

Aplikasi Pohon Keputusan dan Kombinatorial untuk Menentukan Langkah Terbaik dalam Permainan Minesweeper

Muhammad Rifky Muthahhari - 13519123

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

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

13519123@std.stei.itb.ac.id

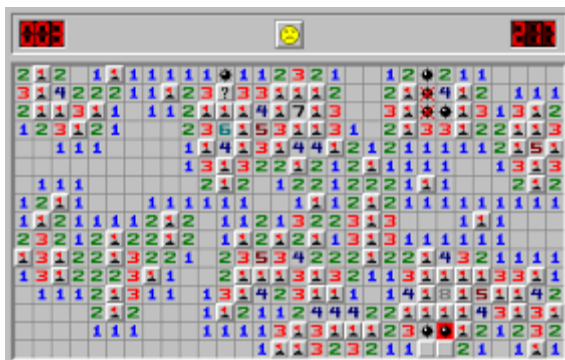
Abstract—Minesweeper merupakan permainan komputer klasik yang sudah ada sejak lama. Minesweeper sudah terpasang pada sistem operasi sejak Windows 3.1x dan mulai dihilangkan sejak Windows 10.x. Permainan ini termasuk permainan pemain tunggal dengan genre teka-teki yang membutuhkan kemampuan analisis dan perhitungan peluang untuk memenangkannya.

Keywords—Minesweeper, pohon keputusan, algoritma, permainan komputer, matematika diskrit.

I. PENDAHULUAN

Minesweeper merupakan permainan komputer klasik yang sudah ada sejak lama. Minesweeper sudah terpasang pada sistem operasi sejak Windows 3.1x dan mulai dihilangkan sejak Windows 10.x. Permainan ini termasuk permainan pemain tunggal dengan genre teka-teki yang membutuhkan kemampuan analisis dan perhitungan peluang untuk memenangkannya.

Permainan Minesweeper dilakukan pada sebuah petak berukuran $n \times m$ dengan mengisikan bom secara acak pada petak-petak tersebut. Ukuran dari petak permainan dan jumlah bom bergantung pada kesulitan yang dipilih oleh pemain. Petak di sekeliling bom akan diberi label angka +1 untuk setiap bomnya. Pemain harus menekan petak yang tidak berisi bom dan memberikan tanda bendera pada petak yang berisi bom agar pemain dapat menang.



Gambar 1.1 Permainan Minesweeper
Sumber

[https://en.wikipedia.org/wiki/Minesweeper_\(video_game\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Minesweeper_(video_game))
diakses pada 11 Desember 2020 pukul 16.46 WIB

Permainan Minesweeper terlihat seperti permainan yang berdasarkan teori peluang jika dilihat dengan sekilas. Namun, permainan ini sebenarnya merupakan permainan yang dapat dimenangkan dengan analisis. Walaupun demikian, ada saat ketika permainan Minesweeper ini benar-benar menjadi sebuah permainan peluang.

Banyak orang dinobatkan sebagai *top player* Minesweeper. Orang-orang ini adalah orang yang telah mengerti langkah-langkah terbaik dalam menentukan *step* selanjutnya yang harus dilakukan. Beberapa teori yang dipegang oleh orang-orang ini dapat membantu kita, pemain, untuk memilih langkah terbaik untuk meningkatkan kemungkinan memenangkan permainan ini.

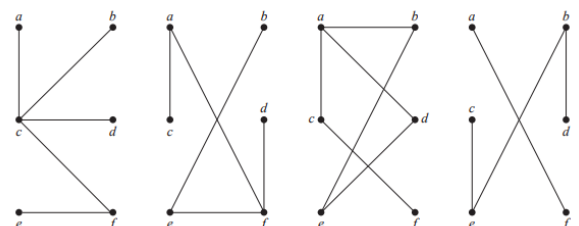
Langkah-langkah yang diambil untuk setiap kondisi akan bergantung pada beberapa faktor. Untuk memudahkan pemilihan langkah yang tepat dapat diterapkan teori pohon keputusan yang akan membantu pemain untuk memetakan langkah-langkah awal yang harus dilakukan. Pembuatan pohon keputusan ini bertujuan untuk menghindari pemain melakukan ‘tebakan’ berdasarkan peluang yang seharusnya masih bisa digali fakta-fakta yang menjadikan sebuah keputusan tersebut menjadi hal yang dapat diketahui.

