

PEMANFAATAN PROOF NUMBER SEARCH DAN AND/OR TREE PADA PENCARIAN SOLUSI TSUME-SHOGI

Iqrar Aminullah 13516126
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
iqrar_aminullah@itb.ac.id

Abstract—Proof Number Search merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk memeriksa nilai kebenaran suatu solusi berdasarkan nilai kebenaran dari tiap – tiap simpul yang dilalui untuk mencapai solusi tersebut. Metode ini dapat digunakan untuk mencari solusi dari tsume-shogi, dengan cara memeriksa kemungkinan langkah – langkah dari setiap giliran pemain dan lawannya. Pencarian ini menggunakan pohon AND/OR .

Keywords—Proof Number Search, pohon AND/OR, Tsume Shogi

I. PENDAHULUAN

Shogi merupakan sebuah permainan yang berasal dari jepang, yang berbentuk serupa dengan catur. Permainan ini merupakan permainan yang berasal dari abad ke 11, yang terinspirasi dari sebuah permainan lain yang memiliki bentuk alat yang mirip. Permainan ini terus berkembang, dan aturan, hingga variasi dari permainan ini terus berkembang hingga saat ini.

Setelah perang dunia kedua, permainan ini mulai menyebar ke luar daerah jepang. Meskipun pada awalnya terdapat berbagai tentangan terhadap konsep permainannya sendiri, permainan shogi menjadi cukup diminati banyak orang yang berasal dari amerika dan beberapa Negara eropa, hingga akhirnya dimainkan di berbagai Negara.

Konsep permainan shogi sendiri, meskipun cukup mirip dengan catur, sangat menarik berbagai macam kalangan untuk memainkannya. Hal ini dikarenakan keunikan dari permainan shogi ini menambah kompleksitas dari permainannya, hingga hampir tiap – tiap permainan memiliki keindahannya masing – masing.

Kompleksitas yang disebabkan oleh aturan unik tersebut juga menarik perhatian berbagai macam ahli intelegensi buatan untuk membuat sebuah intelegensi yang mampu menyelesaikan permainan shogi, hingga mengalahkan berbagai pemain profesional yang ada di dunia.

Intelegensi buatan shogi, hingga saat ini terus berkembang dan semakin kuat dalam menghadapi pemain manusia profesional hingga bisa mengalahkan pemain tingkat tinggi di dunia.

II. LANDASAN TEORI

A. Pohon

Pohon (Tree) adalah graf tak-berarah terhubung yang tidak mengandung sirkuit. Kumpulan Pohon yang tidak tersambung antar satu sama lain disebut dengan hutan (*Forest*).

Apabila terdapat sebuah graf yang mengandung sebuah sirkuit, kita dapat memperoleh sebuah pohon merentang dengan memotong sirkuitnya. Dari sebuah graf, dapat diperoleh paling sedikit satu pohon merentang.

Misalkan graf $G = (V, E)$ adalah graf tak-berarah sederhana dan jumlah simpulnya n . Maka, semua pernyataan di bawah ini adalah ekuivalen:

1. G adalah pohon.
2. Setiap pasang simpul di dalam G terhubung dengan lintasan tunggal.
3. G terhubung dan memiliki $m = n - 1$ buah sisi.
4. G tidak mengandung sirkuit dan memiliki $m = n - 1$ buah sisi.
5. G tidak mengandung sirkuit dan penambahan satu sisi pada graf akan membuat hanya satu sirkuit.
6. G terhubung dan semua sisinya adalah jembatan.

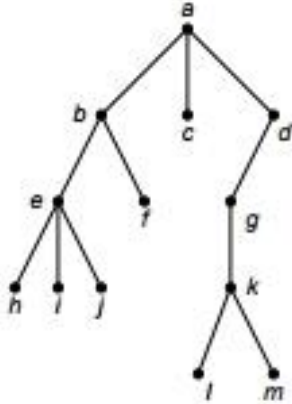
Dari sebuah graf berbobot, kita dapat menggunakan **Algoritma Prim** untuk memperoleh sebuah pohon rentang yang memiliki bobot minimum. Langkah – langkah algoritma prim antara lain:

1. Ambil sisi dari graf G yang berbobot minimum, masukkan ke dalam pohon T .
2. Pilih sisi (u, v) yang mempunyai bobot minimum dan bersisian dengan simpul di T , tetapi (u, v) tidak membentuk sirkuit di T . Masukkan (u, v) ke dalam T .

