

Penerapan Algoritma Minimax Sebagai Kecerdasan Buatan Pada Permainan Tic Tac Toe

Timothy Ageng Pracaya¹, Antonius Bima Murti Wijaya², Haeni Budiati

^{1,2,3}Program Studi Informatika, Fakultas Sains dan Komputer
Universitas Kristen Immanuel
Jalan Solo KM 11,1 , Yogyakarta, Telp: 0274-496256

e-mail: *¹timothypracaya@student.ukrimuniversity.ac.id,
²bimamurti@ukrimuniversity.ac.id, ³heni@ukrimuniversity.ac.id

Abstrak

Permainan merupakan sesuatu yang tidak bisa dipisahkan dari kehidupan manusia, karena itu manusia disebut juga sebagai *homo ludens* atau makhluk yang suka bermain (Tedjasaputra, 2001). Salah satu sarana permainan yang dapat digunakan yaitu menggunakan teknologi komputer. Pada beberapa permainan yang berbasis komputer memiliki kelebihan yaitu pemain (*user* komputer) tidak perlu mencari orang untuk menjadi lawannya karena pada permainan tersebut terdapat kecerdasan buatan yang mengendalikannya.

Kecerdasan buatan adalah suatu ilmu yang mempelajari cara membuat komputer melakukan sesuatu seperti yang dilakukan oleh manusia. (Kusrini, 2006). Salah satu caranya adalah dengan menggunakan algoritma minimax yang bekerja seperti pikiran manusia. Ia akan mengambil langkah yang terbaik baginya serta memberikan langkah terburuk bagi lawannya. Algoritma minimax bisa diterapkan pada permainan, salah satunya adalah tic tac toe. Pada permainan ini, pemain akan secara bergantian mengisi sel papan. Pemain dianggap memenangkan pertandingan jika berhasil mengisi 3 sel pada papan secara horisontal, vertikal, maupun diagonal. Jika papan terisi semua dan kriteria menang tidak terpenuhi, maka permainan berakhir dengan imbang.

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dengan menggunakan algoritma minimax pada kecerdasan buatan yang diterapkan di permainan tic tac toe sebanyak 60 kali, hasil yang didapatkan adalah permainan berakhir imbang sebanyak 43 kali, dan kecerdasan buatan menang sebanyak 17 kali

Kata kunci: kecerdasan buatan, minimax, tic tac toe

Abstract

Games are something that cannot be separated from human life, therefore humans are also called *homo ludens* or creatures who like to play (Tedjasaputra, 2001). One of the games that can be used is computer technology. Some computer-based games have the advantage that players (computer users) don't need to find people to be their opponents because in these games there is artificial intelligence that controls them.

Artificial intelligence is a science that studies how to make computers do things as humans do. (Kusrini, 2006). One way is to use the minimax algorithm which works just like the human mind. He will take the best move for him and provide the worst move for his opponent. The minimax algorithm can be applied to games, one of which is tic tac toe. In this game, players will take turns filling in the cells on the board. Players are deemed to win the match if they successfully fill

3 cells on the board horizontally, vertically, or diagonally. If the board is completely filled and the criteria for winning are not met, then the game ends in a draw.

Based on the results of tests carried out using the minimax algorithm on artificial intelligence that is applied in the tic tac toe game 60 times, the results obtained are the game ends in a draw 43 times, and artificial intelligence wins 17 times.

Keywords : *AI, minimax, tic tac toe*

1. PENDAHULUAN

Permainan merupakan suatu hal yang tidak asing pada kehidupan manusia. Dari sekian banyaknya predikat yang diberikan kepada manusia, salah satu predikatnya adalah homo ludens yang berarti makhluk yang suka bermain (Tedjasaputra, 2001). Sejak dulu, manusia sudah menciptakan banyak sekali mainan mulai dari permainan-permainan yang tidak perlu menggunakan benda (hanya menggunakan anggota tubuh), permainan yang menggunakan benda-benda dari alam yang ada di sekitar mereka, hingga permainan yang menggunakan teknologi komputer seperti saat ini.

Permainan-permainan berbasis komputer ada yang menggunakan internet maupun tidak menggunakan internet. Pada permainan yang tidak menggunakan internet terkadang terdapat lawan yang dikendalikan oleh komputer. Salah satu kelebihanannya adalah kita tidak harus mencari orang untuk menjadi lawan tanding jika ingin bermain karena permainan berbasis komputer ini sudah mendukung single - player mode dimana kita dapat bermain sendiri melawan komputer yang dirancang untuk dapat berlaku seperti pemain manusia atau yang sering dikenal dengan Artificial Intelligence.

