

Menentukan *Starting Lineup* Futsal Terbaik dengan Algoritma *Branch and Bound*

Muhamad Irfan Maulana / 13515037

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

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

13515037@std.stei.itb.ac.id

Abstrak—Menentukan *starting lineup* sebuah tim dalam futsal merupakan hal yang sangat penting. Pemilihan yang tepat akan membuat tim lebih produktif dan mencapai keberhasilan tim tersebut. Untuk memilih *starting lineup* banyak parameter yang disertakan dan dipertimbangkan. Dalam makalah ini akan dijelaskan langkah untuk menentukan *starting lineup* terbaik dari sebuah tim futsal dengan algoritma *Branch and Bound*.

Kata Kunci — *Branch and Bound, Starting Lineup, Futsal*.

I. PENDAHULUAN

Futsal adalah salah satu cabang olahraga yang sedang banyak digemari saat ini. Olahraga ini dapat dimainkan oleh pria maupun wanita. Kompetisi-kompetisi futsal pun sudah sangat banyak diselenggarakan. Mulai dari tingkat regional hingga tingkat Internasional.

Starting lineup dari sebuah tim adalah pemain-pemain yang dimainkan pertama kali saat pertandingan dimulai. Biasanya *starting lineup* dari sebuah tim adalah pemain terbaik. Sebuah tim futsal beranggotakan lima orang pemain utama dan dapat memiliki pemain cadangan. Sebuah tim dapat dikatakan memenangkan pertandingan ketika telah memasukkan bola ke dalam gawang lebih banyak dibanding tim lawan.

Dalam sebuah tim futsal biasanya pemain-pemain dibagi ke dalam posisinya masing-masing. Penentuan posisi pemain dalam sebuah tim bergantung dari taktik dan formasi yang akan digunakan dalam pertandingan tersebut. Secara umum, posisi-posisi yang ada di futsal yaitu :

1. *Goalkeeper*, pemain yang melindungi gawang dari serangan lawan.
2. Pemain Bertahan, pemain yang biasa bermain di daerah pertahanan sendiri dan dapat mengatur jalannya tempo permainan.
3. Pemain Tengah, pemain yang dapat berada di samping lapangan atau dapat menjadi penghubung antara pemain bertahan dan pemain depan.
4. Pemain Depan, pemain yang dapat menjadi target man atau yang biasa menyelesaikan peluang menjadi gol

Untuk memenangkan pertandingan futsal tidak dapat dengan hanya memiliki satu atau dua pemain hebat. Tetapi komposisi sebuah tim yang baik pun sangat berpengaruh terhadap kemenangan di sebuah pertandingan.

II. DASAR TEORI

Algoritma *Branch and Bound* sering dijadikan untuk penyelesaian masalah optimasi. Algoritma ini meminimalkan atau memaksimalkan suatu fungsi objektif yang tidak melanggar batasan (*constraints*) persoalan.

Dasar dari algoritma *Branch and Bound* berasal dari algoritma BFS (*Breadth First Search*) yang dikembangkan dengan adanya pertimbangan dari cost pada persoalan. Dengan cara ini, algoritma *Branch and Bound* dapat lebih efisien dibandingkan algoritma BFS karena simpul yang di ekspan akan lebih sedikit. Berbeda halnya dengan algoritma BFS yang mengharuskan mengekskpan semua simpulnya.

Langkah dalam menggambarkan ruang solusi yaitu dengan memberikan nilai cost disetiap simpul yang telah dibangkitkan. Algoritma *Branch and Bound* secara umum adalah sebagai berikut :

1. Memasukkan simpul akar ke dalam *queue* Q. Jika simpul akar merupakan solusi, maka solusi telah ditemukan dan pencarian berhenti.
2. Jika Q kosong, maka tidak ada solusi dan pencarian dihentikan.
3. Jika Q tidak kosong, maka pilihlah simpul I dari *queue* Q yang memiliki $c(i)$ paling kecil. Jika terdapat lebih dari satu simpul I yang memenuhi, maka pilih satu secara sembarang.
4. Jika simpul I merupakan simpul solusi, maka solusi telah ditemukan dan pencarian dihentikan. Jika simpul bukan simpul solusi, maka bangkitkan anak dari simpul tersebut. Jika simpul tidak memiliki anak, maka ulangi lagi langkah 2.
5. Untuk setiap anak J dari simpul I, hitung $c(j)$ dan masukkan semua anak ke dalam *queue* Q.
6. Ulang kembali ke langkah 2 hingga solusi ditemukan.