3. Ulangi langkah 2 hingga pohon T mengandung semua simpul dari graf G tanpa memiliki sebuah sirkuit.

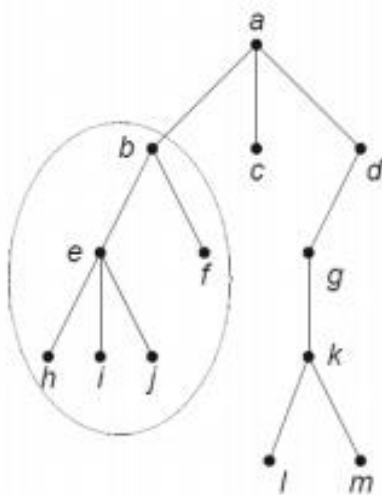
Dalam menggunakan teori pohon, terdapat beberapa istilah yang digunakan dalam menggambarkan sebuah pohon. Istilah tersebut antara lain :

1. **Anak (child atau children) dan Orangtua (parent)**
Pada GAMBAR1 b, c, dan d adalah anak-anak simpul a, a adalah orangtua dari anak-anak tersebut



Gambar 2.1 Contoh Pohon

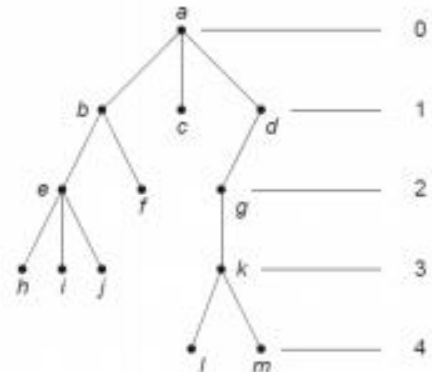
2. **Lintasan (path).**
Pada Gambar 2.1, Lintasan dari a ke j adalah a, b, e, j. Panjang lintasan dari a ke j adalah 3.
3. **Saudara Kandung (Sibling)**
Pada GAMBAR1, f adalah saudara kandung e, tetapi g bukan saudara kandung e, karena orangtua mereka berbeda.
4. **Upapohon (Subtree)**
Upapohon adalah sebuah pohon yang merupakan bagian dari sebuah pohon. Sebagai contoh, pada Gambar 2.2, apabila sisi yang menghubungkan simpul a dan b dipotong, maka akan didapatkan sebuah hutan dari pohon sebelumnya, dimana pohon dengan b, e, f, h, i, j, sebagai upapohon dari pohon sebelumnya



Gambar 2.2. Upapohon

5. **Derajat (Degree)**
Derajat sebuah simpul adalah jumlah upapohon (atau jumlah anak) yang terdapat pada simpul tersebut.

6. **Daun (Leaf)**
Simpul yang memiliki derajat nol (tidak memiliki upapohon maupun anak) disebut sebagai daun.
7. **Simpul Dalam (Internal Nodes)**
Simpul yang berderajat tidak nol (memiliki upapohon atau anak) disebut sebagai simpul dalam.
8. **Aras (Level)**
Aras sebuah simpul didapatkan dari jumlah sisi yang dilewati dari akar pohon ke simpul tersebut. Aras dari akar sebuah pohon adalah nol.



Gambar 2.3. Aras

9. **Kedalaman (Depth) atau Ketinggian (Height)**
Adalah Aras maksimum dari sebuah pohon. Pada GAMBAR1 kedalamannya adalah 4.

B. Shogi

Shogi (将棋) atau catur Jepang adalah permainan papan dari Jepang yang dimainkan oleh dua orang di atas papan 9 lajur dan 9 baris yang berwarna sama. Permainan ini diperkirakan berasal dari permainan India kuno yang disebut caturangga, dan termasuk dalam permainan papan berstrategi yang sekelompok dengan catur, janggi dari Korea, dan xiangqi dari Cina.