Kecerdasan Buatan atau kecerdasan yang ditambahkan kepada suatu sistem yang bisa diatur dalam konteks ilmiah atau Intelegensi Artifisial (bahasa Inggris: Artificial Intelligence atau hanya disingkat AI) didefinisikan sebagai kecerdasan entitas ilmiah. Sistem seperti ini umumnya dianggap komputer. Kecerdasan diciptakan dan dimasukkan ke dalam suatu mesin (komputer) agar dapat melakukan pekerjaan seperti yang dapat dilakukan manusia. Beberapa macam bidang yang menggunakan kecerdasan buatan antara lain logika fuzzy, jaringan syaraf tiruan, robotika, sistem pakar, dan permainan komputer (games).

Contoh permainan yang menggunakan Artificial Intelligence adalah permainan catur, go, othello, checkers, bridge, tic-tac-toe dan lain sebagainya. Untuk membuat pemain merasa seperti melawan pemain manusia lainnya, diperlukan suatu algoritma yang dapat membuat Artificial Intelligence ini mampu mengambil keputusan yang terbaik agar dapat mengalahkan pemain atau memberi perlawanan kepada pemain agar tidak menang dengan mudah.

Meski permainan tic tac toe sederhana, permainan ini dipilih karena dapat menggambarkan algoritma minimax lebih mudah. Hal ini dapat terjadi karena pada permainan tic tac toe ini, nilai/bobot pada semua tanda (antara X dengan O, X dengan X, dan O dengan O) adalah sama/tidak memiliki perbedaan. Berbeda halnya dengan catur yang dimana nilai/bobot dari benteng, menteri, kuda, dan ratu berbeda-beda. Kesalahan nilai/bobot yang diberikan pada benteng, menteri, kuda, dan ratu dapat memberikan pengaruh yang besar pada permainan meski sebenarnya algoritma minimax sudah diterapkan pada permainan tersebut. Algoritma minimax bisa terlihat tidak efektif/bekerja karena kesalahan pemberian nilai bobot yang diberikan kepada masing-masing bidak tersebut. Tetapi pada permainan tic tac toe bobot bidak satu dengan yang lain adalah sama. Dengan nilai/bobot yang sama, maka pengaruh algoritma minimax pada kecerdasan buatan dapat diterapkan dan diamati dengan lebih maksimal.

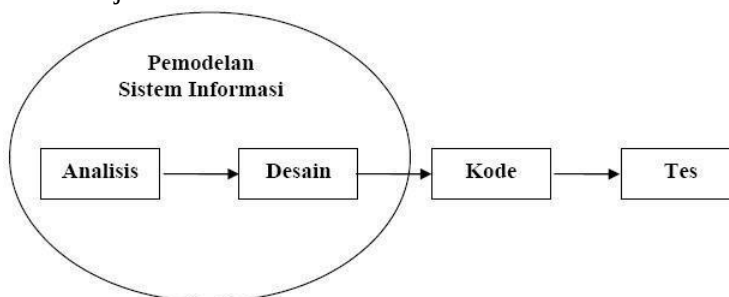
Ada algoritma-algoritma lain yang dapat digunakan dalam membuat kecerdasan buatan pada permainan tic tac toe ini, contohnya seperti algoritma genetika, algoritma hill climbing, algoritma A*(A-Star). Algoritma minimax dipilih karena algoritma ini simpel karena tidak perlu menggunakan perhitungan rumit seperti hidden layer dan pembobotan tetapi efektif dan

mendekati dengan cara berpikir manusia pada jenis permainan tic tac toe ini. Kecerdasan buatan akan berpikir untuk mengambil langkah terbaik bagi dia dan langkah terburuk bagi musuh. Berdasarkan uraian di atas, penulis bermaksud untuk menerapkan algoritma minimax sebagai kecerdasan buatan pada permainan tic tac toe.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Metode Penelitian

Metode yang dipakai dalam membangun penelitian ini adalah metode *waterfall*. Model ini merupakan model klasik yang paling banyak dipakai di dalam *Software Engineering*. Disebut dengan *waterfall* karena tahap demi tahap yang dilalui harus menunggu selesainya tahap sebelumnya dan berjalan berurutan.



Gambar 2.1 Bagan Alir Model Waterfall

2. 1. 1 Analisis

Pada tahap ini dilakukan proses pengumpulan data, identifikasi masalah, ide pemecahan masalah dan analisis mengenai kebutuhan sistem yang lebih terfokus pada implementasi algoritma minimax untuk membangun kecerdasan buatan pada permainan tic tac toe

2. 1. 2 Desain

Pada tahap ini dilakukan perancangan agar implementasi algoritma minimax untuk membangun kecerdasan buatan pada permainan tic tac toe dapat dilakukan dengan baik.

