

Aplikasi Graf dalam Komputasi Gerakan Legal pada Permainan Catur

Muhammad Naufal Satriandana - 13520068

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

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

13520068@std.stei.itb.ac.id

Abstract—Catur adalah permainan yang telah ada sejak jaman dahulu. Catur modern yang sekarang kerap dimainkan sudah ada sejak sekitar tahun 1450 sampai 1500. Walau demikian, versi awal dari catur sudah ada dari jauh sebelum itu. Belakangan ini, dengan adanya kemajuan teknologi, komputer digunakan untuk melakukan komputasi terhadap berbagai aspek catur. Komputasi tersebut dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya adalah dengan aplikasi graf untuk komputasi gerakan legal pada setiap posisi permainan catur. Dengan graf, komputer dapat menentukan seluruh gerakan yang legal dari suatu posisi, atau hanya sekadar memeriksa apakah gerakan yang hendak dilakukan adalah gerakan legal.

Keywords—Graph, Graph application, Chess, Computation

I. PENDAHULUAN

Catur adalah sebuah permainan klasik yang telah ada sejak jaman dahulu. Catur modern yang sekarang kerap dimainkan, sudah ada sejak sekitar tahun 1450 sampai 1500. Namun, permainan catur sebenarnya sudah ada dalam suatu variasi lain dari jauh sebelum itu, yakni sekitar abad ke-6. Variasi catur ini disebut “Chaturanga”. Chaturanga kemudian mengalami perkembangan dan perubahan sehingga menjadi catur yang sekarang kerap dimainkan.

Seiring dengan perkembangan teknologi, komputer semakin sering digunakan untuk melakukan berbagai macam komputasi. Teori-teori yang dikemukakan oleh para ahli pun diaplikasikan dalam berbagai komputasi, salah satunya adalah dalam komputasi berbagai aspek permainan catur. Kompleksitas dari permainan caturlah yang membuat para ahli tertarik untuk menganalisis dan mempelajarinya dengan bantuan komputer.

Komputer memungkinkan permainan catur untuk didigitalisasi. Catur yang pada zaman dahulu dimainkan di atas papan sekarang sudah dapat dimainkan sepenuhnya di komputer. Ditambah lagi dengan bantuan internet, sekarang catur bisa dimainkan tanpa harus saling bertatap muka antar pemain.

Tentunya untuk dapat mendigitalisasi permainan catur, komputasi harus dilakukan sesuai dengan aturan catur yang berlaku. Hal ini termasuk gerakan legal yang dapat dilakukan setiap buah catur dalam posisi tersebut. Contohnya, kuda hanya bisa bergerak dalam lintasan berbentuk L. Jika pemain mencoba untuk melakukan gerakan yang lintasannya tidak berbentuk L, sudah pasti gerakan tersebut ilegal. Namun, apakah ini artinya jika pemain melakukan gerakan yang lintasannya berbentuk L sudah dipastikan gerakan tersebut adalah gerakan legal?

Kenyataannya tidak sesederhana itu. Gerakan tersebut hanya legal jika tidak ada buah catur lain yang menghalanginya, yang dalam hal ini posisi akhir dari gerakan tersebut bukan merupakan posisi dari buah catur lain dengan warna yang sama. Selain itu gerakan kuda yang dieksekusi juga tidak boleh membuat raja menjadi diserang. Hal tersebut hanya salah satu kasus dari beberapa kasus lain, seperti gerakan rokade.

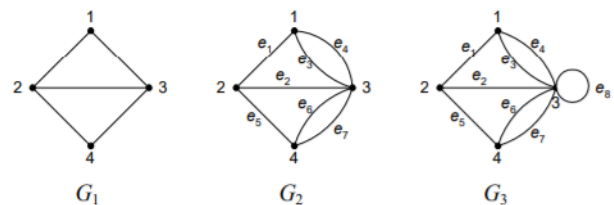
Permasalahan yang telah dipaparkan pada paragraf sebelumnya akan lebih mudah diselesaikan dengan aplikasi graf. Semua buah catur dan posisi yang dapat dicapai oleh buah catur tersebut dapat direpresentasikan dengan komponen-komponen graf.

Untuk dapat menyelesaikan permasalahan ini lebih lanjut, pertama-tama, harus dibahas terlebih dahulu tentang teori dasar graf yang akan digunakan dalam penyelesaian masalah ini serta aturan-aturan yang berlaku pada permainan catur.

II. TEORI DASAR

A. Graf

Graf adalah suatu struktur diskrit yang digunakan untuk merepresentasikan objek-objek diskrit dan hubungan antara objek-objek tersebut [3]. Graf didefinisikan sebagai graf $G = (V, E)$, yang dalam hal ini V adalah himpunan tidak kosong dari simpul-simpul (vertices) (dalam bentuk himpunan adalah $\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$) dan E adalah himpunan sisi (edges) yang menghubungkan sepasang simpul (dalam bentuk himpunan adalah $\{e_1, e_2, \dots, e_n\}$).



Gambar 1. Contoh Graf

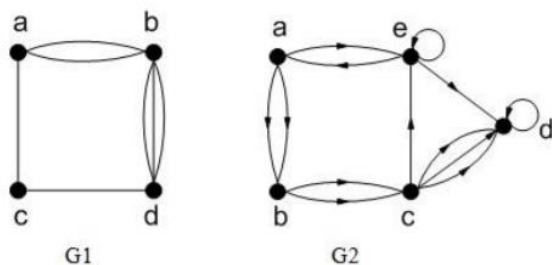
Dikutip dari

<https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/> [3]

Dari gambar 1, graf G_1 merupakan graf sederhana dengan simpul-simpul V , yakni himpunan $\{1, 2, 3, 4\}$ dan sisi-sisi E , yakni himpunan $\{(1,2), (1,3), (2,3), (2,4), (3,4)\}$.