Ciri khas shogi yang sangat membedakannya dari catur adalah sistem **memanggil kembali** buah lawan yang sudah ditangkap. Walaupun sudah naik pangkat, buah yang tertangkap akan kembali ke pangkat semula. Buah lawan yang tertangkap menjadi milik pihak yang menangkap, dan dapat diletakkan kembali di atas papan untuk memerangi mantan majikan

Kedua belah sisi yang bermain dibedakan menjadi sente (先手) dan gote (後手). Pemain sente memainkan langkah pertama, diikuti pemain gote, begitu seterusnya secara bergantian hingga selesai.

Sama halnya dengan catur, permainan ini dimenangkan setelah mematikan raja lawan (mencapai posisi atau tsumi (詰み) atau skak mat).

Papan permainan bergaris-garis 9 lajur dan 9 baris. Kotak permainan tidak dibedakan dengan tanda atau warna. Di sisi kanan masing-masing pemain pemain terdapat tempat buah shogi (komadai) untuk meletakkan buah lawan yang sudah ditangkap.

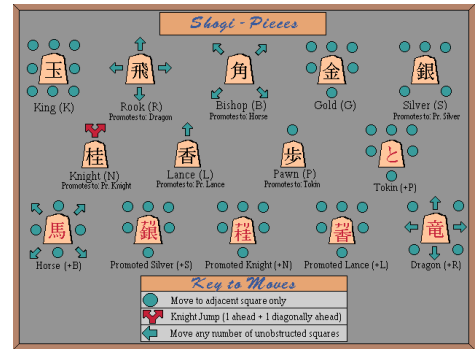
Setiap pemain diberi satu set bidak shogi yang berjumlah 20 buah. Sebagian dari pangkat setara dengan pangkat dalam catur (benteng, kuda, gajah, pion), namun shogi tidak memiliki ratu (queen). Berikut ini adalah delapan jenis buah shogi, dari urutan yang terkuat hingga terlemah dan gerakannya :

- 1 raja (玉将 *gyakushō* atau *ōshō*)
Bisa bergerak ke seluruh arah sejauh satu langkah
- 1 benteng (飛車 *hisha*)
Bisa bergerak ke arah horizontal sejauh mungkin
- 1 menteri (角行 *kakugyō*)
Bisa bergerak ke arah diagonal sejauh mungkin
- 2 jenderal emas (金将 *kinshō*)
Bisa bergerak ke semua arah sejauh satu langkah, kecuali ke belakang secara diagonal
- 2 jenderal perak (銀将 *ginshō*)
Bisa bergerak ke semua arah sejauh satu langkah, kecuali ke kiri, kanan dan belakang
- 2 ksatria/kuda (桂馬 *keima*)
Bisa bergerak ke depan satu langkah, kemudian diagonal ke depan satu langkah. Bidak ini mampu meloncati bidak lain.
- 2 tombak (香車 *kyōsha*)
Bisa bergerak sejauh mungkin ke depan.
- 9 pion/prajurit (歩兵 *fuhyō*)
Bisa bergerak satu langkah ke depan.

Seperti halnya dengan catur, setiap bidak memiliki gaya dan cara gerak masing – masing. Misalkan, pion hanya bisa bergerak satu langkah ke depan, atau benteng bisa bergerak horizontal hingga bertemu bidak lain atau ujung papan.

Pada shogi, beberapa bidak dapat melakukan promosi apabila sudah memasuki daerah lawan. Ketika promosi dilakukan, bidak yang melakukan promosi akan dibalik, dan cara geraknya akan berubah. Namun, tidak semua bidak bisa melakukan promosi. Yang bisa melakukan promosi hanyalah pion, tombak, ksatria, menteri, dan benteng. Berikut perubahan yang terjadi pada beberapa bidak yang melakukan promosi.

- Benteng : Dapat bergerak satu langkah ke arah diagonal
- Menteri : Dapat bergerak satu langkah ke arah horizontal
- Jendral perak, Ksatria, tombak, dan pion :
Bergerak sama seperti jendral emas.



Gambar 2.4. Bidak shogi dan arah gerkannya.