2. 1. 3 Pengkodean

Pada tahap ini dilakukan penerapan hasil perancangan ke dalam bentuk yang dapat diimplementasikan melalui kode bahasa pemrograman.

2. 1. 4 Tes

Pada tahap ini melakukan pengujian yang difokuskan untuk memastikan bahwa kecerdasan buatan dapat bermain permainan tic tac toe dan dapat menerapkan algoritma minimax

2. 2 Landasan Teori

Landasan teori yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

2. 2. 1 Permainan

Permainan dapat diartikan sebagai arena keputusan dan aksi pemainnya. Ada target-target dan misi untuk dapat dicapai pemainnya (Asmiatun, 2017). Permainan yang dimaksud dalam penelitian ini adalah permainan tic tac toe yang merupakan salah satu permainan strategi yang menggunakan papan. Pada penelitian ini, permainan tic tac toe dijalankan menggunakan media elektronik.

2. 2. 2 Permainan Tic Tac Toe

Permainan Tic Tac Toe atau OXO adalah permainan komputer pertama di dunia yang dibuat dalam bentuk grafik, yaitu pada tahun 1952 (Ramadhany, 2010). Tic-tac-toe adalah permainan yang dimainkan dua pemain, X dan O.

2. 2. 3 Kecerdasan Buatan

Kecerdasan buatan adalah suatu ilmu yang mempelajari cara membuat komputer melakukan sesuatu seperti yang dilakukan oleh manusia. (Kusrini, 2006). Ada tiga tujuan kecerdasan buatan, yaitu: membuat komputer lebih cerdas, mengerti tentang kecerdasan, dan membuat mesin lebih berguna.

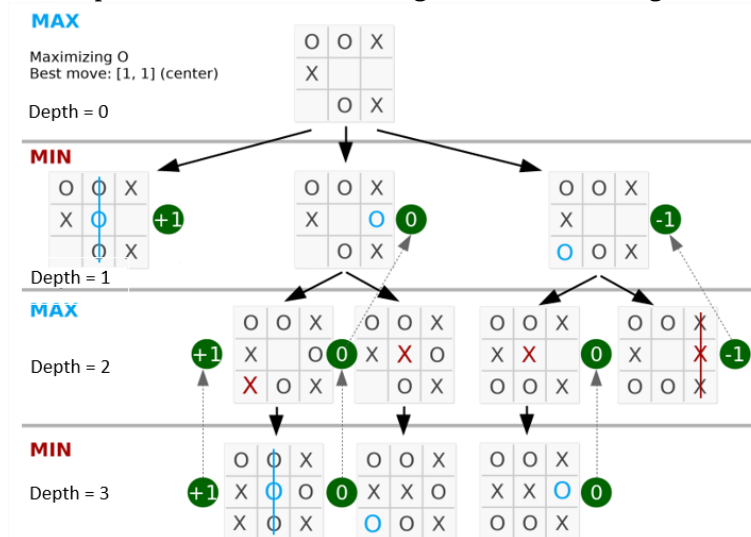
2. 2. 4 Algoritma Minimax

Algoritma minimax adalah sebuah algoritma yang mendasari pola pikir langkah penyelesaian masalah dalam beberapa jenis permainan papan yang berbasis kecerdasan buatan dalam komputer, seperti tic-tac-toe, checkers, catur dan lain-lain. Algoritma minimax merupakan algoritma pencarian yang akan melakukan penelusuran pada setiap node hingga diperoleh nilai maksimum (Waruwu, 2017).

Algoritma minimax merupakan salah satu algoritma yang sering digunakan untuk game kecerdasan buatan yang menggunakan teknik depth first search (DFS) dalam pencariannya pada pohon dengan kedalaman terbatas.

Dengan pohon permainan ini setiap pemain mengetahui langkah-langkah yang mungkin diberikan pada situasi permainan saat ini. Sehingga untuk setiap langkah dan semua langkah selanjutnya dapat diketahui.

Dalam representasi pohon pada algoritma minimax, terdapat dua jenis simpul, yaitu simpul min dan simpul max. Max akan memilih langkah dengan nilai tertinggi dan min akan memilih langkah dengan nilai terendah. Dalam penentuan keputusan max/min tersebut dibutuhkan suatu nilai yang merepresentasikan kerugian atau keuntungan yang akan diperoleh jika langkah tersebut dipilih. Untuk itulah disini digunakan sebuah fungsi heuristik.



