



Hak cipta dan penggunaan kembali:

Lisensi ini mengizinkan setiap orang untuk mengubah, memperbaiki, dan membuat ciptaan turunan bukan untuk kepentingan komersial, selama anda mencantumkan nama penulis dan melisensikan ciptaan turunan dengan syarat yang serupa dengan ciptaan asli.

Copyright and reuse:

This license lets you remix, tweak, and build upon work non-commercially, as long as you credit the origin creator and license it on your new creations under the identical terms.

BAB II

Landasan Teori

2.1. Sudoku

Sudoku adalah teka-teki logika di mana pemain perlu mengisi angka dari 1 sampai 9 ke dalam kotak sel seluas 9×9 yang dipartisi menjadi dari 9 blok area sel seluas 3×3 tanpa ada angka yang berulang di satu baris, kolom atau blok area (Sudoku Dragon). Teka-teki sudoku disajikan dengan beberapa nilai yang sudah didefinisikan sejak awal, yang disebut sel tetap. Selain sel tetap, sel lainnya yang masih kosong harus diberikan angka oleh pemain sampai semua sel terisi habis. Pemain dituntut untuk menggunakan penalaran deduktif untuk mencari pola dalam menempatkan nomor di sel yang masih kosong.

Struktur logis dari permainan teka-teki sudoku relatif sederhana dan mudah dipelajari cara bermainnya. Tidak seperti permainan populer lainnya seperti Teka-teki *scrabble* atau teka-teki silang, dalam teka-teki sudoku, pemain tidak perlu menguasai bahasa asing maupun menghafal alfabet lainnya untuk bisa bermain sudoku. Karena kelebihan yang dimiliki itulah teka-teki sudoku menjadi teka-teki yang populer. Terlebih lagi, bermain sudoku merupakan salah satu cara yang menyenangkan dan santai untuk menghabiskan waktu.

Teka teki sudoku itu sendiri ditemukan pertama kali oleh Leonhard Euler pada tahun 1783. Sebelum dikenal sebagai sudoku, Euler memberi nama teka-teki ini dengan nama "Latin Square" (Sudoku Dragon). Lalu pada era modern ini, teka-teki ini dipopulerkan oleh Maki Kaji. Maki Kaji menerbitkan teka-teki ini di majalah perusahaan teka-tekinya dan memberikan nama "Sudoku" (Lin & Wu, 2011). Kata sudoku itu sendiri berasal dari singkatan dari kalimat "Su-ji wa

dokushin ni kagiru” dalam bahasa Jepang yang berarti angkanya harus tunggal. Berdasarkan kalimat tersebut, tujuan utama dari permainan ini adalah mengisi angka ke dalam semua baris dan kolom yang tersedia, dengan ketentuan setiap angka atau simbol yang dimasukkan hanya muncul satu kali dalam setiap baris, kolomnya dan blok area yang ditentukan. Setiap sel individu dapat diwakili oleh bilangan bulat yang mengisi sel-sel kosong dari setiap blok area sudoku (Chi & Lange, 2012).

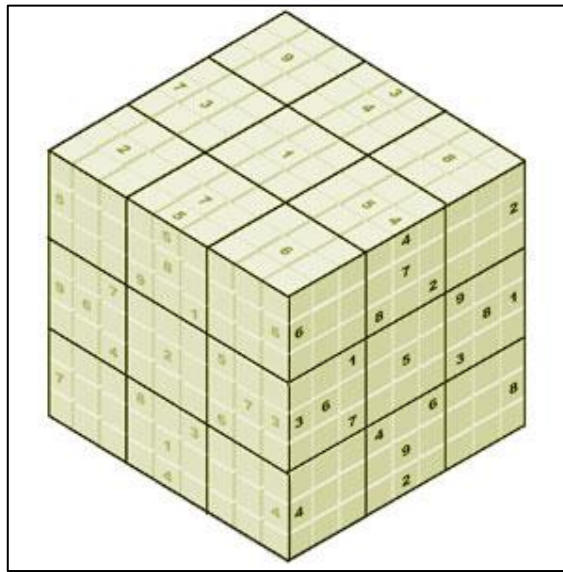
			8	1			
						4	3
5							
			7		8		
					1		
	2		3				
6						7	5
		3	4				
			2		6		