II. DASAR TEORI

2.1. Pohon

2.1.1. Definisi Pohon

Pohon merupakan sebuah graf terhubung yang tidak memiliki sirkuit. Pohon juga direpresentasikan dalam bentuk *node* / simpul yang terhubung.

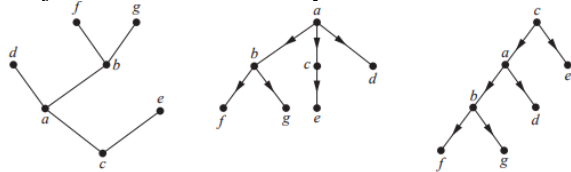


Gambar 2.1 Pohon

Sumber buku daring Discrete Mathematics and Its Applications, 7th Ed. – Rosen (hal 746)

2.1.2. Pohon Berakar

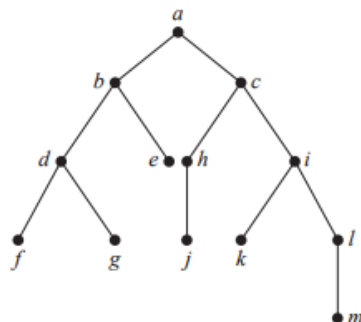
Pohon berakar merupakan pohon yang memiliki satu simpul sebagai titik utama dan semua sisi dan simpul lainnya mengarah menjauhi simpul utama tersebut. Pohon berakar termasuk graf berarah, namun pada penggambarannya sudah ditetapkan untuk tidak ditunjukkan arah karena sifatnya.



Gambar 2.2 Pohon Berakar

Sumber buku daring Discrete Mathematics and Its Applications, 7th Ed. – Rosen (hal 747)

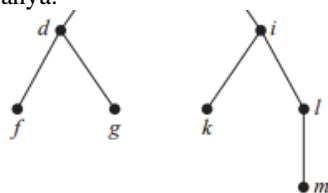
2.1.3. Terminologi Pohon Berakar



Gambar 2.3 Pohon Berakar

Sumber buku daring Discrete Mathematics and Its Applications, 7th Ed. – Rosen (hal 748)

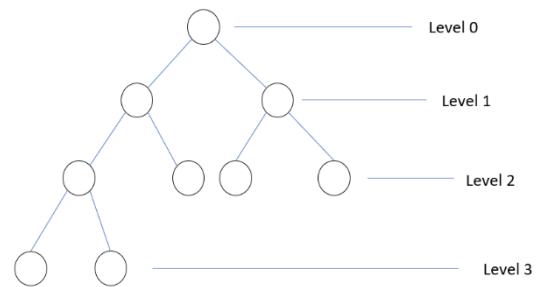
- Anak dan Orangtua
Simpul b dan c adalah anak dari simpul a. Simpul a adalah orangtua dari simpul b dan c.
- Lintasan
Lintasan dari simpul a ke j adalah a-c-h-j.
Panjang lintasan a ke j sebesar 3.
- Saudara Kandung
Simpul yang berbagi orangtua merupakan saling bersaudara kandung. Contohnya adalah simpul f dan g merupakan saudara kandung karena memiliki orangtua yang sama yaitu simpul d.
- Upapohon
Upapohon merupakan bagian dari pohon yang mengikuti syarat sebuah pohon terlepas dari orangtuanya.



Gambar 2.4 Upa-upapohon dari pohon pada gambar 2.3

Sumber buku daring Discrete Mathematics and Its Applications, 7th Ed. – Rosen (hal 748)

- Derajat
Derajat dari sebuah simpul merupakan jumlah anak yang dimilikinya. Contohnya simpul b berderajat 2 sedangkan h berderajat 1.
- Daun
Daun merupakan simpul-simpul yang tidak memiliki anak. Contohnya adalah simpul f dan g.
- Aras / Level
Aras suatu simpul ditentukan dari nilai lintasan yang dilalui dari akar menuju simpul tersebut.
- Tinggi
Tinggi suatu pohon merupakan aras maksimal dalam pohon. Pada pohon gambar 2.3 tingginya adalah 4.