Gambar 2.2 Pohon Keputusan Minimax

2. 3 Perancangan Sistem

Perancangan pada penelitian ini adalah perancangan sistem dari kebutuhan fungsional, use case, flowchart, dan antar muka.

2. 3. 1 Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsionalitas sistem informasi repository tugas akhir adalah sebagai berikut:

1. Sistem harus bisa mengisi sel-sel di papan tic tac toe.
2. Sistem harus bisa memberi perlawanan kepada manusia.
3. Sistem harus mampu menentukan hasil akhir dari permainan tic tac toe, apakah dimenangkan oleh manusia, dimenangkan oleh kecerdasan buatan, atau tidak ada yang menang (seri).

2. 3. 2 Use Case Diagram

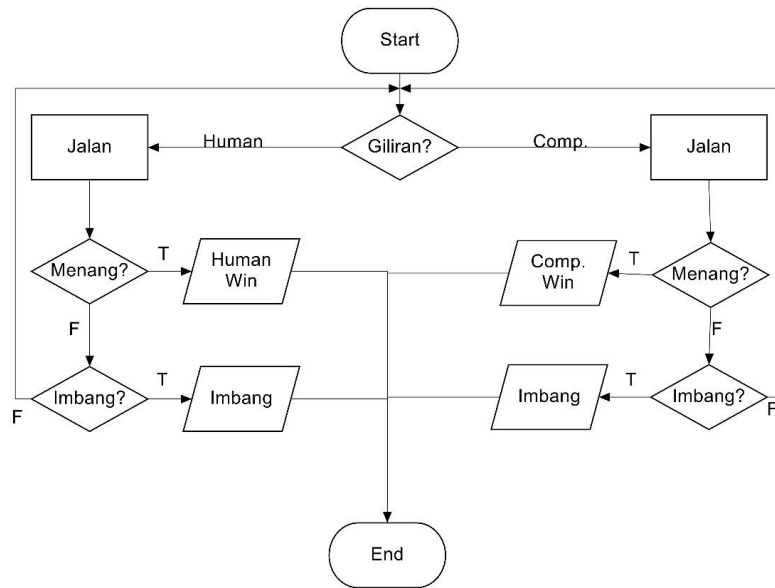
Perancangan sistem pada tugas akhir ini memiliki *use case* yang menggambarkan bahwa user dapat melakukan pengisian pada papan tic tac toe, merestart permainan, dan menentukan giliran pertama. Sedangkan sistem dapat melakukan pengisian pada papan, menerapkan algoritma minimax, dan menentukan hasil akhir permainan.



Gambar 2.3 Use Case Diagram

2. 3. 3 Flowchart

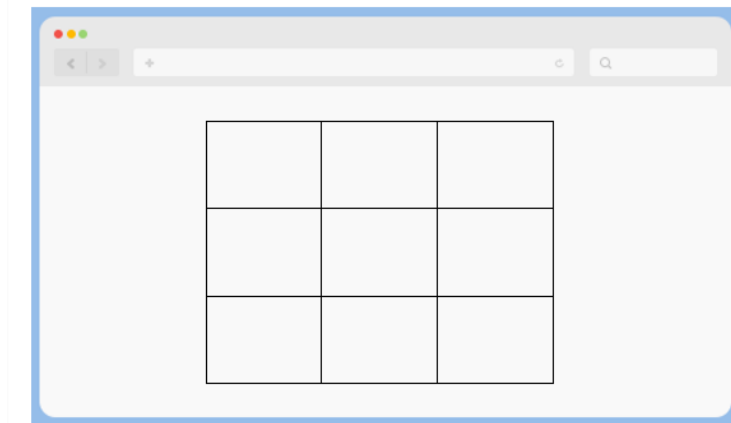
Flowchart permainan tic tac toe dimulai dari siapa yang akan mengambil langkah terlebih dahulu, apakah *player 1* atau *player 2*. Setelah ditentukan siapa yang duluan, *player* yang dimaksud tadi memilih 1 dari antara 9 sel dalam papan tic tac toe. Lalu dicek apakah *player* tersebut menang. Jika iya, maka permainan berakhir dan jika tidak maka permainan masih berlanjut. Jika permainan masih berlanjut, maka akan dicek lagi apakah permainan tersebutimbang. Jika iya, maka permainan berakhir dan jika tidak, maka permainan berlanjut dan diulangi dari penentuan giliran tetapi dengan *player* yang lain.



