

Penerapan pohon keputusan dalam permainan puzzle sudoku

Muhammad Dhiwaul Akbar – 13521158

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

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

13521158@std.stei.itb.ac.id

Abstract— Seiring dengan berkembangnya dunia hiburan – terutama game - masyarakat dibuat terlena dengan game yang kadang tidak melatih kecerdasan otak, bahkan tidak mendidik secara moral dan etika. sudoku sebagai game yang telah ada sejak lama- melatih kecerdasan dan logika seakan-akan dilupakan. Game ini tidak hanya melatih kecerdasan dan logika, namun juga ketelitian dan keterampilan berpikir kritis . sehingga, game ini sangat baik bagi anak-anak, terutama anak-anak yang berada dalam masa perkembangan otak . pohon keputusan digunakan untuk menganalisis setiap keputusan -dan akibat – yang diambil oleh pemain sehingga memperlihatkan keputusan mana yang menghasilkan jawaban yang tepat dalam menyelesaikan puzzle sudoku.

Keywords— Sudoku, Pohon Keputusan, puzzles

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan begitu pesatnya perkembangan teknologi, perkembangan game juga mengalami perkembangan yang begitu pesat. Mulai dari game yang awalnya hanya bisa dimainkan oleh dua orang secara bersamaan di tempat yang sama hingga menjadi game online yang dapat dimainkan lebih dari dua orang dan dari tempat yang berjauhan. Namun, perkembangan game ini sayangnya tidak selalu memberikan dampak yang baik bagi pemain yang memainkannya, sebab ada cukup banyak game yang tidak bermanfaat bahkan tidak mendidik secara moral. Bahkan terdapat beberapa kasus kriminal menyeramkan yang terjadi disebabkan game online. Oleh karena itu, para orangtua harus menjaga anak-anaknya dari game online yang dikhawatirkan berbahaya bagi moral sang anak di masa depan.

Sudoku -sebagai game lama yang diciptakan oleh beberapa ilmuwan matematika – merupakan salah satu game yang sangat mengasah kemampuan otak , baik keterampilan berpikir kritis hingga kemampun berpikir dengan logika. Sudoku ini sangat baik dimainkan oleh anak-anak dalam usia perkembangan otak. Manfaat lain dari bermain puzzle sudoku ini ialah meningkatkan konsentrasi , membantu tubuh rileks , meningkatkan keterampilan pemecahan masalah, meningkatkan memori , dan ketelitian.

Di era sekarang, sudoku -yang semulanya terdapat di majalah public sebagai games hiburan- sudah dapat dimainkan secara online dan memiliki time limit setiap kali dimainkan. Dimana time limit ini dapat meningkatkan jiwa kompetitif /persaingan yang sehat dalam diri si pemain karena Beberapa

aplikasi puzzle sudoku sudah dilengkapi dengan pengatur waktu dan pelacak kemajuan untuk mengukur kinerja diskir setiap teka-teki .

Sebagian orang berpikir bahwa sudoku hanya bisa diselesaikan oleh orang yang jago dalam matematika , namun anggapan tersebut sangatlah tidak benar karena sudoku bukanlah tentang menambah atau mengurangi beberapa bilangan , melainkan sudoku adalah tentang berpikir dengan logika, kemampuan menemukan pola ,serta kemampuan untuk konsentrasi .

Sudoku juga bukanlah permainan tebak-tebakan , namun sudoku merupakan permainan momentum – jika anda menempatkan angka yang tepat sejak awal pengisian puzzle, anda akan cenderung akan membuat pilihan yang tepat dalam mengisi angka pada kotak lain pada pengisian selanjutnya – jadi , trik nya adalah dengan melihat seluruh peletakan angka pada masing-masing baris ,kolom dan blok .

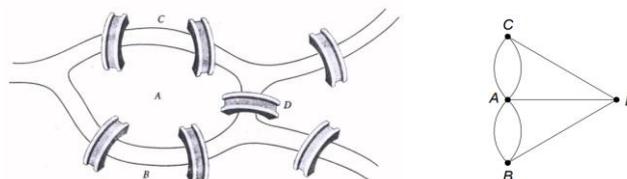
Dan teka-teki sudoku bukanlah sesuatu yang mustahil untuk diselesaikan . Kenyataannya Semua teka-teki Sudoku yang valid dapat dipecahkan, meskipun beberapa teka-teki Sudoku yang paling canggih memerlukan algoritme analog untuk menyelesaikannya secara efisien. Dan untuk dipecahkan, harus ada jumlah minimum petunjuk yang ada di kisi Sudoku – menurut penelitian matematika baru-baru ini, teka-teki Sudoku harus dimulai dengan setidaknya 17 petunjuk (17 angka sudah ada di 81 ruang kisi Sudoku di awal permainan) untuk mendapatkan solusi yang valid.