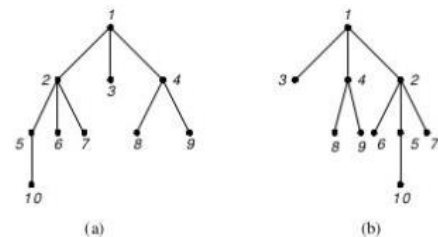


Gambar 2.5 Aras Sebuah Pohon

Sumber <https://qph.fs.quoracdn.net/main-qimg-a1ae31c6eae1a6fcae3f4fbde0a6bbca> diakses pada 9 Desember 2020 pukul 00.06 WIB

2.1.4. Pohon Terurut

Pohon terurut merupakan pohon berakar yang urutan anaknya diperhatikan.



Gambar 2.6 Pohon Terurut.

Sumber https://2.bp.blogspot.com/-1q5xcWSnokI/WxwHJA4pGnI/AAAAAAAAAJ6M/hKyKm8bL9_QVKo5209xCQ43QEqtB2qjnACLcBGAs/s1600/pohon.JPG diakses pada 9 Desember 2020 pukul 00.12 WIB

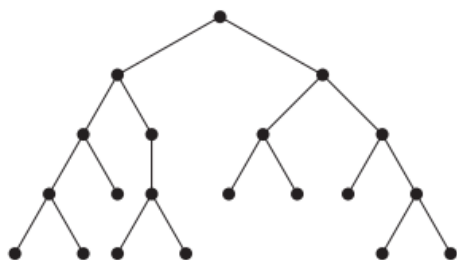
Pada gambar 2.6 dapat dilihat kedua pohon memiliki simpul yang sama, tapi keduanya merupakan pohon yang berbeda.

2.1.5. Pohon n-ary

Pohon n-ary merupakan pohon berakar yang memiliki anak maksimal sebanyak n untuk setiap simpulnya.

2.1.6. Pohon Biner

Pohon biner merupakan pohon n -ary dengan n bernilai 2. Anak dari setiap simpul pada pohon biner dapat dilabeli kanan dan kiri tergantung pada posisi anak tersebut.

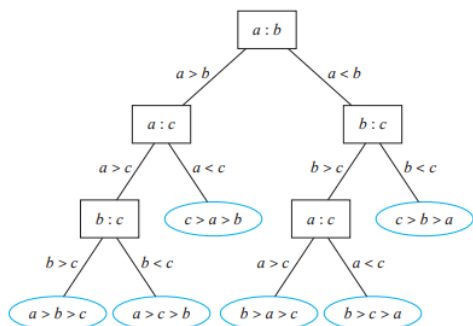


Gambar 2.7 Pohon biner

Sumber buku daring Discrete Mathematics and Its Applications, 7th Ed. – Rosen (hal 754)

2.1.7. Pohon Keputusan

Pohon berakar dapat diterapkan sebagai model untuk sebuah permasalahan. Setiap simpul internalnya menyatakan keputusan yang menuju pada hasil keputusan untuk menyelesaikan masalah yang dimodelkan. Hasil yang dipilih dari keputusan ini bergantung pada lintasan yang dilalui dan terletak pada daun dari pohon keputusan yang dimodelkan.



Gambar 2.8 Pohon keputusan dalam algoritma *sorting* 3 buah integer

Sumber buku daring Discrete Mathematics and Its Applications, 7th Ed. – Rosen (hal 761)

2.2. Permutasi dan Kombinatorial

2.2.1. Permutasi

Permutasi adalah kumpulan dari objek berbeda, dapat dibedakan, yang membentuk suatu urutan tertentu. Suatu urutan objek berjumlah r disebut r -permutation.

Jika terdapat n buah objek dan r panjang urutan dengan nilai $0 \leq r \leq n$, nilai permutasinya mengikuti formula berikut

$$P(n, r) = \frac{n!}{(n - r)!}$$

2.2.2. Kombinasi

Kombinasi adalah pemilihan beberapa objek dari set dengan keterurutannya tidak dipedulikan. Banyak

pemilihan objek sebanyak r dari set disebut r -kombinasi. Secara singkat, kombinasi merupakan subset dari set objek yang akan dipilih.

