

Aplikasi Pohon Keputusan dalam Permainan Tic-tac-toe yang Tidak Bisa Dimenangkan

Rakhmad Budiono - 13517151
 Program Studi Teknik Informatika
 Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
 Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
 13517151@std.stei.itb.ac.id

Abstrak—Tic-tac-toe adalah sebuah permainan untuk dua orang yang secara bergiliran saling membuat huruf X dan O didalam sebuah kotak 3 x 3. Pemenang dari permainan ini adalah pemain pertama yang berhasil membuat tiga tanda “X” atau tanda “O” berurutan di dalam suatu permainan. Sudah dibuktikan secara matematis bahwa jika permainan dilakukan secara optimal, hasil akhir akan didapatkanimbang. Sehingga dengan mendata langkah-langkah yang menghasilkan hasil yang tidak akan kalah, program yang tidak akan kalah dari player saat bermain tic-tac-toe dapat dibuat. Data-data tersebut dapat digunakan untuk membentuk pohon keputusan yang mana akan digunakan sebagai prinsip program yang dibuat. Secara umum, pada tulisan ini, pohon yang terbentuk memiliki 2 upapohon, kasus komputer memulai giliran pertama dan player memulai giliran pertama.

Kata Kunci—Tic-tac-toe, Pohon, Pohon Keputusan.

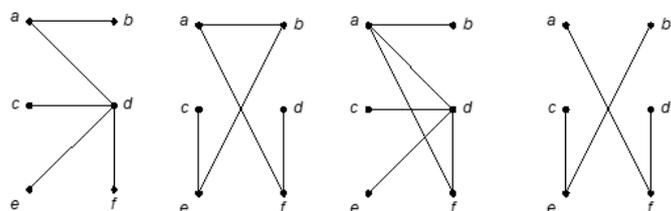
I. PENDAHULUAN

Tic-tac-toe adalah sebuah permainan untuk dua orang yang secara bergiliran saling membuat huruf X dan O didalam sebuah kotak 3 x 3. Pemenang dari permainan ini adalah pemain pertama yang berhasil membuat tiga tanda “X” atau tanda “O” berurutan di dalam suatu permainan. Permainan tic-tac-toe adalah permainan yang sudah pernah dibuktikan secara matematis bahwa jika dimainkan secara optimal, hasil akhir akan selaluimbang. Jadi, sangat mungkin untuk membuat sebuah program yang tidak akan kalah melawan player saat bermain tic-tac-toe. Pembuatan program dilakukan dengan mendata semua langkah untuk menghindari kekalahan. Pada kesempatan kali ini, akan dibuat sebuah permainan tic-tac-toe sederhana dimana permainan ini akan dimainkan oleh komputer dan player. Program akan membuka sebuah file yang dijadikan acuan pohon keputusan untuk menentukan langkah-langkah yang diambil oleh komputer. Informasi dari file tersebut akan menjadi patokan langkah-langkah yang diambil komputer untuk menghindari kekalahan dari player.

II. TEORI DASAR

A. POHON

Pohon adalah graf tak berarah terhubung yang tidak mengandung sirkuit.



pohon pohon bukan pohon bukan pohon

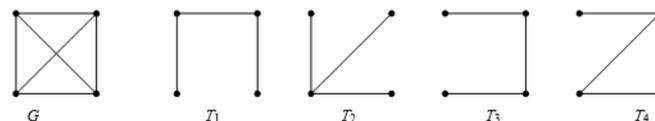
Misalkan $G = (V, E)$ adalah graf tak-berarah sederhana dan jumlah simpulnya n . Maka, semua pernyataan di bawah ini adalah ekivalen:

1. G adalah pohon.
2. Setiap pasang simpul di dalam G terhubung dengan lintasan tunggal.
3. G terhubung dan memiliki $m = n - 1$ buah sisi.
4. G tidak mengandung sirkuit dan memiliki $m = n - 1$ buah sisi.
5. G tidak mengandung sirkuit dan penambahan satu sisi pada graf akan membuat hanya satu sirkuit.
6. G terhubung dan semua sisinya adalah jembatan.