Graf dapat dibagi menjadi beberapa kelompok. Berdasarkan ada tidaknya gelang atau sisi ganda pada suatu graf, graf digolongkan menjadi dua jenis, yaitu graf sederhana (simple graph) dan graf tak sederhana (unsimple-graph). Graf sederhana

adalah graf yang tidak mengandung gelang maupun sisi ganda, sedangkan graf tak sederhana adalah graf yang mengandung sisi ganda atau gelang. Graf tak sederhana kemudian dibedakan lagi menjadi graf ganda (*multi-graph*), yaitu graf yang mengandung sisi ganda, dan graf semu (*pseudo-graph*), yakni graf yang mengandung sisi gelang. Berdasarkan orientasi arah pada sisi, graf dibedakan atas 2 jenis, yakni graf tak-berarah (*undirected graph*) dan graf berarah (*directed graph atau digraph*). Graf tak berarah merupakan graf yang setiap sisinya tidak mempunyai arah, sedangkan graf berarah adalah graf yang setiap sisinya punya orientasi arah.



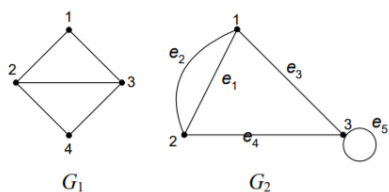
G1 : graf tak-berarah; G2 : Graf berarah

Gambar 2. Ilustrasi Graf Tak-Berarah (G1) dan Graf Berarah (G2)

Dikutip dari

<https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/> [3]

B. Terminologi Graf



Gambar 3. Ilustrasi Graf Sebagai Referensi Pembahasan Terminologi Graf

Dikutip dari

<https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/> [3]

Ada beberapa terminologi dalam graf yang akan digunakan dalam pembahasan masalah, dalam pembahasannya, gambar 3 akan digunakan sebagai referensi. Terminologi yang dimaksud antara lain[3]:

1. Ketetanggaan (*Adjacent*)

Dua buah simpul bertetangga jika keduanya terhubung langsung. Sebagai contoh, tinjau G1. simpul 1 bertetangga dengan simpul 2 dan 3, namun simpul 1 tidak bertetangga dengan simpul 4.

2. Bersisian (*Incidency*)

Untuk sembarang sisi $e = (v_j, v_k)$ dikatakan e bersisian dengan simpul v_j , atau e bersisian dengan simpul v_k . Sebagai contoh, Tinjau graf G1. sisi (2, 3) bersisian dengan simpul 2 dan simpul 3, sisi (2, 4) bersisian dengan simpul 2 dan simpul 4, tetapi sisi (1, 2) tidak bersisian dengan simpul 4.

3. Simpul Terpencil (*Isolated Vertex*)

simpul yang tidak mempunyai sisi yang bersisian dengannya disebut simpul terpencil. Sebagai contoh, tinjau graf G3. Simpul 5 adalah simpul terpencil.

4. Graf Kosong (*null graph atau empty graph*)

graf yang himpunan sisinya merupakan himpunan kosong (N_n) adalah graf kosong. Dalam kata lain, graf kosong adalah graf yang tidak memiliki sisi.

5. Derajat (*Degree*)

Jumlah sisi yang bersisian dengan suatu simpul merupakan derajat simpul tersebut. Sebagai contoh, tinjau graf G1. Pada graf tersebut, simpul 1 dan 4 memiliki derajat 2. Simpul 2 dan 3 memiliki derajat 3.

6. Lintasan (*Path*)

Di dalam graf G , lintasan adalah barisan berselang-seling simpul-simpul dan sisi-sisi yang berbentuk $v_0, e_1, v_1, e_2, v_2, \dots, v_{n-1}, e_n, v_n$, yang dalam hal ini v_0 adalah simpul awal dan v_n adalah simpul akhir, sedemikian sehingga $e_1 = (v_0, v_1), e_2 = (v_1, v_2), \dots, e_n = (v_{n-1}, v_n)$ adalah sisi-sisi dari graf G . Sebagai contoh, tinjau graf G1. Dalam graf tersebut, lintasan 1, 2, 3, 4 adalah lintasan dengan barisan sisi (1, 2), (2, 3), (3, 4). Lintasan tersebut memiliki panjang 3 karena lintasan tersebut mengandung 3 sisi.

7. Siklus (*Cycle*) atau Sirkuit (*Circuit*)

Dalam suatu graf, siklus merupakan lintasan yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama. Sebagai contoh, tinjau graf G1. 1, 2, 3, 1 adalah sebuah sirkuit, tetapi 1, 2, 3, 4 bukan.

8. Keterhubungan (*Connected*)

Dua buah simpul dikatakan terhubung apabila terdapat lintasan dari satu simpul ke simpul lainnya. G merupakan graf terhubung (*connected graph*) apabila untuk setiap pasang simpul v_i dan v_j dalam himpunan V ada lintasan dari v_i ke v_j . Jika tidak, G adalah graf tak-terhubung (*disconnected graph*). Graf berarah G dikatakan terhubung apabila graf tidak berarahnya terhubung. Dua simpul, pada graf berarah G disebut terhubung kuat (*strongly connected*) jika terdapat lintasan berarah dari satu simpul ke simpul lainnya dan juga lintasan berarah dari simpul yang dituju ke simpul awalnya. Graf berarah G disebut graf yang terhubung kuat (*strongly connected graph*) jika untuk setiap pasang simpul sembarang di G , terhubung kuat. Kalau tidak, G disebut graf terhubung lemah.

9. Upagraf (*Subgraph*)

Misalkan G adalah sebuah graf. G_1 Merupakan upagraf dari G jika himpunan simpul G_1 adalah subset himpunan simpul G dan himpunan sisi G_1 adalah subset himpunan sisi G .

10. Upagraf Merentang (*Spanning Subgraph*)

Upagraf G_1 dari G dikatakan upagraf merentang jika G_1 mengandung semua simpul dari G .

