

# Penerapan Pohon Keputusan pada Permainan Sederhana Tic Tac Toe

Rio Alexander Audino - 13520088<sup>1</sup>

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

<sup>1</sup>13520088@itb.ac.id

**Abstrak**—Pohon Keputusan merupakan salah satu jenis graf pohon binary yang sering digunakan dalam membuat keputusan. Pohon keputusan akan diaplikasikan pada permainan sederhana Tic Tac Toe. Tiap simpul pada pohon keputusan merepresentasikan kondisi pohon dan tiap sisi merepresentasikan langkah permainan. Pemilihan kondisi tiap simpul didasarkan pada strategi permainan. Pengaplikasian pohon keputusan terbukti berhasil dalam menjabarkan strategi dan prioritas gerakan. Pemain mampu menciptakan kondisi yang tidak dapat dikalahkan dan di beberapa kondisi mampu memenangkan permainan.

**Kata Kunci**—Discrete Math, Graph, Decision Tree, Tic Tac Toe.

## I. PENDAHULUAN

Ketika membahas dunia digital, kita sering kali mendengar istilah biner. Biner adalah sebutan untuk ekspresi bilangan berbasis 2 yang pada kasus ini terdiri dari 0 dan 1. Kumpulan 0 dan 1 ini nantinya akan menyusun suatu program yang dapat menjalankan perintah tertentu. Dalam prosesnya, di dalam sebuah komputer digital, semua komputasi akan dilakukan secara diskrit. Diskrit merupakan sebuah istilah yang berarti terpisah-pisah atau tidak kontinu. Ilmu yang mengkaji konsep diskrit secara khusus adalah matematika diskrit.

Matematika Diskrit merupakan salah satu cabang ilmu dalam matematika. Matematika Diskrit secara khusus mengkaji objek-objek yang terpisah secara individual. Secara garis besar, ilmu matematika diskrit terbagi ke dalam beberapa konsep, seperti himpunan, relasi dan fungsi, aljabar boolean, graf, dan pohon. Graf dan pohon akan dibahas lebih lanjut pada jurnal ini.

Terdapat banyak sekali penerapan matematika diskrit dalam dunia komputer digital, seperti image processing pada kamera digital, pengembangan *artificial neural network*, dan pengembangan pohon keputusan (*decision tree*). Pada jurnal ini akan dibahas penerapan pohon keputusan pada sebuah permainan sederhana Tic Tac Toe.

Tic Tac Toe adalah sebuah permainan sederhana yang dilakukan pada papan berukuran 3x3. Setiap pemain akan menuliskan 'X' atau 'O' dan tidak boleh memilih simbol yang sama. Pemain yang berhasil menuliskan tiga buah simbol secara berderetan akan menang. Permainan ini relatif sederhana jika dibandingkan permainan papan lainnya. Total semua kemungkinan posisi papan permainan hanya sekitar 138 posisi akhir unik. Jumlah yang sangat kecil jika kita bandingkan dengan permainan lainnya seperti catur. Oleh karena itu, akan

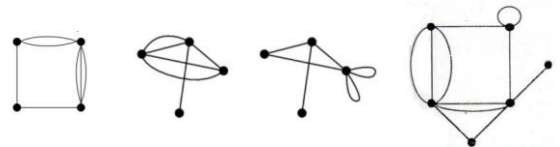
sangat menarik untuk membuat suatu 'Ultimate Tic Tac Toe Machine'. Strategi yang tidak akan bisa dikalahkan dalam permainan Tic Tac Toe. Pada jurnal ini akan dibahas pembuatan mesin Tic Tac Toe melalui pendekatan *decision tree*

## II. DASAR TEORI

### A. Graf

#### a. Pengertian Graf

Graf merupakan suatu representasi visual yang sering digunakan dalam menggambarkan hubungan/koneksi. Hubungan yang dimaksud adalah hubungan antara objek-objek diskrit. Dalam representasinya, graf sendiri terdiri dari dua objek utama, yaitu simpul dan sisi. Simpul adalah titik-titik yang merepresentasikan suatu objek diskrit. Sisi adalah garis yang menghubungkan satu simpul ke simpul lainnya. Berikut adalah contoh visualisasi dari suatu graf.