Gambar 2.1 Contoh Sudoku

Pada dasarnya, dalam memecahkan teka-teki sudoku tidak diperlukan kemampuan aritmetika. Ironisnya, meski merupakan permainan angka, sudoku tidak menuntut pemainnya sedikitpun untuk menggunakan operasi matematika dalam pemecahannya, baik itu penambahan maupun penggandaan (Majumder, Kumar, Das, & Chakraborty, 2010). Dalam sudoku pun, angka yang digunakan hanya digunakan sebagai simbol yang dapat dibedakan satu sama lain, dan simbol ini dapat diganti dengan simbol lainnya seperti huruf, warna, ikon dan sebagainya, asalkan memiliki jumlah tipe atau jenis yang cukup untuk dapat dibedakan. Namun di sisi lain, Sudoku sendiri menuntut pemain untuk menggunakan logika dalam pemecahannya.

2.2. Sudoku Tiga Dimensi

Sudoku tiga dimensi pertama kali dikenalkan oleh Dion Church pada tahun 2005. Sudoku ini memiliki bentuk tiga dimensi berbasis $9 \times 9 \times 9$ (John, 2012), namun hanya wajah yang nampak yang bisa dikerjakan. Sudoku Dion Church adalah sebagai seperti berikut yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Sudoku Dion Church

Dalam versi sudoku tiga dimensi ini, setiap wajah sudoku mengikuti aturan tradisional untuk teka-teki sudoku biasa. Namun ditambah aturan bahwa kolom atau baris yang bertepian atau menempel dengan wajah sudoku lainnya harus memiliki urutan angka yang sama.

Selain sudoku Dion Church, muncul banyak variasi sudoku tiga dimensi lainnya, seperti sudoku tiga dimensi tipe tiga wajah yang digunakan dalam penelitian ini. Walaupun sudoku tiga dimensi terinspirasi dari Dion Church, bentuk serta aturan sudoku tiga dimensi sekarang tidaklah sama dengan sudoku yang telah diciptakan Dion Church. Beberapa variasi sudoku tiga dimensi adalah sebagai berikut :

1) Sudoku tiga dimensi tipe tiga wajah (*Three-Face Model*)

Variasi pertama dari sudoku tiga dimensi adalah model *three-face*, yaitu sudoku tiga dimensi dengan total tiga wajah (Lambert & Whitlock, 2010). Model ini adalah tipe sudoku tiga dimensi yang akan dipakai dalam penelitian kali ini, seperti pada Gambar 1.1. Dalam model ini, bagian sudoku yang dapat dikerjakan oleh pemain hanya terdiri dari tiga wajah sudoku yang bisa dilihat pemain. Tepi setiap wajah bertemu dengan wajah lainnya sehingga membentuk gambar bangun geometri kubus. Model ini terinspirasi dari teka-teki sudoku yang diciptakan oleh Dion Church, namun seiring dengan berkembangnya permainan sudoku, sudoku tiga dimensi dengan banyak diciptakan dengan bentuk dan aturan yang bermacam-macam.

2) Sudoku tiga dimensi tipe enam wajah (*Six-Face Model*)

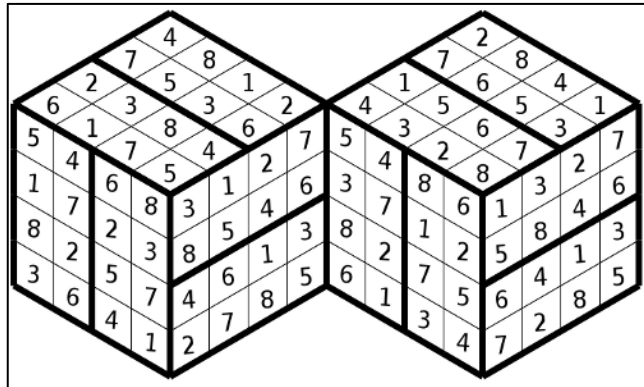
Variasi kedua dari sudoku tiga dimensi adalah model *six-face*, yaitu sudoku tiga dimensi dengan total enam wajah (Lambert & Whitlock, 2010). Model sudoku tiga dimensi ini dapat dibuka menjadi dua dimensi dengan enam wajah sudoku tradisional seperti sudoku Dion Church. Sebagai contoh, dapat dilihat teka-teki sudoku dengan ukuran blok 2 x 2 yang ditampilkan dibawah.