Teorema di atas dapat dikatakan sebagai definisi lain dari pohon.

Pohon Merentang (spanning tree)

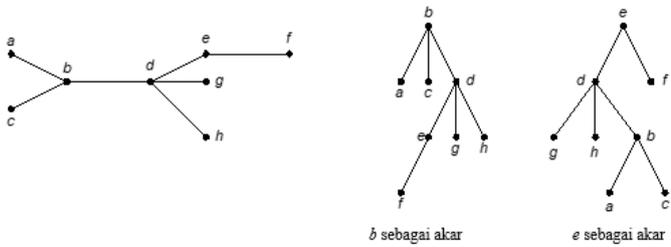
Pohon merentang dari graf terhubung adalah upagraf merentang yang berupa pohon. Pohon merentang diperoleh dengan memutus sirkuit di dalam graf.



Setiap graf terhubung mempunyai paling sedikit satu buah pohon merentang. Graf tak-terhubung dengan k komponen mempunyai k buah hutan merentang yang disebut hutan merentang (spanning forest).

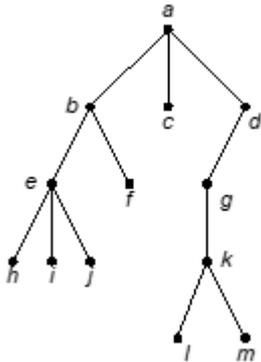
Pohon Berakar (rooted tree)

Pohon yang satu buah simpulnya diperlakukan sebagai akar dan sisi-sisinya diberi arah sehingga menjadi graf berarah dinamakan pohon berakar (rooted tree).

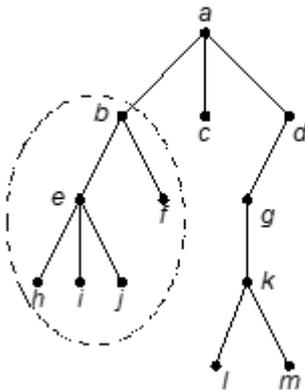


Pohon dan dua buah pohon berakar yang dihasilkan dari pemilihan dua simpul berbeda sebagai akar

Terminologi pada Pohon Berakar



- Anak (child atau children) dan Orangtua (parent)**
b, c, dan d adalah anak-anak simpul a, a adalah orangtua dari anak-anak itu
- Lintasan (path)**
Lintasan dari a ke j adalah a, b, e, j. Panjang lintasan dari a ke j adalah 3.
- Saudara kandung (sibling)**
f adalah saudara kandung e, tetapi, g bukan saudara kandung e, karena orangtua mereka berbeda.
- Upapohon (subtree)**

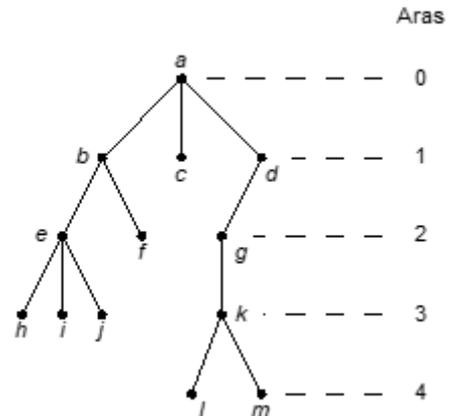


- Derajat (degree)**
Derajat sebuah simpul adalah jumlah upapohon (atau jumlah anak) pada simpul tersebut. Derajat a adalah 3, derajat b adalah 2, Derajat d adalah satu dan derajat c adalah 0. Jadi, derajat yang dimaksudkan di sini adalah derajat-keluar. Derajat maksimum dari semua simpul merupakan derajat pohon itu sendiri. Pohon di atas berderajat 3.
- Daun (leaf)**
Simpul yang berderajat nol (atau tidak mempunyai anak) disebut daun. Simpul h, i, j, f, c, l, dan m adalah daun.

