

Menentukan Susunan Tim Bulutangkis Thomas Cup Terbaik dengan

Algoritma *Branch and Bound*

Jaisyalmatin Pribadi/ 13510084
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
13510084@std.stei.itb.ac.id

Abstract—Menentukan tim dalam sebuah kompetisi bulutangkis Thomas Cup merupakan kunci dari keberhasilan yang akan diraih sebuah tim. Banyak parameter yang disertakan dalam menentukan susunan sebuah tim. Tujuan dari pemilihan tim ini adalah meraih kemenangan sebesar-besarnya di antara lima cabang yang akan diikuti oleh tim bulutangkis ini. Dalam makalah ini akan dijelaskan langkah untuk menentukan susunan tim terbaik dengan algoritma *Branch and Bound*.

Kata Kunci — *Branch and Bound*, bulutangkis, pertandingan beregu, Thomas Cup.

I. PENDAHULUAN

Kejuaraan bulutangkis Thomas Cup, yang juga sering disebut kejuaraan dunia beregu pria, adalah kompetisi bulutangkis internasional yang diikuti berbagai tim yang mewakili setiap negara yang tergabung dalam BWF (*Badminton World Federation*). Thomas cup, yang selalu dilakukan dua tahun sekali, telah dimulai sejak tahun 1982. Sebelumnya juga telah dimulai pertandingan bulutangkis internasional, namun memiliki periode tiga tahun sekali.

Cabang yang ada dalam kejuaraan bulutangkis Thomas Cup adalah tiga pertandingan tunggal putra dan dua pertandingan ganda putra. Sistem permainan tim yang digunakan adalah *best of five*, yaitu suatu tim dinyatakan menang jika memiliki poin kemenangan terbesar di antara lima pertandingan yang dilakukan. Dengan catatan, setiap kemenangan nomor cabang akan dihitung satu dan poin nol untuk tim yang kalah pada nomor cabang tersebut.

Kejuaraan bulutangkis Thomas Cup tidak hanya memerlukan kehebatan satu atau dua orang atlet, namun dibutuhkan kekompakan tim dan siasat dalam memilih nomor cabang yang akan dilakukan. Meskipun sebuah tim memiliki dua atlet hebat yang berhasil memenangkan pertandingan di dua nomor cabang, namun tim tersebut akan dinyatakan kalah jika di tiga nomor cabang lainnya tim tersebut kalah, karena poin total dalam pertandingan beregu tersebut adalah kalah 2-3.

Urutan nomor cabang yang akan dilakukan pertama kali tidak memiliki aturan pasti dari BWF. Namun, pada kejuaraan bulutangkis Thomas Cup, telah ditentukan urutan pertandingan setiap nomor cabang. Urutan yang telah disepakati adalah:

1. Tunggal Putra
2. Ganda Putra
3. Tunggal Putra
4. Ganda Putra
5. Tunggal Putra

II. DASAR TEORI

Algoritma *Branch and Bound* yang umumnya dikenal dengan B&B merupakan salah satu metode untuk pencarian dalam ruang solusi secara sistematis. Dasar dari algoritma ini mirip dengan algoritma BFS (*Breadth First Search*), namun B&B memiliki modifikasi dalam pemilihan simpul yang akan dikembangkan pada penentuan arah selanjutnya. Sebagai perbandingannya, algoritma BFS selalu memilih simpul yang ada di awal antrian. Sedangkan algoritma B&B memilih simpul yang telah diperhitungkan optimum yang secara heuristic akan menuju simpul solusi dengan langkah yang paling sedikit.

Penelusuran suatu graf dengan algoritma BFS membutuhkan waktu yang relatif lebih lama karena harus menelusuri setiap simpul. Jika kita menggunakan algoritma B&B, maka penelusuran graf dapat dilakukan dengan waktu yang lebih singkat. Hal tersebut dapat dilakukan karena algoritma B&B mengadaptasi algoritma BFS dan menambahkan *variable* untuk membangun ruang solusi. Langkah untuk menggambarkan ruang solusi adalah dengan memberi nilai ongkos (*cost*) pada setiap simpul yang telah dibangkitkan di langkah sebelumnya. Secara umum, algoritma B&B adalah sebagai berikut:

1. Masukkan simpul akar ke dalam antrian Q. Jika simpul akar adalah simpul solusi, maka solusi telah ditemukan dan pencarian berhenti.

