

**PENGUNAAN GRAF DAN ALGORITMA BACKTRACK DALAM
PENYELESAIAN MASALAH KNIGHT'S TOUR**

Untuk persyaratan penelitian sebagai tugas

Studi S1 Program Studi Ilmu Komputer



Diajukan oleh :
Ari Sulistiyono
0608618

Kepada

TIM PENGUJI PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER

**PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
JULI 2009**

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Catur merupakan sebuah jenis permainan yang sudah dimainkan sejak ratusan tahun yang lalu, permainan catur sangat terkenal hingga saat ini karena bentuk permainannya yang mengandalkan logika berfikir. Catur merupakan sebuah permainan strategi yang menggunakan 8 bidak prajurit, 2 bidak benteng, 2 bidak kuda, 2 bidak peluncur, 1 patih dan 1 raja. Permainan ini dimainkan oleh dua orang pemain yang masing-masing pemain memiliki bidak yang disebutkan diatas tadi. Bidang permainan berbentuk persegi empat, yang terdiri dari 8 x 8 kotak didalamnya dan biasanya berwarna putih dan hitam saling-silang. Dari dasar permainan yang telah ada para pecinta catur banyak mengembangkan permainan-permainan lain yang tetap memegang kaidah dasar catur salah satunya adalah permainan knight's tour. Knight's tour merupakan jenis permainan catur yang hanya menggunakan satu buah bidak kuda, kuda merupakan bidak catur yang memiliki langkah L yaitu :

- Melangkah dua persegi ke arah horisontal kemudian satu persegi ke arah vertikal, atau
- Melangkah dua persegi ke arah vertikal kemudian satu persegi ke arah horisontal, atau
- Melangkah dua persegi ke arah vertikal kemudian satu persegi ke arah horisontal, atau
- Melangkah satu persegi ke arah vertikal kemudian dua persegi ke arah horisontal.

Dalam permainan ini kuda dituntut untuk mampu melangkahi semua bidang catur tepat satu kali.

Manfaat penelitian masalah ini adalah sebagai media pemanfaatan ilmu kajian dalam hal ini matematika dalam menyelesaikan permasalahan-permasalahan

yang dapat diselesaikan secara logic. Dan mampu memberikan pemecahan baru dalam menyelesaikan permasalahan tersebut.

1.2 PERUMUSAN PERMASALAHAN

Masalah dalam Knight's tour telah diteliti oleh banyak peneliti terutama para peneliti yang tertarik dalam bidang catur, permasalahan ini muncul karena tidak semua orang mampu menyelesaikan permasalahan tersebut. Penyelesaian permasalahan tersebut sebenarnya sudah terpecahkan dengan banyak metode yang mampu memecahkannya. Ketertarikan dalam hal itulah yang mendorong dirumuskannya permasalahan tersebut dalam sebuah penelitian. Banyak metode mampu memberikan hasil yang sama, maka dimungkinkan masih ada metode lain dalam menyelesaikan permasalahan tersebut sehingga mampu memberikan keragaman.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk menyelesaikan masalah Knight's tour dengan menggunakan ilmu matematika dalam hal ini teori graf dan pendukungnya dengan menggunakan algoritma backtrack. Hasil yang diharapkan dalam penelitian ini adalah dapat menemukan metode baru dalam menyelesaikan masalah knight's tour ini.

1.4 MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini bersifat terbuka hasil dari penelitian ini tidak untuk mencari keuntungan semata tetapi mudah-mudahan dapat memberikan manfaat bagi orang

yang membacanya dalam hal mengenal lebih jauh tentang dunia graf dan algoritma backtrack.

1.5 METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penyelesaian masalah tersebut adalah dengan menggunakan teori graf dan pengaplikasiannya dengan menggunakan algoritma backtrack. Perlu dipahami metode yang digunakan masih berupa opini belum diteliti secara lebih jauh. Karakteristik dan sifat dari teori graf sangat memungkinkan dapat menyelesaikan permasalahan tersebut. Sedangkan algoritma backtrack digunakan sebagai terapan dalam penggunaan teori graf.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PENGERTIAN GRAF

Secara informal, suatu graf adalah himpunan benda-benda yang disebut verteks (*node*) yang terhubung oleh sisi (*edge* atau *arc*). Biasanya graf digambarkan sebagai kumpulan titik-titik (verteks) yang dihubungkan oleh garis-garis (sisi).