11. Cut-Set

Cut-set dari graf terhubung G merupakan himpunan sisi yang bila dibuang dari G menyebabkan G tidak terhubung. Dengan demikian, *cut-set* selalu menghasilkan dua buah komponen graf.

12. Graf Berbobot (*Weighted graph*)

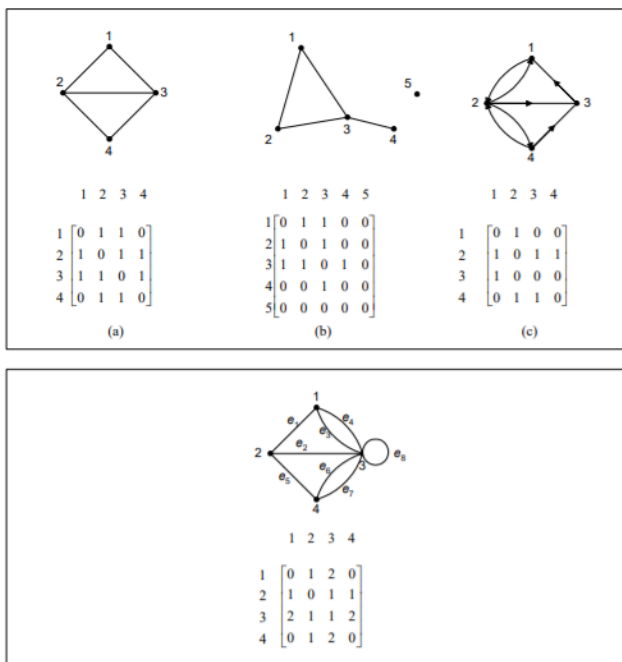
Graf berbobot adalah graf yang setiap sisinya memiliki sebuah bobot atau harga tertentu.

C. Representasi Graf

Selain menggunakan gambar, graf juga bisa direpresentasikan dalam bentuk data lainnya agar lebih mudah bagi komputer untuk mengolahnya. Graf dapat direpresentasikan dengan berbagai bentuk, antara lain[4]:

1. Matriks Ketetanggaan (*adjacency matrix*)

Dalam metode ini, graf direpresentasikan dengan matriks yang dalam hal ini setiap baris dan kolomnya merepresentasikan simpul (baris pertama dan kolom pertama merepresentasikan simpul pertama, dan seterusnya). Setiap elemen matriks bisa bernilai 1 atau 0. Elemen matriks baris ke-i dan kolom ke-j akan bernilai 1 jika simpul ke-i dan simpul ke-j bertetangga, 0 jika tidak.

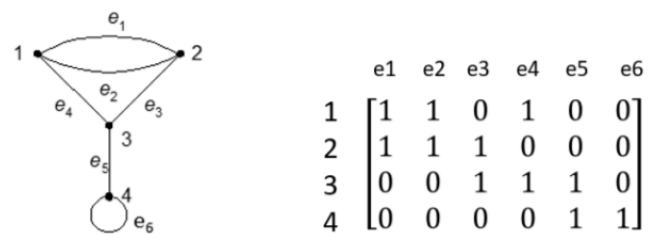


Gambar 4. Contoh Representasi Graf dengan Matriks Ketetanggaan
Dikutip dari <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/> [4]

Untuk matriks berarah, baris dan kolom dapat disesuaikan untuk menjadi representasi simpul sumber (*source*) atau simpul tujuan (*destination*). Misal pada suatu graf ditentukan simpul sumber adalah baris (i) dan simpul tujuan adalah kolom (j). Jika elemen pada baris i dan kolom j bernilai 1, terdapat sisi dari simpul i ke j.

2. Matriks bersisian (*incidency matrix*)

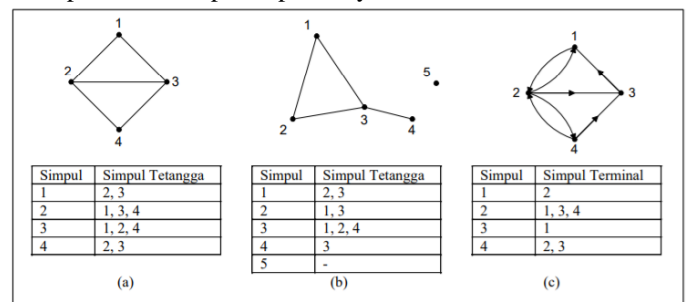
Representasi graf dengan metode matriks bersisian juga menggunakan matriks seperti metode matriks ketetanggaan. Akan tetapi, dalam metode ini baris matriks merepresentasikan simpul dan kolom merepresentasikan sisi. Jika suatu elemen matriks baris ke-i dan kolom ke-j bernilai 1, artinya simpul ke-i bersisian dengan sisi ke-j. Sebaliknya, elemen bernilai 0 jika tidak.



Gambar 5. Contoh Representasi Graf dengan Matriks Bersisian
Dikutip dari <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/> [4]

3. Senarai Ketetanggaan (*adjacency list*)

Dalam metode ini, graf direpresentasikan dengan suatu senarai (*list*) yang simpulnya direpresentasikan dengan indeks elemen senarai, yang setiap komponennya memiliki informasi tentang simpul yang bertetangga dengan simpul tersebut. Untuk graf berarah, hanya informasi tentang simpul tujuan saja yang disimpan dalam tiap komponennya.