II. LANDASAN TEORI

A.GRAF

Graf digunakan untuk merepresentasikan objek-objek diskrit dan hubungan antara objek-objek tersebut.

Sejarah graf dimulai sejak adanya persoalan jembatan konisberg pada tahun 1736 M.



Gambar 1. Jembatan konisberg (kiri) dan graf persoalan (kanan)

Sumber : slide PPT matematika diskrit

Representasi grafnya adalah sebagai berikut :

- Simpul (vertex) = menyatakan daratan
- Sisi (edge) = menyatakan jembatan

Persoalan: Bisakah orang melalui setiap jembatan tepat sekali dan kembali lagi ke tempat semula?

Graf merupakan representasi titik-titik (simpul) yang dihubungkan satu sama lain menggunakan garis-garis (sisi) yang menyatakan hubungan antara dua simpul.

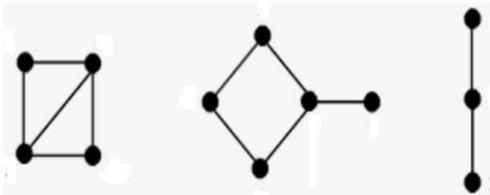
Graf dapat disimbolkan dengan cara sebagai berikut :

Graf $G = (V, E)$, yang dalam hal ini:

- V = himpunan tidak-kosong dari simpul-simpul (vertices)
 $= \{ v_1, v_2, \dots, v_n \}$
- E = himpunan sisi (edges) yang menghubungkan sepasang simpul
 $= \{ e_1, e_2, \dots, e_n \}$

Graf memiliki beberapa jenis. Berdasarkan ada tidaknya gelang atau sisi ganda pada suatu graf, maka graf digolongkan menjadi dua jenis:

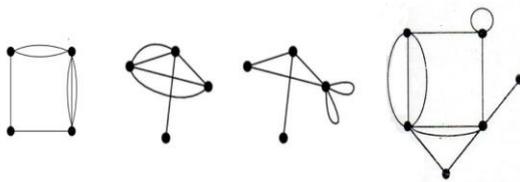
1. Graf sederhana (simple graph). Graf yang tidak mengandung gelang maupun sisi ganda dinamakan graf sederhana.



Gambar 2. Graf sederhana

Sumber : slide PPT matematika diskrit

2. Graf tak-sederhana (unsimple-graph). Graf yang mengandung sisi ganda atau gelang dinamakan graf tak-sederhana (unsimple graph).

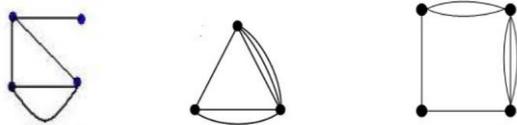


Gambar 3. Graf tak sederhana

Sumber : slide PPT matematika diskrit

Graf tak-sederhana dibedakan lagi menjadi:

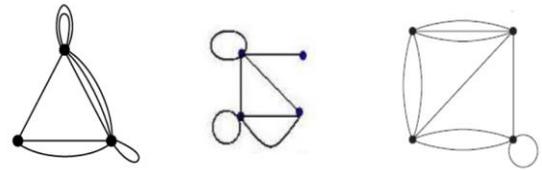
1. Graf ganda (multi-graph) → Graf mengandung sisi ganda



Gambar 4. Graf ganda

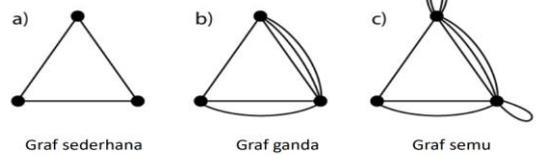
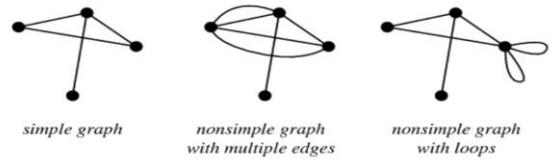
Sumber : slide PPT matematika diskrit