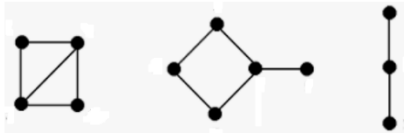
Gambar 1. Contoh Graf

#### b. Jenis-Jenis Graf

Representasi data menggunakan graf bisa terbilang relatif sederhana. Kita hanya perlu menghubungkan simpul-simpul yang bersesuaian dengan suatu sisi. Walaupun begitu, dalam implementasinya, terdapat banyak sekali jenis/bentuk graf.

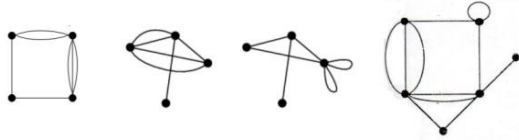
Berdasarkan keberadaan sisi ganda/gelang pada suatu graf, kita bisa menggolongkan graf menjadi dua jenis, yakni graf sederhana dan graf tak-sederhana.

Graf sederhana adalah graf yang tidak memiliki sisi ganda/gelang. Tiap simpul hanya dihubungkan oleh satu buah sisi saja. Berikut adalah contoh graf sederhana.



Gambar 2. Contoh Graf Sederhana

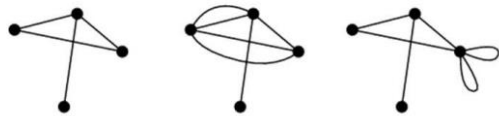
Graf tak-sederhana adalah graf yang memiliki sisi ganda atau gelang. Sisi ganda berarti, dua buah simpul dihubungkan oleh lebih dari satu sisi. Sisi gelang adalah sisi yang menghubungkan simpul yang sama. Berikut adalah contoh graf tak-sederhana.



Gambar 3. Contoh Graf Tak-Sederhana

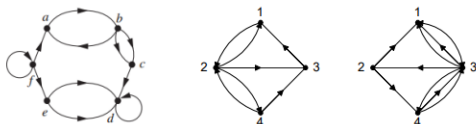
Selain graf sederhana dan graf tak-sederhana, graf bisa dibedakan berdasarkan orientasi arahnya. Orientasi arah yang dimaksud adalah arah dari setiap sisi-sisi. Ketika suatu sisi memiliki arah, berarti kita hanya dapat berjalan sesuai dengan arah sisi. Berdasarkan orientasi arahnya, graf dibedakan menjadi dua jenis graf, yakni graf tak-berarah dan graf berarah.

Graf tak-berarah adalah graf yang tidak memiliki sisi berarah. Ini berarti tiap simpul bebas dikunjungi dari sisi manapun dengan arah manapun. Berikut adalah contoh graf tak-berarah.



Gambar 4. Contoh Graf Tak-Berarah

Graf berarah adalah graf yang memiliki satu atau lebih sisi berarah. Tanda panah pada setiap sisi menunjukkan orientasi arahnya. Berikut adalah contoh graf berarah.

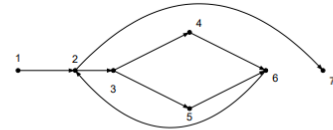


Gambar 5. Contoh Graf Berarah

c. Contoh Penerapan Graf

Tanpa kita sadari, sebenarnya terdapat banyak contoh penerapan graf yang ada di sekitar kita. Dimulai dari alur rangkaian listrik, visualisasi isomer senyawa kimia karbon, hingga representasi rantai makanan. Tiap pemodelan akan mengambil bagian diskrit dari suatu permasalahan dan menghubungkannya hingga menjadi suatu graf. Terdapat contoh lain penerapan graf yang sangat membantu seorang programmer, yakni graf pengujian program.

