

# Aplikasi Algoritma Branch and Bound dalam Peningkatan Efisiensi Farming Pattern Jungler pada Permainan Mobile Legends: Bang-Bang

Mhd. Hiro Agayeff Muslion / 13519070

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung

13519070@std.stei.itb.ac.id

**Abstract**—Mobile Legends: Bang-Bang merupakan sebuah permainan MOBA (*Multiplayer Online Battle Arena*) yang saat ini sedang ramai dimainkan oleh seluruh kalangan. Tujuan utama dari permainan ini adalah menghancurkan turret utama (*base turret*) milik lawan. Salah satu aktivitas penting dari permainan Mobile Legends: Bang-Bang adalah *farming* yang dilakukan oleh masing-masing *jungler* kedua tim. Peranan *jungler* pada permainan Mobile Legends: Bang-Bang merupakan kunci dalam kemenangan sebuah tim, maka dari itu efisiensi dari *farming pattern* (pola *farming*) dari seorang *jungler* sangat penting. Efisiensi dari *farming pattern* tersebut dapat ditentukan dengan mengaplikasikan algoritma *branch and bound*.

**Keywords**—Mobile Legends, Branch and Bound, TSP, Permainan.

## I. PENDAHULUAN

Pada era saat ini, tidak dapat dipungkiri bahwa akselerasi reformasi pada sektor digital sedang terjadi di seluruh dunia. Dengan adanya perubahan tersebut, banyak industri baru yang hadir ditengah-tengah masyarakat, salah satunya adalah industri permainan *online*. Kehadiran permainan *online* sangat diminati oleh seluruh kalangan masyarakat. Salah satu permainan yang sedang digandrungi di masyarakat adalah Mobile Legends: Bang-Bang. Permainan ini adalah suatu permainan MOBA (*Multiplayer Online Battle Arena*) yang mengadu strategi dan keterampilan dari kedua tim yang bertanding.

Perkembangan Mobile Legends: Bang-Bang di Indonesia ditandai dengan diadakannya *franchise league* pada tahun 2019 untuk kasta liga tertinggi yang bernama MPL-ID (Mobile Legends Professional League Indonesia) dengan biaya 1 slot timnya sebesar USD \$1,000,000. Selain itu, terdapat liga kedua yang bernama MDL-ID (Mobile Legends Development League) yang diperuntukkan bagi tim *e-sports* yang ingin berkembang. Perkembangan Mobile Legends: Bang-Bang juga terjadi di level global, ditandai dengan adanya cabang baru pada perhelatan SEA Games 2019 di Filipina, yaitu *e-sports* yang melombakan permainan *online* yang salah satunya adalah Mobile Legends: Bang-Bang.

Selain itu, pihak pengembang Mobile Legends: Bang-Bang juga menyelenggarakan turnamen tahunan yang bernama Mobile Legends World Championship yang diikuti oleh beberapa negara yang diundang dari berbagai kontingen.

Dengan perkembangan tersebut, banyak pemain Mobile Legends: Bang-Bang baru setiap harinya, oleh karena itu dibutuhkan pengetahuan terhadap permainan Mobile Legends: Bang-Bang. Salah satu dari pengetahuan tersebut adalah *farming pattern* bagi pemain dengan posisi *jungler* pada sebuah tim. Dengan kompleksitas serta banyaknya kemungkinan yang dapat terjadi dalam permainan ini, diperlukan *farming pattern* yang efisien untuk dapat meningkatkan kemungkinan memenangkan sebuah pertandingan yang dapat diaplikasikan dengan aplikasi algoritma *branch and bound*.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Mobile Legends: Bang-Bang

Mobile Legends: Bang-Bang merupakan suatu permainan MOBA (*Multiplayer Online Battle Arena*) yang dikembangkan oleh Shanghai Moonton Technology Co. Ltd dan mulai dipasarkan secara global terkhusus ke Asia Tenggara pada tahun 2016. Mobile Legends: Bang-Bang dapat dimainkan secara gratis melalui platform mobile Android dan iOS.