2. Graf semu (pseudo-graph) → Graf mengandung sisi gelang



Gambar 5. Graf semu

Sumber : slide PPT matematika diskrit

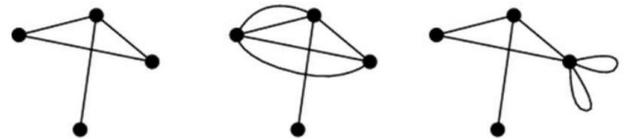


Gambar 6. Macam-macam graf

Sumber : slide PPT matematika diskrit

Berdasarkan orientasi arah pada sisi, graf dibedakan atas 2 jenis:

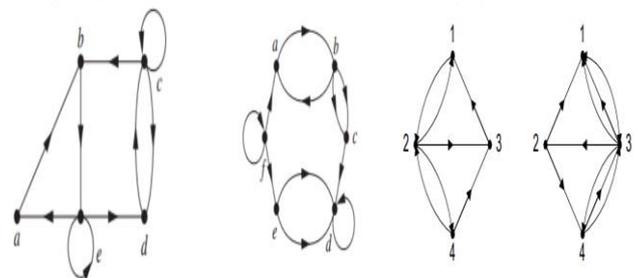
1. Graf tak-berarah (undirected graph) Graf yang sisinya tidak mempunyai orientasi arah disebut graf tak-berarah.



Gambar 7. Graf tak berarah

Sumber : slide PPT matematika diskrit

2. Graf berarah (directed graph atau digraph) Graf yang setiap sisinya diberikan orientasi arah disebut sebagai graf berarah.

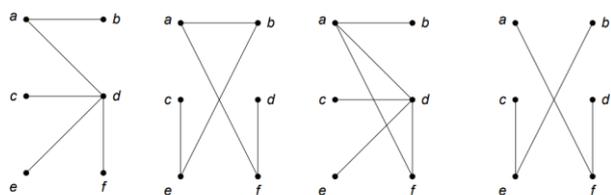


Gambar 8. Graf berarah

Sumber : slide PPT matematika diskrit

B. POHON

Pohon adalah graf tak-berarah terhubung yang tidak mengandung sirkuit



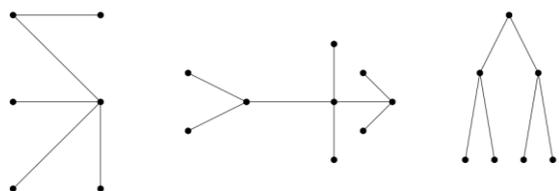
pohon pohon bukan pohon bukan pohon

Gambar 9. Pohon

Sumber : slide PPT matematika diskrit

Hutan (forest) adalah :

- kumpulan pohon yang saling lepas, atau
- graf tidak terhubung yang tidak mengandung sirkuit. Setiap komponen di dalam graf terhubung tersebut adalah pohon.



Gambar 10. Hutan yang terdiri dari 3 pohon

Sumber : slide PPT matematika diskrit

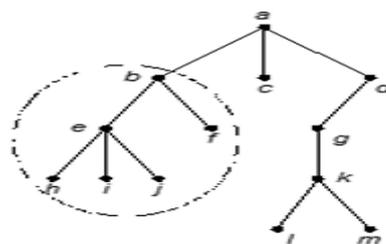
Pohon memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

1. Misalkan G merupakan suatu graf dengan n buah simpul dan tepat $n - 1$ buah sisi.
2. Jika G tidak mempunyai sirkuit maka G merupakan pohon.
3. Suatu pohon dengan n buah simpul mempunyai $n - 1$ buah sisi.
4. Setiap pasang simpul di dalam suatu pohon terhubung dengan lintasan tunggal.
5. Misalkan G adalah graf sederhana dengan jumlah simpul n , jika G tidak mengandung sirkuit maka penambahan satu sisi pada graf hanya akan membuat satu sirkuit.
6. G terhubung dan semua sisinya adalah jembatan.

C. POHON BERAKAR

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

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



Gambar 11. Upapohon

Sumber : <https://www.foldertips.com/tik/graph-pohon/>

5. 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 1 dan derajat c adalah 0 .