Gambar 2.4 Flowchart Permainan Tic Tac Toe

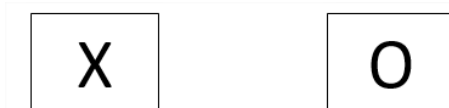
2. 3. 4 Perancangan User Interface

Seperti tampilan permainan tic tac toe pada umumnya, desain interface permainan tic tac toe di penelitian ini juga memiliki tampilan yang sama seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.4



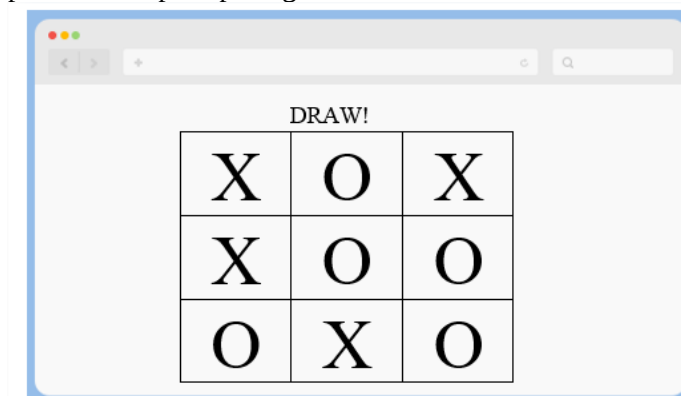
Gambar 2. 5 Rancangan Tampilan Papan Tic Tac Toe

Dan seperti tampilan permainan tic tac toe pada umumnya, desain *interface* permainan tic tac toe di penelitian ini juga memiliki tampilan yang sama seperti yang dapat dilihat pada gambar 3.2



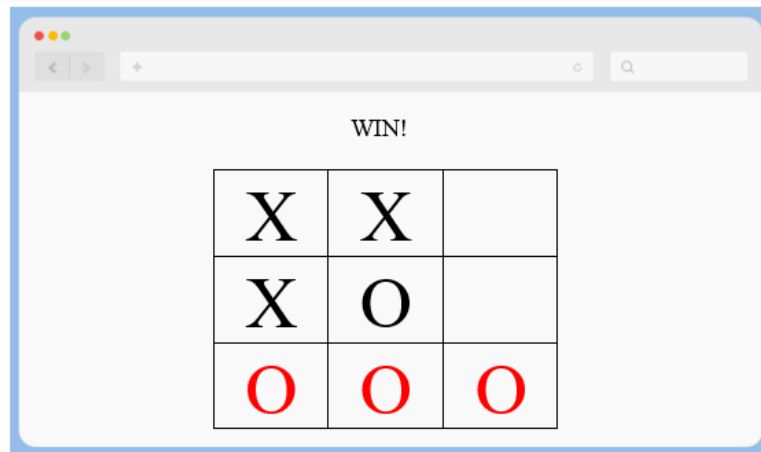
Gambar 2.6 “X” dan “O” yang Secara Bergantian akan Diisi ke Papan Tic Tac Toe oleh Kedua Pemain

Rancangan tampilan papan permainan tic tac toe pada saat akhir permainan berakhir dengan imbang dapat dilihat seperti pada gambar 2.7



Gambar 2.7 Papan penuh dengan hasil seri (tidak ada yang menang)

Rancangan tampilan papan permainan tic tac toe pada saat akhir permainan berakhir dengan salah satu pemain menang dilihat seperti pada gambar 2.8

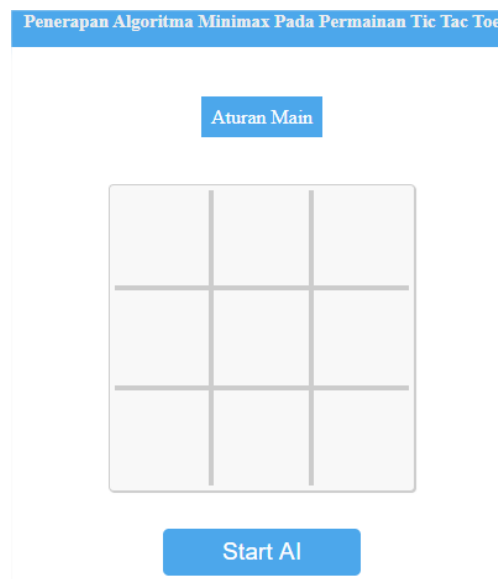


Gambar 2.8 Papan Tic Tac Toe saat ada pemain yang memenangkan pertandingan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