7. Simpul Dalam (internal nodes)

Simpul yang mempunyai anak disebut simpul dalam. Simpul b, d, e, g, dan k adalah simpul dalam.

8. Aras (level) atau Tingkat

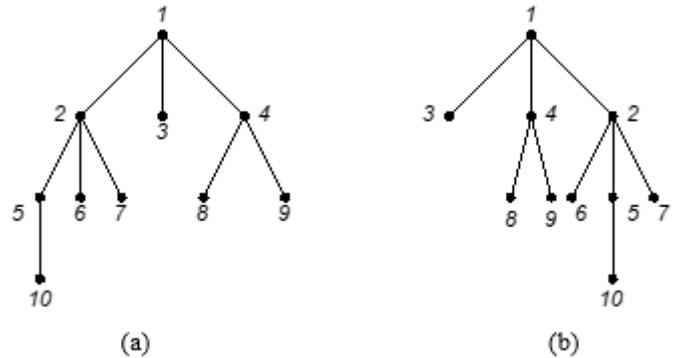


9. Tinggi (height) atau Kedalaman (depth)

Aras maksimum dari suatu pohon disebut **tinggi** atau **kedalaman** pohon tersebut. Pohon di atas mempunyai tinggi 4.

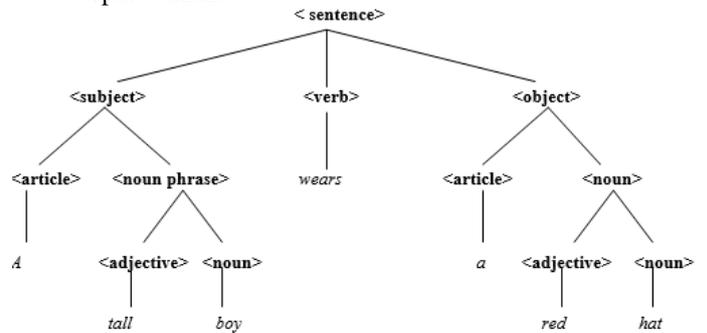
10. Pohon Terurut

Pohon berakar yang urutan anak-anaknya penting disebut **pohon terurut (ordered tree)**.



11. Pohon m-ary

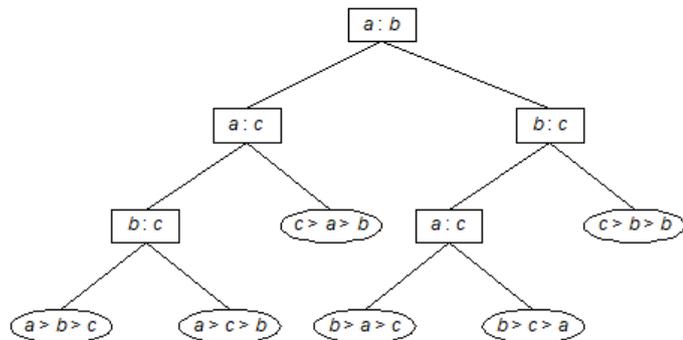
Pohon berakar yang setiap simpul cabangnya mempunyai paling banyak m buah anak disebut **pohon m-ary**. Jika m = 2, pohonnya disebut **pohon biner (binary tree)**. Pohon m-ary dikatakan **teratur** atau **penuhi (full)** jika setiap simpul cabangnya mempunyai tepat m anak.