Gambar 2.1 Logo permainan Mobile Legends: Bang-Bang  
(Sumber: <https://www.pngegg.com/en/png-ckytd>)

Permainan Mobile Legends: Bang-Bang dimainkan oleh 10 pemain yang terbagi menjadi 2 tim. Setiap pemain hanya dapat memainkan 1 hero, dimana objektif dari tiap *hero* adalah untuk mengumpulkan EXP (*experience*), mengumpulkan gold dan berperang dengan *hero* tim lawan. Setiap tim memiliki satu *base turret* di pojok bawah peta permainan. Objektif utama dari permainan ini adalah untuk menghancurkan *base turret* lawan.

Peta permainan Mobile Legends: Bang-Bang terbagi menjadi 3 *lane* (jalur), yaitu *gold lane*, *exp lane* dan *mid lane*. Setiap *lane* akan membangkitkan *minion* (monster yang dibangkitkan untuk menjadi penekan *turret* milik lawan dan memberikan bonus *gold* dan EXP kepada *hero* yang mengalahkannya) yang akan bergerak menuju ke *turret* lawan untuk menyerang *minion* dari lawan. Masing-masing dari *lane* tersebut memberikan bonus atribut yang berbeda kepada *hero* yang berhasil mengalahkan *minion* pada *lane* tersebut.

### 1. Gold lane

*Gold lane* atau jalur *gold* (emas) adalah jalur yang pada 5 menit awal permainan akan memberikan tambahan berupa *gold* kepada *hero* yang berhasil mengalahkan *minion*-nya. Pada strategi saat ini, jalur ini biasanya diisi oleh *hero* yang relatif lemah pada *early game* (fase awal permainan) dan sangat membutuhkan *item* agar dapat mencapai potensi dari *hero* tersebut. Biasanya *lane* ini diisi oleh *hero* bertipe *Marksman*.

### 2. Exp lane

*Exp lane* atau jalur *experience* (pengalaman) adalah jalur yang pada 5 menit awal permainan akan memberikan tambahan berupa EXP kepada *hero* yang berhasil mengalahkan *minion*-nya. Pada strategi saat ini, jalur ini biasanya diisi oleh *hero* yang relatif *balance* (stabil) dalam segi kemampuan menyerang dan bertahan dari *early game* (fase awal permainan) hingga *late game* (fase akhir permainan). Biasanya *lane* ini diisi oleh *hero* bertipe *Fighter*.

### 3. Mid lane

*Mid lane* atau jalur tengah adalah jalur yang berbeda dari dua jalur diatas, karena *minion* pada *lane* ini tidak memberikan tambahan apapun. Namun, jalur ini adalah jalur paling penting dalam permainan ini, karena jalur ini adalah jalur tercepat menuju *base turret* lawan, serta menjadi pusat *vision* (penglihatan) terhadap peta permainan dikarenakan jalurnya yang sangat strategis. Pada strategi saat ini, jalur ini biasanya diisi oleh 3 *hero*, yaitu *hero* bertipe *Tank*, *Support* dan *Core*.

Setiap *lane* masing-masing terdiri atas 3 *turret*, yakni outer *turret*, inner *turret* dan inhibitor *turret*. Setiap *turret* memiliki *turret protection* (pertahanan *turret*) yang bertahan selama 5 menit awal permainan, pertahanan *turret* ini dapat dihancurkan apabila diserang oleh *hero* atau *minion* hingga mencapai batasan *health point* (poin nyawa) proteksi *turret* tersebut. Apabila proteksi *turret* diserang oleh *hero*, maka *hero* tersebut akan mendapatkan tambahan *gold* secara konstan hingga proteksi *turret* habis.

Pada peta Mobile Legends: Bang-Bang juga terdapat monster-monster selain *minion* yang tersebar di kawasan yang dinamakan *jungle*. Monster-monster tersebut memiliki bonus atribut yang berbeda apabila berhasil dikalahkan oleh *hero*. Monster-monster tersebut adalah *Serpent*, *Scaled Lizard*, *Fiend*, *Crammer*, *Rockursa*, *Lithowanderer* dan *Crab*. Biasanya monster-monster tersebut dipanggil dengan nama *jungle monster*.