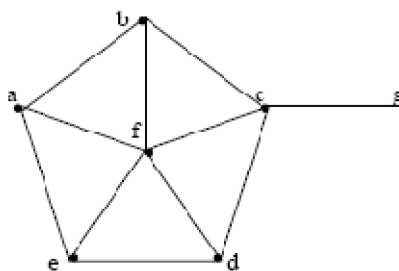
Secara formal, suatu graf $G = (V, E)$ adalah suatu sistem yang terdiri dari himpunan V (yang tak kosong dan berhingga) dan himpunan E dari pasangan tak terurut $\{v_i, v_j\}$ dengan $v_i, v_j \in V$. Himpunan V disebut *himpunan titik* dari graf G dan anggotanya disebut benda yang disebut verteks (*node*) yang terhubung oleh sisi (*edge* atau *arc*). Biasanya graf digambarkan sebagai kumpulan titik-titik (verteks) yang dihubungkan oleh garis-garis (sisi). Secara formal, suatu graf $G = (V, E)$ adalah suatu sistem yang terdiri dari himpunan V (yang tak kosong dan berhingga) dan himpunan E dari pasangan tak terurut $\{v_i, v_j\}$ dengan $v_i, v_j \in V$. Himpunan V disebut *himpunan titik* dari graf G dan anggotanya disebut *titik*,

sedangkan himpunan E disebut *himpunan sisi* dari graf G dan anggotanya disebut *sisi*. Sisi $\{v_i, v_j\}$ sering ditulis dengan $v_i v_j$. *Order* dari graf G , ditulis dengan notasi $|V(G)|$, menyatakan banyaknya titik pada graf G .

Bila titik $v_i, v_j \in V(G)$ dengan $v_i v_j \in E(G)$ maka titik v_i dan v_j dikatakan *bertetangga*. Atau dengan kata lain apabila ada sisi yang mengaitkan titik v_i dan v_j maka titik v_i dan v_j dikatakan *bertetangga*. Untuk setiap titik v_i pada graf G , *derajat* titik v_i , dinotasikan sebagai $d(v_i)$ adalah banyaknya tetangga dari titik v_i .

Pada graf G , *jalan J* dari titik v_0 ke titik v_n adalah suatu barisan selang-seling dari titik dan sisi $v_0, e_0, v_1, \dots, v_{n-1}, e_{n-1}, v_n$ yang dimulai dan diakhiri dengan titik, dengan sisi $e_i = v_i v_{i+1}$ untuk $i = 0, 1, 2, \dots, n$ sedemikian sehingga $v_i v_{i+1} \in E(G)$. *Panjang* dari jalan $v_0, e_0, v_1, \dots, v_{n-1}, e_{n-1}, v_n$ adalah banyaknya sisi pada barisan tersebut. Titik v_0 dan v_n disebut titik-titik ujung dari jalan tersebut. Jika pada jalan J berlaku $v_0 = v_n$ maka J disebut *jalan tertutup* dan dikatakan *jalan terbuka* jika $v_0 \neq v_n$.

Jalan J disebut *lintasan (path)* bila semua titiknya berbeda. Sedangkan jika setiap sisinya yang berbeda maka jalan tersebut dinamakan *jejak (trail)*. Jejak tertutup disebut *sirkuit*. Sirkuit yang semua titiknya berlainan disebut *siklus (cycle)*.