Gambar Pohon parsing dari kalimat A tall boy wears a red hat

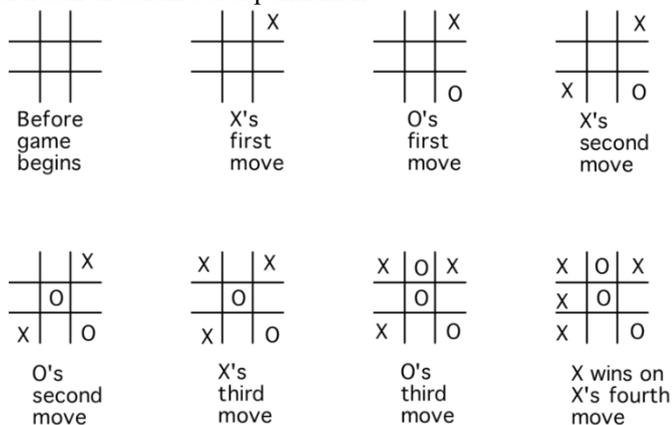
B. POHON KEPUTUSAN

Pohon keputusan (Decision Tree) adalah salah satu bentuk aplikasi dari pohon berakar. Pohon berakar yang setiap simpul internalnya berkorespondensi dengan suatu keputusan dan anak-anaknya adalah kemungkinan dari hasil keputusan disebut pohon keputusan. Seluruh kemungkinan solusi dari suatu masalah dimodelkan dengan lintasan menuju ke daun dari pohon ini



C. TIC-TAC-TOE

Tic-tac-toe adalah sebuah permainan untuk dua orang yang secara bergiliran saling membuat huruf X dan O didalam sebuah kotak 3 x 3. Pemenang dari permainan ini adalah pemain pertama yang berhasil membuat tiga tanda "X" atau tanda "O" berurutan di dalam suatu permainan.



Contoh permainan tic-tac-toe. (researchgate.net)

Jika kedua pemain melakukan langkah-langkah terbaik mereka, akan terjadi hasilimbang. Karena kesederhanaan dari permainan ini, tic-tac-toe sering digunakan untuk mengajarkan konsep kecerdasan buatan yang berhubungan dengan pencarian pohon permainan. Tic-tac-toe sendiri mempunyai 26.830 kemungkinan untuk dimainkan.

Permainan sejenis tic-tac-toe sudah ditemukan sejak 1300 SM di Mesir Kuno, kemudian pada Kekaisaran Romawi pada 100 SM. Namun, mengacu pada referensi cetak pertama untuk permainan ini disebut dengan nama tic-tac-toe, baru terjadi pada tahun 1884.

Ketika mempertimbangkan hanya keadaan papan dengan memperhitungkan juga simetri papan (rotasi dan refleksi), hanya ada 138 posisi papan. Sebuah studi kombinatorik dari permainan menunjukkan bahwa ketika "X" membuat langkah pertama, maka kombinasi berakhirnya permainan dengan dimenangkan oleh

salah satu pemain adalah sebagai berikut:

1. 91 posisi berbeda dimenangkan oleh (X)
2. 44 posisi berbeda dimenangkan oleh (O)

III. POHON KEPUTUSAN DALAM PERMAINAN TIC TAC TOE

Pada permainan Tic-tac-toe, ada 9 petak yang dapat dimainkan setiap gilirannya. Misalkan petak pada pojok kiri atas diberi label 1, untuk memudahkan permodelan dari pembuatan pohon keputusan dan petak-petak berikutnya menyesuaikan hingga petak pojok kanan bawah diberi label 9.

1	2	3
4	5	6
7	8	9

Kemudian dalam pembuatan pohon keputusan agar dapat memenuhi semua kasus dalam permainan, maka pada awal pembuatan, kita bagi menjadi dua kasus global. Player melakukan giliran pertama atau komputer yang melakukan giliran pertama.