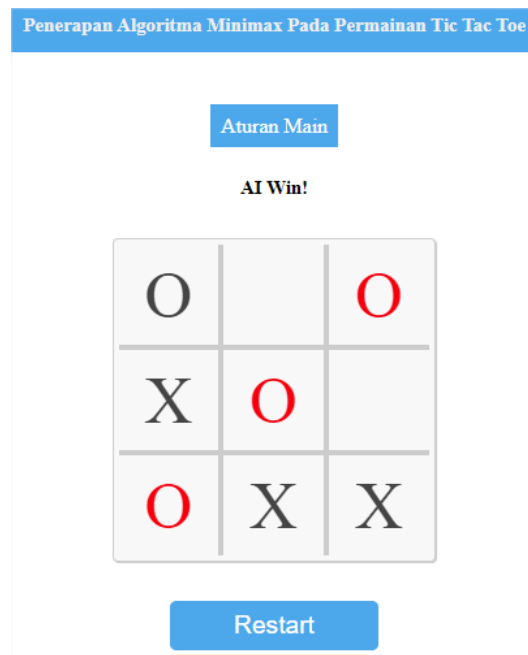
3. 1. 1 Hasil Desain Interface

Hasil tampilan utama papan tic tac toe setelah selesai perancangan dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Tampilan Utama papan papan tic tac toe

Hasil tampilan utama papan tic tac toe saat permainan berakhir karena ada pemain yang memenangkan pertandingan dapat dilihat pada gambar 3.2



3. 1. 2 Hasil Pengujian

Tabel 3.1 Hasil Pengujian (Kecerdasan Buatan Giliran Pertama)

No	Giliran Pertama	Langkah									Hasil Akhir
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	AI	(3,3)	(1,1)	(1,3)	(2,3)	(3,1)	(3,2)	(2,2)			AI Menang
2	AI	(2,2)	(3,3)	(1,1)	(3,3)	(2,3)	(2,1)	(1,2)	(3,2)	(3,1)	Draw
3	AI	(1,3)	(1,1)	(2,3)	(3,3)	(2,2)	(2,1)	(3,1)			AI menang
4	AI	(2,1)	(2,2)	(1,2)	(1,4)	(1,3)	(1,2)	(3,2)	(3,3)	(2,3)	Draw
5	AI	(1,2)	(3,1)	(1,1)	(1,3)	(2,2)	(2,3)	(3,1)			AI menang
6	AI	(3,1)	(2,3)	(1,1)	(2,1)	(2,2)	(1,3)	(3,3)			AI menang
7	AI	(2,1)	(2,3)	(1,1)	(3,1)	(1,3)	(1,2)	(2,2)	(3,3)	(3,2)	Draw
8	AI	(2,2)	(2,3)	(1,1)	(3,3)	(1,3)	(1,2)	(3,1)			AI menang
9	AI	(3,2)	(2,2)	(1,1)	(2,1)	(2,3)	(1,3)	(3,1)	(3,3)	(1,2)	Draw
10	AI	(3,3)	(2,2)	(1,1)	(3,1)	(1,3)	(1,2)	(2,2)			AI menang
11	AI	(1,1)	(2,2)	(1,2)	(1,3)	(3,1)	(1,2)	(2,3)	(3,2)	(3,3)	Draw
12	AI	(2,3)	(2,2)	(2,1)	(1,3)	(3,1)	(2,1)	(1,2)	(3,3)	(3,2)	Draw
13	AI	(1,3)	(1,2)	(2,2)	(3,1)	(2,2)	(3,3)	(2,1)			AI menang
14	AI	(3,2)	(2,2)	(1,1)	(2,1)	(2,3)	(1,3)	(3,1)	(3,3)	(1,2)	Draw
15	AI	(1,2)	(2,2)	(1,1)	(1,3)	(3,1)	(2,1)	(2,3)	(3,2)	(3,3)	Draw
16	AI	(3,3)	(2,2)	(1,1)	(2,3)	(2,1)	(3,1)	(1,3)	(3,2)	(1,2)	Draw