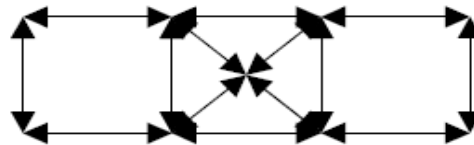
Gambar 2.1 Contoh Graf

Pada gambar 2.1 di atas, $a-f-b-f-c-d-c$ merupakan jalan (*walk*), $a-b-f-c-g-c-f-e-a$ merupakan jalan tertutup (*close walk*), $a-f-c-d-f-b$ merupakan jejak (*trail*), $a-e-f-c-g$ merupakan lintasan (*path*), $a-f-e-d-c-f-b-a$ merupakan sirkuit, dan $a-f-b-c-d-e-a$ merupakan siklus (*cycle*).

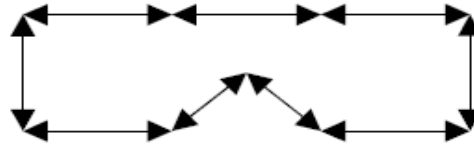
2.2 SIKLUS HAMILTON

Dalam teori graf, siklus yang menggunakan semua titik dan kembali ke titik semula dikenal dengan siklus Hamilton (*Hamilton cycle*). Sedangkan jika semua titik dilewati tepat satu kali tetapi tidak kembali ke titik semula disebut Lintasan Hamilton (*Hamilton path*). Graf yang memiliki lintasan atau siklus Hamilton disebut Graf Hamilton sebagaimana yang disampaikan oleh Sir William Rowan Hamilton pada tahun 1856.

Perhatikan Gambar 1.2 berikut! Diberikan graf G dengan sembilan titik dan 14 sisi. Kita dapat membuat siklus Hamilton yang dimulai dan diakhiri pada salah satu titik dari graf G tersebut. (Heri Sutarno dan Nanang Priatna, 2003)



Gambar 1.2 Graf $G = (9,14)$



Gambar 1.3 Salah Satu Siklus Hamilton pada Graf $G = (9,14)$

2.3 ALGORITMA

Dalam matematika dan komputasi, algoritma merupakan kumpulan perintah untuk menyelesaikan suatu masalah. Perintah-perintah ini dapat diterjemahkan secara bertahap dari awal hingga akhir. Masalah tersebut dapat berupa apa saja, dengan catatan untuk setiap masalah, ada kriteria kondisi awal yang harus dipenuhi sebelum menjalankan algoritma. Algoritma akan dapat selalu berakhir untuk semua kondisi awal yang memenuhi kriteria, dalam hal ini berbeda

dengan heuristik. Algoritma sering mempunyai langkah pengulangan (iterasi) atau memerlukan keputusan (logika Boolean dan perbandingan) sampai tugasnya selesai.

2.4 ALGORITMA BACKTRACK

Runut-balik (*backtracking*) adalah algoritma yang berbasis pada DFS untuk mencari solusi persoalan secara lebih mangkus. Runut-balik, yang merupakan perbaikan dari algoritma *brute-force*, secara sistematis mencari solusi persoalan di antara semua kemungkinan solusi yang ada. Dengan metode runut-balik, kita tidak perlu memeriksa semua kemungkinan solusi yang ada. Hanya pencarian yang mengarah ke solusi saja yang selalu dipertimbangkan. Akibatnya, waktu pencarian dapat dihemat. Runut-balik merupakan bentuk tipikal dari algoritma rekursif. Saat ini algoritma runut-balik banyak diterapkan untuk program *games* (seperti permainan *tic-tac-toe*, menemukan jalan keluar dalam sebuah labirin, catur, dll) dan masalah-masalah pada bidang kecerdasan buatan (*artificial intelligence*).

2.5 PROPERTI UMUM METODE RUNUT-BALIK

1. Solusi persoalan.

Solusi dinyatakan sebagai vektor dengan *n-tuple*:

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_n), \quad x_i \in \text{himpunan berhingga } S_i.$$

Mungkin saja $S_1 = S_2 = \dots = S_n$.

Contoh : $S_i = \{0, 1\}$,

$$x_i = 0 \text{ atau } 1$$

2. Fungsi pembangkit nilai x_k

Dinyatakan sebagai:

$T(k)$

$T(k)$ membangkitkan nilai untuk x_k , yang merupakan komponen vektor solusi.