Pada kasus player mendapat giliran pertama, idealnya player dibebaskan untuk memilih mengisi pada petak manapun, dari 1 sampai 9. Namun, jika hal tersebut diperbolehkan, maka jumlah semua kemungkinan langkah-langkah selanjutnya akan sangat besar. Sehingga untuk mengatasi hal tersebut, ditentukanlah bahwa langkah player saat mendapat giliran pertama adalah langkah pertama yang paling efektif yaitu di petak nomor 5. Selanjutnya, langkah yang diambil komputer akan sesuai dengan langkah yang sudah diambil oleh player, berikut adalah daftar langkah-langkahnya:

5	1	2	8	3	7	4	9
						6	4
						9	4
				4	6	3	7
						7	3
						9	3
				6	4	3	7
						7	3
						9	7
				7	3	4	6
						6	4
						9	4
				9	6	3	7
						4	3
						7	3
		3	7	2	4		
				4	6	2	8
						8	2
						9	2

				6	4		
				8	4		
				9	4		
		4	6	2	8	3	7
						7	3
						9	3
				3	7	2	8
						8	2
						9	2
				7	3	2	9
						8	2
						9	2
				8	2	3	7
						7	3
						9	3
				9	2	3	7
						7	3
						8	3
		6	4	2	7		
				3	7		
				7	3	2	8
						8	2
						9	2
				8	7		
				9	7		
		7	3	2	8	4	6
						6	4
						9	4
				4	2		
				6	2		
				8	2		
				9	2		
		8	2	3	7	4	6
						6	4
						9	4
				4	3		
				6	3		
				7	3		
				9	3		
		9	3	2	8	4	6
						6	4
						7	4
				4	2		
				6	2		
				7	2		

				8	2		
--	--	--	--	---	---	--	--

Maksud dari informasi pada tabel diatas adalah, kolom pertama adalah isi petak dari giliran pertama, kolom kedua berisi giliran kedua, begitupun seterusnya, hingga pada kolom terakhir. Sudah disepakati bahwa giliran pertama player adalah mengambil langkah dipetak nomor 5, oleh karena itu pada kolom pertama hanya berisi angka 5. Selajutnya pada kolom kedua, yang berarti giliran kedua adalah giliran komputer, yang dimana komputer akan mengambil langkah pada petak 1. Dilanjutnkan pada giliran ketiga, player bebas memilih petak manapun, kecuali petak yang sudah diambil sebelumnya, yaitu petak 5 dan 1. Kemudian komputer akan mengambil langkah, sesuai dengan tabel diatas. Giliran player adalah kolom ganjil, dan giliran komputer adalah kolom genap.

Contoh dari langkah-langkah yang valid adalah sebagai berikut:

$X5 \rightarrow O1 \rightarrow X2 \rightarrow O8 \rightarrow X3 \rightarrow O7 \rightarrow X4 \rightarrow O9$