17	AI	(2,2)	(1,1)	(1,2)	(3,2)	(2,1)	(2,3)	(1,3)	(3,1)	(3,3)	Draw
18	AI	(1,2)	(2,2)	(1,1)	(1,3)	(3,1)	(2,1)	(2,3)	(3,3)	(3,2)	Draw
19	AI	(2,3)	(2,2)	(1,2)	(3,3)	(1,2)	(1,3)	(3,1)	(2,1)	(3,2)	Draw
20	AI	(3,3)	(2,2)	(1,1)	(3,2)	(1,2)	(1,3)	(3,1)	(2,1)	(2,3)	Draw
21	AI	(1,3)	(3,3)	(1,1)	(1,2)	(2,2)	(2,1)				AI menang
22	AI	(2,3)	(3,3)	(1,1)	(2,2)	(1,2)	(1,3)	(3,1)	(2,1)	(3,2)	Draw
23	AI	(3,3)	(1,1)	(1,3)	(2,3)	(3,1)	(3,2)	(2,2)			AI menang
24	AI	(1,2)	(2,2)	(1,1)	(1,3)	(3,1)	(2,1)	(2,3)	(3,3)	(3,2)	Draw
25	AI	(3,3)	(3,2)	(1,3)	(2,3)	(1,1)	(1,2)				AI menang
26	AI	(3,2)	(3,3)	(1,1)	(3,1)	(1,2)	(1,3)	(2,2)			AI menang
27	AI	(1,2)	(1,1)	(2,1)	(2,2)	(3,3)	(2,3)	(1,3)	(3,1)	(3,2)	Draw
28	AI	(1,3)	(3,3)	(1,1)	(1,2)	(3,1)	(2,2)	(2,1)			AI menang
29	AI	(2,2)	(1,1)	(1,2)	(3,2)	(2,1)	(2,3)	(1,3)	(3,3)	(3,1)	Draw
30	AI	(3,1)	(2,2)	(1,3)	(2,1)	(2,3)	(3,2)	(1,2)	(1,3)	(3,3)	Draw

Pada pengujian performa diatas, dilakukan 30 kali uji coba permainan tic tac toe yang giliran pertamanya dimulai dari kecerdasan buatan (AI). Dari hasil pengamatan 30 uji coba diatas, 18 kali hasil seri dan 12 kali kecerdasan buatan menang.

Tabel 3.1 Hasil Pengujian (*User* Giliran Pertama)

No	Giliran Pertama	Langkah									Hasil Akhir
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	USER	(3,3)	(2,2)	(3,2)	(3,1)	(1,3)	(2,2)	(2,1)	(1,1)	(1,2)	Draw
2	USER	(1,1)	(2,2)	(1,2)	(1,3)	(2,1)	(3,1)				AI Menang
3	USER	(2,2)	(1,1)	(2,1)	(2,3)	(1,3)	(3,1)	(1,2)	(3,2)	(3,3)	Draw
4	USER	(3,1)	(2,2)	(3,2)	(3,3)	(1,1)	(2,1)	(2,3)	(1,2)	(1,3)	Draw
5	USER	(2,1)	(1,1)	(2,2)	(2,3)	(3,1)	(1,3)	(3,3)	(1,3)		AI Menang
6	USER	(1,1)	(2,2)	(3,3)	(1,2)	(3,2)	(3,1)	(1,3)	(2,3)	(2,1)	Draw
7	USER	(1,2)	(1,1)	(2,2)	(3,2)	(2,1)	(2,3)	(3,1)	(2,1)	(3,3)	Draw
8	USER	(1,3)	(2,2)	(2,3)	(3,3)	(1,1)	(1,2)	(3,2)	(2,1)	(3,1)	Draw
9	USER	(2,1)	(1,1)	(2,2)	(2,3)	(1,2)	(3,2)	(1,3)	(3,1)	(3,3)	Draw
10	USER	(2,2)	(1,1)	(2,1)	(2,3)	(3,2)	(1,2)	(3,1)	(1,3)	()	AI Menang
11	USER	(2,3)	(1,3)	(2,2)	(2,1)	(1,2)	(3,2)	(1,1)	(3,3)	(3,1)	Draw
12	USER	(3,1)	(2,2)	(1,1)	(2,1)	(2,2)	(1,2)	(3,2)	(3,3)	(1,3)	Draw
13	USER	(3,2)	(1,2)	(1,3)	(3,1)	(2,2)	(1,1)	(2,1)	(2,3)	(3,3)	Draw
14	USER	(3,3)	(2,2)	(3,2)	(3,1)	(1,3)	(2,3)	(2,1)	(1,1)	(1,2)	Draw
15	USER	(2,2)	(3,1)	(1,3)	(2,1)	(1,2)	(1,1)				AI Menang
16	USER	(1,3)	(2,2)	(1,2)	(1,1)	(3,1)	(2,3)	(2,1)	(3,1)	(3,2)	Draw
17	USER	(3,2)	(1,2)	(2,2)	(1,1)	(1,3)	(3,1)	(2,1)	(2,3)	(3,3)	Draw

