

# Aplikasi Graf Berbobot dalam Pencarian Solusi pada Permainan Papan Strategi

Ridwan Faturrahman 13517150  
Program Studi Teknik Informatika  
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika  
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia  
13517150@itb.ac.id

**Abstract**— Kecerdasan buatan dapat memberikan solusi dalam banyak hal, salah satunya solusi strategi pada permainan papan strategi. Solusi tersebut memungkinkan untuk mengimbangi manusia dalam permainan. Bahkan lebih baik dari itu, manusia dapat dikalahkan oleh kecerdasan buatan yang memberikan langkah pergilirannya dengan cepat dan tepat dalam permainan. Algoritma Minimax merupakan salah satu algoritma yang dapat mencari solusi strategi pada permainan papan dengan menggunakan struktur data graf.

**Keywords**— Permainan Papan Strategi, Solusi Strategi, Graf.

## I. PENDAHULUAN

Permainan papan strategi merupakan permainan yang dimainkan oleh dua pemain (beberapa permainan dapat dimainkan oleh lebih dari dua pemain, tetapi makalah ini hanya membahas permainan dengan dua pemain) secara bergiliran sesuai dengan aturan permainan papan yang dimainkan. Kemungkinan seseorang menang dalam permainan papan strategi akan meningkat jika menggunakan strategi yang tepat. Setiap permainan papan strategi memiliki ciri khas dan strategi yang digunakan yang berbeda. Namun pencarian solusinya dapat menggunakan algoritma yang sama.

Permainan papan strategi sudah ada sejak zaman Mesir Kuno. Dengan segala perkembangan pada setiap permainan sampai sekarang, kini telah dikenal permainan papan strategi seperti Othello, Dam Inggris, Tic Tac Toe, Backgammon, dan lainnya. Seiring perkembangan zaman, memainkan permainan papan, tidak perlu menggunakan sebuah papan secara fisik, melainkan dapat menggunakan komputer. Sejak itu pula kecerdasan buatan dengan algoritma pencarian solusi strategi diterapkan pada komputer sehingga menciptakan komputer sebagai lawan di dalam permainan.

Dalam sebuah permainan, komputer akan memberikan jawaban langkah di setiap gilirannya berdasarkan solusi yang telah disimpan di dalam program. Karena pada permainan papan strategi kondisi papan berganti-ganti seiring dimainkan pemain maka solusi yang diberikan tentu berdasarkan pada kondisi papan tepat sebelum memberikan solusi berupa langkah. Permainan terus berlanjut sampai salah satu pemain dinyatakan menang, kalah, atau seri.

## II. TEORI DASAR

### A. Graf

#### A.1 Definisi Graf

Graf digunakan untuk mempresentasikan objek-objek diskrit dan hubungan antara objek-objek tersebut. Graf disimbolkan dengan  $G = (V, E)$ , yang dalam hal ini :

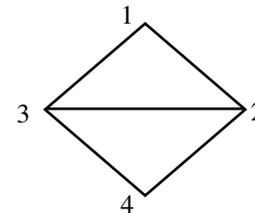
$V$  = himpunan tidak kosong dari simpul-simpul

$= \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$

$E$  = himpunan sisi yang menghubungkan sepasang simpul

$= \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$

Contoh graf :



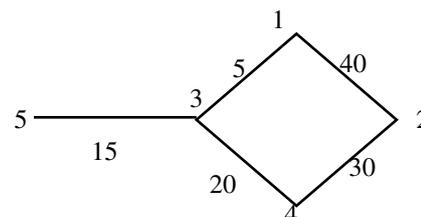
Pada Gambar Graf  $G_1$  adalah graf dengan  $V = \{1, 2, 3, 4\}$  dan  $E = \{(1,2), (1,3), (3,2), (2,4), (3,4)\}$ .

#### A.2 Terminologi Graf

##### 1. Graf Berbobot

Graf berbobot adalah graf yang setiap sisinya diberi sebuah nilai(bobot). Bobot tersebut dapat menyatakan banyak hal seperti jarak, biaya, waktu dan sebagainya.