Ketika membuat suatu program dalam skala besar, kita menjadi lebih sulit dalam mendeteksi bug/error yang terdapat dalam program kita. Salah satu cara yang sering digunakan untuk mengatasi hal ini adalah membuat alur program. Alur program akan dipetakan dalam suatu graf. Setiap simpul akan merepresentasikan titik eksekusi program dan setiap sisi akan menghubungkan langkah eksekusi yang bersesuaian. Dengan begitu, kita akan menjadi lebih mudah dalam menganalisis alur dan kemungkinan error pada program. Berikut adalah gambar contoh alur pengujian program.



Keterangan: 1 : read(x)  
 2 :  $x > 9999$   
 3 :  $x < 0$   
 4 : writeln("Masukan tidak boleh negatif");  
 5 :  $x := x + 10$   
 6 : read(x)  
 7 : writeln(x)

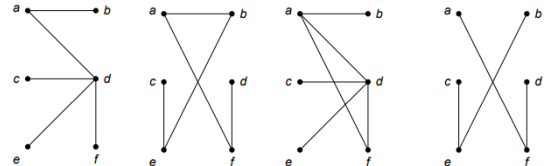
Rinaldi Munir/IF2120 Matematika Diskrit

Gambar 6. Contoh Graf Alur Program

B. Pohon

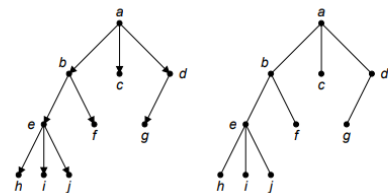
a. Pengertian Pohon

Pohon merupakan bagian dari graf sederhana. Setiap simpul pada pohon dihubungkan oleh satu sisi dan sisi-sisi yang terbentuk tidak menciptakan suatu sirkuit. Berikut adalah contoh graf pohon.



Gambar 7. Contoh Graf Pohon

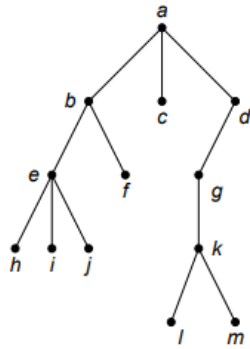
Pada jurnal ini kita akan lebih memfokuskan pada salah satu jenis pohon, yakni pohon berakar. Pohon berakar merupakan pohon yang salah satu simpulnya dijadikan akar dan sisi-sisi yang berhubungan diberi arah. Berikut adalah contoh pohon berakar.



Gambar 8. Contoh Pohon Berakar

b. Terminologi pada Pohon

Agar memudahkan pembahasan pada bagian berikutnya, terdapat beberapa terminologi dalam teori pohon berakar. Berikut akan dijelaskan terminologi-terminologi dalam teori pohon berakar.



Gambar 9. Contoh Graf Pohon

Anak (*child*) dan Orangtua (*parent*) adalah istilah yang digunakan dalam menjelaskan hubungan satu simpul dengan simpul lainnya berdasarkan level/tingkatan. Berikut contoh penamaan child dan parent dalam pohon berakar. (b, c, d adalah anak simpul a).

Lintasan (*path*) adalah istilah yang digunakan untuk menyebutkan suatu 'jalan' yang terbentuk dari suatu simpul ke simpul lainnya. Misal lintasan dari a ke h atau dari a ke g.

