

# Penerapan Algoritma Branch and Bound untuk Meningkatkan Efektivitas Farming DOTA 2

Mohammad Rafi Adyatma / 13518121  
Program Studi Teknik Informatika  
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika  
Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung  
13518121@std.stei.itb.ac.id

**Abstract**—Jarak adalah suatu ukuran yang sebanding dengan harga dan tentunya ditemukan di kehidupan sehari-hari. Jarak berarti menentukan seberapa jauh posisi kita terhadap tujuan, sehingga untuk mencapai suatu tujuan dengan keuntungan terbesar dibutuhkan jarak minimum. Dota2 adalah sebuah permainan daring kompleks yang bersifat strategi, tentunya persoalan minimasi jarak memberikan keuntungan pada pemain.

**Keywords**—Game, Dota2, TSP, Branch and Bound.

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang semakin maju dapat mempengaruhi kehidupan manusia dan ketergantungan manusia terhadap teknologi semakin terlihat. Salah satu contoh perkembangan teknologi adalah perkembangan game. Kemajuan di bidang game ini dapat dilihat dari jumlah pemain atau konsumen game yang berjumlah banyak, semakin bertambahnya pemain game setiap saat, bertambahnya game dan jenis-jenis game, dan juga semakin banyak variasi alat atau gawai untuk memainkan game. Bahkan, beberapa game saat ini dilombakan secara nasional atau internasional dengan sebutan *eSport*. Salah satu game tersebut adalah Dota2. Dota2 pertama kali dilombakan secara resmi pada tahun 2011, yaitu The International dengan total hadiah 1,6 juta US Dollar, hingga sampai saat ini tahun 2019 Dota2 kerap dilombakan. Lomba terbesar pada tahun 2019 adalah The International 9 dengan total hadiah sebesar 34,3 juta US Dollar. The International 9 diikuti oleh 18 tim yang berasal dari berbagai belahan dunia, termasuk *South East Asia*. Sayangnya, pemain atau tim dari Indonesia belum memiliki kesempatan untuk mengadu kemampuan pada tingkat tersebut. Kesuksesan besar acara The International 9 pada tahun 2019 akan dilanjutkan oleh pihak Valve dengan The International 10 pada tahun 2021 mendatang.



Gambar 1.1 Logo Dota2

Sumber :

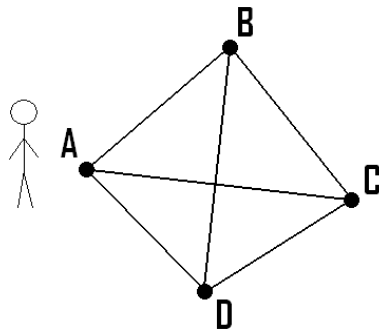
<http://www.userlogos.org/logo/kravlenissen/01302013/blogdot-a2com-dota2com>

## II. LANDASAN TEORI

Dasar teori yang digunakan untuk meningkatkan efektivitas *farming* pada Dota2 yang membentuk persoalan *Traveling Salesman Problem* adalah Algoritma Branch and Bound.

### 2.1 *Traveling Salesman Problem* (TSP)

*Traveling Salesman Problem* (TSP) adalah suatu permasalahan pencarian tur terpendek untuk mengunjungi semua kota / tempat (Node) tepat sekali dari suatu tempat dan kembali ke tempat semula. *Traveling Salesman Problem* merupakan suatu permasalahan minimasi dari persoalan Sirkuit Hamilton. Persoalan *Traveling Salesman Problem* dapat diselesaikan dengan beberapa algoritma seperti Brute Force dan Branch and Bound, namun pada kasus ini akan digunakan algoritma Branch and Bound.