Jika terdapat n buah objek dan r banyak pilihan dengan nilai $0 \leq r \leq n$, nilai kombinasinya mengikuti formula berikut

$$C(n, r) = \frac{n!}{(n - r)! r!}$$

2.2.3. Kombinasi dengan Pengulangan

Misalkan terdapat r buah objek yang tidak dapat dibedakan dan tersedia n banyak pemilihan, akan terdapat banyak kombinasi yang dihasilkan. Banyak kombinasinya mengikuti formula berikut

$$C(n + r - 1, r) = C(n + r - 1, n - 1)$$

2.2.4. Permutasi dengan Indistinguishable Objek

Misalkan terdapat n buah objek yang tidak seluruhnya berbeda dengan masing-masing objek berbeda sebanyak n_1 objek 1, n_2 objek 2, ..., n_k objek k , terdapat permutasi urutan objek-objek yang tidak sama dengan permutasi biasa. Nilai permutasi n buah objek di atas adalah

$$P(n; n_1, n_2, \dots, n_k) = \frac{P(n, n)}{n_1! n_2! \dots n_k!}$$

III. METODOLOGI

3.1. Pengelompokan Posisi Petak yang belum Terpilih

Untuk membuat pohon keputusan, pengelompokan posisi petak yang belum terpilih harus dibedakan. Hal ini bertujuan untuk menentukan prioritas pemilihan petak. Posisi petak dievaluasi berdasarkan petak berangka disekelilingnya. Petak-petak berangka tersebut dapat diibaratkan sebagai tembok. Berikut ini merupakan pengelompokan petak berdasarkan posisinya:

a. Berada di pojok dalam



Gambar 3.1 Petak berada pada pojok dalam

Pada gambar 3.1 diperlihatkan petak yang ditunjukkan dengan tanda 'x' sebagai petak yang berada di pojok dalam. Cirinya adalah terdapat dua tembok pada kedua sisi yang bersebelahan.

b. Berada di dalam



Gambar 3.2 Petak berada pada pojok dalam

Pada gambar 3.2 diperlihatkan petak yang ditunjukkan dengan tanda 'x' sebagai petak yang berada di dalam. Cirinya adalah terdapat tiga tembok pada ketiga sisinya.

- c. Berada di pinggir



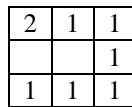
Gambar 3.3 Petak berada pada pinggir

Pada gambar 3.3 diperlihatkan petak yang ditunjukkan dengan tanda 'x' sebagai petak yang berada di pinggir. Cirinya adalah hanya terdapat satu tembok pada satu sisinya.

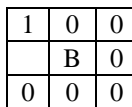
3.2. Aturan Penggunaan Algoritma

Algoritma yang ditawarkan memiliki aturan agar dapat secara konsisten bekerja. Berikut adalah aturan-aturannya:

Untuk setiap pelabelan petak dengan bendera, maka setiap petak berangka disekitarnya harus dikurangi satu.



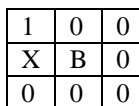
Gambar 3.4 Petak awal



Gambar 3.5 Petak setelah dilabeli dengan bendera

Hal ini juga berlaku jika petak berangka yang baru ditemukan di sekitar petak yang sudah dilabeli bendera.

- a. Setiap petak yang dilabeli bendera dianggap sebagai tembok tak berangka.



Gambar 3.6 Petak X berubah menjadi petak dengan posisi di dalam

3.3. Fakta Petak Bom dan bukan Bom

Pemain dapat ketahui fakta terhadap petak-petak dengan melakukan analisis sederhana. Fakta-fakta tersebut adalah

- a. Untuk setiap petak berangka '0', seluruh petak disekitarnya adalah petak bukan bom.



Gambar 3.7 Petak di sekitar petak berangka 0 adalah petak bukan bom

Jika pemain terapkan aturan yang telah disebutkan pada bagian 3.2, petak di tengah akan menjadi bernilai 0. Maka petak di sekelilingnya pasti aman.

- b. Setiap petak yang posisinya di dalam adalah petak yang berisi bom.