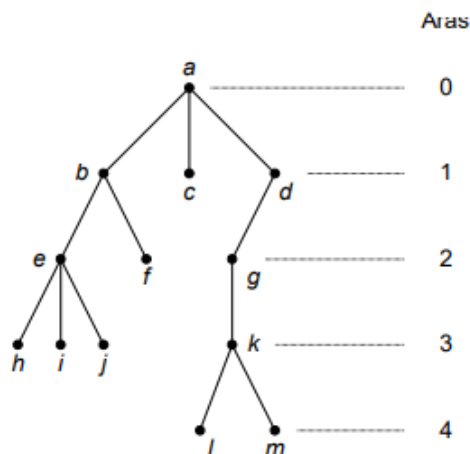
Upapohon (*subtree*) adalah istilah yang digunakan untuk menyebutkan suatu pohon yang berada di dalam pohon yang lebih besar.

Derajat (*degree*) adalah istilah yang digunakan untuk menyebutkan jumlah anak yang dimiliki oleh suatu simpul. Pada gambar 7, a memiliki derajat tiga dan c memiliki derajat nol.

Daun (*leaf*) adalah istilah yang digunakan dalam menyebutkan simpul-simpul yang berderajat nol (tidak memiliki anak). Pada gambar 7, h, i, j, f, c, l, dan m adalah simpul daun.

Simpul dalam (*internal nodes*) adalah istilah yang digunakan dalam menyebutkan simpul-simpul yang memiliki derajat lebih dari satu. Simpul di luar simpul akar dan simpul daun merupakan simpul dalam.

Aras (*level*) atau Tingkat adalah istilah yang digunakan dalam menyebutkan letak suatu simpul berdasarkan jaraknya dari simpul akar. Berikut adalah visualisasi dari *level*.

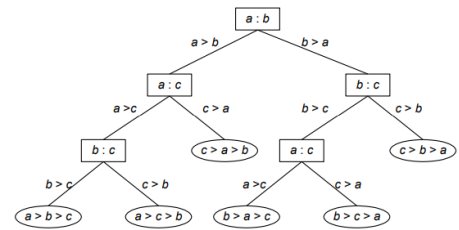


Gambar 10. Visualisasi Aras atau Tingkat

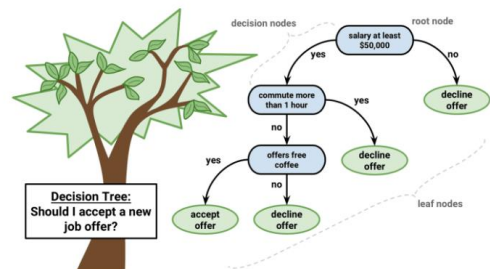
Pohon *n-ary* adalah istilah yang digunakan dalam menyebutkan suatu pohon berakar yang simpulnya memiliki maksimal *n* derajat.

c. Pohon Biner

Pohon biner adalah salah satu jenis pohon *n-ary* dengan  $n = 2$ . Karena tiap simpul hanya memiliki maksimal dua buah anak, maka tiap simpul menggambarkan suatu percabangan dua arah dari simpul-*parent*-nya. Percabangan dua arah seperti, 0 or 1, true or false, bigger than, less than, dll. Oleh karena itu, sering kali pohon biner diaplikasikan sebagai pohon penentu keputusan (*decision tree*). Di dalam suatu pohon keputusan, tiap simpul menjadi sebuah kondisi. Hasil perbandingan kondisi akan menentukan lintasan pohon berikutnya. Berikut adalah visualisasi dari pohon keputusan.



Gambar 11. Visualisasi Pohon Keputusan



Gambar 12. Visualisasi Pohon Keputusan dalam Machine Learning

C. Tic Tac Toe

a. Konsep Dasar Permainan Tic Tac Toe

Tic Tac Toe adalah sebuah permainan papan sederhana yang dimainkan oleh dua orang pemain. Tiap pemain akan menuliskan 'X' atau 'O' pada papan yang berukuran 3x3. Bagi pemain yang berhasil menuliskan tiga buah simbolnya secara berderetan (vertikal, horizontal, atau diagonal), maka dia akan memenangkan permainan. Biasanya pemain pertama yang akan menuliskan simbol 'X' dan pemain kedua akan menuliskan simbol 'O'.