O	X	X
X	X	
O	O	O

$X5 \rightarrow O1 \rightarrow X9 \rightarrow O3 \rightarrow X8 \rightarrow O2$

O	O	O
	X	
	X	X

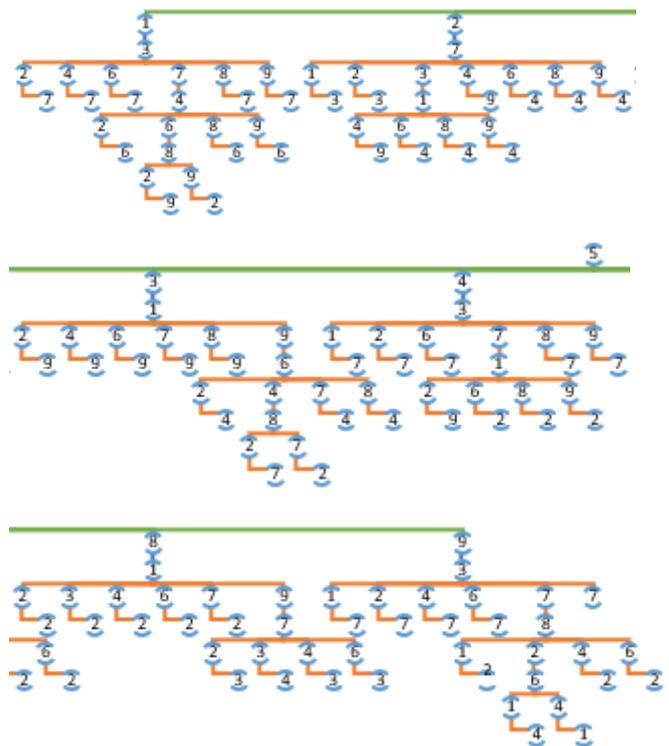
Sedangkan, untuk kasus komputer melakukan giliran pertama. Giliran pertama akan di tentukan pada petak yang paling efektif, yaitu pada petak nomor 5. Dilanjutkan dengan pilihan petak bebas untuk giliran kedua, giliran player, dengan aturan tidak mengambil langkah di petak yang sudah diambil sebelumnya, yang dimana adalah petak nomor 5. Kemudian sistematika permainan dan pemilihan pilihan petak oleh komputer berlangsung layaknya permainan dengan player memulai giliran pertama yang juga tertetera pada paragraf sebelumnya. Berikut adalah daftar langkah-langkah yang disediakan:

5	1	3	2	7				
			4	7				
			6	7				
			7	4	2	6		
					6	8	2	9
							9	2
					8	6		
					9	6		
			8	7				
			9	7				
	2	7	1	3				

			2	3					
			3	1	4	9			
					6	4			
					8	4			
					9	4			
			4	3					
			6	3					
			8	3					
			9	3					
	3	1	2	9					
			4	9					
			6	9					
			7	9					
			8	9					
			9	6	2	4			
					4	8	2	7	
							7	2	
					7	4			
					8	4			
	4	3	1	7					
			2	7					
			6	7					
			7	1	2	9			
					6	2			
					8	2			
					9	2			
			8	7					
			9	7					
	6	1	2	9					
			3	9					
			4	9					
			7	9					
			8	9					
			9	3	2	7			
					4	2			
					7	2			
					8	2			
	7	1	2	9					
			3	9					
			4	9					
			6	9					
			8	9					
			9	8	2	6	3	4	
							4	3	
					3	2			

					4	2			
					6	2			
	8	1	2	9					
			3	9					
			4	9					
			6	9					
			7	9					
			9	7	2	3			
					3	4			
					4	3			
					6	3			
	9	3	1	7					
			2	7					
			4	7					
			6	7					
			7	8	1	2			
					2	6	1	4	
							4	1	
					4	2			
					6	2			
			8	7					

Informasi pada tabel diatas kurang lebih sama dengan tabel selanjutnya. Perbedaan hanya ada di kolom ganjil yang merepresentasikan giliran komputer dan kolom genap merepresentasikan giliran player. Bentuk pohon dari tabel diatas adalah sebagai berikut:



IV. KESIMPULAN

Permainan tic-tac-toe adalah permainan yang sudah pernah dibuktikan secara matematis bahwa jika dimainkan secara optimal, hasil akhir akan selaluimbang. Jadi, sangat mungkin untuk membuat sebuah program yang tidak akan kalah melawan player saat bermain tic-tac-toe. Pembuatan program dilakukan dengan mendata semua langkah untuk menghindari kekalahan. Kemudian data tersebut diimplementasikan menggunakan prinsip pohon keputusan ke program, dan didapatkan sebuah program yang tidak akan pernah kalah dengan player saat bermain tic-tac-toe.

V. UCAPAN TERIMAKASIH

Pertama-tama, penulis mengucapkan syukur kepada Tuhan Yang Maha atas segala nikmat yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan makalah ini. Penulis juga ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Rinaldi Munir, M. T., Ibu Dra. Harlili S., M. Sc., Bapak Dr. Judhi Santoso, atas bimbingan dan pengajaran mata kuliah Matematika Diskrit, khususnya pak Rinaldi Munir, yang telah mengajar pada K-01.
2. Almarhumah Mbah Mariati, nenek penulis, yang sudah merawat penulis saat kecil.
3. Semua orang yang mempunyai peran besar dalam hidup penulis.