Gambar 3.8 Petak belum terpilih yang posisinya di dalam adalah bom

Hal ini dapat ditunjukkan dengan melihat petak berangka di pojok kanan atas dan kanan bawah. Petak tersebut meminta ada setidaknya satu bom dan petak belum terpilih di sekelilingnya hanyalah petak belum terpilih dengan posisi di pojok dalam seperti yang dikemukakan

- c. Setiap petak yang posisinya di pojok dalam adalah petak yang berisi bom.



Gambar 3.9 Petak belum terpilih yang posisinya di pojok dalam adalah bom

Hal ini dapat ditunjukkan dengan melihat petak berangka di pojok kiri bawah. Petak tersebut meminta ada setidaknya satu bom dan petak belum terpilih di sekelilingnya hanyalah petak belum terpilih dengan posisi di pojok dalam seperti yang dikemukakan.

3.4. Mencari Jumlah Kombinasi Letak Bom pada Suatu Area Petak di Luar Fakta-fakta

Permainan Minesweeper dapat mudah dilakukan jika mengikuti fakta-fakta seperti yang disebutkan pada bagian sebelumnya. Dengan sejumlah fakta tersebut, permainan Minesweeper mungkin untuk diselesaikan. Namun, terkadang pemain dihadapi dengan kondisi tidak ada lagi fakta-fakta yang pasti tentang keberadaan petak bom dan bukan bom. Dalam kondisi ini pemain harus mencari kemungkinan tidak terdapatnya bom pada suatu area petak.

Misalkan diberikan suatu area petak dengan petak berangka yang diketahui sebagai berikut



Gambar 3.9 Kemungkinan area petak berisi bom Untuk mencari banyaknya kemungkinan kombinasi letak bom pada area tersebut, harus dicari terlebih dahulu kemungkinan letak bom untuk petak berangka

terkecil, pada kasus ini adalah petak berangka 1 di atas. Pemain dapat mencari kombinasi letak bom disekitar angka 1 itu, yaitu

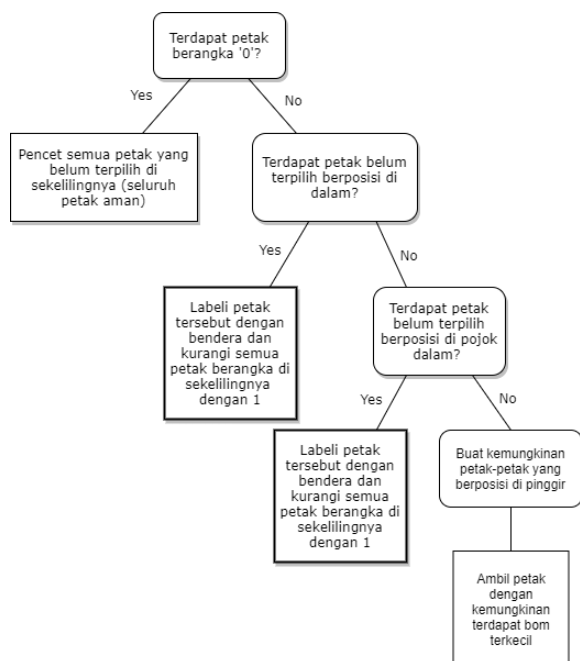
$$P(2,1) = 2! = 2$$

Misalkan diambil petak x_2 dari kombinasi yang dihitung tadi dan diasumsikan petak tersebut berisi bom, pemain harus mengurangi angka dari petak berangka di sekitar petak tersebut sebesar satu, aturan ini sama seperti pada bagian 3.2, jika terdapat petak berangka yang menjadi 0, maka petak di sekeliling petak berangka 0 tersebut tidak bisa lagi di gunakan dalam perhitungan kombinasi selanjutnya. Perhitungan dilanjutkan dengan menghitung kombinasi letak bom pada petak berangka 2 sebelah x_2 , perhatikan bahwa nilai angka ini sudah berkurang menjadi 1 dan kemungkinan letak bom tinggal berada pada x_3 . Begitu seterusnya hingga seluruh petak berangka di area tersebut telah dihitung. Dari perhitungan didapat terdapat

$$P(2,1) \times P(1,1) \times P(1,1) \times P(1,1) \times 1 = 2$$

total kemungkinan kombinasi letak bom pada area tersebut. Angka ini dapat dicatat sebagai konsiderasi pemain untuk menebak petak di area ini.