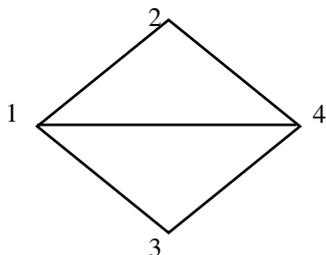
Contoh Graf Berbobot :



2. Lintasan

Lintasan dari  $v_0$  sampai  $v_n$  di dalam graf  $G$  adalah barisan berselang-seling simpul simpul dan sisi-sisi yang berbentuk  $v_0, e_1, v_1, e_2, v_2, \dots, e_n, v_n$  sedemikian sehingga  $e_1 = (v_0, v_1), e_2 = (v_1, v_2), \dots, e_n = (v_{n-1}, v_n)$  adalah sisi-sisi dari graf  $G$ .

Tinjau Graf  $G$  :



Lintasan 1, 2, 4, 3 adalah lintasan dengan barisan sisi (1,2), (2,4), (4,3).

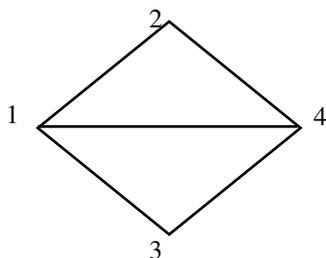
3. Terhubung

Dua buah simpul  $v_1$  dan simpul  $v_2$  disebut terhubung jika terdapat lintasan dari  $v_1$  ke  $v_2$ .

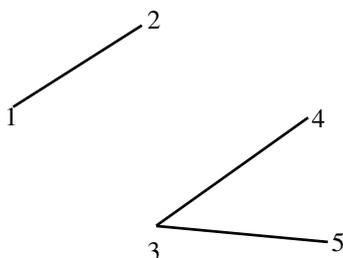
$G$  disebut graf terhubung jika untuk setiap pasang simpul  $v_i$  dan  $v_j$  dalam himpunan  $V$  terdapat lintasan dari  $v_i$  ke  $v_j$ .

Jika tidak, maka  $G$  disebut graf tak-terhubung.

Contoh graf terhubung :

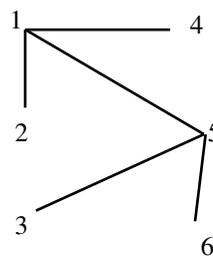


Contoh graf tak-terhubung



4. Pohon

Pohon adalah graf terhubung yang tidak mengandung sirkuit.



Contoh Pohon

B. Algoritma Minimax

Algoritma minimax merupakan algoritma yang berfungsi memaksimalkan peluang menang bagi pihak sendiri dan meminimumkan peluang menang bagi pihak lain dengan melakukan pengecekan seluruh kemungkinan yang ada sampai akhir permainan dilakukan. Pengecekan tersebut akan menghasilkan graf berbobot atau lebih spesifiknya struktur pohon berbobot yang berisi seluruh kemungkinan tersebut. Algoritma ini membutuhkan kapasitas memori yang cukup besar. Salah satu keuntungan yang didapat dari menggunakan algoritma ini yaitu algoritma minimax mampu menganalisis segala kemungkinan posisi pada permainan papan strategi.

Karena dalam makalah ini dibahas papan permainan untuk dua pemain, maka algoritma minimax yang digunakan senantiasa memaksimalkan peluang menang pemain-1 dan meminimumkan peluang menang pemain-2. Sehingga nilai positif merupakan prioritas pemain-1 dan nilai negatif merupakan prioritas pemain-2.

Berikut rumus untuk memaksimalkan dan meminimumkan peluang sesuai definisi di atas :

a) Pemain-1 :

$$P1(s) = \text{Max}(P1_{s-1}) + \frac{\sum_{i=1}^{|P1_{s-1}|} P1_{s-1}(i) - \text{Max}(P1_{s-1})}{1000}$$