				4	1	2	3				
				3	2	1	4				
				1	4	3	2				
				2	3	4	1				
4	3	1	2	2	3	4	1	1	2	4	3
2	1	3	4	4	1	2	3	3	4	2	1
3	2	4	1	1	2	3	4	4	1	3	2
1	4	2	3	3	4	1	2	2	3	1	4
				3	4	1	2				
				2	1	4	3				
				4	3	2	1				
				1	2	3	4				
				1	2	3	4				
				3	4	1	2				
				2	3	4	1				
				4	1	2	3				

Gambar 2.3 Sudoku Tiga Dimensi Model Six-Face

3) Hyper Sudoku (Kombinasi Sudoku tiga dimensi)

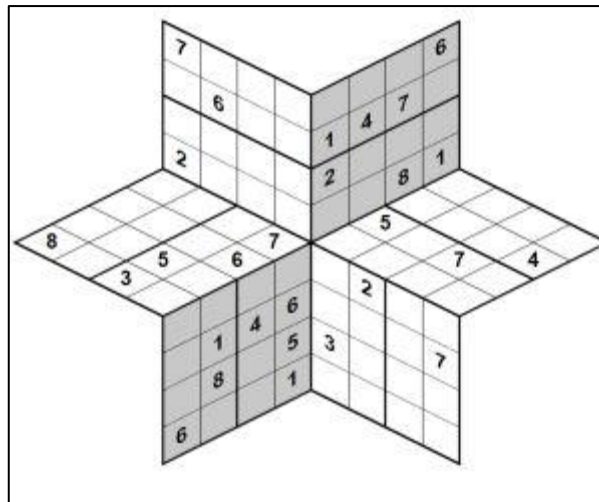
Sudoku tiga dimensi juga memiliki variasi yang lahir dari modifikasi tipe tiga wajah, yaitu Hyper Sudoku yang merupakan kombinasi dari dua atau tiga sudoku tiga dimensi yang diikat menjadi satu. Untuk setiap kubus, aturan yang digunakan sama seperti sudoku tiga dimensi model *three-face* umumnya, namun wajah kubus menyentuh wajah kubus lainnya membentuk baris atau kolom baru.



Gambar 2.4 Hyper Sudoku

4) Snowflake Sudoku

Teka-teki sudoku tiga dimensi ini terdiri dari enam wajah yang disusun dalam bentuk kepingan salju, dan mengharuskan pemecah untuk menempatkan angka yang berbeda satu kali di setiap wilayah wajah.

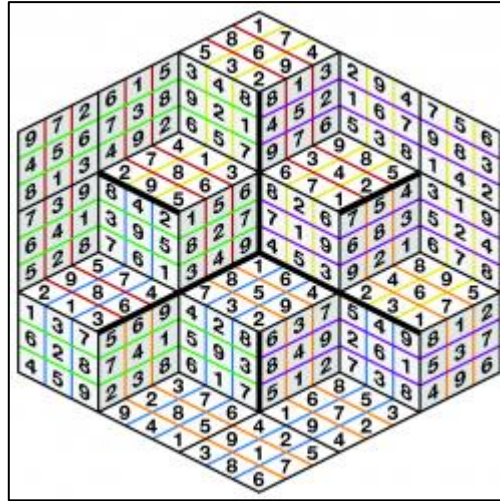


Gambar 2.5 Snowflake Sudoku

5) Sudoku tiga dimensi raksasa

Merupakan teka-teki sudoku tiga dimensi yang paling rumit dari berbagai jenis sudoku tiga dimensi lainnya, dan tentunya sangat sulit. teka-teki

sudoku tiga dimensi ini mengambil bentuk kubus raksasa yang memiliki berbagai pola dan bentuk kubus yang mencolok.