Dalam bermain shogi, bidak musuh yang telah dikalahkan akan disimpan, dan doaoat dipanggil lagi dimana saja dalam keadaan tidak terpromosikan (kecuali pion, tidak boleh terdapat dua pion searah dalam satu baris).



Gambar 2.5. Formasi awal permainan shogi

C. Tsume-Shogi

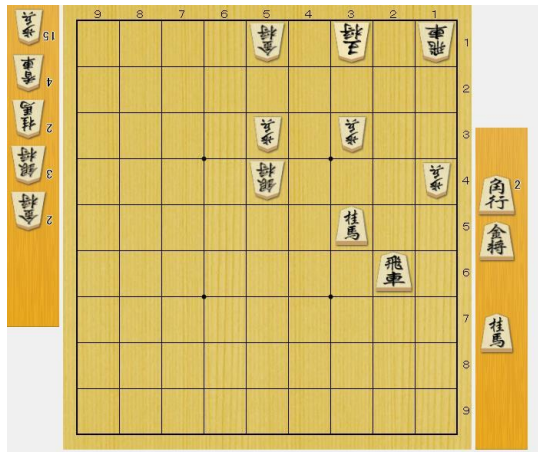
Tsume-Shogi atau **Tsume (詰め)** adalah istilah untuk teka – teki shogi, yang tujuannya adalah untuk men-Skak mat-kan lawan. Nama Tsume sendiri berasal dari istilah skak yang dipakai di shogi dengan nama yang sama. Tsume-shogi adalah versi shogi untuk Masalah Catur.

Tsume-Shogi memiliki aturan yang harus diikuti untuk menyelesaikan teka – tekinya. Apabila salah satu aturan tersebut dilanggar, maka tsume-shogi dinyatakan tidak selesai atau gagal. Aturan tersebut antara lain :

1. Sisi Menyerang melakukan jalan terlebih dahulu
2. Setiap gerakan sisi penyerang harus menyebabkan skak.

3. Sisi bertahan harus menunda skak mat selama mungkin.
4. Sisi bertahan memiliki semua bidak yang tidak ada di papan maupun di tangan sisi menyerang, ditangannya, selain raja dari sisi menyerang.
5. Sisi bertahan dapat meletakkan bidak apapun untuk mencegah atau menunda skak mat.
6. Sisi menyerang harus mencapai skak mat sebelum waktu yang telah ditentukan.

Tsume – Shogi biasanya digunakan untuk latihan menyerang dalam shogi. Selain itu, pemecahan dari sebuah Tsume-shogi juga digunakan sebagai karya seni.



Gambar 2.4. Sebuah contoh tsume – shogi

D. Pohon AND/OR

Pohon AND/OR adalah pohon yang memiliki simpul khusus yang ditandai dengan label “AND” ataupun “OR” untuk setiap simpulnya.

Setiap simpul juga memiliki nilai kebenarannya masing – masing. Sebuah simpul “AND” bernilai benar jika seluruh anaknya juga bernilai benar. Simpul “OR” bernilai benar jika salah satu anaknya bernilai benar.

Pohon ini sering dipakai pada pembuatan intelegensi buatan sebagai basis logika.

E. Proof Number Search

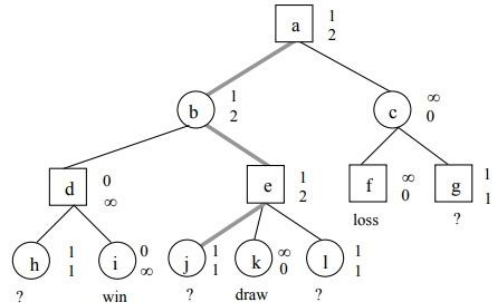
Proof Number Search (PN search) adalah algoritma searching *best-first*. Tujuan dari algoritma ini adalah untuk menentukan nilai kebenaran dari sebuah akar pohon.

Sebuah pohon dapat memiliki tiga nilai yaitu *true*, *false*, atau *unknown* (tidak diketahui). Setiap simpulnya memiliki *proof number* (*pn*) yang merepresentasikan jumlah minimum simpul dibawahnya yang harus dibuktikan untuk membuktikan kebenaran simpul tersebut, dan *disproof number* (*dpn*) yang merepresentasikan jumlah minimum simpul dibawahnya yang harus dibuktikan kesalahannya untuk membuktikan kesalahan simpul tersebut.