Gambar 6. Contoh Representasi Graf dengan Senarai Ketetanggaan
Dikutip dari <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/> [4]

D. Peraturan Permainan Catur

Menurut Laws of Chess oleh FIDE [2], catur adalah permainan yang dimainkan oleh dua orang di atas papan catur. Tujuan dari permainan catur adalah menyerang raja lawan sedemikian rupa sehingga lawan tidak memiliki gerakan legal lagi. *Membiarkan raja sendiri diserang, menggerakkan raja ke arah serangan lawan, atau "memakan" raja lawan merupakan gerakan ilegal.*

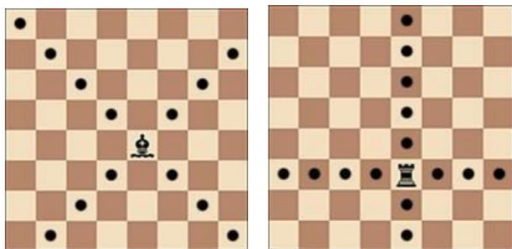
Papan catur berukuran 8x8 dan terdiri dari 64 petak yang berselang-seling berwarna terang (putih) dan gelap (hitam). Di awal permainan, seorang pemain memiliki 16 buah catur berwarna terang dan yang lainnya memiliki 16 buah catur berwarna gelap dan diatur sedemikian rupa sehingga sesuai dengan gambar 7. Buah catur yang dimaksud adalah raja, menteri, benteng, gajah, kuda, dan bidak. Delapan jajaran petak vertikal adalah lajur dan delapan petak horizontal adalah baris. Jika terjadi posisi sedemikian sehingga tidak ada satu pemain pun yang bisa mematkan raja lawan, permainan berakhir remis.



Gambar 7. Posisi Awal Permainan Catur
Dikutip dari
FIDE LAWS OF CHESS[2]

Tidak diperbolehkan menggerakkan buah catur ke petak yang ditempati oleh buah catur lain yang warnanya sama. Jika sebuah buah catur bergerak ke petak yang ditempati buah catur lawan (buah catur yang warnanya berbeda), buah catur lawan akan “termakan” dan disingkirkan dari papan dalam gerakan yang sama. Sebuah buah catur dikatakan menyerang sebuah petak jika buah catur tersebut dapat memakan buah catur yang ada di petak tersebut. Sebuah buah catur tetap dikatakan menyerang sebuah petak walaupun buah catur tersebut tidak dapat bergerak ke petak tersebut karena merupakan gerakan ilegal (membiarkan raja diserang).

Untuk gerakan setiap buah catur, akan penulis paparkan ilustrasi agar lebih mudah divisualisasikan.



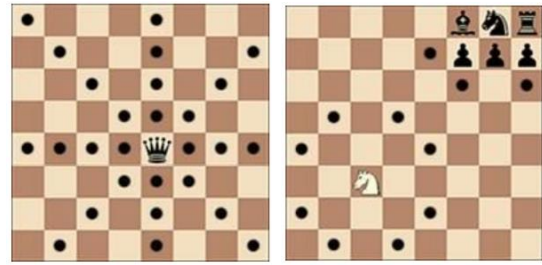
Gambar 8 dan 9. Gerakan Gajah dan Benteng
Dikutip dari
FIDE LAWS OF CHESS[2]

1. Gajah

Gajah boleh bergerak ke setiap petak sepanjang diagonal yang ditempati. Gerakan tidak boleh melewati buah catur lain.

2. Benteng

Benteng boleh bergerak ke setiap petak sepanjang lajur atau baris yang ditempati. Gerakan tidak boleh melewati buah catur lain.



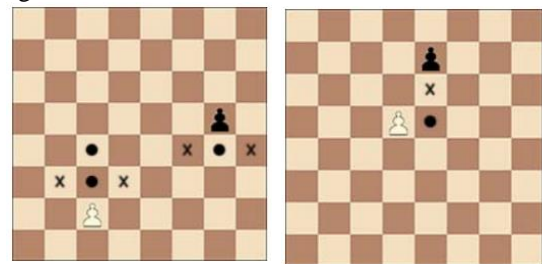
Gambar 10 dan 11. Gerakan Menteri dan Kuda
Dikutip dari
FIDE LAWS OF CHESS[2]

3. Menteri

Menteri boleh bergerak ke setiap petak sepanjang lajur, baris, atau diagonal yang ditempati. Gerakan tidak boleh melewati buah catur lain.

4. Kuda

Kuda boleh bergerak ke salah satu petak terdekat dengan petak asalnya, tetapi tidak pada baris, lajur, atau diagonal yang sama.



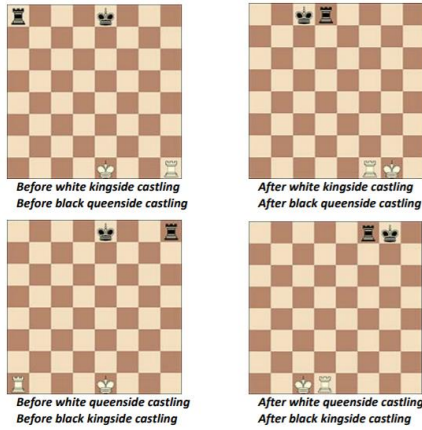
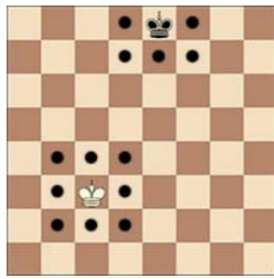
Gambar 12 dan 13. Gerakan Menteri dan Kuda
Dikutip dari
FIDE LAWS OF CHESS[2]

5. Bidak

Bidak boleh bergerak maju ke petak kosong dari petak asalnya pada lajur yang sama. Pada langkah pertama, selain gerakan yang telah disebutkan, bidak juga boleh bergerak maju dua petak pada lajur yang sama, asalkan tidak ada buah catur lain yang menghalanginya. Bidak juga boleh bergerak ke petak yang ditempati buah catur lawan yang terletak pada diagonal di depannya pada lajur yang berdekatan, yang dalam hal ini artinya “memakan” buah catur lawan tersebut.