2. Jika Q kosong, tidak ada solusi, pencarian dihentikan.
3. Jika Q tidak kosong, pilih dari antrian Q simpul I yang mempunyai $\hat{c}(i)$ paling kecil. Jika terdapat beberapa simpul I yang memenuhi, pilih salah satu secara sembarang.
4. Jika simpul I adalah simpul solusi, artinya solusi telah ditemukan dan pencarian diberhentikan. Jika bukan, bangkitkan anak-anaknya. Jika simpul tidak memiliki anak, maka ulang lagi langkah 2.
5. Untuk setiap anak j dari simpul I, hitung $\hat{c}(j)$ dan masukkan semua anak tersebut ke dalam antrian Q.
6. Kembali ke langkah 2 hingga solusi ditemukan.

Makalah ini akan membahas penyelesaian masalah *Assignment Problem* (Masalah Penugasan) menggunakan algoritma *Branch and Bound*. Tujuan yang diharapkan adalah menentukan suatu pilihan sehingga dicapai susunan penugasan yang memiliki *cost* seminimal mungkin.

Pemberian nilai *cost* akan dilakukan dengan matriks tereduksi yang didapat dari matriks jarak antar simpul yang dibentuk suatu graf. Matriks tereduksi yang dimaksudkan adalah bentuk matriks yang setiap kolom dan barisnya memiliki minimal satu angka nol (0) dan elemen-elemen lainnya bernilai tidak negatif. Untuk mendapatkan matriks tereduksi, maka tiap baris atau kolom yang belum memiliki angka nol akan dikurangi dengan nilai terkecil yang ada di dalam baris atau kolom tersebut.

Semua angka yang digunakan untuk mengurangi tiap baris atau kolom di atas kemudian akan dijumlahkan yang kemudian akan dijadikan sebagai $\hat{c}(\text{root})$ atau *cost* dari simpul awal. Hal ini juga mendeskripsikan bahwa solusi pada persoalan *assignment problem* tersebut memiliki *cost* minimal sebesar $\hat{c}(\text{root})$.

Selanjutnya, misalkan A adalah matriks tereduksi untuk simpul R dan misal S adalah anak dari simpul R sedemikian sehingga sisi (R, S) pada pohon ruang status melambangkan sisi (i, j) pada suatu graf. Jika S bukan merupakan simpul daun, maka untuk mendapatkan matriks jarak yang tereduksi untuk simpul S adalah dengan cara sebagai berikut:

1. Jadikan semua elemen matriks pada baris I dan kolom j menjadi bernilai ∞ .
2. Ubah elemen matriks di baris j kolom pertama menjadi bernilai ∞ .
3. Reduksi kembali matriks dengan cara seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

Berdasarkan hasil dari perhitungan di atas, maka fungsi pembatas yang juga merupakan *cost* untuk simpul S adalah:

$$\hat{c}(S) = \hat{c}(R) + A(i, j) + r$$

Keterangan:

- $\hat{c}(S)$ merupakan *cost* perjalanan minimum yang melalui simpul S.

- $\hat{c}(R)$ merupakan *cost* perjalanan minimum yang melalui simpul R, di mana R adalah simpul bapak (*parent*) dari S.
- $A(i,j)$ merupakan nilai pada baris i dan kolom j pada matriks jarak suatu graf yang berkoresponden dengan sisi (R,S) pada pohon ruang status.
- r merupakan jumlah total dari angka-angka pengurang pada proses reduksi matriks untuk simpul S.

Hasil dari reduksi matriks di atas kemudian kita sebut sebagai matriks B.

III. PENERAPAN ALGORITMA

Dalam bab ini akan dibahas mengenai cara optimasi dalam menentukan tim bulutangkis Thomas Cup.