Gambar 2.2 Peta Mobile Legends: Bang-Bang beserta ilustrasi posisi *lane*

(Sumber: Aplikasi Mobile Legends: Bang-Bang)



Gambar 2.3 Peta Mobile Legends: Bang-Bang beserta ilustrasi posisi *monster jungle*

(Sumber: Aplikasi Mobile Legends: Bang-Bang)

Terdapat 100 *hero* yang dikelompokkan menjadi 6 kategori berdasarkan kemampuan dan *skill* yang dimiliki oleh *hero* tersebut.

### 1. Tank

Pada *hero* dengan kategori ini merupakan *hero* yang memiliki *health point* cenderung lebih tinggi dibandingkan *hero* dengan tipe lainnya dan juga memiliki kemampuan *crowd control* (kontrol keramaian; sebuah kemampuan untuk mengontrol keramaian).

Tigreal	Akai	Franco	Minotaur
Johnson	Hilda	Gatotkaca	Grock
Uranus	Belerick	Khufra	Baxia
Lolita	Hylos	Atlas	

Gambar 2.4 Hero tipe Tank

(Sumber: Aplikasi Mobile Legends: Bang-Bang)

## 2. Fighter

Pada *hero* dengan kategori ini merupakan *hero* yang memiliki status menyerang dan bertahan yang *balance*. *Hero* dengan tipe ini merupakan *hero* yang fleksibel, bisa untuk *push turret* ataupun ikut perang dengan *hero* lain.

Balmond	Zilong	Freya	Barats
Dyrroth	Yu Zhong	Alucard	Bane
Chou	Sun	Alpha	Ruby
Lapu-Lapu	Argus	Jawhead	Martis
Kaja	Aldous	Leomord	Thamuz
Minsithar	Badang	Guinevere	Terizla
X-Borg	Masha	Silvanna	Khaleed

Gambar 2.5 Hero tipe Fighter

(Sumber: Aplikasi Mobile Legends: Bang-Bang)

## 3. Assasin

Pada *hero* dengan kategori ini merupakan *hero* yang memiliki status menyerang yang tinggi, memiliki *escape ability* (kemampuan untuk meninggalkan pertempuran) dan tingkat mobilitas yang tinggi.

Saber	Hanzo	Karina	Fanny
Hayabusa	Natalia	Lancelot	Helcurt
Gusion	Ling	Benedetta	

Gambar 2.6 Hero tipe Assasin

(Sumber: Aplikasi Mobile Legends: Bang-Bang)

## 4. Mage

Pada *hero* dengan kategori ini merupakan *hero* yang mengandalkan *skill* dan memberikan damage *magical*. *Hero* dengan tipe ini merupakan *hero* yang mampu memberikan kemampuan *crowd control*.

Alice	Nana	Eudora	Harley
Esmeralda	Lylia	Gord	Kagura
Cyclops	Aurora	Vexana	Odette
Zhask	Pharsa	Valir	Change
Selena	Vale	Lunox	Harith
Kadita	Cecilion	Luo Yi	

Gambar 2.7 Hero tipe Mage

(Sumber: Aplikasi Mobile Legends: Bang-Bang)

## 5. Marksman

Pada *hero* dengan kategori ini merupakan *hero* yang mengandalkan *basic attack* (serangan dasar) kepada lawan. *Hero* dengan tipe ini biasanya akan menjadi penentu jalannya peperangan antar 2 tim pada fase *late game* dikarenakan kerusakan yang dapat dibuatnya.

Miya	Clint	Layla	Brody
Karrie	Hanabi	Popol Kupa	Bruno
Yi Sun Shin	Moskov	Roger	Irithel
Lesley	Claude	Kimmy	Granger
Wanwan			

Gambar 2.8 Hero tipe Marksman

(Sumber: Aplikasi Mobile Legends: Bang-Bang)

## 6. Support

Pada *hero* dengan kategori ini merupakan *hero* yang memiliki kemampuan untuk *buff* (meningkatkan) *hero-hero* lainnya dalam 1 timnya.