Bidak yang menyerang petak yang dilintasi bidak lawan yang maju dua petak dalam satu gerakan dari petak asalnya, boleh memakan bidak lawan tersebut seolah-olah bidak lawan tersebut hanya maju satu petak saja. Gerakan ini hanya boleh dilakukan segera setelah bidak lawan tersebut digerakkan. Gerakan ini disebut “*en passant*”.

Ketika bidak telah tiba di baris terjauh dari tempat asalnya, bidak tersebut harus segera ditukarkan sebagai gerakan yang sama dengan ratu, benteng, gajah, atau kuda dengan warna yang sama. Gerakan ini disebut “promosi”.



Gambar 14 dan 15. Gerakan Raja dan Rokade
Dikutip dari
FIDE LAWS OF CHESS[2]

6. Raja

Ada dua cara menggerakkan raja, yakni dengan menggerakannya ke petak yang bertetangga yang tidak diserang oleh satu atau lebih buah catur lawan (yang dalam hal ini bergerak ke satu petak terdekat sepanjang lajur, baris, atau diagonal yang ditempati), atau dengan melakukan rokade. Gerakan rokade adalah gerakan raja dengan salah satu benteng yang sewarna pada baris yang sama serta dihitung sebagai satu gerakan tunggal. Eksekusinya adalah raja dipindahkan dari petak asalnya sejauh dua petak ke arah benteng, gerakan benteng tersebut ke petak yang baru saja dilintasi raja. Hak rokade hilang jika raja atau benteng (atau keduanya) sudah pernah digerakkan. Hak rokade hilang sementara jika raja sedang diserang, petak yang akan dilintasi atau ditempati raja sedang diserang, atau jika ada buah catur lain di antara raja dan benteng.

Raja dikatakan terkena sekak jika raja tersebut sedang diserang oleh satu lebih buah catur lawan. *Gerakan yang menyebabkan raja sewarna menjadi terkena skak adalah gerakan ilegal.*

Terdapat suatu sistem notasi yang diakui FIDE, yakni sistem notasi aljabar. Dalam sistem ini, semua buah catur kecuali bidak ditunjukkan dengan sebuah huruf yang merupakan singkatan. Huruf tersebut untuk setiap buahnya yakni K=king, Q=queen, R=rook, B=bishop, dan N=knight. Selain itu, semua petak pada papan memiliki nama. Delapan lajur (dari kiri ke kanan bagi putih, sebaliknya untuk hitam) ditandai dengan huruf kecil a, b, c, d, e, f, g, h. Delapan baris (dari bawah ke atas untuk putih, sebaliknya untuk hitam) ditandai dengan angka 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. Dengan demikian, nama untuk setiap petak dapat

ditentukan sesuai dengan gambar 16.

| | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| a8 | b8 | c8 | d8 | e8 | f8 | g8 | h8 |
| a7 | b7 | c7 | d7 | e7 | f7 | g7 | h7 |
| a6 | b6 | c6 | d6 | e6 | f6 | g6 | h6 |
| a5 | b5 | c5 | d5 | e5 | f5 | g5 | h5 |
| a4 | b4 | c4 | d4 | e4 | f4 | g4 | h4 |
| a3 | b3 | c3 | d3 | e3 | f3 | g3 | h3 |
| a2 | b2 | c2 | d2 | e2 | f2 | g2 | h2 |
| a1 | b1 | c1 | d1 | e1 | f1 | g1 | h1 |

Gambar 16. Nama Setiap Petak
Dikutip dari
FIDE LAWS OF CHESS[2]

Setiap gerakan dinotasikan dengan Huruf buah catur dan petak tujuan, contohnya Be5, Nf3, Rd1.

III. PEMBAHASAN

Dari teori dasar, dapat dirancang berbagai ide dan cara untuk menyelesaikan permasalahan. Salah satu solusi yang terpikirkan adalah dengan menggunakan graf yang tiap simpulnya menyatakan buah catur, dan tiap sisinya menyatakan gerakan legal untuk setiap buah catur. Akan tetapi, muncul beberapa pertanyaan seperti “Apa solusi yang paling tepat untuk permasalahan ini?” dan “Bagaimana implementasinya?”.

A. Gambaran Metode Penyelesaian

Dengan menggunakan graf, dapat dilakukan pendekatan penyelesaian masalah. Sesuai dengan permainan catur, setiap buah catur pasti memiliki gerakan legal, ilegal, atau keduanya. Penentuan gerakan mana saja yang legal dan ilegal akan bergantung pada posisi dan jenis buah catur. Sebab itu, setiap komponen graf yang nantinya akan digunakan harus mengandung informasi terkait posisi, warna, serta jenisnya pula. Hal ini dapat disolusikan dengan sebuah matriks yang merepresentasikan papan catur itu sendiri, yang kemudian informasinya dapat digunakan untuk membentuk graf gerakan legal tadi. Riwayat gerakan juga harus disimpan dalam suatu bentuk senarai untuk kalkulasi rokade dan *en passant*.

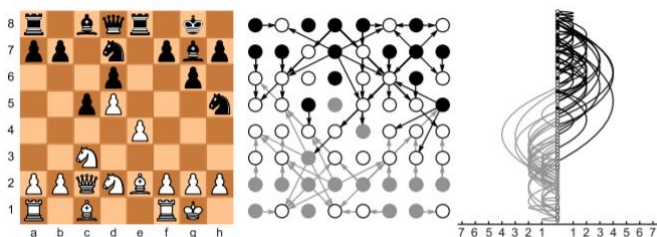
Matriks yang dibentuk berukuran 8x8 dan setiap komponennya melambangkan sebuah petak yang dapat diisi dengan karakter yang melambangkan jenis dan warna buah catur yang ada pada petak tersebut: KW untuk raja putih, KB untuk raja hitam, BW untuk gajah putih, BB untuk gajah hitam, RW untuk benteng putih, RB untuk benteng hitam, NW untuk kuda putih, NB untuk kuda hitam, QW untuk menteri putih, QB untuk menteri hitam, PW untuk bidak putih, dan PB untuk bidak hitam. Petak kosong dapat dilambangkan dengan suatu simbol seperti #. Informasi posisi dari tiap buah catur tidak perlu disertakan pada tiap komponen matriks karena informasi tersebut dapat diambil dari indeks baris dan kolomnya. Sesuai notasi algoritmik catur, lajur paling kiri ditandai dengan huruf a, kedua dari kiri adalah b, dan seterusnya hingga h. Begitu pula dengan baris: paling bawah adalah 1, kedua dari bawah adalah 2, dan seterusnya hingga 8. Pada sebagian bahasa pemrograman, untuk sebuah matriks M berukuran nxn, elemen matriks M_{ij} indeksnya tandai dengan angka dari 0 hingga n-1 (atau 1 hingga