A. Batasan Permasalahan

Pada bab sebelumnya bahwa pada pertandingan bulutangkis Thomas Cup, keseluruhan pemain yang akan bertanding adalah atlet pria. Maka setiap pemain dapat diasumsikan masuk di antara dua cabang yang akan dipertandingkan, yaitu: cabang tunggal putra dan ganda putra.

Jumlah *job* yang akan diambil untuk menyelesaikan *Assign Problem* adalah tujuh, dengan rincian sebagai berikut:

- *Job 1* : Tunggal putra ke-1
- *Job 2* : Tunggal putra ke-2
- *Job 3* : Tunggal putra ke-3
- *Job 4* : Ganda putra ke-1, orang pertama
- *Job 5* : Ganda Putra ke-1, orang kedua
- *Job 6* : Ganda Putra ke-2, orang pertama
- *Job 7* : Ganda Putra ke-2, orang kedua

Untuk penjelasan tambahan mengenai kesamaan *job 1* – *job 3* dan *job 4* – *job 7*, adalah sebagai berikut. Meskipun *job 1* – *job 3* memiliki kategori tunggal, namun nilai yang akan diberikan akan berbeda, karena mempertimbangkan lawan yang akan dipertandingkan dengan urutan tunggal yang telah disesuaikan dan juga kesiapan urutan maju. Asumsi yang diberikan adalah urutan pertandingan untuk tunggal putra adalah *job 1*, *job 2*, dan *job 3*. Begitu juga dengan ganda putra ke-1 dan ganda putra ke-2 akan memiliki nilai yang berbeda meskipun memiliki kategori cabang yang serupa.

Sedangkan untuk jumlah pemain yang akan dimasukkan ke dalam perhitungan juga dapat lebih dari tujuh. Namun untuk pengambilan contoh persoalan dalam makalah ini akan menggunakan tujuh orang.

Nilai yang akan digunakan pada pembahasan algoritma ini adalah kemungkinan kalah orang tersebut. Semakin tinggi nilainya, maka semakin kecil kemungkinan kalah dan semakin besar kemungkinan untuk menang. Begitu juga dengan sebaliknya. Semakin besar nilai yang dimiliki, maka semakin besar juga kemungkinan untuk kalah dan semakin kecil kemungkinan untuk menang.

Berikut matriks nilai yang akan digunakan dalam makalah ini, sebagai berikut:

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

Gambar 1 Matriks Awal

Dari Gambar 1 dapat kita lihat nilai setiap orang jika berada pada job yang ditentukan.

B. Penerapan Algoritma

Langkah awal yang akan dilakukan adalah menentukan $\hat{c}(\text{root})$. Matriks yang digambarkan dalam Gambar 1 akan direduksi seperti di bawah ini:

$$\begin{bmatrix} 4 & 3 & 2 & 7 & 7 & 8 & 8 \\ 2 & 3 & 5 & 8 & 8 & 7 & 7 \\ 9 & 9 & 8 & 2 & 2 & 1 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & 3 & 3 & 4 & 4 \\ 2 & 4 & 3 & 6 & 6 & 8 & 8 \\ 8 & 7 & 8 & 1 & 1 & 3 & 3 \\ 2 & 5 & 4 & 6 & 6 & 8 & 8 \end{bmatrix} \begin{matrix} B1-2 \\ B2-2 \\ B3-1 \\ B4-3 \\ B5-2 \\ B6-1 \\ B7-2 \end{matrix} = A \begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 & 5 & 5 & 6 & 6 \\ 0 & 1 & 3 & 6 & 6 & 5 & 5 \\ 8 & 8 & 7 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 2 & 1 & 4 & 4 & 6 & 6 \\ 7 & 6 & 7 & 0 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 3 & 2 & 4 & 4 & 6 & 6 \end{bmatrix}$$

Gambar 2 Matriks Tereduksi 01

Matriks tereduksi yang telah kita peroleh kita namakan matriks A. Nilai $\hat{c}(\text{root})$ merupakan jumlah total nilai yang digunakan untuk melakukan proses reduksi.

$$\hat{c}(\text{root}) = 2 + 2 + 1 + 3 + 2 + 1 + 2 = 13$$

Selanjutnya kita akan melakukan ekspansi untuk mendapatkan simpul anak-anaknya. Dari setiap simpul anak tersebut akan dianalisis untuk mendapatkan cost.