Derajat maksimum dari semua simpul merupakan derajat pohon itu sendiri. Pohon di atas berderajat 3 .

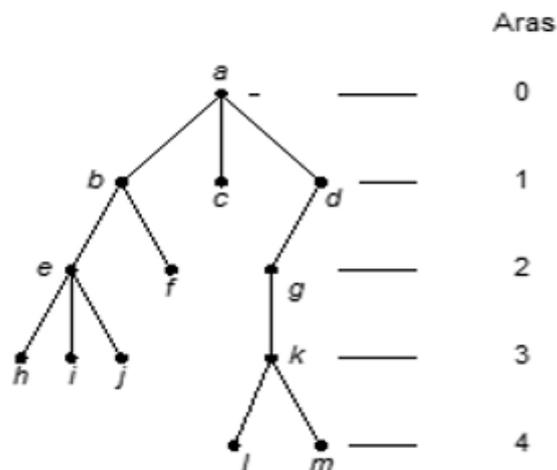
6. Daun (*leaf*)

Simpul yang berderajat nol (atau tidak mempunyai anak) disebut daun. Simpul h, i, j, l, 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

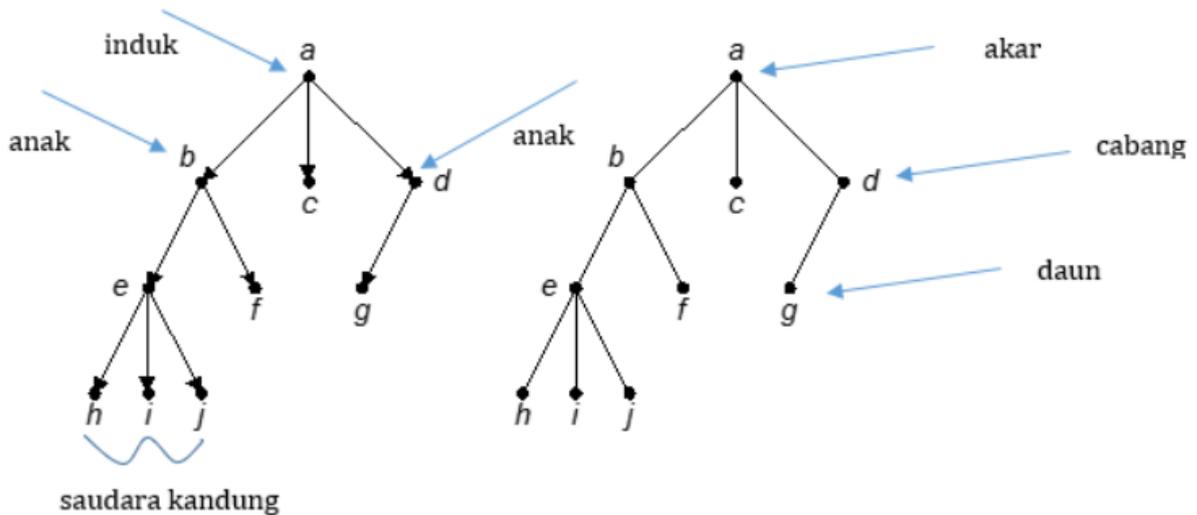


Gambar 13. Aras (level) atau tingkat

Sumber : <https://www.foldertips.com/tik/graph-pohon/>

9. Tinggi (*height*) atau Kedalaman (*depth*)

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

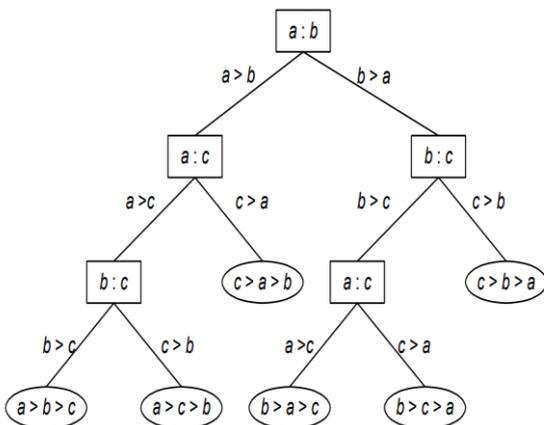


Gambar 12. Pohon berakar

Sumber : <https://www.foldertips.com/tik/graph-pohon/>

D. POHON KEPUTUSAN

Pohon Keputusan adalah pohon yang digunakan sebagai prosedur penalaran untuk mendapatkan jawaban dari masalah yang dimasukkan.