PN Search diaplikasikan dengan menggunakan pohon AND/OR. Nilai *pn* dari sebuah simpul AND adalah total dari *pn* seluruh anaknya, sedangkan nilai *dpn* untuk simpul AND adalah nilai *dpn* minimum dari

anak – anaknya. Nilai *pn* dari sebuah simpul OR adalah nilai minimum dari nilai *pn* seluruh anaknya, sedangkan nilai *dpn* untuk simpul OR adalah total nilai *dpn* dari anak- anaknya..

Pada Gambar 2.4. , simpul persegi merepresentasikan simpul OR, dan simpul lingkaran merepresentasikan simpul AND. Nilai angka yang diatas adalah nilai *proof number* dan angka dibawahnya adalah nilai *disproof number*.



Gambar 2.4. Pohon AND/OR dengan *proof number* dan *disproof number*

Dengan adanya *proof number* dan *disproof number*, program pencarian simpul dapat memeriksa apakah jalur yang sedang diperiksanya masih memiliki solusi atau tidak. Jika masih memiliki, maka program pencarian akan terus menelusuri pohon dan jika tidak, maka pencarian akan diberhentikan dan akan dilanjutkan ke tahap berikutnya.

III. PENGAPLIKASIAN PROOF NUMBER SEARCH DALAM PENCARIAN SOLUSI TSUME-SHOGI

A. Penerapan sistem shogi dalam pohon AND/OR

Penggunaan pohon AND/OR dalam shogi dapat menentukan langkah yang harus dilakukan untuk mencapai solusi masalah. Struktur pohon AND/OR yang dipakai untuk merepresentasikan permainan shogi adalah sebagai berikut

1. Simpul OR merepresentasikan giliran sisi menyerang dan simpul AND merepresentasikan giliran sisi bertahan.
2. Anak dari simpul OR(Meny Serang) adalah simpul AND(Bertahan) dan anak dari simpul AND(Bertahan) adalah simpul OR(Bertahan).

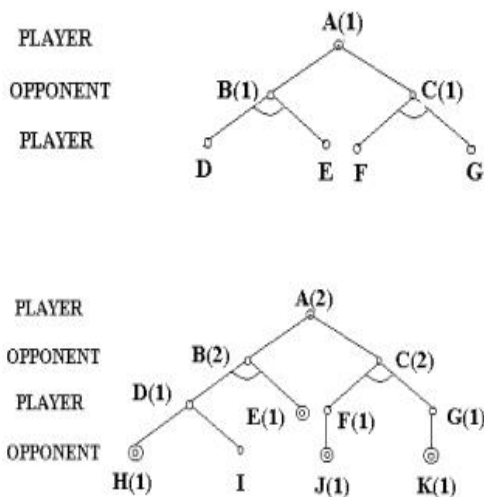
- Sebuah simpul AND yang tidak memiliki anak adalah simpul menang, dan simpul OR yang tidak memiliki anak adalah simpul kalah.

B. Algoritma Pencarian

Dalam tsume – shogi, sisi pemain (penyerang) memiliki batas langkah yang bisa diambil untuk menyelesaikan permainan, sehingga dalam pencarian, apabila jumlah iterasi melewati simpul OR sudah melebihi jumlah maksimal langkah yang diambil, maka proses iterasi dihentikan dan kembali ke akar, kemudian menelusuri anak lainnya.

Apabila pada proses pencarian solusi, maka pencarian juga dihentikan dan proses akan kembali ke akarnya. Maka permainan terbukti dapat dimenangkan.

Karena tidak diketahui jumlah iterasi hingga tercapainya sebuah solusi dalam suatu permainan dan harus bisa dihentikan, maka untuk proses iterasi pencarian solusi dalam PN Search ini dilakukan dengan menggunakan pencarian rekursif.

