3.	Implementasi Nilai Heuristik Agen Cerdas.....	35
4.2.	Analisis PermainanTic Tac Toe 3D.....	36
4.2.1.	Analisis Pengujian Agen Cerdas Vs Pemain.....	38
4.2.1.1.	Pemain Beginner	39
4.2.1.2.	Pemain Intermediate	40
4.2.1.3.	Pemain Expert.....	41
BAB 5.....		43
KESIMPULAN DAN SARAN.....		43
5.1.	Kesimpulan.....	43
5.2.	Saran	43
DAFTAR PUSTAKA		45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1.Rancangan papan permainan TicTacToe 3D	5
Gambar 2. 1 Contoh state tictactoe2D	11
Gambar 2. 2 Pseudocode Minimax	12
Gambar 2. 3 Pseudocode Negamax	12
Gambar 2. 4 Pohon pencarian minimax	13
Gambar 2. 5 Pohon pencarian negamax.....	13
Gambar 3. 1 Use Case Diagram TicTacToe 3D	16
Gambar 3. 2 Bagan Alur sistem permainan TicTacToe 3D dengan algoritma Negamax .	17
Gambar 3. 3 Flowchart permainan TicTacToe 3D dengan algoritma Negamax	18
Gambar 3. 4 Flowchart Algoritma Negamax pada TicTacToe 3D.....	19
Gambar 3. 5 Flowchat Nilai HeuristicTic Tac Toe 3D.....	20
Gambar 3. 6 Tampilan utama permainan TicTacToe 3D	22
Gambar 3. 7 Tampilan halaman Instruksi Permainan TicTacToe 3D	22
Gambar 3. 8 Tampilan halaman Tentang Permainan TicTacToe 3D	23
Gambar 3. 9 Tampilan halaman option pada permainanTic Tac Toe 3D.....	23
Gambar 3. 10 Tampilan halaman permainan TicTacToe 3D.....	24
Gambar 3. 11 Tampilan halaman hasilTic Tac Toe 3D.....	24
Gambar 3. 12 Tampilan halaman terakhir yang menampilkan hasil permainan.....	25
Gambar 4. 1 Tampilan halaman "Home" padaTic Tac Toe 3D.....	27
Gambar 4. 2 Tampilan halaman "Instruksi" padaTic Tac Toe 3D.....	27
Gambar 4. 3 Tampilan halaman "Tentang Permainan" padaTic Tac Toe 3D.....	28
Gambar 4. 4 Tampilan halaman "Option"Tic Tac Toe 3D	29
Gambar 4. 5 Tampilan Halaman UtamaTic Tac Toe 3D	29
Gambar 4. 6Tampilan Halaman Kalah padaTic Tac Toe 3D.....	30
Gambar 4. 7 Tampilan Halaman Menang padaTic Tac Toe 3D	31
Gambar 4. 8Tampilan Halaman Seri padaTic Tac Toe 3D.....	31
Gambar 4. 9 Tampilan Halaman Hasil padaTic Tac Toe 3D.....	32
Gambar 4. 10 Contoh kasus dalam Tic Tac Toe 3D	36
Gambar 4. 11 Gambar kubik pada Tic Tac Toe 3D.....	36
Gambar 4. 12 Penerapan Negamax pada Contoh Kasus.....	37
Gambar 4. 13 Solusi pada Contoh Kasus.....	38
Gambar 4. 14 Diagram Hasil Permainan Komputer vs Beginner	39
Gambar 4. 15 Diagram Hasil Permainan Komputer vs Intermediate	41
Gambar 4. 16 Diagram Hasil Permainan Komputer vs expert.....	42

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Pemain Beginner	39
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Pemain Intermediate	40
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Pemain Expert	41
Tabel 4. 4 Tabel Kemungkinan Menang Komputer dan Pemain.....	42

©UKDW

INTISARI

IMPLEMENTASI ALGORITMA NEGAMAX PADA PERMAINAN TIC-TAC-TOE TIGA DIMENSI

Permainan tic tac toe merupakan permainan klasik berjenis permainan papan berukuran 3x3. Seiring dengan perkembangan Permainan dari 2 dimensi ke 3 dimensi sejak tahun 1990an, sehingga dalam penelitian ini penulis mengembangkan Permainan tic tac toe tersebut menjadi bentuk 3 dimensi dengan ukuran 3x3x3. Permainan dibuat dengan basis pemain melawan komputer dimana komputer merupakan agen cerdas yang dapat berpikir seperti manusia. Algoritma Negamax diimplementasikan oleh agen cerdas untuk mengambil keputusan.