Gambar 2.1.1 *Traveling Salesman Problem*

Sumber :

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/ca/Salesman.PNG>

## 2.2 Algoritma Branch and Bound

Algoritma Branch and Bound adalah algoritma yang digunakan menyelesaikan persoalan optimisasi (maksimum atau minimum) suatu fungsi objektif yang tidak melanggar batasan (constraints) persoalan. Algoritma Branch and Bound menggunakan Breadth First Search (BFS) dan least cost search. Simpul yang diekspansi oleh algoritma Branch and Bound tidak lagi berdasarkan urutan pembangkitannya, tetapi simpul dengan cost minimum. Namun jika terdapat simpul dengan cost yang sama, lakukan seperti algoritma Breadth First Search atau berdasarkan urutan pembangkitan. Nilai cost pada setiap simpul dinotasikan sebagai  $\hat{c}(i)$  yang merupakan nilai taksiran lintasan termurah ke simpul status tujuan yang melalui simpul status  $i$ . Pada algoritma Branch and Bound diterapkan pemangkasan pada jalur yang dianggap tidak lagi mengarah pada solusi. Penyebab suatu jalur dipangkas adalah karena nilai simpul tidak lebih baik dari nilai terbaik yang sudah didapat, simpul tidak merepresentasikan solusi yang “feasible” karena ada constraint yang dilanggar, atau solusi yang “feasible” pada simpul tersebut hanya terdiri atas satu titik atau tidak ada pilihan lain.

Algoritma Branch and Bound secara global :

1. Masukkan simpul akar ke dalam antrian Q. Jika simpul akar adalah simpul solusi (Goal Node), maka solusi telah ditemukan. Stop.
2. Jika Q kosong, tidak ada solusi. Stop.
3. Jika Q tidak kosong, pilih simpul  $i$  dari antrian Q yang mempunyai nilai cost  $\hat{c}(i)$  paling kecil. Jika terdapat beberapa simpul  $i$  yang memenuhi, pilih satu secara sembarang (Pada kasus ini akan diambil berdasarkan urutan jika terdapat lebih dari 1 yang memenuhi).
4. Jika simpul  $i$  adalah simpul solusi, berarti solusi sudah ditemukan, Stop. Jika simpul  $i$  bukan simpul solusi,

maka bangkitkan semua anak-anaknya. Jika  $i$  tidak mempunyai anak, kembali ke Langkah 2.

5. Untuk setiap anak  $j$  dari simpul  $i$ , hitung nilai cost dari simpul anak ( $\hat{c}(j)$ ), dan masukkan semua anak-anak tersebut ke dalam antrian Q.
6. Kembali ke Langkah 2.

## 2.3 Reduced Cost Matrix (Matriks Bobot Tereduksi)

Pada kasus *Traveling Salesman Problem* ini, kita akan menyelesaikan persoalan tersebut dengan metode Reduced Cost Matrix. Setiap dari Reduced Cost Matrix akan menjadi State pada State-Space-Tree atau pohon ruang yang didapat dari hasil mengexpand pohon. Reduced Cost Matrix adalah sebuah Matrix Cost Keterhubungan (representasi graf G) yang tiap baris dan tiap kolomnya memiliki nilai 0 paling sedikit satu. Untuk mendapatkan matriks tereduksi, dapat dilakukan dengan Langkah-langkah berikut :

R : Matriks Cost Keterhubungan awal TSP

A : Matriks tereduksi R; S : anak dari simpul R

Jika S bukan simpul daun, maka matriks bobot tereduksi untuk semua simpul S dapat dihitung sebagai berikut :

1. Ubah semua nilai pada baris  $i$  dan kolom  $j$  menjadi  $\infty$ . Ini untuk mencegah agar tidak ada lintasan yang keluar dari simpul  $i$  atau masuk pada simpul  $j$ .
2. Ubah  $A(j, 1)$  menjadi  $\infty$ . Ini untuk mencegah penggunaan sisi  $(j, 1)$ .
3. Reduksi kembali semua baris dan kolom pada matriks A kecuali untuk elemen dengan nilai  $\infty$ .