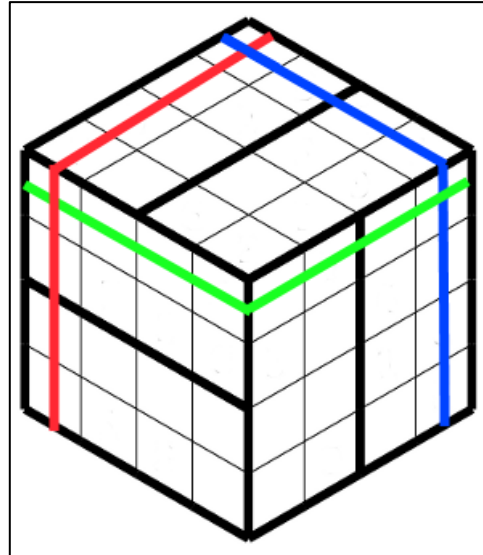
Gambar 2.6 Sudoku Tiga dimensi raksasa

Bersamaan dengan muncul variasi-variasi sudoku tiga dimensi yang terinspirasi dari sudoku Dion Church, maka aturan yang digunakan dalam teka-teki ini juga berbeda. Namun secara garis besar, sudoku tiga dimensi sekarang ini memiliki aturan fundamental yang mirip satu sama lain. Jika setiap wajah dari sudoku Dion Church dapat dipecahkan masing-masing selayaknya sudoku tradisional dua dimensi, maka setiap wajah dalam Sudoku tiga dimensi sekarang, saling berhubungan dan tidak dapat dipecahkan secara terpisah.

Aturan dalam pemecahan sudoku tiga dimensi adalah sebagai berikut:

- 1) Setiap garis horizontal yang berjalan dari wajah satu ke wajah lainnya hanya boleh berisi satu dari setiap angka. Contoh garis hijau dalam Gambar 2.7.
- 2) Setiap kolom vertikal yang berjalan dari wajah satu ke wajah lainnya hanya boleh berisi satu dari setiap angka. Contoh garis merah dan biru dalam Gambar 2.7.

- 3) Setiap blok area yang telah ditentukan hanya boleh berisi satu dari setiap angka.



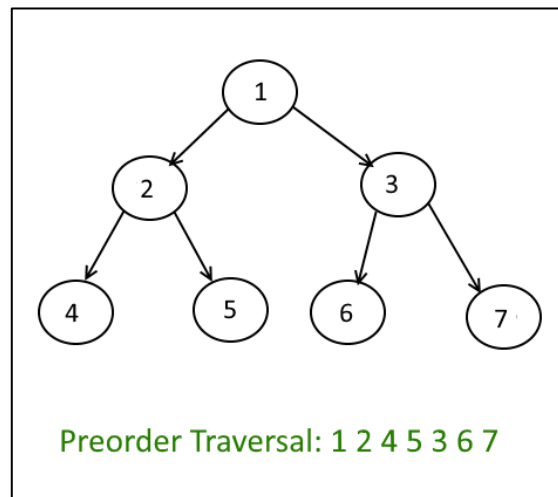
Gambar 2.7 Aturan Sudoku Tiga Dimensi

2.3. Algoritma Backtracking

Algoritma backtracking pertama kali diperkenalkan oleh D.H. Lehmer pada tahun 1950. Algoritma backtracking merupakan salah satu metode pemecahan masalah berbasis pencarian pada solusi. Algoritma ini telah digunakan sebagai strategi untuk memecahkan masalah kombinatorial dan telah dipelajari secara luas (Gerhart & Yelowitz , 1976).