Pada makalah ini akan dibahas mengenai masalah *Assignment Problem* menggunakan algoritma *Branch and Bound*. Tujuan yang diharapkan adalah menentukan suatu pilihan dan menyebabkan susunan pilihan tersebut memiliki *cost* seminimal mungkin.

Untuk memberikan *cost*, dilakukan dengan menggunakan *Reduce Cost Matrix* (Matriks tereduksi) yang didapat dari jarak antar simpul. *Reduce Cost Matrix* ini membuat tiap baris dan kolom matriks mempunyai minimal 1 nilai 0 dan yang lainnya tidak ada yang negatif dengan cara mengurangi dengan nilai terkecil di setiap kolom dan barisnya.

Hasil penjumlahan dari angka-angka yang digunakan untuk mengurangi matriks adalah dijadikan $c(\text{root})$ atau *cost* dari simpul akar. Hal ini juga memperlihatkan bahwa solusi pada persoalan assignment problem tersebut memiliki *cost* minimal sebesar $c(\text{root})$.

Selanjutnya kita dapat menamakan matriks tereduksi dari simpul awal bernama A. Untuk simpul S dan R adalah anak dari simpul S sehingga (S,R) pada pohon ruang status dapat melambangkan sisi (i,j) pada suatu graf. Jika simpul R bukan merupakan daun, maka cara mendapatkan matriks tereduksi dari R adalah :

1. Elemen-elemen pada matriks baris i dan kolom j menjadi bernilai ∞ .
2. Elemen matriks pada baris ke j dan kolom ke-1 dijadikan ∞ .
3. Lakukan kembali reduksi matriks dengan cara yang sebelumnya.

Berdasarkan hasil dari perhitungan yang telah dilakukan diatas, maka fungsi pembatas yang merupakan *cost* untuk simpul S adalah :

$$c(S) = c(R) + A(i,j) + r$$

Keterangan :

1. $c(S)$ adalah *cost* perjalanan minimum yang melalui simpul S.
2. $c(R)$ adalah *cost* perjalanan minimum yang melalui simpul R dan R adalah simpul *parent* dari S.
3. $A(i,j)$ adalah nilai pada baris ke-i dan kolom ke-j dari matriks yang berkoresponden dengan sisi (R,S).
4. r adalah hasil penjumlahan dari nilai-nilai pengurang pada proses reduksi matriks simpul S.

Selanjutnya, hasil dari reduksi matriks diatas kemudian disebut sebagai matriks B. Lakukan proses diatas berulang-ulang sehingga mencapai solusi.

III. PENERAPAN ALGORITMA

Pada bab ini, akan dibahas bagaimana cara menentukan *Starting Lineup* terbaik untuk suatu tim futsal.

A. Batasan Permasalahan

Pada bab sebelumnya telah dijelaskan bahwa sebuah tim futsal harus memiliki lima pemain utama untuk bermain. Pemain utama yang bermain pertama dinamakan starters. Tetapi dalam pemilihan kasus ini tidak melibatkan *goalkeeper* karena memiliki *parameter* dan *training* tersendiri. Jumlah job yang akan di ambil untuk diselesaikan dengan cara meng-Assign berjumlah tujuh, dengan rincian sebagai berikut :

1. *Job 1* : Pemain bertahan
2. *Job 2* : Pemain tengah kiri
3. *Job 3* : Pemain tengah kanan
4. *Job 4* : Pemain depan
5. *Job 5* : Pemain bertahan cadangan
6. *Job 6* : Pemain tengah cadangan
7. *Job 7* : Pemain depan cadangan

Untuk contoh kasus ini tim akan menggunakan formasi 1-2-1 Diamon dan di butuhkan komposisi satu pemain bertahan, dua pemain tengah, dan satu pemain depan. Sedangkan jumlah pemain yang akan dimasukkan ke dalam perhitungan dapat lebih dari tujuh dan untuk pengambilan contoh dalam makalah ini akan menggunakan tujuh orang.