n). Oleh karena itu, perlu dilakukan pemetaan untuk setiap indeksnya menjadi sebuah huruf dari a sampai h untuk kolomnya dan angka dari 8 sampai 1 untuk setiap barisnya.

| | a | b | c | d | e | f | g | h |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 8 | RB | NB | BB | QB | KB | BB | NB | RB |
| 7 | PB | PB | PB | PB | PB | PB | PB | PB |
| 6 | # | # | # | # | # | # | # | # |
| 5 | # | # | # | # | # | # | # | # |
| 4 | # | # | # | # | # | # | # | # |
| 3 | # | # | # | # | # | # | # | # |
| 2 | PW | PW | PW | PW | PW | PW | PW | PW |
| 1 | RW | NW | BW | QW | KW | BW | NW | RW |

Gambar 17. Ilustrasi tata letak posisi awal dengan representasi matriks

Setelah papan catur direpresentasikan oleh matriks, harus ada representasi legal move, yakni dengan menggunakan graf. Prinsipnya, graf akan memiliki 64 simpul yang masing masing simpul melambangkan sebuah petak. Simpul-simpul tersebut akan terhubung ke simpul lainnya jika terdapat gerakan legal dari satu simpul ke simpul lainnya.



Gambar 18. Representasi Graf Untuk Tiap Gerakan Legal
Dikutip dari

Michelle Rudolph-Lilith. ChessY: A Mathematica toolbox for the generation, visualization and analysis of positional chess graphs.. SoftwareX, Elsevier, 2019, ff10.1016/j.softx.2018.12.004ff. fhal-02391009f [1]

Dari gambar 8, dapat dianalisis bahwa beberapa simpul tidak memiliki sisi yang bersisian dengannya sama sekali. Sebagai contoh, tinjau gajah pada petak c1. Pada representasi grafnya, tidak ada sisi yang keluar dari simpul c1. Walau gajah dapat bergerak sepanjang diagonal dari petak asalnya, gajah di c1 tersebut tidak bisa karena dihalangi oleh buah catur lain, yakni bidak di b2 dan kuda di d2. Setiap buah catur memiliki cara penentuan gerakan legal yang berbeda-beda, oleh karena itu dibutuhkan suatu cara untuk mengkomputasi gerakan legal dari tiap buah catur.

Alur dasar pencarian gerakan legal adalah sebagai berikut:

1. Petakan posisi papan catur saat ini ke matriks
2. Buat graf dengan menambahkan simpul terlebih dahulu, yakni dengan traversal setiap elemen matriks
3. Jika pada saat penambahan simpul tidak terdapat buah catur apapun pada petak tersebut, tidak perlu

menambahkan sisi baru.

4. Jika ada buah catur pada petak tersebut, cari semua petak yang mungkin dicapai oleh buah catur tersebut kemudian tambahkan gerakan tersebut sebagai sisi pada graf
5. Lakukan hingga graf terpetakan seluruhnya
6. Ketika pemain melakukan gerakan, periksa apakah gerakan tersebut merupakan sisi pada graf. Jika iya, laksanakan gerakan, jika tidak, berarti gerakan tidak legal.
7. Setelah buah catur digerakkan, ulangi proses dari awal hingga game berakhir.

Yang sekarang harus dilakukan adalah menentukan algoritma penentuan gerakan legal tiap buah catur pada posisi tertentu.

1. Gajah

Pertama-tama, periksa apakah raja dalam keadaan terkena sekak. Jika iya, gerakan legal yang dapat dilakukan oleh gajah ini hanyalah yang menghalangi serangan atau meniadakan serangan dengan memakan buah catur yang menyerang raja. Selanjutnya (sekak maupun tidak), periksa salah satu arah diagonal, misal diagonal kiri atas. Jika petak tersebut kosong, tambahkan ke sisi graf, kemudian lanjutkan ke arah yang sama. Jika petak tersebut ditempati oleh buah catur berbeda warna, tambahkan ke graf, kemudian ganti arah diagonal untuk diperiksa atau terminasi jika keempat diagonal sudah diperiksa. Jika petak tersebut ditempati oleh buah catur sewarna atau petak tersebut tidak ada dalam papan catur (dalam hal ini petak tidak valid, seperti petak h9 atau j5), jangan tambahkan sisi baru ke graf, lalu ganti arah diagonal untuk diperiksa atau terminasi jika keempat diagonal sudah diperiksa. Untuk setiap gerakan yang hendak ditambahkan ke sisi graf, periksa dahulu apakah gerakan tersebut menyebabkan raja terkena sekak. Jika tidak, gerakan tersebut bisa ditambahkan ke sisi graf. Selain itu jangan tambahkan ke sisi graf.

2. Benteng

Cara pengecekan benteng sama dengan gajah, namun melainkan diagonal, periksa lajur dan baris yang sama dengan petak asal.

3. Menteri

Cara pengecekan gerakan menteri adalah gabungan cara pengecekan gerakan gajah dan benteng, yakni periksa diagonal, lajur, serta baris yang sama dengan petak asal.