3. Fungsi pembatas (pada beberapa persoalan fungsi ini dinamakan fungsi kriteria)

Dinyatakan sebagai

$B(x_1, x_2, \dots, x_k)$

Fungsi pembatas menentukan apakah (x_1, x_2, \dots, x_k) mengarah ke solusi. Jika ya, maka pembangkitan nilai untuk x_{k+1} dilanjutkan, tetapi jika tidak, maka (x_1, x_2, \dots, x_k) dibuang dan tidak dipertimbangkan lagi dalam pencarian solusi.

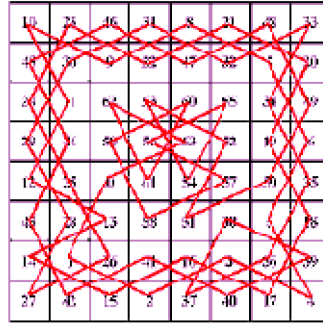
2.6 PENGERTIAN KNIGHT'S TOUR

Knight's Tour adalah suatu aplikasi dari teori graf pada permainan catur papan. Suatu Knight's Tour pada papan catur adalah rangkaian perjalanan kuda catur pada papan catur sehingga seluruh kotak terlewati kuda tepat satu kali.

Aturan langkah kuda pada permainan catur adalah sebagai berikut :

- Melangkah dua persegi ke arah horisontal kemudian satu persegi ke arah vertikal, atau
- Melangkah dua persegi ke arah vertikal kemudian satu persegi ke arah horisontal, atau
- Melangkah dua persegi ke arah vertikal kemudian satu persegi ke arah horisontal, atau
- Melangkah satu persegi ke arah vertikal kemudian dua persegi ke arah horisontal.

Jika dalam Knight's Tour setiap persegi dari papan catur dapat dilewati tepat satu kali dan kuda kembali pada persegi semula maka disebut langkah kuda tertutup (Closed Knight's Tour). Namun, jika semua persegi telah dilewati dan kuda tidak dapat kembali ke posisi semula maka disebut langkah kuda yang terbuka (Open Knight's Tour)



Gambar 2.1
Closed Knight's Tour pada papan catur 8x8

BAB 3 METODOLOGI

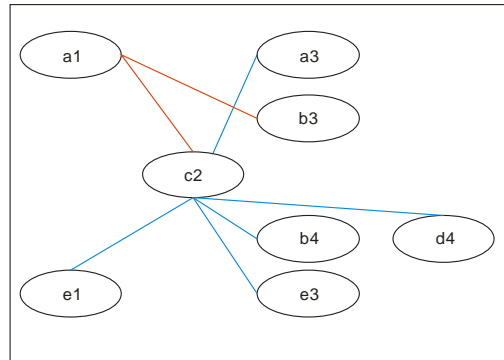
Metodologi yang digunakan menggunakan fasilitas papan catur dan komputer yang mampu menjalankan compiler java guna menguji coba algoritma backtrack. Selain itu penelitian menggunakan perhitungan-perhitungan matematis serta kertas gambar. Proses penelitian diambil dari pengalaman para peneliti lain dalam memecahkan permasalahan ini, kemudian data diambil dan dijadikan sampel dan referensi yang menjadi acuan dalam penelitian ini.

BAB 4 PEMBAHASAN

4.1 PENYELESAIAN KNIGHT'S TOUR MENGGUNAKAN GRAF

Kita gambarkan 64 kotak dalam papan catur adalah suatu state yang saling berhubungan misalkan state a1 akan berhubungan langsung dengan state b3 dan c2, state b2 berhubungan dengan a4, c4, d1 dan d3, state c3 berhubungan dengan a2, a4, b1, b5, d1, d5, e2 dan e4, state d4 berhubungan dengan b3, b5, c2, c6, e2, e6, f3 dan f5, dst.