Taksiran Cost dengan Reduced Cost Matrix adalah

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

$\hat{c}(S)$  : bobot perjalanan dari akar ke S (jika S daun) / bobot perjalanan minimum yang melalui simpul S (jika S bukan daun)

$\hat{c}(R)$  : bobot perjalanan minimum yang melalui simpul R, yang dalam hal ini R adalah parent dari S.

$A(i, j)$  : bobot sisi  $(i, j)$  pada graf G yang berkoresponden dengan sisi  $(R, S)$  pada pohon ruang status.

$r$  = jumlah semua pengurang pada proses memperoleh matriks tereduksi untuk simpul S.

## 2.4 Dota2

Dota2 adalah permainan daring yang berbasis *Multiplayer Online Battle Arena* (MOBA) yang bersifat strategi. Dota2 pada umumnya dimainkan oleh 10 orang yang dibagi menjadi 2 tim (5v5), yaitu tim *Radiant* dan tim *Dire*. Tim *Radiant* memiliki base yang terletak pada pojok kiri bawah pada permainan, sedangkan tim *Dire* memiliki base yang terletak pada pojok kanan atas pada permainan. Setiap pemain menggunakan karakter atau hero yang berbeda-beda dengan pemain lain. Setiap pemain pada masing-masing tim memiliki role yang berbeda-beda, sehingga terdapat 5 role pada masing-masing tim, yaitu *Carry*, *Midlaner*, *Offlaner*, *Support*, dan *Hard Support*. Role *Carry* pada dasarnya bertugas mendapatkan *item* yang dapat mendominasi secepat mungkin dengan cara *farming* (dan cara lainnya). *Farming* adalah sebuah istilah yang digunakan pemain permainan bertipe RPG untuk mendeskripsikan aksi dari suatu pemain untuk mendapatkan gold sebanyak mungkin. Semakin cepat seorang *Carry* mendapatkan banyak gold, semakin mendominasi tim tersebut. Sehingga, dibutuhkan sebuah teknik bagi seseorang dengan role *Carry* untuk melakukan *Farming* dengan cepat dan efektif.



Gambar 2.4.1 Permainan Dota2



Gambar 3.1.1 Dota2 Map dan Penomoran Camp Neutral Creep

Pada kasus ini, kita menganggap jarak sebanding dengan waktu, sehingga cost jarak digantikan dengan cost waktu.

Berikut waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suatu Camp Neutral Creep dari suatu Camp lainnya :

	1	2	3	4	5	6
1	$\infty$	3	11.1	13.5	14.7	19.5
2	3	$\infty$	7.52	11.52	12.44	16.52
3	11.1	7.52	$\infty$	5.68	8.91	9.3
4	13.5	11.52	5.68	$\infty$	4.5	5.64
5	14.7	12.44	8.91	4.5	$\infty$	8
6	19.5	16.52	9.3	5.64	8	$\infty$

Tabel 3.1.1 Waktu Perjalanan antar Camp Neutral Creep

Data waktu perjalanan antar Camp Neutral Creep dilakukan menggunakan Hero bernama Pangolier dengan menggunakan item Power Treads, sehingga memiliki *Movement Speed* sebesar 350 unit satuan (unit satuan Dota2). Waktu untuk hero dan item yang berbeda memungkinkan hasil yang berbeda namun memiliki perbandingan yang sama.

### III. PENERAPAN BRANCH AND BOUND PADA DOTA2

Pada persoalan ini kita akan menjadi seorang pemain dari tim *Radiant* dengan Role *Carry* yang melakukan *Farming* pada bagian Jungle-Bawah *Radiant* (Safe Lane Jungle). Kita akan mencari rute yang paling efektif untuk melakukan *Farming* dengan Algoritma Branch and Bound.