Dalam pencarian Negamax, nilai heuristik menjadi variabel penting dalam algoritma tersebut sehingga menentukan nilai heuristik dari setiap node dalam pohon pencarian permainan Tic Tac Toe 3D dengan benar dan tepat sangat diperlukan sehingga hasil yang didapat dari algoritma negamax dapat berjalan dengan tepat. Pengujian dilakukan dengan meminta 20 responden untuk memainkan Permainan melawan agen cerdas sebanyak 6 kali untuk melihat hasil permainan. Berdasarkan hasil analisa, agen cerdas yang dibuat oleh penulis cenderung memenangkan permainan melawan pemain *beginer* dan *intermediate* serta seri melawan pemain sehingga dapat disimpulkan bahwa pemberian nilai heuristik dan pengimplemenatsian negamax dalam Permainan ini sudah optimal.

Keywords: *Negamax, Heuristik, Tic Tac Toe 3D*

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Permainan tic-tac-toe merupakan permainan klasik berjenis permainan papan (*board-game*) dengan ukuran 3x3. Cara memainkan Permainan tersebut dengan memberikan Nilai X atau O pada tiap kotak papan. Dalam Permainan ini hasil permainan yang didapat berupa menang, kalah, atau seri.

Permainan ini mempunyai beberapa varian, antara lain 3D (3 dimensi), 2D (2 dimensi) dan juga *board Permainans* (permainan papan). Sejak tahun 1980an, permainan 3 dimensi semakin banyak peminatnya karena mnemberikan efek visualisasi yang berbeda bagi pengguna dan *user experience* yang berbeda pula jika dibandingkan dengan permainan 2 dimensi sehingga saat ini permainan 3 dimensi semakin dikembangkan dengan visual dan sound yang dapat membuat permainan lebih *real*.

Berdasarkan perkembangan zaman tersebut, penulis berkeinginan untuk memodifikasi permainan *tic tac toe* ini yaitu dengan membuat antarmuka 3 dimensi untuk permainan TicTacToe 3D dengan ukuran 3x3x3. Selain itu, bentukTic Tac Toe 3D menjadi lebih rumit, karena jika *tic tac toe* 2 dimensi memiliki 8 kemungkinan bentuk pola yang dapat dibuat, maka *tic tac toe* 3 dimensi ini memiliki 49 kemungkinan pola yang dapat dibentuk.

Permainan *tic tac toe* yang melibatkan komputer sebagai lawan pemain, menggunakan teknik kecerdasan buatan di dalamnya sehingga komputer dapat berpikir seperti manusia dan dapat bermain seperti berhadapan dengan manusia. Permainan tic tac toe adalah *zero-sum game* (permainan kompetisi) dua *player* sehingga algoritma yang tepat adalah algoritma *adversial serach*, salah satunya adalah algoritma negamax. Algoritma Negamax adalah varian dari algoritma

minimax dimana $\max(a, b) = -\min(-a, -b)$ yaitu apa yang baik untuk X adalah buruk untuk O dan sebaliknya.

Tidak seperti minimax yang memiliki 2 fungsi berbeda yang melakukan hal yang sama (1 untuk min dan 1 untuk max), negamax justru menggabungkan kedua fungsi tersebut sehingga negamax dapat diselesaikan dengan pemanggilan 1 metode saja yaitu dengan memanggil negasi dari negamax sebagai min atau max berdasarkan giliran pemain. Kunci perbedaan dari minimax dan negamax ada pada parameter “warna”. Pada negamax “warna” dapat dijadikan variabel untuk menentukan min dan max sedangkan pada minimax tidak terdapat parameter tersebut sehingga dapat dikatakan negamax adalah penyederhanaan implementasi minimax. Kelebihan negamax dibanding algoritma *adversial search* yang lain adalah algoritma *negamax* lebih sederhana dan hasil optimal oleh karena itu negamax dipandang dapat menghasilkan solusi yang optimal yang dapat diimplementasikan pada pemain komputer dalam permainan Tic Tac Toe 3D.