4. Kuda

Karena gerakan legal kuda maksimal hanya ada 8, periksa langsung saja keempat petak kemungkinan gerak kuda. Namun pertama-tama harus periksa dulu apakah raja dalam keadaan terkena sekak atau tidak. Jika iya, gerakan yang legal hanyalah yang menggagalkan sekak tersebut. Saat pemeriksaan kedelapan petak tersebut, jika petak kosong atau sudah terisi dengan buah catur berbeda warna, tambahkan sisi ke graf, tetapi jika sudah terisi oleh buah catur sewarna atau petak tersebut tidak valid, jangan tambahkan sisi tersebut ke graf. Untuk setiap gerakan yang hendak ditambahkan ke sisi graf, periksa dahulu apakah gerakan tersebut menyebabkan raja terkena sekak. Jika tidak, gerakan tersebut bisa

ditambahkan ke sisi graf. Selain itu jangan tambahkan ke sisi graf.

5. Bidak

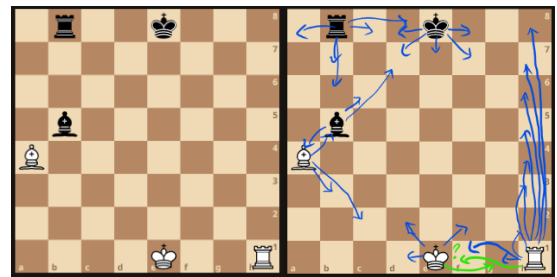
Sama dengan bidak lainnya, jika raja dalam keadaan terkena sekak, gerakan yang legal hanyalah yang membatalkan sekak tersebut. Bidak hanya dapat bergerak maju satu langkah (dua langkah jika berada di baris ke-2 untuk putih, ke-7 untuk hitam) atau diagonal ke depan jika ada buah catur berbeda warna pada petak tersebut atau *en-passant*. Pertama-tama, periksa petak depan catur. Jika kosong, tambahkan gerakan tersebut ke sisi graf. Jika petak tersebut ditempati buah catur atau tidak valid, jangan tambahkan gerakan tersebut ke graf. Selanjutnya periksa dua petak diagonal depan bidak. Jika terdapat buah catur berbeda warna, tambahkan ke graf. Lalu periksa apakah bidak boleh bergerak dua langkah ke depan dengan memeriksa warna dan baris bidak. Jika warna bidak putih dan baris bidak tersebut adalah 2, atau warna bidak hitam dan baris bidak tersebut adalah 7 serta petak depan catur valid dan kosong, periksa petak kedua di depan bidak seperti halnya memeriksa petak di depan bidak. Jika legal, tambahkan ke sisi graf. Untuk setiap gerakan yang hendak ditambahkan ke sisi graf, periksa dahulu apakah gerakan tersebut menyebabkan raja terkena sekak. Jika tidak, gerakan tersebut bisa ditambahkan ke sisi graf. Selain itu jangan tambahkan ke sisi graf.

Untuk pemeriksaan *en passant*, dapat dilakukan dengan pemeriksaan petak kanan dan kiri dari bidak. Jika ada bidak berbeda warna di petak tersebut periksa gerakan sebelumnya. Jika bidak tersebut bergerak dua petak dalam satu gerakan pada gerakan sebelumnya, tambahkan gerakan *en passant* ke graf.

6. Raja

Sama seperti buah catur lainnya, periksa apakah raja terkena sekak atau tidak terlebih dahulu. Jika iya, gerakan legal yang dapat dilakukan hanyalah yang membatalkan sekak. Raja maksimal memiliki 8 gerakan legal. Pengecekannya mirip seperti kuda, namun petak yang diperiksa adalah petak yang bertetangga dengan raja saja. Untuk setiap gerakan yang hendak ditambahkan ke sisi graf, periksa dahulu apakah gerakan tersebut menyebabkan raja terkena sekak. Jika tidak, gerakan tersebut bisa ditambahkan ke sisi graf. Selain itu jangan tambahkan ke sisi graf.

Untuk pemeriksaan rokade, harus diperiksa dulu pada riwayat gerakan apakah raja atau benteng (atau keduanya) sudah pernah bergerak. Jika iya, rokade tidak bisa dilakukan, tidak perlu menambahkan gerakan rokade pada sisi graf. Jika tidak, periksa lintasan rokade. Jika terdapat buah catur atau dalam keadaan diserang, rokade tidak bisa dilakukan. Jika bisa, tambahkan gerakan rokade ke sisi graf. Namun disini timbul permasalahan lain. Bagaimana cara mengetahui jika lintasan rokade sedang diserang atau tidak? Graf gerakan legal tidak bisa digunakan untuk menentukan apakah sebuah petak sedang diserang atau tidak. Agar lebih jelas, tinjau tata letak papan catur pada posisi berikut pada gambar 19.



Gambar 19 dan 20. Kasus Rokade
Dibuat dengan bantuan <https://lichess.org/>

Dalam gambar 19, giliran putih untuk melakukan gerakan. Raja putih dan benteng putih belum pernah bergerak. Putih hendak akan melakukan rokade karena tidak ada bidak lawan yang gerakan legalnya berakhir di lintasan rokade (petak f1 dan g1). Akan tetapi gerakan tersebut ternyata ilegal, karena gajah di b5 sedang menyerang lintasan rokade, yakni petak f1. Lalu bagaimana solusi untuk mengetahui apakah petak tersebut sedang diserang atau tidak? Salah satu cara yang terpikirkan adalah dengan menggunakan suatu senarai, matriks, boolean, atau suatu graf baru yang menunjukkan semua kotak yang sedang diserang.