18	USER	(1,2)	(1,1)	(2,1)	(2,2)	(1,3)	(3,3)				AI Menang
19	USER	(3,1)	(2,2)	(1,1)	(2,1)	(2,3)	(1,2)	(3,2)	(3,3)	(1,3)	Draw
20	USER	(1,1)	(2,2)	(1,3)	(1,2)	(3,2)	(2,1)	(2,3)	(3,3)	(1,3)	Draw
21	USER	(2,3)	(1,3)	(2,2)	(2,1)	(1,1)	(3,3)	(3,2)	(1,2)	(3,1)	Draw
22	USER	(1,1)	(2,2)	(3,3)	(1,2)	(3,2)	(3,1)	(1,3)	(2,3)	(2,1)	Draw
23	USER	(2,2)	(2,1)	(1,3)	(3,1)	(2,1)	(2,3)	(3,3)	(1,2)	(3,2)	Draw
24	USER	(2,2)	(2,1)	(1,2)	(3,2)	(3,1)	(1,3)	(2,3)	(2,1)	(3,3)	Draw
25	USER	(2,2)	(2,1)	(3,3)	(1,3)	(1,2)	(3,2)	(3,1)	(2,1)	(2,3)	Draw
26	USER	(3,1)	(2,2)	(1,3)	(1,2)	(3,2)	(3,3)	(1,1)	(2,1)	(2,3)	Draw
27	USER	(3,1)	(2,2)	(1,2)	(1,1)	(3,3)	(3,2)	(2,3)	(1,3)	(2,1)	Draw
28	USER	(3,1)	(2,2)	(3,3)	(3,2)	(1,2)	(1,1)	(2,1)	(1,3)	(2,3)	Draw
29	USER	(1,3)	(2,2)	(3,1)	(1,2)	(3,2)	(3,3)	(1,1)	(2,1)	(2,3)	Draw
30	USER	(1,3)	(2,2)	(3,3)	(2,3)	(2,1)	(1,1)	(1,2)	(3,1)	(3,2)	Draw

Pada pengujian performa diatas, dilakukan 30 kali uji coba permainan tic tac toe yang giliran pertamanya dimulai dari *user*. Dari hasil pengamatan 30 uji coba diatas, 25 kali hasil seri dan 5 kali kecerdasan buatan menang.

Dari dua tabel uji coba di atas, maka uji coba tersebut menghasilkan data penelitian pada tabel 3.3:

Tabel 3.2 Perbandingan hasil akhir uji coba

Giliran pertama	Hasil Akhir	
	Seri	Kecerdasan Buatan Menang
Kecerdasan Buatan	18 kali	12 kali
User	25 kali	5 kali
	Total seri 43 kali	Total AI menang 17 kali

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan pada penerapan algoritma minimax sebagai kecerdasan buatan pada permainan tic tac toe dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Cara mengimplementasikan algoritma minimax meliputi beberapa tahap. Langkah pertama yaitu melakukan analisis tentang permainan tic tac toe dan mengenai algoritma minimax serta cara kerjanya. Langkah yang kedua yaitu melakukan perancangan antarmuka. Langkah ketiga yaitu pengkodean dari hasil rancangan yang telah dibuat meliputi membuat tampilan permainan tic tac toe, membuat kecerdasan buatan yang memanfaatkan algoritma minimax. Langkah keempat yaitu melakukan pengujian untuk mengetahui apakah kecerdasan buatan pada permainan tic tac toe menggunakan algoritma minimax ini berjalan dengan baik dan dapat memberi perlawanan atau tidak.
2. Cara kerja algoritma minimax adalah dengan cara memilih kemungkinan yang dapat meminimalkan potensi lawannya untuk menang dan memaksimalkan langkah yang memaksimalkan potensi untuk kecerdasan buatan tersebut menang.
3. Algoritma minimax yang ada pada kecerdasan buatan pada penelitian ini sudah dapat melakukan perlawanan terhadap permainan *user*. Dari 60 kali percobaan tersebut, maka

permainan yang berakhir dengan imbang terjadi sebanyak 43 kali. Sedangkan kecerdasan buatan dapat memenangkan pertandingan sebanyak 17 kali.

5. SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adapun saran untuk pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini adalah menggunakan algoritma lain untuk dibandingkan dengan algoritma minimax pada permainan tic tac toe.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tedjasaputra, Mayke. 2001. "Bermain, Mainan, dan Permainan". Jakarta: Grasindo
- [2] Kusriani. 2006. "Sistem Pakar Teori dan Aplikasi". Yogyakarta: CV Andi Offset
- [3] Asmiatun, Siti dan Astrid Novita Putri. 2017. "Belajar Membuat Game 2D Dan 3D Menggunakan Unity". Yogyakarta: Deepublish
- [4] Ramadhany, Daryan. 2010. "101 Widget Gratis untuk Web dan Blog Anda". Jakarta: PT Elex Media Komputindo
- [5] Waruwu, Calvinus. 2017. "Implementasi algoritma minimax dalam game othello". Jurnal Teknik Informatika Unika Santo Thomas