Dalam pencarian Negamax, nilai heuristik menjadi variabel penting dalam algoritma tersebut. Penulis perlu untuk menentukan nilai heuristik dari setiap node dalam pohon pencarian permainan TicTacToe 3D dengan benar dan tepat sehingga hasil yang didapat dari algoritma negamax dapat berjalan dengan tepat sehingga dalam keseluruhan permainan pemain komputer dapat selalu memenangkan permainan atau imbang.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka penulis tertarik untuk mengangkat topik mengenai Implementasi Algoritma Negamax pada Permainan Tic Tac Toe 3D.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan diteliti dan diuraikan penulis adalah :

1. Bagaimana pemodelan 3 dimensi dari permainan TicTacToe 3D dengan ukuran 3x3x3?
2. Bagaimana menentukan nilai heuristik dari setiap node dalam pohon pencarian permainan TicTacToe 3D?

3. Bagaimana hasil permainan TicTacToe 3D antara pemain melawan komputer?

1.3 Batasan Masalah

Agar penulisan skripsi ini tidak menyimpang dan mengambang dari tujuan yang semula direncanakan, maka penulis menetapkan batasan-batasan sebagai berikut:

- Aplikasi ini merupakan permainan Tic Tac Toe 3D dengan grid 3x3x3 dengan bentuk seperti kubik dan dapat diputar 360°. Pemain akan dilambangkan blok merah dan komputer akan dilambangkan dengan blok biru.
- Rubik Permainan ini dapat dimainkan antara pengguna melawan komputer dengan hanya 2 tingkat kesulitan dimana level mudah merupakan level untuk mengenal Tic Tac Toe 3D sedangkan level sulit merupakan level utama permainan
- Dalam pembuatan pemodelan 3 dimensi dari permainan ini penulis membuatnya sendiri dari awal menggunakan tool Unity3D dan code editor MonoDevelop.
- Diawal permainan, komputer mendapat giliran pertama. Giliran selanjutnya bergantung pada hasil permainan sebelumnya. Jika di permainan sebelumnya pemenangnya adalah pemain maka di permainan selanjutnya komputer mendapat giliran bermain terlebih dahulu. Begitu pula sebaliknya jika di permainan sebelumnya pemenangnya adalah komputer maka di permainan selanjutnya pemain mendapat giliran bermain terlebih dahulu.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan penulis adalah :

1. Membuat pemodelan 3 dimensi dari permainan TicTacToe 3D dengan ukuran 3x3x3.
2. Menentukan nilai heuristik dari setiap node dalam pohon pencarian permainan TicTacToe 3D.
3. Menjelaskan hasil permainan TicTacToe 3D antara pemain melawan komputer.

1.5 Metodologi Penelitian

Metode yang akan dipakai dalam pembuatan skripsi ini menggunakan model *Waterfall* :