Setiap anggota tim memiliki beberapa parameter yang dipakai untuk penentuan posisi. Parameter-parameter tersebut adalah *strength*, *stamina*, *passing*, *shoot*, *movement*, *defense*, *speed*, dan *communication skill*. Berdasarkan parameter-parameter tersebut akan dikalkulasi menjadi sebuah nilai yang nantinya akan dipakai dalam matriks perhitungan untuk menentukan posisi setiap pemain. Nilai yang akan dikalkulasi adalah besar resiko ketika pemain ditempatkan pada posisi tersebut.

Secara umum, penentuan nilai resiko berdasarkan parameter-parameter berdasarkan salah satu sumber adalah sebagai berikut :

- Pemain depan : *strength*, *shoot*, dan *movement*
- Pemain tengah kiri : *stamina*, *passing*, *shoot*, *communication skill*, dan diutamakan dominan kaki kiri
- Pemain tengah kanan : *stamina*, *passing*, *shoot*, *communication skill*, dan diutamakan dominan kaki kanan
- Pemain belakang : *defense*, *strength*, *stamina*, *speed*, dan *communication skill*
- Pemain cadangan : *overall* dari seluruh parameter berdasarkan posisi yang lebih dikuasai.

Selain itu, performa pemain selama pertandingan dan sesi latihan terakhir pun ikut dipertimbangkan. Berikut adalah matriks nilai resiko yang akan digunakan dalam makalah ini.

| | Job 1 | Job 2 | Job 3 | Job 4 | Job 5 | Job 6 | Job 7 | |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| Pemain 1 | 1 | 5 | 3 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| Pemain 2 | 4 | 9 | 3 | 9 | 6 | 8 | 9 | |
| Pemain 3 | 9 | 3 | 8 | 1 | 5 | 9 | 2 | |
| Pemain 4 | 4 | 7 | 3 | 5 | 2 | 2 | 2 | |
| Pemain 5 | 2 | 5 | 5 | 7 | 3 | 2 | 4 | |
| Pemain 6 | 7 | 1 | 8 | 3 | 4 | 2 | 5 | |
| Pemain 7 | 5 | 3 | 1 | 6 | 7 | 9 | 5 | |

Gambar 1 - Matriks Awal

Dari gambar 1 dapat kita lihat nilai resiko dari setiap posisi yang akan dipilih oleh para pemain dari skala 0 sampai 10. Semakin kecil resiko yang diambil oleh sebuah tim, maka akan semakin baik juga tim yang terbentuk.

B. Penerapan Algoritma

Langkah pertama kali yang harus dilakukan adalah menentukan c(root). Matriks awal pada gambar 1 akan direduksi seperti dibawah ini :

$$\begin{bmatrix} 1 & 5 & 3 & 6 & 7 & 8 & 9 \\ 4 & 9 & 3 & 9 & 6 & 8 & 9 \\ 9 & 3 & 8 & 1 & 5 & 9 & 2 \\ 4 & 7 & 3 & 5 & 2 & 2 & 2 \\ 2 & 5 & 5 & 7 & 3 & 2 & 4 \\ 7 & 1 & 8 & 3 & 4 & 2 & 5 \\ 5 & 3 & 1 & 6 & 7 & 9 & 5 \end{bmatrix} \begin{matrix} B-1 \\ B-3 \\ B-1 \\ B-2 \\ B-2 \\ B-1 \\ B-1 \end{matrix} = A \begin{bmatrix} 0 & 4 & 2 & 5 & 6 & 7 & 8 \\ 1 & 6 & 0 & 6 & 3 & 5 & 6 \\ 8 & 2 & 7 & 0 & 4 & 8 & 1 \\ 2 & 5 & 1 & 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 3 & 5 & 1 & 0 & 2 \\ 6 & 0 & 7 & 2 & 3 & 1 & 4 \\ 4 & 2 & 0 & 5 & 6 & 8 & 4 \end{bmatrix}$$

Gambar 2 - Matriks Tereduksi 1

Matriks tereduksi yang berasal dari matriks awal kita sebut dengan matriks A. Hasil nilai cost pada c(root) dari matriks awal adalah :

$$c(\text{root}) = 1 + 3 + 1 + 2 + 2 + 1 + 1 = 11$$

Lalu kita melakukan ekspansi untuk mendapatkan simpul anak-anaknya. Selanjutnya dari setiap simpul anak yang dibangkitkan akan dianalisis untuk mendapatkan cost dari simpul tersebut. Berikut adalah hasil dari perhitungannya :