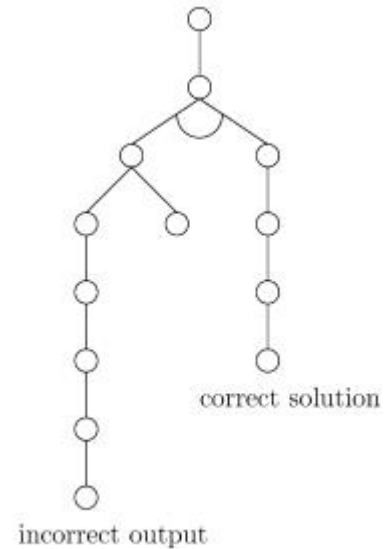


Gambar 3.1 Contoh rekursif PN Search pada pohon AND/OR yang merepresentasikan alur permainan.

Pada Gambar 3.1, Proses pencarian dimulai dengan pencarian simpul kiri yaitu dari simpul B, kemudian menelusuri simpul D. Pada saat memasuki simpul D, terbuka jalan menuju simpul H dan I. Pada saat memasuki simpul H yang merupakan simpul solusi, pencarian pada simpul D dihentikan dan proses kembali ke orang tua simpul D, yaitu simpul B. Pencarian kemudian dilakukan ke simpul anak kanan yaitu E. Simpul E merupakan simpul solusi sehingga proses pencarian dihentikan dan proses dikembalikan ke orang tua dari simpul B yaitu simpul A. Proses yang sama kemudian dilakukan untuk anak simpul kanan A.

Setiap simpul pada pohon AND/OR pada pencarian ini mengandung data jumlah anaknya yang memiliki solusi. Sebagai contoh pada gambar 3.1, simpul D memiliki satu anak yang memiliki solusi yaitu simpul H.

Dengan pencarian ini, didapatkan solusi dari tsume – shogi yang dapat dicapai dengan lebih cepat. Proses penelusuran akan berhenti ketika pencarian mendapatkan bahwa dari simpul yang sedang diperiksa sekarang tidak akan ada solusi apabila iterasi dilanjutkan.



Gambar 3.2. Bentuk akhir dari pohon pencarian solusi Tsume shogi pada “Henka-betsu-tsume”.

IV. KESIMPULAN

Pohon dapat digunakan sebagai dasar untuk memeriksa solusi dari sebuah permainan yang cukup kompleks. Pemeriksaan dengan pohon adalah dengan cara menelusuri tiap – tiap langkah dari pemain, kemudian diperiksa nilai penyelesaian langkahnya. Proses pemeriksaan yang digunakan adalah dengan menggunakan pohon AND/OR untuk pengaplikasian Proof Number Search. Metode ini dapat digunakan untuk mencari solusi permainan shogi sederhana yang disebut dengan tsume-shogi dengan lebih cepat.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat-Nya sehingga makalah ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Ir. Rinaldi Munir, M.T dan Dra Harlili, M.Sc selaku dosen pengajar mata kuliah Matematika Diskrit atas segala bimbingan dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis. Selanjutnya, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua sumber serta pihak yang telah memberikan bantuan secara langsung mau pun tidak langsung dalam proses pembuatan makalah. Semoga dengan dibuatnya makalah ini, makalah ini dapat berguna bagi pembaca.

REFERENSI

- [1] Munir, Rinaldi. 2010. Matematika Diskrit. Penerbit Informatika.
- [2] Herik, H. Jaap van dan Mark H.M. Winands. Proof-Number Search and its Variants.
<https://dke.maastrichtuniversity.nl/m.winands/documents/pnchapter.pdf>
- [3] Seo, Masahiro, Hiroyuki Iida, Jos W.H.M. Uitewijk. The PN*-search algorithm: Application to tsume-shogi.
https://ac.els-cdn.com/S0004370201000844/1-s2.0-S0004370201000844-main.pdf?_tid=dc4de2b8-d882-11e7-9120-0000aacb360&acdnat=1512344402_d522cf2ad6f42e8e5749e983ac9a4565
- [4] Nagashima, Jun. 2007. Towards Master-Level of Shogi.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.99.1244&rep=rep1&type=pdf>

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, 4 Desember 2017



Iqrar Aminullah/13516126