Misalkan kita ambil a1 sebagai state awal maka kita akan memiliki dua alur jalan yang bisa kita pilih. Lihat pada gambar



Gambar 4.1 Skema Graf

Bisa kita lihat pada gambar bahwa dari state a1 maka memiliki dua alur jalan yang bisa dilalui yaitu c2 dan b3, jika kita memilih c2 maka kemudian kita memiliki 5 alur jalan yang bisa dilewati yaitu a3, b3, d4, e1 dan e3. Bagaimana caranya kita menemukan solusi yang kita cari ? jika kita memilih salah satu jalan yang akan kita lalui maka kita harus memotong ikatan dari state asal menuju state yang tidak kita pilih sehingga akan menyederhanakan skema, misal kita memilih c2, maka kita harus memotong ikatan antara a1 ke b3 begitupun seterusnya. Melalui hal tersebut maka kita akan memiliki sebuah ikatan state yang tidak terputus-putus jika skema yang kita gunakan benar maka hasil tadi akan terpenuhi, tetapi banyak kemungkinan state tersebut tidak terpenuhi karena kesalahan pengambilan arah jalan. Salah satu yang mendukung konsep tersebut adalah algoritma backtrack.

4.2 PRINSIP PENCARIAN SOLUSI DENGAN METODE RUNUT-BALIK

Di sini penulis hanya akan meninjau pencarian solusi pada pohon ruang status yang dibangun secara dinamis. Langkah-langkah pencarian solusi adalah sebagai berikut:

1. Penyelesaian dicari dengan membentuk jalur dari akar ke daun. Aturan pembentukan yang dipakai adalah mengikuti metode pencarian mendalam

4.3 PENGAPLIKASIAN ALGORITMA BACKTRACK

Algoritma runut-balik (backtracking algorithm) dapat dipakai untuk menyelesaikan permasalahan dari Knight's Tour. Ide dasar dari algoritma runut balik adalah dengan membangun solusi-solusi parsial dari masalah (dalam hal ini jalan selangkah pada papan) lalu mencoba memperluas solusi tersebut. Jika solusi yang telah dikembangkan gagal (langkah selanjutnya tidak menuju solusi) maka akan dilakukan runut-balik dan mencoba solusi parsial lainnya.

Algoritma runut-balik yang dipakai adalah:

1. Dari kotak tempat kuda tersebut berada, dibangkitkan langkah-langkah berikutnya yang memungkinkan dilalui oleh kuda tersebut.
2. Salah satu langkah (kotak) dipilih untuk diperluas.
3. Kuda melangkah ke kotak yang dipilih tersebut.
4. Kembali ke langkah satu sampai langkah yang diperluas tidak dapat mencapai solusi (kuda tidak dapat melangkah lagi).
5. Pencarian langkah dilakukan dengan melakukan runut balik ke langkah yang telah dilalui terdekat dan kuda melangkah balik ke kotak tersebut dan kembali ke langkah satu.
6. Pencarian langkah dihentikan bila telah melakukan solusi atau tidak ada langkah yang memungkinkan lagi bagi kuda catur tersebut.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pengaplikasian teori graf pada penyelesaian masalah knight's tour merupakan solusi yang tepat. Banyak solusi yang didapatkan untuk menyelesaikan permasalahan ini menggunakan metode dasarnya teori graf. Hingga saat ini masih banyak para pakar yang meneliti cara lain dalam menyelesaikan knight's tour ini. Penemuan-penemuan baru pun terus bermunculan. Sedangkan penggunaan terapan algoritma backtrack dirasa sangat tepat karena mampu menghitung berbagai kemungkinan yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mumtaz, Fahmi.2007. “Aplikasi Teori Graf pada Knight’s Tour”.
- [2] Irawan Ardianto, Riaka.2007.”Aplikasi Graf pada Permasalahan Knight’s Tour”.
- [3] Lewandowski, Gary.2001. “Project 1: The Knight’s Tour Gary Lewandowski”, CSCI 220, fall .
- [4] Yuliawanto.2007.”Knight’s Tour”.
- [5] Heri Sutarno, Drs. M.T., Nanang Priatna, Dr., M.Pd., Nurjanah, Dra., M.Pd.2003. *Matematika Diskret*, Jurusan Pendidikan Matematika UPI.
- [6]Munir,Rinaldi.2004.”algoritma runut-balik(backtracking)” .Departemen Teknik Informatika ITB.bandung.