Gambar 14. Pohon keputusan

Sumber : slide PPT matematika diskrit

Pohon keputusan mempunyai tiga pendekatan klasik yaitu:

1. **Pohon klasifikasi**, digunakan untuk melakukan prediksi ketika ada data baru yang belum diketahui label kelasnya. Pendekatan ini yang paling banyak digunakan.
2. **Pohon regresi**, ketika hasil prediksi dianggap sebagai nilai nyata yang mungkin akan didapatkan.
3. **CART (atau C&RT)**, ketika masalah klasifikasi dan regresi digunakan bersama-sama.

III. SUDOKU

Secara Bahasa, Sudoku berasal dari 2 kata, yaitu “su” yang berarti angka dan “doku” yang berarti tunggal. Sekilas dari namanya mungkin kita bakal mengira sudoku berasal dari Jepang, namun bukan dari Jepang, sudoku berasal melainkan dari Swiss. Sudoku pertama kali diciptakan di tahun 1783 oleh Leonhard Euler, seorang matematikawan asal Swiss. Euler mengembangkan gagasan tentang cara mengatur angka sehingga satu angka hanya muncul satu kali di setiap baris atau kolom. Waktu itu, sudoku lebih mirip dengan proyek matematika daripada teka-teki. Tujuan awal sudoku diciptakan bukan digunakan untuk bermain seperti sekarang.

Leonhard Euler memang yang pertama mencetuskan konsep sudoku, tetapi permainan sudoku modern diciptakan oleh Howard Garns. Ia merupakan seorang arsitek Amerika kelahiran 2 Maret 1905. Teka-teki angka yang awalnya bernama number place (tempat angka) ini diterbitkan di majalah *Dell Pencil Puzzles and Word Games* pada bulan Mei 1979.

Setelah populer di Amerika, teka-teki angka ini mulai menyebar ke negara-negara lain. Permainan ini diperkenalkan ke Jepang oleh Nikoli, majalah teka-teki pertama di Jepang. Nikoli menamai permainan ini dengan *Suuji wa Dokushin ni Kagiru*. Apabila diterjemahkan secara kasar, artinya adalah "angka-angka yang lajang atau belum menikah". Karena dianggap terlalu panjang, nama ini kemudian disingkat menjadi sudoku. Permainan ini dikenalkan oleh Nikoli lewat majalahnya pada tahun 1984. Saat pertama dikenalkan, sudoku tidak terlalu populer. Di tahun 1986, Nikoli membuat peraturan bahwa petunjuk harus diatur dalam pola simetris. Strategi ini pun berhasil membuat sudoku kembali populer.

Wayne Gould, adalah seseorang yang berjasa membuat permainan sudoku kembali mendunia. Ia adalah seorang pensiunan hakim asal Selandia Baru yang lahir pada 3 Juli 1945. Pada Maret 1997, ia yang sedang berlibur di Tokyo, Jepang, memasuki sebuah toko buku dan menemukan sudoku.

Gould langsung tertarik dan menghabiskan enam tahun berikutnya mengembangkan program komputer. Program ini dikenal sebagai Pappocom Sudoku yang digunakan untuk memproduksi teka-teki sudoku secara massal.

#Aturan bermain sudoku

Aturan permainan untuk puzzle sudoku ini sangat sederhana, untuk menyelesaikan permainan ini tidak diperlukan pengetahuan umum, kepandaian atas bahasa tertentu, juga kemampuan matematika. Tetapi hanya memerlukan kecermatan, kesabaran, dan logika. Papan Sudoku terbuat dari sembilan buah kotak berukuran 3×3 (disebut blok/ subgrid) yang disusun sedemikian rupa sehingga menghasilkan kotak besar berukuran 9×9 . Beberapa kotak sudah diisi sebagai petunjuk awal dan tugas pemain adalah melengkapi angka-angka pada kotak yang lain sehingga keseluruhan papan permainan terisi angka secara lengkap. Aturan permainannya sangatlah sederhana:

1. Kotak-kotak pada setiap baris, kolom, dan blok/ subgrid harus berisi sebuah angka.
2. Angka-angka yang diisikan harus unik dari 1 hingga 9 sehingga dalam 1 blok/ subgrid hanya terdiri atas angka 1-9 yang tidak berulang dan tidak ada angka yang berulang dalam 1 baris maupun kolom.