1. Simpul 2, pemain 1 → job 1

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

Gambar 3 - Matriks B

$$\text{Cost} = 11 + 0 + 0 = 11$$

2. Simpul 3, pemain 1 → job 2

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

Gambar 4 - Matriks C

$$\text{Cost} = 11 + 4 + 1 = 16$$

3. Simpul 4, pemain 1 → job 3

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

Gambar 5 - Matriks D

$$\text{Cost} = 11 + 2 + 3 = 16$$

4. Simpul 5, pemain 1 → job 4

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

Gambar 6 - Matriks E

$$\text{Cost} = 11 + 5 + 0 = 16$$

5. Simpul 6, pemain 1 → job 5

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

Gambar 7 - Matriks F

$$\text{Cost} = 11 + 6 + 0 = 17$$

6. Simpul 7, pemain 1 → job 6

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

Gambar 8 – Matriks G

Cost = 11 + 7 + 0 = 18

7. Simpul 8, pemain 1 → job 7

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

Gambar 9 – Matriks H

Cost = 11 + 8 + 0 = 19

Dari analisis cost matriks tereduksi diatas, kita dapat mengetahui simpul 2 memiliki cost terkecil. Lalu kita akan mengekspansi simpul 2 sebagai berikut :

8. Simpul 9, pemain 2 → job 2

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

Gambar 10 – Matriks I

Cost = 11 + 6 + 0 = 17

9. Simpul 10, pemain 2 → job 3

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

Gambar 11 – Matriks J

Cost = 11 + 0 + 0 = 11

10. Simpul 11, pemain 2 → job 4

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

Gambar 12 – Matriks K

Cost = 11 + 6 + 1 = 18

11. Simpul 12, pemain 2 → job 5

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

Gambar 13 – Matriks L

Cost = 11 + 3 + 0 = 14

12. Simpul 13, pemain 2 → job 6

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

Gambar 14 – Matriks M

Cost = 11 + 5 + 1 = 17

13. Simpul 14, pemain 2 → job 7

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

Gambar 15 – Matriks N

Cost = 11 + 6 + 0 = 17

Dari analisis cost matriks tereduksi diatas, kita dapat mengetahui simpul 10 memiliki cost terkecil. Lalu kita akan mengekspansi simpul 10 sebagai berikut :

14. Simpul 15, pemain 3 → job 2

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & 2 & 0 & 0 & 0 \\ \infty & \infty & \infty & 4 & 0 & 0 & 2 \\ \infty & \infty & \infty & 0 & 1 & 0 & 3 \\ \infty & \infty & \infty & 0 & 1 & 4 & 0 \end{bmatrix} = O$$

Gambar 16 – Matriks O

Cost = 11 + 2 + 7 = 20

15. Simpul 16, pemain 3 → job 4

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

Gambar 17 – Matriks P

Cost = 11 + 1 + 2 = 14

16. Simpul 17, pemain 3 → job 5

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

Gambar 18 – Matriks Q

Cost = 11 + 4 + 4 = 19

17. Simpul 18, pemain 3 → job 6

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & 5 & \infty & 1 & 0 & \infty & 0 \\ \infty & 2 & \infty & 2 & 0 & \infty & 1 \\ \infty & 0 & \infty & 0 & 3 & \infty & 4 \\ \infty & 0 & \infty & 1 & 4 & \infty & 2 \end{bmatrix} = R$$

Gambar 19 – Matriks R

Cost = 11 + 8 + 5 = 24

18. Simpul 19, pemain 3 → job 7

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & 5 & \infty & 1 & 0 & 0 & \infty \\ \infty & 3 & \infty & 3 & 0 & 0 & \infty \\ \infty & 0 & \infty & 0 & 2 & 1 & \infty \\ \infty & 0 & \infty & 1 & 3 & 6 & \infty \end{bmatrix} = S$$

Gambar 20 – Matriks S

Cost = 11 + 1 + 5 = 17

Dari analisis cost matriks tereduksi diatas, kita dapat mengetahui simpul 16 memiliki cost terkecil. Lalu kita akan mengekspansi simpul 16 sebagai berikut :

19. Simpul 20, pemain 4 → job 2

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & 0 & 0 & 2 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & 1 & 0 & 3 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & 1 & 4 & 0 \end{bmatrix} = T$$