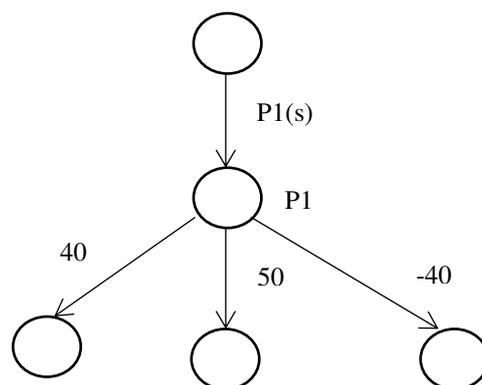
b) Pemain-2 :

$$P2(s) = \text{Min}(P2_{s-1}) + \frac{\sum_{i=1}^{|P2_{s-1}|} P2_{s-1}(i) - \text{Min}(P2_{s-1})}{1000}$$

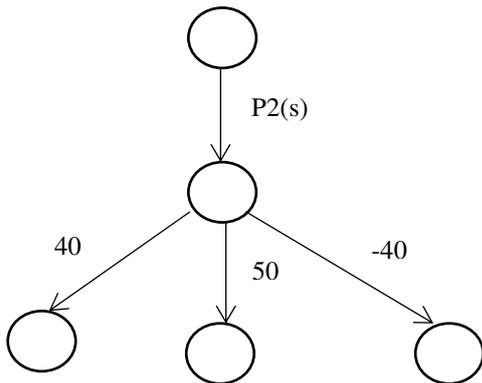
Keterangan :

$P1(s)$  ,  $P2(s)$  : Bobot dari sisi yang menghubungkan simpul yang merepresentasikan kondisi papan.

Contoh perhitungan  $P1$  dan  $P2$ .



$$P1(s) = 50 + \frac{(40 + 50 + (-40)) - 50}{1000} = 50 + \frac{0}{1000} = 50$$



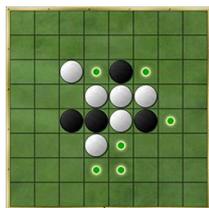
$$P2(s) = -40 + \frac{(40 + 50 + (-40)) - (-40)}{1000} = -40 + \frac{90}{1000} = -39.91$$

### C. Aturan Permainan Papan Strategi

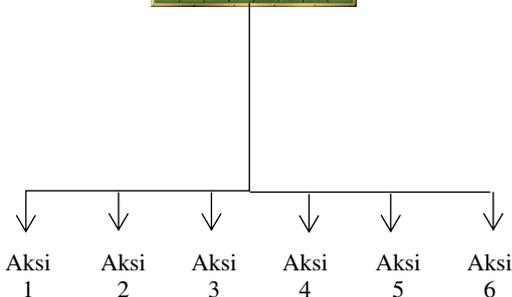
Masing masing permainan papan strategi memiliki aturan permainannya. Aturan tersebut akan melekat pada 3 bagian yaitu :

#### 1) Langkah

Langkah atau aksi yang dapat diambil pada permainan papan strategi umumnya ditentukan oleh kondisi papan dan posisi yang diambil oleh pemain. Contoh pada permainan othello :



Giliran :  
"Hitam"



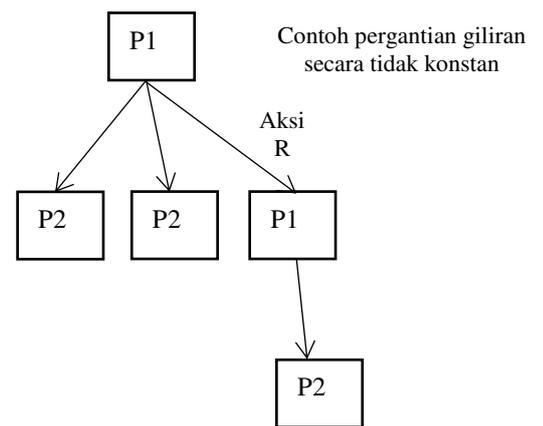
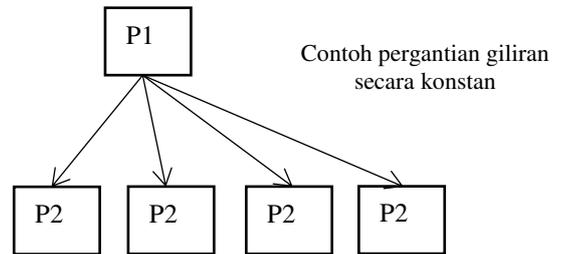
#### 2) Pergantian Giliran

Umumnya pada permainan strategi, setelah satu pemain melakukan satu langkah maka satu pemain lainnya (lawan) mendapat gilirannya. Tetapi terdapat juga permainan papan strategi, pada kondisi papan tertentu, pemain dapat melakukan dua langkah atau lebih.