#### 3.1 Pengumpulan Data

*Farming* dilakukan di Camp Neutral Creep (yang akan menjadi Node pada Graf G) pada bagian Jungle-Bawah *Radiant*, Camp diberikan nomor dari 1 – 6. Dengan penomoran Camp Neutral Creep sebagai berikut :

### 3.2 Penerapan Algoritma Branch and Bound Menggunakan Reduced Cost Matrix

Berdasarkan data yang sudah dimiliki, kita memiliki matriks R sebagai berikut :

$\infty$	3	11.1	13.5	14.7	19.5
3	$\infty$	7.52	11.52	12.44	16.52
11.1	7.52	$\infty$	5.68	8.91	9.3
13.5	14.7	5.68	$\infty$	4.5	5.64
14.7	12.44	8.91	4.5	$\infty$	8
19.5	16.52	9.3	5.64	8	$\infty$

Untuk mendapatkan matriks A (reduced cost dari R), dilakukan:

- $R1 - 3, R2 - 3, R3 - 5.68, R4 - 4.5, R5 - 4.5, R6 - 5.64$
- $C3 - 1.18$
- $Cost\ \hat{c}(1) = 3 + 3 + 5.68 + 4.5 + 4.5 + 5.64 + 1.18 = 27.5$

Dengan  $R2 - 3$  menyatakan Row kedua dikurangi 3.

Matriks A (Root, Simpul 1,  $X_0 = 1$ )

$\infty$	0	6.92	10.5	11.7	16.5
0	$\infty$	3.34	8.52	9.44	13.52
5.42	1.84	$\infty$	0	3.23	3.62
9	10.2	0	$\infty$	0	1.14
10.2	7.94	3.23	0	$\infty$	3.5
13.86	10.88	2.48	0	2.36	$\infty$

Selanjutnya, akan dicari Reduced Cost Matrix B untuk masing-masing arah expand.

Untuk mendapatkan matriks B dari 1 ke 2, dilakukan :

- Ubah semua nilai pada Row 1 dan Column 2 menjadi  $\infty$ . Ubah pula  $A(2, 1)$  menjadi  $\infty$ .
- $R2 - 3.34$
- $C1 - 5.42, C6 - 1.14$
- $r = 3.34 + 5.42 + 1.14 = 9.9$
- $Cost\ \hat{c}(2) = \hat{c}(1) + A(1, 2) + r = 27.5 + 0 + 9.9 = 37.4$

Matriks B (Simpul 2,  $X_1 = 2$ )

$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
$\infty$	$\infty$	0	5.18	6.1	10.18
0	$\infty$	$\infty$	0	3.23	3.62
3.58	$\infty$	0	$\infty$	0	1.14
4.78	$\infty$	3.23	0	$\infty$	3.5
8.44	$\infty$	2.48	0	2.36	$\infty$

Untuk mendapatkan matriks B dari 1 ke 3 dilakukan :

- Ubah semua nilai pada Row 1 dan Column 3 menjadi  $\infty$ . Ubah pula  $A(3, 1)$  menjadi  $\infty$ .
- $C2 - 1.84, C6 - 1.14$
- $r = 1.84 + 1.14 = 2.98$
- $Cost\ \hat{c}(3) = \hat{c}(1) + A(1, 3) + r = 27.5 + 6.92 + 2.98 = 37.4$

Matriks B (Simpul 3,  $X_1 = 3$ )

$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
0	$\infty$	$\infty$	8.52	9.44	12.38
$\infty$	0	$\infty$	0	3.23	2.48
9	8.36	$\infty$	$\infty$	0	0
10.2	6.1	$\infty$	0	$\infty$	2.36
13.86	9.04	$\infty$	0	2.36	$\infty$

Untuk mendapatkan matriks B dari 1 ke 4 dilakukan :

- Ubah semua nilai pada Row 1 dan Column 4 menjadi  $\infty$ . Ubah pula  $A(4, 1)$  menjadi  $\infty$ .
- $R3 - 1.84, R5 - 3.23, R6 - 2.36$
- $C6 - 0.27$
- $r = 1.84 + 3.23 + 2.36 + 0.27 = 7.7$
- $Cost\ \hat{c}(4) = \hat{c}(1) + A(1, 4) + r = 27.5 + 10.5 + 7.7 = 45.7$

Matriks B (Simpul 4,  $X_1 = 4$ )