Gambar 21 – Matriks T

Cost = 14 + 5 + 3 = 22

20. Simpul 21, pemain 4 → job 5

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

Gambar 22 – Matriks U

Cost = 14 + 0 + 2 = 16

21. Simpul 22, pemain 4 → job 6

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & 3 & \infty & \infty & 0 & \infty & 2 \\ \infty & 0 & \infty & \infty & 2 & \infty & 4 \\ \infty & 0 & \infty & \infty & 3 & \infty & 2 \end{bmatrix} = V$$

Gambar 23 – Matriks V

Cost = 14 + 0 + 2 = 16

C. Solusi Menentukan Starting Lineup Futsal Terbaik

Dari pencarian dalam kasus ini dengan menggunakan algoritma Branch and Bound berdasarkan cost, maka dapat disimpulkan starter lineup terbaik untuk tim futsal, yaitu :

- a. Pemain 1 → job 1
- b. Pemain 2 → job 3
- c. Pemain 3 → job 4
- d. Pemain 4 → job 7
- e. Pemain 5 → job 5
- f. Pemain 6 → job 6
- g. Pemain 7 → job 2

IV. ANALISIS

Dari kasus yang diangkat dalam makalah ini, Algoritma Branch and Bound menunjukkan hasil yang lebih efisien dibandingkan dengan algoritma BFS.

Tidak semua simpul pada setiap tahap di ekspansi dan di analisis, tetapi ada fungsi pembatas yang akan menentukan simpul mana yang di ekspansi dan dianalisis. Sehingga algoritma Branch and Bound lebih efektif dan efisien dibandingkan algoritma BFS.

Hasil dari analisis perbandingan kedua algoritma tersebut, BFS lebih banyak simpul yang diekspan untuk mencapai nilai yang optimum karena semua simpul harus dibangkitkan. Berbeda halnya dengan algoritma Branch and Bound yang dapat menentukan hasil optimal tanpa harus membangkitkan semua simpulnya.

Oleh karena itu, dari hasil analisa persoalan tersebut, dapat disimpulkan bahwa algoritma Branch and Bound mampu memberikan solusi yang optimal untuk jenis assignment problem karena tidak perlu menelusuri semua simpul untuk mendapatkan solusi yang optimal.

Akan tetapi penulis tidak dapat menyatakan bahwa algoritma Branch and Bound adalah algoritma yang paling baik pada kasus ini. Karena dibutuhkan studi yang lanjut dan lebih mendalam untuk membuktikannya.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dihasilkan setelah melakukan analisa terhadap persoalan assignment problem pada kasus pemilihan starter lineup tim futsal terbaik dengan menggunakan algoritma Branch and Bound, yaitu :

1. Algoritma Branch and Bound sering dipakai karena diketahui lebih efisien dibandingkan dengan algoritma BFS biasa.
2. Dalam permasalahan Assignment Problem, dapat dengan menggunakan algoritma Branch and Bound.
3. Starting lineup tim futsal dalam kasus ini yang diselesaikan dengan menggunakan algoritma Branch and Bound adalah sebagai berikut :
 - a. Pemain 1 → Pemain bertahan (job 1)
 - b. Pemain 2 → Pemain tengah kanan (job 3)
 - c. Pemain 3 → Pemain depan (job 4)
 - d. Pemain 4 → Pemain depan cadangan (job 7)
 - e. Pemain 5 → Pemain bertahan cadangan (job 5)
 - f. Pemain 6 → Pemain tengah cadangan (job 6)
 - g. Pemain 7 → Pemain tengah kiri (job 2)

REFERENSI

- [1] Munir, Rinaldi. 2009. Diktat Kuliah IF2211 Strategi Algoritma. Program Studi Teknik Informatika STEI ITB.
- [2] Sepry, Rudini. 2013. Studi Analisis Pelatih Persikab Kabupaten Bandung dalam Memanfaatkan Selection Policy untuk Merekrut Pemain Menghadapi Liga Divisi Utama 2013/2014 Indonesian Premier League. Universitas Pendidikan Indonesia.
- [3] <http://www.5-a-side.com/tactics/5-a-side-positions/> diakses pada tanggal 17 Mei 2017, pukul 20.10.
- [4] http://www.kompasiana.com/penuliskreatif/vitalnya-peran-pelatih-dalam-sepakbola-1_552c2d656ea8347d798b45ce diakses pada tanggal 18 Mei 2017, pukul 08.00.

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, 18 Mei 2017



Muhamad Irfan Maulana
13515037