Contoh pergantian giliran yang konstan yaitu pada permainan catur. Pemain putih melangkah pertama, dan seterusnya melangkah setelah pemain hitam melangkah, demikian dengan pemain hitam

melangkah setelah pemain putih melangkah.

Contoh pergantian giliran yang bergantung pada kondisi papan adalah permainan othello . Apabila salah satu pemain telah melakukan aksi sedemikian sehingga kondisi papan tidak memungkinkan pemain lawan melangkah, maka pemain tersebut mendapat gilirannya kembali.



#### 3) Kondisi Akhir Permainan

Kondisi akhir permainan bervariasi di setiap permainan papan strategi dengan variasi predikat menang, kalah, atau seri dan pemain yang mengambil langkah tepat sebelum permainan berakhir. Variasi tersebut berjumlah 3, yaitu :

Pemain terakhir yang melangkah	Predikat
Pemain 1	Pemain 1 Menang
Pemain 1	Pemain 1 Kalah
Pemain 1	Pemain 1 dan 2 Seri

Contoh untuk variasi-1 dan 3 salah satunya terdapat pada permainan tic tac toe 3x3. Apabila setelah salah satu pemain mengisi salah satu kotak kosong pada papan sedemikian sehingga permainan berakhir, maka ada 2 kemungkinan kondisi berakhirnya papan, yaitu pemain tersebut menang atau pemain tersebut seri dengan lawannya. Beberapa permainan papan strategi yang mengandung prinsip seperti tic tac toe tersebut adalah dam inggris, catur, dan backgammon.

Contoh untuk variasi-2 salah satunya terdapat pada permainan othello. Yaitu pada saat

salah satu pemain melangkah sedemikian sehingga permainan berakhir dan jumlah bidak pemain tersebut lebih kecil daripada lawannya.

### III. PENERAPAN GRAF BERBOBOT DALAM PENCARIAN SOLUSI PADA PERMAINAN PAPAN STRATEGI

#### A. Definisi Unsur Permainan dalam Graf Berbobot

Kondisi papan dinyatakan sebagai simpul yang memiliki atribut kondisi dan giliran. Atribut kondisi merupakan representasi dari kondisi papan, sedangkan atribut giliran merupakan representasi dari pemain yang mendapatkan giliran dengan kondisi papan yang sesuai dengan atribut kondisinya.

Langkah dinyatakan sebagai sisi berbobot yang menghubungkan satu kondisi papan dengan yang lainnya. Selain memiliki bobot, langkah juga memiliki atribut aksi. Atribut aksi merupakan representasi dari aksi yang dilakukan oleh pemain.

Dari pendefinisian di atas, struktur yang dibangun akan menjadi struktur pohon. Dengan kondisi papan awal memiliki nilai aras nol, dengan atribut kondisi papan adalah kosong dan atribut giliran adalah tergantung pemain yang mendapat giliran pertama dan setiap kondisi akhir papan akan menjadi daun dalam struktur tersebut.

Kondisi Papan = ""  
(kondisi awal)

Giliran = "Putih"



Langkah :  
Bobot = 0 (nilai awal)  
Aksi = 1.e4



Contoh penerapan pada papan catur

Kondisi papan =  
"1X5O3X"  
Giliran = "O"

X		X
	O	

Langkah :  
Bobot = 0 (nilai awal)  
Aksi = "8O"

X		X
	O	
	O	

Langkah :  
Bobot = 0 (nilai awal)  
Aksi = "2X"