$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
0	$\infty$	3.34	$\infty$	9.44	13.25
3.58	0	$\infty$	$\infty$	1.39	1.51
$\infty$	10.2	0	$\infty$	0	0.87
6.97	4.71	0	$\infty$	$\infty$	0
11.5	8.52	0.12	$\infty$	0	$\infty$

Untuk mendapatkan matriks B dari 1 ke 5 dilakukan :

- Ubah semua nilai pada Row 1 dan Column 5 menjadi  $\infty$ . Ubah pula  $A(5, 1)$  menjadi  $\infty$ .
- $C2 - 1.84, C6 - 1.14$
- $r = 1.84 + 1.14 = 2.98$
- $Cost\ \hat{c}(5) = \hat{c}(1) + A(1, 5) + r = 27.5 + 11.7 + 2.98 = 42.18$

Matriks B (Simpul 5,  $X_1 = 5$ )

$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
0	$\infty$	3.34	8.52	$\infty$	12.38
5.42	0	$\infty$	0	$\infty$	2.48
9	8.36	0	$\infty$	$\infty$	0
$\infty$	6.1	3.23	0	$\infty$	2.36
13.86	9.04	2.48	0	$\infty$	$\infty$

Untuk mendapatkan matriks B dari 1 ke 6 dilakukan :

- Ubah semua nilai pada Row 1 dan Column 6 menjadi  $\infty$ . Ubah pula  $A(6, 1)$  menjadi  $\infty$ .
- $C2 - 1.84$
- $r = 1.84$
- $Cost \hat{c}(6) = \hat{c}(1) + A(1, 6) + r = 27.5 + 16.5 + 1.84 = 45.84$

Matriks B (Simpul 6,  $X1 = 6$ )

$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
0	$\infty$	3.34	8.52	9.44	$\infty$
5.42	0	$\infty$	0	3.23	$\infty$
9	8.36	0	$\infty$	0	$\infty$
10.2	6.1	3.23	0	$\infty$	$\infty$
$\infty$	9.04	2.48	0	2.36	$\infty$

Expand untuk Simpul 1 selesai, terdapat anak dari simpul 1 yang memiliki cost minimum yaitu simpul 2 dan simpul 3, pada kasus ini kita akan mengexpand simpul 2 terlebih dahulu. Pada ekspansi selanjutnya akan dicari matriks reduced cost untuk matriks C (anak dari simpul B).

Untuk mendapatkan matriks C dari 2 ke 3 dilakukan :

- Ubah semua nilai pada Row 2 dan Column 3 menjadi  $\infty$ . Ubah pula  $B(3, 1)$  menjadi  $\infty$ .
- $C1 - 3.58, C6 - 1.14$
- $r = 3.58 + 1.14 = 4.72$
- $Cost \hat{c}(7) = \hat{c}(2) + B(2, 3) + r = 37.4 + 0 + 4.72 = 42.12$

Matriks C (Simpul 7,  $X1 = 2, X2 = 3$ )

$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
$\infty$	$\infty$	$\infty$	0	3.23	2.48
0	$\infty$	$\infty$	$\infty$	0	0
1.2	$\infty$	$\infty$	0	$\infty$	2.36
4.86	$\infty$	$\infty$	0	2.36	$\infty$

Untuk mendapatkan matriks C dari 2 ke 4 dilakukan :

- Ubah semua nilai pada Row 2 dan Column 4 menjadi  $\infty$ . Ubah pula  $B(4, 1)$  menjadi  $\infty$ .
- $R5 - 3.23, R6 - 2.36$
- $C6 - 0.27$
- $r = 0.27 + 3.23 + 2.36 = 5.86$
- $Cost \hat{c}(8) = \hat{c}(2) + B(2, 4) + r = 37.4 + 5.18 + 5.86 = 48.44$

Matriks C (Simpul 8,  $X1 = 2, X2 = 4$ )