Angka-angka ini sebenarnya tidak memiliki hubungan aritmetis satu sama lain. Anda boleh menggantinya dengan 9 huruf, lambang, atau warna yang berbeda.

Gambar 15. Sudoku 9×9

Sumber : <https://ideatech.istts.ac.id/proceeding2011/20-000047-01p-INF%20Rina%20P164-177.pdf>

IV. APLIKASI POHON KEPUTUSAN DALAM MENYELESAIKAN SUDOKU

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, pohon keputusan digunakan untuk menyelesaikan persoalan yang ada dengan melihat semua kemungkinan hasil dari keputusan yang kita ambil dengan metode backtracking.

Langkah awal yang harus kita lakukan adalah mengambil baris dan kolom mana terlebih dahulu untuk memulai melakukan pengisian sudoku.

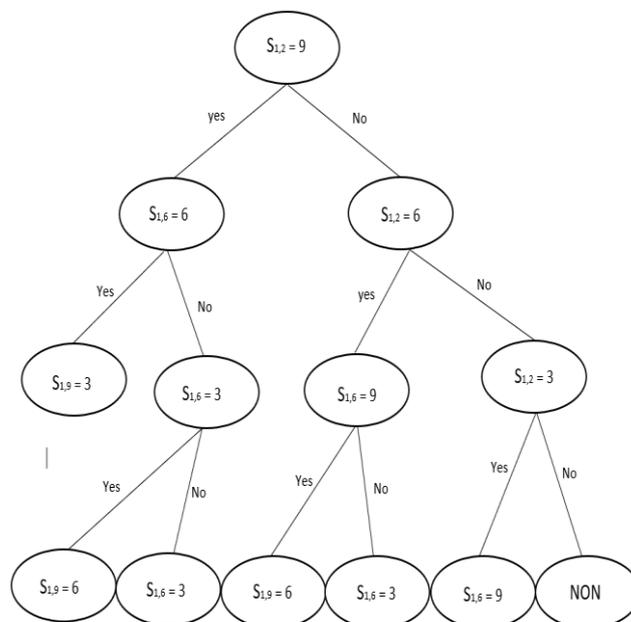
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4		8	7	5		2	1	
2	3			4					
3	6	2					7	8	
4	2			8					1
5	1	5			2			9	7
6	9					1			2
7		1	2					4	9
8						5			6
9		6	4		1	3	5		8

Gambar 16. Contoh Pengisian sudoku mulai dari kotak kosong di baris 1 dan kolom 2

Sumber : <https://ideatech.istts.ac.id/proceeding2011/20-000047-01p-INF%20Rina%20P164-177.pdf>

Misalkan kita mulai pada contoh puzzle sudoku diatas dengan permulaan di kotak kosong baris ke 1 dan kolom ke 2 ($S_{1,2}$). pada kotak kosong tersebut, kita memiliki 3 pilihan pengisian, yaitu 3,6, atau 9 karena pada baris ke 1 telah ada angka 1,2,4,5,7 dan 8.

Misalkan kita pilih 9 untuk $S_{1,2}$ maka pada kolom 2, baris 1 serta blok 1 tidak boleh ada angka 9 lagi. Lalu, kita cari lagi kotak kosong yang tersisa di baris 1, yaitu $S_{1,6}$ dengan pilihan yang tersisa adalah 3 dan 6. misalkan kita pilih 6 untuk mengisi kotak kosong tersebut, maka pada kolom 6, baris 1 dan blok 2 sudah tidak boleh ada angka 6 lagi. kita cek terlebih dahulu apakah pada kolom 6, baris 1 dan blok 2 sebelumnya tidak ada angka 6. jika sebelumnya sudah ada, maka solusi salah dan kita kembali ke node diatasnya. namun, jika sebelumnya belum ada maka kita lanjut mencari kotak kosong selanjutnya pada baris 1. ketemu pada $S_{1,9}$ dengan pilihan yang ada tinggal angka 3.