Berikut hasil perhitungan:

1. Simpul 2, orang 1 \rightarrow job 1:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & 0 & 2 & 5 & 5 & 4 & 4 \\ \infty & 8 & 7 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ \infty & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ \infty & 1 & 0 & 3 & 3 & 5 & 5 \\ \infty & 6 & 7 & 0 & 0 & 2 & 2 \\ \infty & 1 & 0 & 2 & 2 & 4 & 4 \end{bmatrix} = B$$

Gambar 3 Matriks B

$$\text{Cost} = 13 + 4 + 2 = 19$$

2. Simpul 3, orang 1 \rightarrow job 2:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 0 & \infty & 2 & 6 & 6 & 5 & 5 \\ 8 & \infty & 6 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 2 & \infty & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & \infty & 0 & 4 & 4 & 6 & 6 \\ 7 & \infty & 6 & 0 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & \infty & 1 & 4 & 4 & 6 & 6 \end{bmatrix} = C$$

Gambar 4 Matriks C

$$\text{Cost} = 13 + 1 + 1 = 15$$

3. Simpul 4, orang 1 \rightarrow job 3:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 0 & 1 & \infty & 6 & 6 & 5 & 5 \\ 8 & 8 & \infty & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & \infty & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 2 & \infty & 4 & 4 & 6 & 6 \\ 7 & 6 & \infty & 0 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 3 & \infty & 4 & 4 & 6 & 6 \end{bmatrix} = D$$

Gambar 5 Matriks D

$$\text{Cost} = 13 + 0 + 0 = 13$$

4. Simpul 5, orang 1 \rightarrow job 4:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 0 & 1 & 2 & \infty & 6 & 5 & 5 \\ 8 & 8 & 6 & \infty & 1 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & \infty & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 2 & 0 & \infty & 4 & 6 & 6 \\ 7 & 6 & 6 & \infty & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 3 & 1 & \infty & 4 & 6 & 6 \end{bmatrix} = E$$

Gambar 6 Matriks E

$$\text{Cost} = 13 + 1 + 5 = 19$$

5. Simpul 6, orang 1 → job 5:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 0 & 1 & 2 & 6 & \infty & 5 & 5 \\ 8 & 8 & 6 & 1 & \infty & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 0 & \infty & 1 & 1 \\ 0 & 2 & 0 & 4 & \infty & 6 & 6 \\ 7 & 6 & 6 & 0 & \infty & 2 & 2 \\ 0 & 3 & 1 & 4 & \infty & 6 & 6 \end{bmatrix} = F$$

Gambar 7 Matriks F

$$\text{Cost} = 13 + 1 + 5 = 19$$

6. Simpul 7, orang 1 → job 6:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 0 & 1 & 2 & 6 & 6 & \infty & 5 \\ 8 & 8 & 6 & 1 & 1 & \infty & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & \infty & 1 \\ 0 & 2 & 0 & 4 & 4 & \infty & 6 \\ 7 & 6 & 6 & 0 & 0 & \infty & 2 \\ 0 & 3 & 1 & 4 & 4 & \infty & 6 \end{bmatrix} = G$$

Gambar 8 Matriks G

$$\text{Cost} = 13 + 1 + 6 = 20$$

7. Simpul 8, orang 1 → job 7:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 0 & 1 & 2 & 6 & 6 & 5 & \infty \\ 8 & 8 & 6 & 1 & 1 & 0 & \infty \\ 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & \infty \\ 0 & 2 & 0 & 4 & 4 & 6 & \infty \\ 7 & 6 & 6 & 0 & 0 & 2 & \infty \\ 0 & 3 & 1 & 4 & 4 & 6 & \infty \end{bmatrix} = H$$

Gambar 9 Matriks H

$$\text{Cost} = 13 + 1 + 6 = 20$$

Dari matriks tereduksi di atas, kita dapat melihat bahwa simpul 4 memiliki *cost* yang terkecil. Selanjutnya kita akan mengekspansi simpul 4.