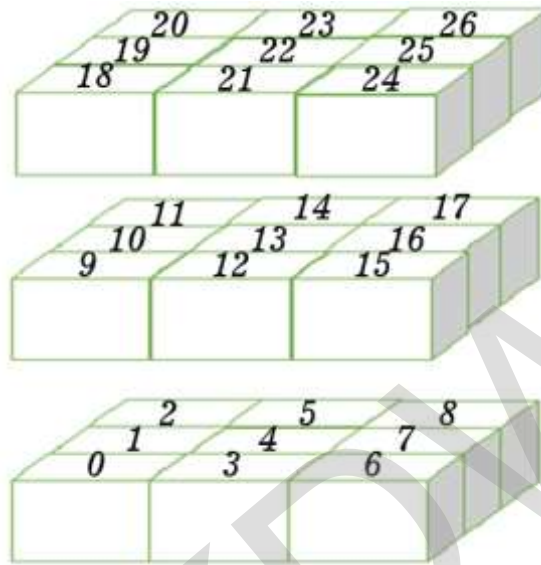
a) Perencanaan

Pada tahap perencanaan ini penulis melakukan studi literatur untuk menganalisis tampilan permainan, objek penelitian dan kelebihan serta kekurangan dari *Tic Tac Toe* yang telah dibuat sebelumnya. Adapun studi literatur yang dilakukan yaitu dengan cara membaca dan mempelajari buku – buku literatur yang berhubungan dengan *artificial intelligence*, algoritma *negamax*, dan cara membangun aplikasi permainan dengan *Unity3D*. Selain mempelajari buku – buku literatur, penulis juga mempelajari artikel sejenis yang dapat membantu dalam perancangan dan pembuatan aplikasi TicTacToe 3D. Analisis terhadap *Permainan* sejenis dilakukan dengan cara mempelajari dan membandingkan *Permainan tic tac toe* yang telah dibuat oleh peneliti terdahulu.

b) Perancangan

Dalam perancangan aplikasi tersebut, terlebih dahulu dilakukan perancangan *Unified Modelling Language* (UML) yang terdiri dari *use case diagram* dan *activity diagram* kemudian dilanjutkan dengan pembuatan *artificial intelligence*, tampilan layar dan fitur – fitur yang dibutuhkan dalam *Permainan*.

perancangan dari bentuk papan permainan TicTacToe 3D yang akan dibuat penulis adalah kubik dengan ukuran 3x3x3 yang dapat diputar 360 derajat. Gambaran bentuknya adalah sebagai berikut



Gambar 1. 1.Rancangan papan permainan TicTacToe 3D

c) Pembangunan

Tahap pembangunan adalah tahap penulisan kode. Dalam tahap ini penulis melakukan penelitian untuk mendapatkan nilai heuristik dari setiap node dalam permainan TicTacToe 3D. Tool yang digunakan adalah *Unity 3D* untuk membuat tampilan antarmuka permainan. *Enginee Permainan* diterapkan untuk lawan pemain (pengguna). Nilai heuristik yang telah diperoleh penulis akan menjadi variabel pencarian dari algoritma Negamax yang diterapkan untuk menemukan langkah terbaik pada permainan ini sehingga agen dapat selalu memenangkan permainan.

d) Pengujian

Dalam tahap pengujian ini penulis akan mengadakan survey untuk mendapatkan hasil permainan TicTacToe 3D antara pemain melawan komputer yaitu dengan meminta koresponden memainkan permainan TicTacToe 3D

melawan agen sebanyak 5 kali. Jumlah koresponden adalah 20 dimana 5 koresponden adalah koresponden tidak berpengalaman dalam permainan *tic tac toe*, 5 koresponden adalah koresponden cukup berpengalaman dalam permainan *tic tac toe* 2D dan 10 koresponden adalah koresponden mahir dalam permainan *tic tac toe* 2D dan 3D.

e) Evaluasi

Tahap ini adalah memperbaiki maupun merevisi eror yang mungkin terdapat pada kode permainan *tic tac toe* ini sehingga permainan dapat berjalan sesuai rencana pembangunan.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar, sistematika penulisan tugas akhir ini dapat dituliskan sebagai berikut:

BAB 1 : PENDAHULUAN

Berfungsi untuk memberikan gambaran umum penelitian. Bagian ini meliputi latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, spesifikasi sistem, tujuan penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 : LANDASAN TEORI

Bagian ini memuat penjelasan mengenai dasar teori yang diperlukan untuk memecahkan masalah. Dasar teori yang dimaksud meliputi: pengertian kecerdasan buatan, aturan permainan Gomoku, metode titik tengah, metode, parameter, metode Depth First Search dan algoritma Negamax.

BAB 3 : PERANCANGAN SISTEM

Bagian ini menguraikan rancangan logika, konsep berpikir dan objek yang digunakan untuk merancang proses serta perancangan antar muka grafis input/ouput.

BAB 4 : IMPLEMENTASI SISTEM

Merupakan implementasi dan analisis sistem, yang berisi capture tampilan sistem yang telah dibuat lengkap beserta penjelasan dan analisis dari sistem yang telah dibuat.