Gambar 17. Ilustrasi pohon keputusan dengan metode backtracking untuk menyelesaikan permainan puzzle sudoku

Setelah satu baris terisi penuh dengan solusi yang benar (tidak ada kontradiksi dengan baris, kolom, serta blok yang terdampak oleh beberapa pengisian kotak kosong tersebut), kita lanjutkan pencarian dan pengisian kotak kosong pada baris 2. begitu seterusnya hingga menghasilkan solusi yang benar untuk semua kotak kosong pada setiap baris, kolom serta blok yang tersedia

V. KESIMPULAN

Dalam menyelesaikan puzzle sudoku, pemain dapat menggunakan pohon keputusan dengan metode backtracking didalam otak/pikiran para pemain masing-masing dengan mengilustrasikannya dengan pola pikir masing-masing pemain. Hal ini dapat menjadikan sudoku sebagai puzzle yang menyenangkan dan mengasah kemampuan mengambil keputusan yang tepat dengan data-data yang telah tersedia. Dan dengan adanya pohon keputusan di dalam pikiran pemain, akan membuat pemain dapat mengisi kotak-kotak kosong pada puzzle sudoku dengan lebih mudah dan tepat.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama-tama, penulis ingin mengucapkan puja dan puji syukur kepada Allah SWT. Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat rahmat, serta karunia-Nya alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas makalah matematika diskrit ini dengan tepat waktu. penulis juga mengucapkan terima kasih kepada keluarga dan teman-teman penulis yang selalu memberikan dukungan dan semangat hingga makalah ini dapat diselesaikan dengan baik. Tak lupa pula penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada ibu Dr. Fariska Zakhralatifa Ruskanda, selaku dosen pengampu mata kuliah matematika diskrit K-02, yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat yang menunjang pembuatan makalah ini. penulis sadar bahwa makalah yang penulis buat jauh dari kata sempurna. maka dari itu, penulis berharap agar makalah ini dapat digunakan dengan sebaik-baiknya dan dapat dikembangkan lebih jauh lagi agar memberikan manfaat yang lebih banyak lagi bagi masyarakat

REFERENSI

- [1] <https://webspaces.maths.qmul.ac.uk/p.j.cameron/slides/beamer/sudoku3.pdf> diakses pada tanggal 11 Desember 2022 pukul 22.00 WIB
- [2] <https://www.gramedia.com/best-seller/cara-bermain-sudoku/> diakses pada tanggal 11 Desember 2022 pukul 22.00 WIB
- [3] <https://medium.com/@ulfafaudiah99/matematika-diskrit-55a8af8920f> diakses pada tanggal 11 Desember 2022 pukul 22.00 WIB
- [4] <https://sudoku.com/how-to-play/4-misconceptions-about-playing-sudoku/> diakses pada tanggal 11 Desember 2022 pukul 23.00 WIB
- [5] <https://www.foldertips.com/tik/graph-pohon/> diakses pada tanggal 11 Desember 2022 pukul 23.00 WIB
- [6] <https://pemrogramanmatlab.com/data-mining-menggunakan-matlab/pohon-keputusan-menggunakan-matlab/> diakses pada tanggal 11 Desember 2022 pukul 23.00 WIB
- [7] <https://www.idntimes.com/science/discovery/nena-zakiah-1/sejarah-sudoku?page=all> diakses pada tanggal 12 Desember 2022 pukul 00.00 WIB

- [8] <https://ideatech.istts.ac.id/proceeding2011/20-000047-01p-INF%20Rina%20P164-177.pdf> diakses pada tanggal 12 Desember 2022 pukul 00.00 WIB
- [9] <https://webspaces.maths.qmul.ac.uk/p.j.cameron/slides/beamer/sudoku3.pdf> diakses pada tanggal 12 Desember 2022 pukul 00.00 WIB
- [10] <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2022-2023/matdis22-23.htm#SlideKuliah> diakses pada tanggal 12 Desember 2022 pukul 00.00 WIB
- [11] <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf> diakses pada tanggal 12 Desember 2022 pukul 02.00 WIB
- [12] <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Pohon-2020-Bag1.pdf> diakses pada tanggal 12 Desember 2022 pukul 02.00 WIB
- [13] <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2021-2022/Pohon-2021-Bag2.pdf> diakses pada tanggal 12 Desember 2022 pukul 02.00 WIB

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, 12 Desember 2022



M. Dhiwaul Akbar – 13521158