1. Simpul 9, orang 2 → job 1:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & 8 & \infty & 1 & 1 & 0 & 0 \\ \infty & 0 & \infty & 0 & 0 & 1 & 1 \\ \infty & 0 & \infty & 2 & 2 & 4 & 4 \\ \infty & 6 & \infty & 0 & 0 & 2 & 2 \\ \infty & 0 & \infty & 1 & 1 & 3 & 3 \end{bmatrix} = I$$

Gambar 10 Matriks I

$$\text{Cost} = 13 + 5 + 0 = 18$$

2. Simpul 10, orang 2 → job 2:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 8 & \infty & \infty & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 2 & \infty & \infty & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & \infty & \infty & 4 & 4 & 6 & 6 \\ 7 & \infty & \infty & 0 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & \infty & \infty & 4 & 4 & 6 & 6 \end{bmatrix} = J$$

Gambar 11 Matriks J

$$\text{Cost} = 13 + 0 + 1 = 14$$

3. Simpul 11, orang 2 → job 4:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 8 & 8 & \infty & \infty & 1 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & \infty & \infty & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 2 & \infty & \infty & 4 & 6 & 6 \\ 7 & 6 & \infty & \infty & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 3 & \infty & \infty & 4 & 6 & 6 \end{bmatrix} = K$$

Gambar 12 Matriks K

$$\text{Cost} = 13 + 0 + 6 = 19$$

4. Simpul 12, orang 2 → job 5:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 8 & 8 & \infty & 1 & \infty & 0 & 0 \\ 2 & 0 & \infty & 0 & \infty & 1 & 1 \\ 0 & 2 & \infty & 4 & \infty & 6 & 6 \\ 7 & 6 & \infty & 0 & \infty & 2 & 2 \\ 0 & 3 & \infty & 4 & \infty & 6 & 6 \end{bmatrix} = L$$

Gambar 13 Matriks L

$$\text{Cost} = 13 + 0 + 6 = 19$$

5. Simpul 13, orang 2 → job 6:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 8 & 8 & \infty & 1 & 1 & \infty & 0 \\ 2 & 0 & \infty & 0 & 0 & \infty & 1 \\ 0 & 2 & \infty & 4 & 4 & \infty & 6 \\ 7 & 6 & \infty & 0 & 0 & \infty & 2 \\ 0 & 3 & \infty & 4 & 4 & \infty & 6 \end{bmatrix} = M$$

Gambar 14 Matriks M

$$\text{Cost} = 13 + 0 + 5 = 18$$

6. Simpul 14, orang 2 → job 7:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 8 & 8 & \infty & 1 & 1 & 0 & \infty \\ 2 & 0 & \infty & 0 & 0 & 1 & \infty \\ 0 & 2 & \infty & 4 & 4 & 6 & \infty \\ 7 & 6 & \infty & 0 & 0 & 2 & \infty \\ 0 & 3 & \infty & 4 & 4 & 6 & \infty \end{bmatrix} = N$$

Gambar 15 Matriks N

$$\text{Cost} = 13 + 0 + 5 = 18$$

Dari matriks tereduksi di atas, kita dapat melihat bahwa simpul 10 memiliki *cost* yang terkecil. Selanjutnya kita akan mengekspansi simpul 10.

1. Simpul 15, orang 3 → job 1:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & 0 & 0 & 1 & 1 \\ \infty & \infty & \infty & 0 & 0 & 2 & 2 \\ \infty & \infty & \infty & 0 & 0 & 2 & 2 \\ \infty & \infty & \infty & 0 & 0 & 2 & 2 \end{bmatrix} = O$$

Gambar 16 Matriks O

$$\text{Cost} = 14 + 10 + 8 = 32$$

2. Simpul 16, orang 3 → job 4:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 2 & \infty & \infty & \infty & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \infty & \infty & \infty & 4 & 5 & 5 \\ 7 & \infty & \infty & \infty & 0 & 1 & 1 \\ 0 & \infty & \infty & \infty & 4 & 5 & 5 \end{bmatrix} = P$$