$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
0	$\infty$	$\infty$	$\infty$	3.23	3.35
$\infty$	$\infty$	0	$\infty$	0	0.87
1.55	$\infty$	0	$\infty$	$\infty$	0
6.08	$\infty$	0.12	$\infty$	0	$\infty$

Untuk mendapatkan matriks C dari 2 ke 5 dilakukan :

- Ubah semua nilai pada Row 2 dan Column 5 menjadi  $\infty$ . Ubah pula  $B(5, 1)$  menjadi  $\infty$ .
- $C6 - 1.14$
- $r = 1.14$
- $Cost \hat{c}(9) = \hat{c}(2) + B(2, 5) + r = 37.4 + 6.1 + 1.14 = 44.64$

Matriks C (Simpul 9,  $X1 = 2, X2 = 5$ )

$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
0	$\infty$	$\infty$	0	$\infty$	2.48
3.58	$\infty$	0	$\infty$	$\infty$	0
$\infty$	$\infty$	3.23	0	$\infty$	2.36
8.44	$\infty$	2.48	0	$\infty$	$\infty$

Untuk mendapatkan matriks C dari 2 ke 6 dilakukan :

- Ubah semua nilai pada Row 2 dan Column 6 menjadi  $\infty$ . Ubah pula  $B(5, 1)$  menjadi  $\infty$ .
- $r = 0$
- $Cost \hat{c}(10) = \hat{c}(2) + B(2, 6) + r = 37.4 + 10.18 + 0 = 47.58$

Matriks C (Simpul 10,  $X1 = 2, X2 = 6$ )

$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
0	$\infty$	$\infty$	0	3.23	$\infty$
3.58	$\infty$	0	$\infty$	0	$\infty$
4.78	$\infty$	3.23	0	$\infty$	$\infty$
$\infty$	$\infty$	2.48	0	2.36	$\infty$

Setelah ekspansi simpul 2 selesai, akan kita lihat lagi simpul mana yang memiliki cost paling rendah. Simpul dengan cost terendah saat ini adalah Simpul 3 dengan cost 37.4. Kita akan mencari matriks reduced cost untuk matriks C (anak dari simpul B).

Untuk mendapatkan matriks C dari 3 ke 2 dilakukan :

- Ubah semua nilai pada Row 3 dan Column 2 menjadi  $\infty$ . Ubah pula  $B(2, 1)$  menjadi  $\infty$ .

- $R2 - 8.52$
- $C1 - 9$
- $r = 8.52 + 9 = 17.52$
- $\text{Cost } \hat{c}(11) = \hat{c}(3) + B(3, 2) + r = 37.4 + 0 + 17.52 = 54.92$

Matriks C (Simpul 11,  $X1 = 3, X2 = 2$ )

$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
$\infty$	$\infty$	$\infty$	0	0.92	3.86
$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
0	$\infty$	$\infty$	$\infty$	0	0
1.2	$\infty$	$\infty$	0	$\infty$	2.36
4.86	$\infty$	$\infty$	0	2.36	$\infty$

Untuk mendapatkan matriks C dari 3 ke 4 dilakukan :

- Ubah semua nilai pada Row 3 dan Column 4 menjadi  $\infty$ . Ubah pula  $B(4, 1)$  menjadi  $\infty$ .
- $R5 - 2.36, R6 - 2.$
- $C2 - 3.74$
- $r = 2.36 + 2.36 + 3.74 = 8.46$
- $\text{Cost } \hat{c}(12) = \hat{c}(3) + B(3, 4) + r = 37.4 + 0 + 8.46 = 45.86$

Matriks C (Simpul 12,  $X1 = 3, X2 = 4$ )

$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
0	$\infty$	$\infty$	8.52	9.44	12.38
$\infty$	0	$\infty$	0	3.23	2.48
9	8.36	$\infty$	$\infty$	0	0
10.2	6.1	$\infty$	0	$\infty$	2.36
13.86	9.04	$\infty$	0	2.36	$\infty$

Untuk mendapatkan matriks C dari 3 ke 5 dilakukan :