3.5. Pembuatan Pohon Keputusan



Gambar 3.4 Pohon keputusan

Pada pohon keputusan di atas dimulai dengan mengecek apakah ada petak berangka 0 atau tidak. Jika ya, seluruh petak di sekelilingnya boleh dipencet karena sudah pasti aman. Jika tidak, cek Kembali jika ada petak belum terpilih dengan posisi berada di dalam. Jika ya, labeli petak tersebut dengan bendera dan kurangi semua petak berangka dengan 1. Jika tidak, ulangi hal tersebut untuk pengecekan apakah ada petak belum terpilih dengan posisi berada di pojok dalam. Jika keseluruhan kondisi tidak

terpenuhi, maka akan disarankan melakukan penebakan petak secara acak.

3.6. Alur Penerapan Pohon Keputusan dalam Permainan

Permainan Minesweeper dimulai dengan sepenuhnya peluang untuk mendapatkan petak yang bukan berisi bom. Jika pada pemilihan pertama petak merupakan petak kosong, lakukan pemilihan keputusan berdasarkan pohon keputusan pada gambar 3.4. Jika pada pemilihan pertama petak merupakan petak berangka, pohon keputusan belum bisa digunakan. Pemain harus kembali memilih petak yang belum dipilih secara acak sampai ditemukan petak kosong. Setelah sekali dilakukan pemilihan keputusan menggunakan pohon keputusan di atas, ulangi kembali penerapan pohon keputusan tersebut hingga permainan selesai.

Jika pemain mencapai kondisi tidak lagi terdapat fakta yang dapat langsung dipilih, dalam hal ini mengambil jalur "no" pada akar beraras 2 pohon keputusan, pemain harus melakukan pencarian jumlah kombinasi letak bom pada suatu area tertentu. Jika area yang diambil semakin besar dan angka kombinasi lebih kecil, maka kemungkinan pemain untuk menebak petak berisi bom pada area tersebut lebih besar sehingga dapat diprediksi letaknya.

V. KESIMPULAN

Permainan Minesweeper merupakan permainan yang memerlukan analisis kondisi untuk melakukan pemilihan langkah yang tepat. Dengan diberikan fakta-fakta yang pasti tentang keberadaan dan ketidakberadaan bom pada suatu petak, pemain dapat mempertimbangkan prioritas fakta yang kemudian dapat disusun menjadi sebuah pohon keputusan langkah permainan Minesweeper. Penerapan kombinatorial juga membantu pemain untuk mengambil keputusan ketika tidak ditemukan lagi fakta-fakta yang pasti. Dengan penerapan kedua cara ini, kemungkinan pemain untuk memilih langkah yang tepat pasti lebih besar.

Pada makalah ini disediakan pohon keputusan permainan Minesweeper yang belum sempurna. Namun, diharapkan pohon keputusan ini dapat memberikan gambaran kepada pemain dan pembaca tentang taktik dalam bermain permainan Minesweeper. Masih terdapat banyak algoritma yang tidak dicantumkan di sini yang juga dapat membantu pemain untuk bermain permainan Minesweeper.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama-tama penulis mengucapkan puji-syukur kepada Tuhan Yang Mahaesa karena berkat rahmatnya penulis diberi kesempatan menulis makalah ini. Selain itu penulis juga berterima kasih kepada para dosen pengajar Mata Kuliah IF2120 Matematika Diskrit yang telah membimbing dan memberi banyak pengetahuan yang berujung pada ide pembuatan judul makalah ini. Penulis juga ingin berterima kasih kepada orang tua yang selalu memberi kasih sayang, teman-teman yang selalu memberi semangat, dan pihak lain yang ikut membantu penulis

secara jasmani maupun spiritual dalam penulisan makalah ini.

REFERENCES

- [1] <https://massaioli.wordpress.com/2013/01/12/solving-minesweeper-with-matrices/> diakses 11 Desember 2020 pukul 16.59 WIB
- [2] Rosen, Kenneth H. Discrete Mathematics And Its Applications. 7th ed., Mcgraw-Hil, 2012, pp. 385-377, 745-803.

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.

Bogor, 9 Desember 2020



Muhammad Rifky Muthahhari – 13519123