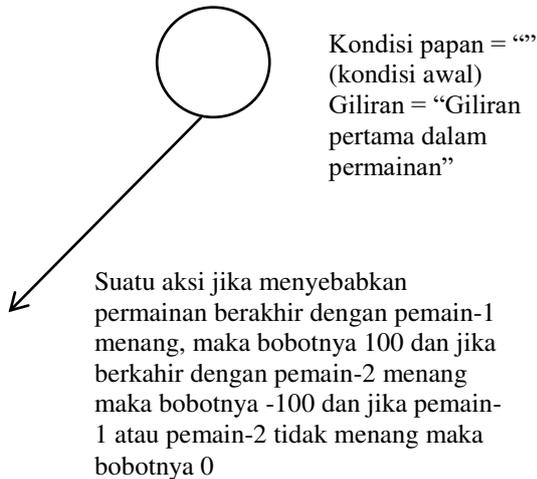
X	X	X
	O	
	O	

Kondisi papan =  
"1X5O3X8O2X"  
Merupakan kondisi akhir permainan

Contoh penerapan pada tic tac toe 3x3

#### B. Pengkondisian Awal

Pencarian solusi langkah yang dilakukan akan menghasilkan data dengan struktur pohon, dimana nilai positif akan dikondisikan menjadi nilai optimum bagi pemain-1 dan nilai negatif akan dikondisikan menjadi nilai optimum bagi pemain-2.



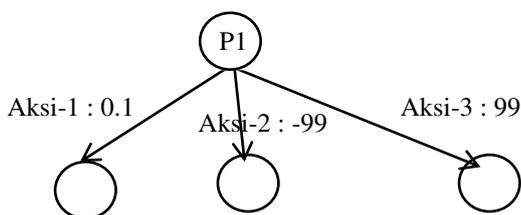
### C. Penggunaan Algoritma Minimax

Pencarian solusi dimulai dari memproses simpul kondisi awal papan sedemikian sehingga simpul akan mempunyai beberapa anak yang dihubungkan dengan sisi berbobot yang merupakan representasi dari aksi yang dimungkinkan dilakukan. Bobot ditentukan dari pendefinisian yang sudah dibahas sebelumnya. Pergantian giliran dilakukan sesuai dengan jenis permainannya. Simpul anak yang dihasilkan memiliki kondisi dari hasil aksi yang dilakukan pada kondisi induknya. Proses ini terus berlanjut pada simpul-simpul lain dimulai dari aras awal sampai aras teratas.

Perhitungan minimax akan dikenakan terlebih dahulu pada simpul yang semua anaknya merupakan daun atau untuk kondisi akhir papan. Dan proses perhitungan minimax berakhir tepat setelah menghitung bobot dari sisi yang menghubungkan simpul kondisi awal dengan anak terakhir simpul tersebut.

### D. Interpretasi Solusi

Contoh solusi yang didapat :



Sesuai dengan pendefinisian sebelumnya bahwa nilai optimum pemain-1 adalah nilai positif sehingga dari data di atas setelah melakukan masing-masing aksi bisa diinterpretasikan :

- 1) Aksi-1 : 0.1 dekat dengan 0 , jika pemain-1 dan pemain-2 adalah sepintar-pintar pemain maka kemungkinan besar permainan akan berakhir dengan seri.
- 2) Aksi-2 : -99 dekat dengan -100 , jika pemain-2 adalah sepintar-pintar pemain maka kemungkinan besar permainan akan berakhir dengan pemain-2 sebagai pemenang walau pemain-1 adalah sepintar-pintar pemain .
- 3) Aksi-3 : 99 dekat dengan 100 , jika pemain-1

adalah sepintar-pintar pemain, maka kemungkinan besar permainan akan berakhir dengan pemain-1 sebagai pemenang walau pemain-2 adalah sepintar-pintar pemain .

Definisi dari sepintar-pintar pemain adalah pemain yang selalu mengambil langkah yang optimum untuk mencapai kemenangan dalam permainan.

## IV. KEKURANGAN

Kekurangan dalam melakukan pencarian solusi strategi menggunakan metode ini antara lain :

### A. Ukuran Memori yang Digunakan

Pencarian dengan metode ini akan meliputi seluruh kemungkinan posisi permainan dan ditambah dengan data mengenai bobot yang didapat dari satu kondisi papan ke kondisi papan yang lain. Bahkan untuk permainan tic tac toe 3x3 akan ada 255,168 kemungkinan cara memainkannya. Berdasarkan fakta tersebut, metode ini akan membutuhkan kapasitas memori yang cukup besar.