Gambar 17 Matriks P

$$\text{Cost} = 14 + 2 + 1 = 17$$

3. Simpul 17, orang 3 → job 5:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 2 & \infty & \infty & 0 & \infty & 0 & 0 \\ 0 & \infty & \infty & 4 & \infty & 5 & 5 \\ 7 & \infty & \infty & 0 & \infty & 1 & 1 \\ 0 & \infty & \infty & 4 & \infty & 5 & 5 \end{bmatrix} = Q$$

Gambar 18 Matriks Q

$$\text{Cost} = 14 + 2 + 1 = 17$$

4. Simpul 18, orang 3 → job 6:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 2 & \infty & \infty & 0 & 0 & \infty & 0 \\ 0 & \infty & \infty & 4 & 4 & \infty & 5 \\ 7 & \infty & \infty & 0 & 0 & \infty & 1 \\ 0 & \infty & \infty & 4 & 4 & \infty & 5 \end{bmatrix} = R$$

Gambar 19 Matriks R

$$\text{Cost} = 14 + 1 + 0 = 15$$

5. Simpul 19, orang 3 → job 7:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 2 & \infty & \infty & 0 & 0 & 0 & \infty \\ 0 & \infty & \infty & 4 & 4 & 5 & \infty \\ 7 & \infty & \infty & 0 & 0 & 1 & \infty \\ 0 & \infty & \infty & 4 & 4 & 5 & \infty \end{bmatrix} = S$$

Gambar 20 Matriks S

$$\text{Cost} = 14 + 1 + 0 = 15$$

Dari matriks tereduksi di atas, kita dapat melihat bahwa simpul 18 memiliki *cost* yang terkecil. Selanjutnya kita akan mengekspansi simpul 18.

1. Simpul 20, orang 4 → job 1:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & 0 & 0 & \infty & 0 \\ \infty & \infty & \infty & 0 & 0 & \infty & 0 \\ \infty & \infty & \infty & 0 & 0 & \infty & 0 \end{bmatrix} = T$$

Gambar 21 Matriks T

$$\text{Cost} = 15 + 2 + 10 = 25$$

2. Simpul 21, orang 4 → job 4:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 0 & \infty & \infty & \infty & 4 & \infty & 4 \\ 7 & \infty & \infty & \infty & 0 & \infty & 0 \\ 0 & \infty & \infty & \infty & 4 & \infty & 4 \end{bmatrix} = U$$

Gambar 22 Matriks U

$$\text{Cost} = 15 + 0 + 2 = 17$$

3. Simpul 22, orang 4 → job 5:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 0 & \infty & \infty & 4 & \infty & \infty & 4 \\ 7 & \infty & \infty & 0 & \infty & \infty & 0 \\ 0 & \infty & \infty & 4 & \infty & \infty & 4 \end{bmatrix} = V$$

Gambar 23 Matriks V

$$\text{Cost} = 15 + 0 + 2 = 17$$

4. Simpul 23, orang 4 → job 6:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 0 & \infty & \infty & 4 & 4 & \infty & \infty \\ 7 & \infty & \infty & 0 & 0 & \infty & \infty \\ 0 & \infty & \infty & 4 & 4 & \infty & \infty \end{bmatrix} = W$$

Gambar 24 Matriks W

$$\text{Cost} = 15 + 0 + 1 = 16$$

Dari matriks tereduksi di atas, kita dapat melihat bahwa simpul 23 memiliki *cost* yang terkecil. Selanjutnya kita akan mengekspansi simpul 23.

1. Simpul 24, orang 5 → job 1:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & 0 & 0 & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & 0 & 0 & \infty & \infty \end{bmatrix} = X$$

Gambar 25 Matriks X

$$\text{Cost} = 16 + 0 + 4 = 20$$

2. Simpul 25, orang 5 → job 4:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 7 & \infty & \infty & \infty & 0 & \infty & \infty \\ 0 & \infty & \infty & \infty & 4 & \infty & \infty \end{bmatrix} = Y$$

Gambar 26 Matriks Y

$$\text{Cost} = 16 + 4 + 0 = 20$$

3. Simpul 26, orang 5 → job 5:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 7 & \infty & \infty & 0 & \infty & \infty & \infty \\ 0 & \infty & \infty & 4 & \infty & \infty & \infty \end{bmatrix} = Z$$

Gambar 27 Matriks Z

$$Cost = 16 + 4 + 0 = 20$$

Dari matriks tereduksi di atas, kita dapat melihat bahwa simpul 24 memiliki *cost* yang terkecil. Selanjutnya kita akan mengekspansi simpul 24.