BAB 5 : KESIMPULAN DAN SARAN

Merupakan kesimpulan dan saran dari penulis. Kesimpulan berisi jawaban dari pertanyaan penelitian yang dinyatakan dalam perumusan masalah dan saran berisi kesimpulan yang perlu ditindak lanjuti atau direalisasikan

© UTKD

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Pemodelan 3 dimensi dari permainan TicTacToe 3D dengan ukuran 3x3x3 yang dibuat divisualisasikan dengan menyerupai rubik dimana terdapat 27 *cubic* dan 1 *cubic* dengan *cubic* lainnya terdapat sela. Untuk mempermudah pemain dalam memilih *cubic* dan melihat keseluruhan isi *cubic*, penulis juga membuat *Permainan object* baru sebagai kamera sehingga ketika pemain menekan tombol “A”, “S”, ”D”, dan “W” yang bergerak adalah kamera. Penulis menggunakan *tool* Unity untuk mengembangkan permainan ini dan MonoDevelop untuk *scripting*
2. Nilai heuristik dari setiap node dihitung dengan menjumlahkan nilai heuristik dari 49 lines kemungkinan menang dimana lines yang memiliki 3 o bernilai 10000, lines yang memiliki 2x dan 1o bernilai 1000, lines yang memiliki 2o bernilai 100 selain itu 0.
3. Algoritma Negamax dapat berjalan dengan baik karena agen cerdas cenderung dapat memenangkan permainan terhadap pemain *beginner* dan *intermediate* dan imbang melawan pemain *expert*.

5.2. Saran

Melalui penelitian yang dilakukan oleh penulis, penulis memberikan saran untuk pengembangan selanjutnya diantaranya adalah:

1. Pengembangan ukuran kubik, misalkan menjadi 4x4x4 dimana level kesulitan diatas ukuran 3x3x3 yang sudah penulis buat. Pastinya pembobotan nilai heuristik pun berbeda dengan ukuran 3x3x3.

2. Pengembangan program dengan menerapkan algoritma negamax dengan alpha-beta pruning.
3. Pemodelan TicTacToe 3D dapat dikembangkan lagi ke bentuk *platform mobile* seperti android, ios, dll.

©UKDW

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwitya, H.C. (2012). *Pengembangan Permainan Tic Tac Toe Secara Multiplayer Berbasis Online*. Diakses pada 24 September 2014 dari <http://sinta.ukdw.ac.id>
- Abdelbar, AM.. (2012). *Membuat permainan Gomoku dengan menggunakan algoritma Negamax dan Alpha-Beta Cutoff*. Diakses pada 20 Oktober 2014 dari <http://sinta.ukdw.ac.id>
- Bournellis, I. (2014). *Toon Shader Free*. Diakses pada 2 Februari 2015 dari <https://www.assetstore.unity3d.com/en/#!/content/21288>
- Chua, H. C. (2012). *Java Graphics Tutorial Case Study on Tic-Tac-Toe Part 2: With AI*. SG : NTU. Diakses pada tanggal 24 September 2014 dari https://www3.ntu.edu.sg/home/ehchua/programming/java/JavaPermainan_TicTacToe_AI.html
- Padhy, N.P. (2005). *Artificial Intelligence and Intelligent Systems*. India: Oxford University Press.
- Prima, C. (2008). *Perancangan Program Permainan Tic Tac Toe 3 Dimensi Dengan Metode Minimax*. (Undergraduate thesis, Duta Wacana Christian University, 2008). Diakses pada 24 September 2014 dari <http://sinta.ukdw.ac.id>
- Rich, E. & Shapiro, D. M. (Ed). (1991). *Artificial Intelligence An Engineering Approach*. Singapore: McGraw-Hill, Inc.

Russell, S.J. & Norvig, P. (1995). *Artificial Intelligence A Modern Approach*. USA : Alan Apt

Xiang, D. (2009). *Solve Tic Tac Toe with the MiniMax algorithm*. USA : Code Project. Diakses pada tanggal 24 September 2014 dari <http://www.codeproject.com/Articles/43622/Solve-Tic-Tac-Toe-with-the-MiniMax-algorithm>

© UKDW