- Ubah semua nilai pada Row 3 dan Column 5 menjadi  $\infty$ . Ubah pula  $B(5, 1)$  menjadi  $\infty$ .
- $C2 - 6.1$
- $r = 6.1$
- $\text{Cost } \hat{c}(13) = \hat{c}(3) + B(3, 5) + r = 37.4 + 3.23 + 6.1 = 46.73$

Matriks C (Simpul 13,  $X1 = 3, X2 = 5$ )

$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
0	$\infty$	$\infty$	8.52	$\infty$	12.38
$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
9	2.26	$\infty$	$\infty$	$\infty$	0
10.2	0	$\infty$	0	$\infty$	2.36
13.86	2.94	$\infty$	0	$\infty$	$\infty$

Untuk mendapatkan matriks C dari 3 ke 6 dilakukan :

- Ubah semua nilai pada Row 3 dan Column 6 menjadi  $\infty$ . Ubah pula  $B(6, 1)$  menjadi  $\infty$ .
- $C2 - 6.1$
- $r = 6.1$
- $\text{Cost } \hat{c}(14) = \hat{c}(3) + B(3, 6) + r = 37.4 + 2.48 + 6.1 = 45.98$

Matriks C (Simpul 14,  $X1 = 2, X2 = 3$ )

$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
0	$\infty$	$\infty$	8.52	9.44	$\infty$
$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
9	2.26	$\infty$	$\infty$	0	$\infty$
10.2	0	$\infty$	0	$\infty$	$\infty$
$\infty$	2.94	$\infty$	0	2.36	$\infty$

Setelah ekspansi simpul 3 selesai, akan kita lihat lagi simpul mana yang memiliki cost paling rendah. Simpul dengan cost terendah saat ini adalah Simpul 7 dengan cost 42.12. Kita akan mencari matriks reduced cost untuk matriks D (anak dari simpul C).

Untuk mendapatkan matriks D dari 3 ke 4 dilakukan :

- Ubah semua nilai pada Row 3 dan Column 4 menjadi  $\infty$ . Ubah pula  $C(4, 1)$  menjadi  $\infty$ .
- $R5 - 1.2, R6 - 2.36$
- $r = 3.56$
- $\text{Cost } \hat{c}(27) = \hat{c}(7) + C(3, 4) + r = 42.12 + 0 + 3.56 = 45.68$

Matriks D (Simpul 27,  $X1 = 2, X2 = 3, X3 = 4$ )

$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	0	0
0	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	1.16
2.5	$\infty$	$\infty$	$\infty$	0	$\infty$

Untuk mendapatkan matriks D dari 3 ke 5 dilakukan :

- Ubah semua nilai pada Row 3 dan Column 5 menjadi  $\infty$ . Ubah pula  $C(5, 1)$  menjadi  $\infty$ .
- $r = 0$
- $\text{Cost } \hat{c}(28) = \hat{c}(7) + C(3, 5) + r = 42.12 + 3.23 + 0 = 45.35$

Matriks D (Simpul 28,  $X1 = 2, X2 = 3, X3 = 5$ )

$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
0	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	0
$\infty$	$\infty$	$\infty$	0	$\infty$	2.36
4.86	$\infty$	$\infty$	0	$\infty$	$\infty$

Untuk mendapatkan matriks D dari 3 ke 6 dilakukan :

- Ubah semua nilai pada Row 3 dan Column 6 menjadi  $\infty$ . Ubah pula  $C(6, 1)$  menjadi  $\infty$ .
- $r = 0$
- $\text{Cost } \hat{c}(29) = \hat{c}(7) + C(6,1) + r = 42.12 + 2.48 + 0 = 44.55$

Matriks D (Simpul 29,  $X_1 = 2, X_2 = 3, X_3 = 6$ )

$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
0	$\infty$	$\infty$	$\infty$	0	$\infty$
1.2	$\infty$	$\infty$	0	$\infty$	$\infty$
$\infty$	$\infty$	$\infty$	0	2.36	$\infty$

Ekspansi simpul 7 selesai. Ekspansi seharusnya dilanjutkan pada simpul 5, namun karena ada keterbatasan pada penulisan ini, kita tidak akan membahas simpul 5, secara perhitungan anak dari simpul 5 tidak ada yang memiliki cost lebih kecil dari simpul 29, sehingga kita akan membahas ekspansi dari simpul 29. Akan dicari matriks E (anak dari matriks D).