1. Simpul 27, orang 6 → job 4:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & 0 & \infty & \infty \end{bmatrix} = AA$$

Gambar 28 Matriks AA

$$Cost = 20 + 0 + 4 = 24$$

2. Simpul 28, orang 6 → job 5:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & 0 & \infty & \infty & \infty \end{bmatrix} = AB$$

Gambar 29 Matriks AB

$$Cost = 20 + 0 + 4 = 24$$

Dari matriks tereduksi di atas, kita dapat melihat bahwa simpul 27 memiliki *cost* yang terkecil. Selanjutnya kita akan mengekspansi simpul 27.

Karena tidak ada lagi simpul hidup di dalam pohon ruang status, maka susunan tim yang diperoleh dari algoritma *Branch and Bound* adalah:

$$A \rightarrow J \rightarrow S \rightarrow W \rightarrow X \rightarrow AA \rightarrow \text{sis}$$

C. Solusi Assignment Problem untuk Menentukan Tim Bulutangkis Thomas Cup

Dari pencarian berdasarkan *cost*, dapat disimpulkan bahwa susunan tim bulutangkis Thomas Cup terbaik adalah:

- orang 1 → job 3
- orang 2 → job 2
- orang 3 → job 7
- orang 4 → job 6
- orang 5 → job 1
- orang 6 → job 4
- orang 7 → job 5

IV. ANALISIS

Berdasarkan permasalahan yang diangkat dalam makalah ini, algoritma *Branch and Bound* menunjukkan perbedaan jika dibandingkan dengan algoritma *Breadth First Search*.

Simpul yang dianalisis tidak keseluruhan dari setiap tahap, namun ada fungsi pembatas dalam algoritma B&B yang menentukan simpul mana yang akan dianalisis. Terlihat dalam analisis di atas bahwa pola ekspansi yang ditunjukkan algoritma B&B terlihat beda dengan algoritma BFS. Perbandingan hasil kedua algoritma adalah harus menelusuri semua simpul hingga mencapai solusi permasalahan untuk mencapai solusi yang optimal.

Dari analisis yang telah dilakukan, penulis membuat kesimpulan bahwa algoritma *Branch and Bound* mampu memberikan solusi yang optimal untuk *Assignment Problem* dengan efisien. Hal tersebut didukung dengan hasil pembentukan simpul tanpa harus mengekspansi setiap daunnya.

Namun, penulis belum menyatakan bahwa algoritma B&B adalah algoritma terbaik untuk memecahkan permasalahan ini karena diperlukan studi yang lebih mendalam dan menyeluruh.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat setelah melakukan analisis terhadap permasalahan *Assignment Problem* dengan algoritma *Branch and Bound*, adalah sebagai berikut:

- Algoritma *Branch and Bound* banyak merupakan algoritma pencarian solusi yang banyak dipilih. Dasar dari algoritma ini adalah skema *Breadth First Search* sebagai skema traversal dalam grafnya disertai dengan nilai *cost*.
- Salah satu permasalahan yang dapat diselesaikan dengan algoritma B&B adalah *Assignment Problem*.

4. Susunan tim bulutangkis Thomas Cup terbaik dapat dicari dengan menggunakan algoritma *Branch and Bound*. Susunan tim yang dihasilkan adalah:
- a. orang 1 → job 3
 - b. orang 2 → job 2
 - c. orang 3 → job 7
 - d. orang 4 → job 6
 - e. orang 5 → job 1
 - f. orang 6 → job 4
 - g. orang 7 → job 5

REFERENSI

- [1] <http://bangkamil.wordpress.com> diakses 20 Desember 2012.Pukul22.00.
- [2] Rinaldi Munir."Diktat Kuliah IF3051 Strategi Algoritma". Program Studi Teknik Informatika STEI ITB.2009.

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, 20 Desember 2012

ttd



Jaisylmatin Pribadi
13510084