Berdasarkan statistik yang ada, dalam permainan Tic Tac Toe, terdapat 138 posisi akhir yang unik, 91 di antaranya dimenangkan oleh pemain pertama ('X'), 44 dimenangkan oleh pemain kedua ('O'), dan sisanya seri.

b. Strategi Permainan Tic Tac Toe

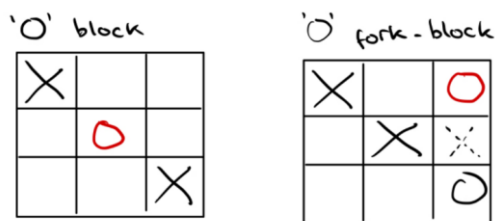
Dalam sebuah permainan Tic Tac Toe, terdapat beberapa strategi yang bisa meningkatkan kemungkinan pemain untuk memenangkan permainan. Strategi yang akan dijelaskan bukanlah

strategi pasti yang bisa memenangkan tiap pertandingan. Melainkan strategi yang tidak mungkin dikalahkan dan kemenangan dianggap sebagai bonus. Pemain akan memenangkan pertandingan jika ia berhasil menuliskan tiga simbolnya secara berderetan.

Strategi pertama adalah menggunakan *Block*, yaitu strategi menuliskan simbol pemain untuk menghalangi konsisi kemenangan lawan. Dengan begitu akan mengagalkan kemenangan lawan.

Strategi berikutnya adalah *fork*, *fork* adalah kondisi papan yang memiliki dua atau lebih posisi untuk menang. Strategi *fork* akan memastikan kemenangan, karena lawan tidak dapat menggunakan *block*.

Strategi berikutnya adalah *fork block*, sama seperti sebelumnya *block* adalah strategi untuk menghalangi lawan sebelum kemenangan. Ide yang sama kita aplikasikan pada kondisi *fork*. Isilah simbol pada posisi yang dapat menghalangi kondisi *fork* lawan.



Gambar 13. Visualisasi Block dan Fork-Block

Strategi berikutnya adalah *centre*, kondisi *fork* lebih banyak terjadi ketika pemain berhasil menuliskan simbol di tengah-tengah papan. Oleh karena itu, pemain yang berhasil menuliskan simbol di tengah atau *centre*, memiliki peluang menang lebih tinggi.

Strategi berikutnya adalah *corner*, tak jarang juga kondisi *fork* terjadi ketika salah satu pemain menuliskan simbolnya di salah satu ujung papan. Untuk mengatasi hal ini, pemain harus menuliskan simbol di ujung yang berlawanan.

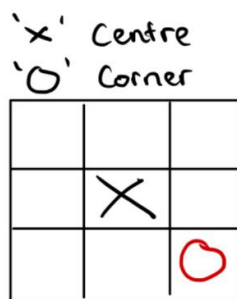


Figure 14. Visualisasi Centre dan Corner

### III. PENGAPLIKASIAN POHON KEPUTUSAN PADA PERMAINAN SEDERHANA TIC TAC TOE

#### a. Fokus Permainan

Seperti yang telah dibahas sebelumnya, terdapat beberapa strategi dalam permainan *Tic Tac Toe* yang dapat meningkatkan peluang kita memenangkan pertandingan. Strategi-strategi tersebut masih bersifat individual dan kita perlu merumuskan sebuah strategi dasar yang bisa berlaku sepanjang permainan.

Secara garis besar, strategi permainan berfokus pada posisi awal permainan. Pemain yang berhasil menuliskan simbolnya di tengah papan memiliki peluang yang lebih besar. Jika pemain pertama gagal mengambil posisi tengah papan, pemain pertama bisa menggunakan alternatif untuk mengambil posisi ujung papan.