REFERENSI

- [1] Munir, Rinaldi. Matematika Diskrit, Bandung: Informatika, 2012, edisi kelima
- [2] <http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir> diakses pada tanggal 8 Desember 2018 pukul 15.32 GMT+7
- [3] https://www.researchgate.net/figure/Example-of-a-Tic-Tac-Toe-game_fig6_228763901 diakses pada tanggal 8 Desember 2018 pukul 18.31 GMT+7
- [4] Notes and Queries, 2nd Series Volume VI, 1858.
- [5] Schaefer, Steve. MathRec Solutions (Tic-Tac-Toe), 2002.
- [6] Tic tac toe Ancient Roman 1st century BCE, Sweettooth Design Company.
- [7] Bolon, Thomas. How to never lose at Tic-Tac-Toe. BookCountry.

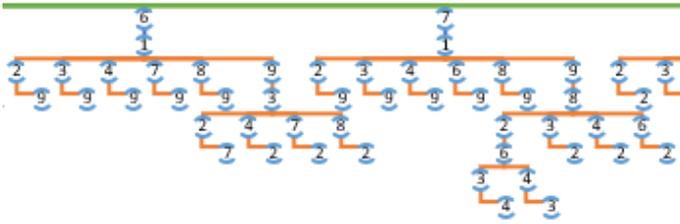
PERNYATAAN

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, 9 Desember 2018

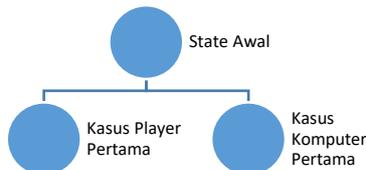


Rakhmad Budiono 13517151



Informasi dari pohon diatas berarti sebagai berikut, akar dari pohon adalah 5, yang berarti petak yang pertama kali diambil adalah petak nomor 5. Kemudian pemilihan daun yang akan pakai dari pohon, disesuaikan dengan input player (langkah player). Sebagai contoh, pada giliran kedua, player mengambil langkah di petak nomor 1, maka komputer akan mengambil langkah nomor 3, begitupun seterusnya sampai daun tersebut tidak mempunyai cabang lagi.

Jadi secara garis besar, pohon akan memiliki akar yang mana adalah state awal. Dengan akar tersebut memiliki 2 daun, yang merupakan upapohon kasus player memulai giliran pertama dan kasus komputer memulai giliran pertama. Berikut adalah visualnya.



Dengan menerapkan teori dan prinsip-prinsip diatas menjadi spesifikasi dari program, akan dihasilkan program sebagai berikut:

```
Player giliran pertama? (y/n) : y
Selamat bermain
  |X|
  | |
  | |
Giliran Computer!
0  |X|
  |X|
  | |
Giliran Player!
Masukan pilihan langkah : 2
0  |X|X|
  |X| |
  |O| |
Giliran Computer!
0  |X|X|
  |X| |
  |O| |
Giliran Player!
Masukan pilihan langkah : 4
0  |X|X|
  |X|X|
  |O|O|
Giliran Computer!
0  |X|X|
  |X|X|
  |O|O|
Selamat! Computer menang

Player giliran pertama? (y/n) : n
Selamat bermain
  | | |
  | | |
  | | |
Giliran Computer!
  |O| |
  | | |
  | | |
Giliran Player!
Masukan pilihan langkah : 1
X  |O| |
  | | |
  | | |
Giliran Computer!
X  |O|O|
  | | |
  | | |
Giliran Player!
Masukan pilihan langkah : 2
X  |X|O|
  | | |
  | | |
Giliran Computer!
X  |X|O|
  | | |
  | | |
Selamat! Computer menang
```