Untuk mendapatkan matriks E dari 6 ke 4

- Ubah semua nilai pada Row 6 dan Column 4 menjadi  $\infty$ . Ubah pula  $D(6, 1)$  menjadi  $\infty$ .
- $R_5 - 1.2$
- $\text{Cost } \hat{c}(91) = \hat{c}(29) + D(6, 4) + r = 44.55 + 0 + 1.2 = 45.75$

Matriks E (Simpul 91,  $X_1 = 2, X_2 = 3, X_3 = 6, X_4 = 4$ )

$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	0	$\infty$
0	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$

Untuk mendapatkan matriks E dari 6 ke 5

- Ubah semua nilai pada Row 6 dan Column 5 menjadi  $\infty$ . Ubah pula  $D(6, 1)$  menjadi  $\infty$ .
- $r = 0$

$$\text{Cost } \hat{c}(92) = \hat{c}(29) + D(6, 5) + r = 44.55 + 2.36 + 0 = 46.91$$

Matriks E (Simpul 92,  $X_1 = 2, X_2 = 3, X_3 = 6, X_4 = 5$ )

$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
0	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
$\infty$	$\infty$	$\infty$	0	$\infty$	$\infty$
$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$

Ekspansi simpul 29 selesai. Ekspansi seharusnya dilanjutkan pada simpul 9, namun karena ada keterbatasan pada penulisan ini, kita tidak akan membahas simpul 9, secara perhitungan anak dari simpul 9 tidak ada yang memiliki cost lebih kecil dari simpul 91, sehingga kita akan membahas ekspansi dari simpul 91. Akan dicari matriks F (anak dari matriks E).

Untuk mendapatkan matriks F dari 4 ke 5 dilakukan :

- Ubah semua nilai pada Row 4 dan Column 5 menjadi  $\infty$ .
- $r = 0$
- $\text{Cost } \hat{c}(211) = \hat{c}(91) + E(4, 5) + r = 45.75 + 0 + 0 = 45.75$

Matriks F (Simpul 211,  $X_1 = 2, X_2 = 3, X_3 = 6, X_4 = 4, X_5 = 5$ )

$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$

Sehingga, ditemukan solusi tur terpendek yaitu  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 6 \rightarrow 4 \rightarrow 5$ .

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan algoritma Branch and Bound dan Reduced Cost Matrix, *farming* pada Dota2 akan efektif jika urutan camp yang dikunjungi oleh pemain dengan role *Carry* adalah  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 6 \rightarrow 4 \rightarrow 5$ .

## V. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan syukur kepada Allah yang Maha Esa karena berkat RahmatNya-lah penulis dapat menyelesaikan makalah ini dengan baik. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam membuat makalah berjudul “Penerapan Algoritma Branch and Bound untuk Meningkatkan Efektivitas Farming Dota2”. Penulis juga berterimakasih kepada Ibu Dr. Masayu Leylia Khodra, ST., MT. selaku pembimbing dan dosen mata kuliah IF2211 / Strategi Algoritma.

## VI. LINK YOUTUBE

<https://youtu.be/05eF2dAoGPQ>

## VII. REFERENSI

- [1] [http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2017-2018/Algoritma-Branch-&-Bound-\(2018\).pdf](http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2017-2018/Algoritma-Branch-&-Bound-(2018).pdf)
- [2] [http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2015-2016/Graf%20\(2015\).pdf](http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2015-2016/Graf%20(2015).pdf)
- [3] <https://dota2.gamepedia.com/Farming>

## 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, 3 Mei 2020



Mohammad Rafi Adyatma  
13518121