Setelah mendapatkan posisi awal yang baik (*centre* atau *corner*), permainan dilanjutkan pada keseluruhan papan. Pada tahap ini terdapat beberapa opsi posisi. Akan tetapi perlu diingat tujuan awal permainan, yaitu mencari posisi *fork*. Setiap langkah yang dilakukan berikutnya akan mengarah ke *fork*, *block*, atau *fork-block*.

#### b. Prioritas Tiap Gerakan

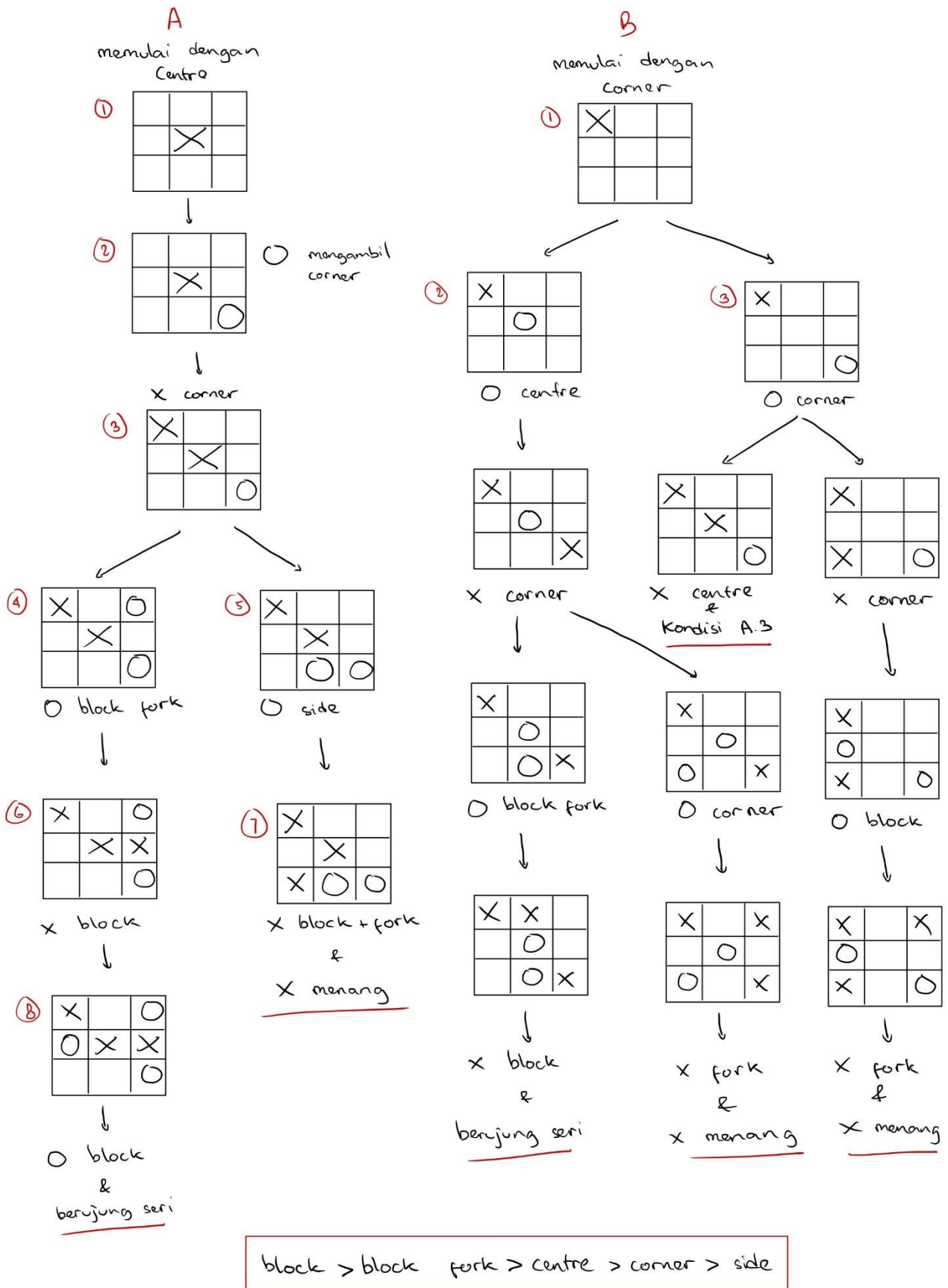
Adapun prioritas pemilihan posisi sepanjang permainan, dari strategi di atas bisa disimpulkan *block* memegang prioritas tertinggi. Tentu saja, karena hanya *block* yang membatasi pemain dengan kekalahan. Selanjutnya *fork block* berada di prioritas berikutnya. Melakukan *block* terhadap kemungkinan kondisi *fork* di pergerakan mendatang akan meningkatkan peluang kita untuk menang. Setelah prioritas *block* dan *fork-block* dilewati, terdapat *centre* dan *corner* dengan *centre* memiliki prioritas yang lebih tinggi. Setelah tidak ada kemungkinan *block*, *centre*, dan juga *corner*, player bisa mengambil *side* untuk langkah selanjutnya.