### B. Menutup Beberapa Kemungkinan Untuk Menang

Selain meningkatkan peluang untuk menang, metode ini juga mengakibatkan beberapa momen dimana pemain lebih disarankan untuk memilih langkah yang lebih aman. Di sisi lain, pengaruh dari tindakan ini adalah pemain mengurangi jumlah kemungkinan untuk menang meskipun terdapat resiko untuk kalah dalam mencapainya. Alhasil solusi optimal yang didapat dari metode ini merupakan solusi langkah aman yang memprioritaskan untuk menghindari kekalahan, dan mendapatkan hasil seri.

## V. KESIMPULAN

Pencarian solusi strategi menggunakan graf berbobot dan algoritma minimax akan menghasilkan solusi langkah aman yang memprioritaskan untuk menghindari kalah dan mendapatkan hasil seri.

Dengan menggunakan konstanta nilai menang 100 dan -100 untuk masing-masing pemain, data yang didapatkan bisa diinterpretasikan bahwasannya semakin dekat nilai bobot dengan angka 100 atau -100 maka peluang menang semakin besar dan semakin dekat nilai bobot dengan angka 0 maka peluang untuk seri semakin besar.

Interpretasi tersebut akan menjawab pertanyaan apakah pemain dengan giliran pertama mendapatkan keuntungan dalam permainan atau tidak. Misalkan pada permainan tic tac toe, dengan memaksimalkan pemain giliran pertama pada kondisi awal papan nilai bobot untuk masing-masing aksi-1 sampai aksi-9 adalah 0.9 , 0.5, 0.9, 0.5, 1.2, 0.5, 0.9, 0.5, -0.9 . Dari hasil tersebut bisa dilihat bahwa tidak ada nilai yang mendekati 100 (positif untuk kemenangan pemain giliran pertama) , maka tidak ada langkah awal yang bila diambil akan menjamin kemenangan untuk pemain giliran pertama. Melainkan diarahkan untuk melangkah dengan aksi mengisi tengah papan(nomer 5) yang nilai langkahnya adalah 1.2.

## VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji Syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena hanya atas rahmat-Nya makalah ini dapat diselesaikan. Ucapan terima kasih juga penulis ucapkan kepada Bapak Dr. Ir. Rinaldi Munir, M. T., Ibu Dra. Harlili S., M.Sc., dan Bapak Dr. Judhi Santoso M.Sc. selaku dosen pembimbing mata kuliah IF2120 Matematika Diskrit yang telah memberikan ilmu kepada penulis. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Orang Tua penulis yang selalu mendukung kepada penulis.

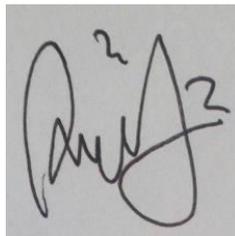
## REFERENCES

- [1] Munir, Rinaldi. 2006. Diktat Kuliah IF2120 Matematika Diskrit. Bandung.
- [2] <http://www.grosircatur.com/blog/mencatat-langkah-ke-dalam-notasi-catur/>
- [3] [https://www.researchgate.net/publication/271906378\\_Algoritma\\_Genetik\\_sebagai\\_Fungsi\\_Pruning\\_Algoritma\\_Minimax\\_pada\\_Permainan\\_Tripel\\_Triad\\_Card](https://www.researchgate.net/publication/271906378_Algoritma_Genetik_sebagai_Fungsi_Pruning_Algoritma_Minimax_pada_Permainan_Tripel_Triad_Card)
- [4] <https://www.jesperjuul.net/ludologist/2003/12/28/255168-ways-of-playing-tic-tac-toe/>
- [5] <http://freakermedia.blogspot.com/2016/01/pengertian-algoritma-minimax.html%3Fm=1>
- [6] <http://www.ultraboardgames.com/othello/strategy.php>
- [7] <https://dickaariptian17.blogspot.com/2016/03/teori-game-dan-algoritma-minimax.html?m=1>

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 10 Desember 2018



Ridwan Faturrahman dan 13517150