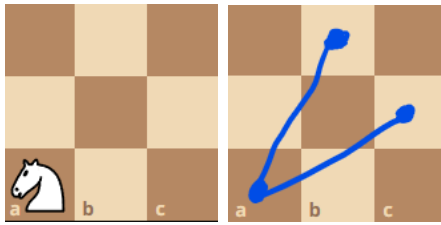


Gambar 21. Matriks yang Menunjukkan Petak yang Sedang Diserang
Dibuat dengan Bantuan <https://lichess.org/>

B. Penyelesaian Masalah dengan Memilih Metode

Setelah membahas gambaran metode penyelesaian, tiba saatnya untuk memilih metode dan menyelesaikan masalah utama. Untuk representasi papan catur, dapat digunakan matriks karena matriks sudah berbentuk seperti papan catur, sehingga tepat untuk merepresentasikannya. Yang menjadi pertanyaan adalah graf seperti apa yang digunakan untuk menyelesaikan masalah ini?

Dari dasar teori, terdapat beberapa jenis graf. Berdasarkan ada tidaknya orientasi arah dari sisi graf, sudah ada 2 pilihan: graf berarah atau tidak berarah. Penyelesaian masalah menggunakan graf tidak berarah secara sekilas terlihat baik-baik saja karena sisi masih dapat merepresentasikan gerakan legal. Tetapi akan sedikit membingungkan ketika menentukan petak asal dan petak tujuan dengan menggunakan graf jenis ini. Tinjau gambar 22 dan 23 agar lebih jelas.



Gambar 22 dan 23. Gerakan legal kuda di a1 direpresentasikan dengan graf tidak berarah.

Dibuat dengan Bantuan <https://lichess.org/>

Graf tak berarah untuk merepresentasikan gerakan kuda tersebut juga bisa merepresentasikan gerakan kuda lain pada posisi lain, yakni pada b3 atau c1. Hal ini menimbulkan kebingungan dan ambiguitas. Oleh karena itu, graf berarah lebih tepat untuk merepresentasikan gerakan legal tiap buah catur, walaupun teorinya bisa saja menggunakan graf tidak berarah untuk merepresentasikan gerakan legal buah catur.

Selanjutnya adalah menentukan representasi graf yang sesuai. Dari dasar teori terdapat representasi graf dengan matriks ketetanggaan, matriks bersisian, dan senarai ketetanggaan. Ketiganya pada prinsipnya dapat merepresentasikan graf gerakan legal, tetapi senarai ketetanggaan lebih intuitif dan sederhana, karena untuk pengecekan gerakan legal, cukup periksa dari senarai tiap simpulnya. Untuk lebih jelas perbedaannya, tinjau gambar 24, 25, 26 dan 27.

| | a1 | a2 | a3 | a4 | ... | g8 | ... | h8 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| a1 | 0 | 1 | 1 | 1 | ... | 0 | ... | 0 |
| a2 | 0 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | ... | 0 |
| a3 | 0 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | ... | 0 |
| a4 | 0 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | ... | 0 |
| . | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| b1 | 0 | 1 | 0 | 0 | ... | 0 | ... | 0 |
| . | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| h8 | 0 | 0 | 0 | 0 | ... | 1 | ... | 0 |

| | a1a1 | a1a2 | a1a3 | a1a4 | ... | h8g8 | ... | h8h8 |
|----|------|------|------|------|-----|------|-----|------|
| a1 | 0 | 1 | 1 | 1 | ... | 0 | ... | 0 |
| a2 | 0 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | ... | 0 |
| a3 | 0 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | ... | 0 |
| a4 | 0 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | ... | 0 |
| . | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| b1 | 0 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | ... | 0 |
| . | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| h8 | 0 | 0 | 0 | 0 | ... | 1 | ... | 0 |

| Simpul | Simpul Terminal |
|--------|----------------------------|
| a1 | a2, a3, a4, a5, a6, a7, a8 |
| a2 | none |
| a3 | none |
| a4 | none |
| . | ... |
| b1 | a2, b2, c2, c1 |
| . | ... |
| h8 | g8, g7, h7 |

Gambar 24, 25, 26 dan 27. Tata Letak Suatu Posisi pada Papan Catur, Metode Matriks Ketetanggaan, Matriks Bersisian, dan Senarai Ketetanggaan Secara Berturut-turut.

Dibuat dengan Bantuan <https://lichess.org/>

Dari gambar tersebut dapat terlihat bahwa metode senarai ketetanggaan lebih simpel karena membutuhkan sedikit tempat dan tidak banyak memakan tempat kosong, sedangkan matriks ketetanggaan memakan lebih banyak tempat karena merupakan

matriks 64x64. Matriks bersisian lebih besar lagi karena ukurannya 64x4096.

IV. KESIMPULAN

Komputasi gerakan legal gerakan catur dapat dilakukan dengan graf dan matriks. Matriks digunakan untuk merepresentasikan posisi setiap buah catur dan petak yang ada pada papan catur. Selain itu matriks juga bisa membantu untuk menandai petak yang berada dalam serangan. Sedangkan gerakan legalnya itu sendiri tersimpan di graf. Graf yang lebih tepat digunakan adalah graf berarah dengan metode representasi graf senarai ketetanggaan.

REFERENSI

- [1] Michelle Rudolph-Lilith. ChessY: A Mathematica toolbox for the generation, visualization and analysis of positional chess graphs.. SoftwareX, Elsevier, 2019, ff10.1016/j.softx.2018.12.004ff. fhal-02391009f.
- [2] Fide.com. 2021. *FIDE LAWS of CHESS*. [online] Available at: <<https://www.fide.com/FIDE/handbook/LawsOfChess.pdf>> [Accessed 13 December 2021].
- [3] Munir, R., 2021. *Graf (Bag.1)*. [online] Informatika.stei.itb.ac.id. Available at: <<https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf>> [Accessed 13 December 2021].
- [4] Munir, R., 2021. *Graf (Bag.2)*. [online] Informatika.stei.itb.ac.id. Available at: <<https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian2.pdf>> [Accessed 13 December 2021].

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.

Jakarta, 14 Desember 2020

Muhammad Naufal Satriandana 13520068