$$(block > fork\ block > centre > corner > side)$$

#### c. Penggunaan Pohon Keputusan

Strategi ini lalu kita aplikasikan pada sebuah pohon keputusan. Pohon keputusan terdiri dari simpul dan sisi. Setiap simpul merepresentasikan kondisi permainan dan setiap sisi merepresentasikan langkah yang diambil pemain. Pembuatan pohon keputusan didasarkan asumsi bahwa kedua pemain sangat mengerti strategi permainan dan kedua pemain sama hebatnya. Pohon keputusan tidak akan menyediakan tiap kemungkinan gerakan, tetapi hanya menyediakan gerakan yang dirasa strategis. Strategis baik dari sisi pemain maupun lawan.

Berdasarkan strategi yang telah dijabarkan, berikut visualisasi strategi permainan menggunakan pohon keputusan. Akan terdapat dua pohon utama dengan tiap pohon menggambarkan posisi awal permainan (*centre* atau *corner*).



Gambar 15. Pohon Permainan dalam Permainan Tic Tac Toe

#### IV. KESIMPULAN

Pohon keputusan adalah salah satu jenis graf pohon yang memiliki banyak penggunaan di kehidupan sehari-hari. Pohon keputusan memiliki bentuk pohon biner sehingga dapat membantu kita dalam memilih kondisi dan proses yang berlangsung. Pada jurnal ini telah dibahas penggunaan pohon keputusan pada permainan sederhana *Tic Tac Toe*. Pengaplikasian pohon keputusan pada permainan sederhana *Tic Tac Toe* terbukti berhasil dan mampu menjabarkan strategi permainan. Penggunaan pohon keputusan memudahkan kita dalam mengatur prioritas gerakan dan mengantisipasi gerakan lawan.

#### V. ACKNOWLEDGMENT

Penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya pada Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat-Nya lah makalah ini dapat bisa diselesaikan dengan baik. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya a pada Bapak Rinaldi Munir dan Ibu Harlili atas pengajarannya hingga makalah ini dapat terselesaikan dengan baik.

#### REFERENCES

- [1] Bolon, Thomas (2013). How to never lose at Tic-Tac-Toe. BookCountry. p. 7.
- [2] <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf> . 13 Desember 2021. Pukul 20:05 WIB.
- [3] <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Pohon-2020-Bag1.pdf> . 13 Desember 2021. Pukul 21:10 WIB.
- [4] <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Pohon-2020-Bag2.pdf> . 13 Desember 2021. Pukul 21:37 WIB.
- [5] Kevin Crowley, Robert S. Siegler (1993). "Flexible Strategy Use in Young Children's Tic-Tac-Toe". *Cognitive Science*. 17 (4): 531–561.

#### 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, 3 Desember 2020



Rio Alexander Audino/13520088