Pada dasarnya, backtracking merupakan algoritma yang dikembangkan dari teknik bruteforce, secara sistematis mencari semua kemungkinan solusi permasalahan yang ada. Lalu dikembangkan sedemikian rupa sehingga algoritma menjadi lebih efektif dalam pemecahan masalah tanpa perlu mengulangi langkah pencarian solusi dari awal.

Algoritma backtracking sendiri bekerja secara rekursif, berbasis pada teknik Depth-First Search (DFS) dalam pencarian solusi pemecahan masalah. Prinsip utama algoritma ini adalah mencari solusi tanpa perlu memeriksa semua kemungkinan solusi yang ada. Sebagai gambaran, algoritma ini membuat semua kemungkinan solusi yang ada dalam bentuk pohon (*tree*), lalu solusi yang ada dicoba satu persatu berdasarkan bentuk pohon yang telah dibuat secara pre-order traversal. Jika solusi yang ditemukan salah, maka algoritma akan balik ke poin sebelumnya untuk dibuat solusi baru.



Gambar 2.8 DFS Tree

Saat ini, algoritma backtracking banyak diterapkan ke dalam berbagai macam aplikasi games seperti catur, sudoku, *tic-tac-toe* dan sebagainya, guna untuk menyelesaikan permasalahan dalam bidang kecerdasan. Untuk membuat algoritma backtracking menjadi sesuatu yang layak secara komputasi pada masalah yang berukuran besar, pada umumnya algoritma ini dirancang untuk aplikasi tertentu, seperti pendekatan untuk pengujian isomorfisme (Butler & Gam, 1985).

Algoritma backtracking, di sisi lain, telah ditemukan efektif terutama dalam memecahkan teka-teki sudoku dengan mengurangi pencarian solusi ke tingkatan yang lebih besar (Xu, 2009). Berbagai cara seperti pendekatan pencacahan tersirat, heuristik dan meta-heuristik telah dilakukan untuk menyelesaikan sudoku (Lewis, 2007). Pendekatan paling primitif dalam menyelesaikan sudoku telah dilakukan melalui teknik bruteforce yang merupakan basis dari teknik backtracking.

2.4. Pendekatan Deterministik dan Non-Deterministik

Dalam penyelesaian sudoku konvensional, kecepatan dan kompleksitas sebuah algoritma dapat dipengaruhi dengan penggunaan angka acak (Martin, Cross, & Alexander, 2008). Berdasarkan fakta tersebut, dalam penelitian ini, backtracking yang diimplementasikan dalam permainan teka-teki sudoku tiga dimensi digunakan pendekatan deterministik dan non-deterministik.

2.4.1. Deterministik

Dalam pendekatan deterministik, urutan pemilihan sel kosong dan angka yang dimasukkan tidak akan diacak. Pemilihan sel kosong dipilih secara urut dari urutan wajah, baris, dan kolom terkecil. Selain urutan pemilihan sel kosong yang tetap, urutan nilai angka yang dimasukkan juga tidak diacak. Urutan pengisian nilai angka dimulai dari nilai terkecil hingga terbesar. Jika algoritma backtracking dengan pendekatan ini dijalankan terhadap soal yang sama, maka urutan pemilihan sel untuk dimasukkan angka akan tetap selalu sama. Beberapa kali pun algoritma dengan pendekatan deterministik dijalankan, akan selalu menghasilkan solusi yang identik.

2.4.2. Non-Deterministik

Jika dalam pendekatan deterministik urutan pemilihan sel kosong dan angka yang dimasukkan akan tetap selalu sama, maka dalam pendekatan ini urutan tersebut akan diacak. Pemilihan sel kosong yang dipilih tidak melibatkan faktor lokasi, tetapi dipilih secara acak. Urutan nilai angka yang dimasukkan pun juga ikut diacak. Setiap kali algoritma backtracking dengan pendekatan ini dijalankan terhadap soal yang sama, maka urutan pemilihan sel dan urutan juga akan berbeda. Asalkan soal teka-teki sudoku tiga dimensi yang dimainkan tidak memiliki solusi yang unik, maka solusi yang dihasilkan dapat berbeda setiap kali algoritma backtracking dengan pendekatan non-deterministik dijalankan.