Rafaela	Estes	Diggie	Angela
Faramis	Carmilla		

Gambar 2.9 Hero tipe Support

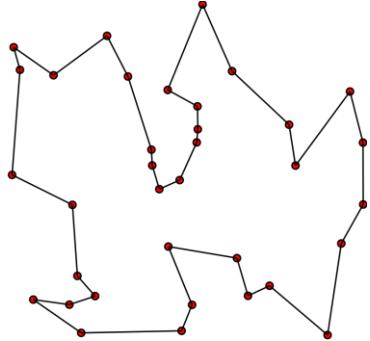
(Sumber: Aplikasi Mobile Legends: Bang-Bang)

Saat ini, permainan Mobile Legends: Bang-Bang memiliki taktik permainan paling efektif atau *Most Effective Tactic Available (Meta)*. Meta pada permainan saat ini adalah *meta Hypercarry* atau sebutan lainnya *meta 131*. Meta ini sangat umum dipakai dikarenakan strategi ini adalah strategi terbaik dan paling cocok dengan *battlefield overview* saat ini. *Meta hypercarry* sendiri terdiri atas 1 *hero tank*, 1 *hero mage*, 1 *hero marksman*, 1 *hero fighter* dan 1 *hero jungler*. Posisi *jungler* biasanya diisi oleh *hero damage dealer* (pemberi kerusakan) yang pada umumnya dapat diisi oleh *hero* dengan kategori assassin atau marksman.

Untuk memenangkan sebuah pertandingan, efisiensi dari pola *farming* seorang *jungler* sangat penting, maka dari itu, pada makalah ini akan dianalisis pola *farming* dengan efisiensi terbaik pada *meta* saat ini.

## B. Traveling Salesman Problem

Traveling Salesman Problem (TSP) merupakan suatu permasalahan minimasi dari persoalan sirkuit Hamilton dalam pencarian rute terpendek dari sebuah tur perjalanan dalam mengunjungi tiap kota (node) tepat satu kali dan kembali ke tempat semula. Beberapa pendekatan dalam pemecahan masalah TSP sudah dikembangkan seperti menggunakan algoritma *Brute Force*, *Cheapest Insertion Heuristics (CIH)* dan *Branch and Bound*.



Gambar 2.10 Contoh Traveling Salesman Problem (TSP)

(Sumber:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Travelling\\_salesman\\_problem](https://en.wikipedia.org/wiki/Travelling_salesman_problem))

## C. Algoritma Branch and Bound

Algoritma *Branch and Bound* merupakan sebuah algoritma yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan optimisasi, yaitu meminimalkan atau memaksimalkan suatu fungsi objektif, yang tidak melanggar batasan (*constraints*) persoalan. Algoritma *Branch and Bound* menggunakan algoritma *Breadth First Search (BFS)* dan *least cost search*.

Pada algoritma *Branch and Bound*, setiap simpul diberi sebuah nilai *cost*:

$\hat{c}(i)$  = nilai taksiran lintasan termurah ke simpul status tujuan yang melalui simpul status i.

Simpul berikutnya yang akan di-expand tidak lagi berdasarkan urutan pembangkitannya, tetapi simpul yang memiliki *cost* yang paling kecil (*least cost search*) – pada kasus minimasi.

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 dari antrian Q simpul i yang mempunyai nilai ‘cost’  $\hat{c}(i)$  paling kecil. Jika terdapat beberapa simpul i yang memenuhi, pilih satu secara sembarang.
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  $\hat{c}(j)$ , dan masukkan semua anak-anak tersebut ke dalam Q.

6. Kembali ke langkah 2.

## D. Reduced Cost Matrix

Sebuah matriks dikatakan tereduksi jika setiap kolom dan setiap barisnya mengandung paling sedikit satu buah nol dan semua elemen lainnya non-negatif.

Gambar 2.11 Contoh Reduced Cost Matrix

(Sumber:

<https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2020-2021/Algoritma-Branchand-Bound-2021-Bagian2.pdf>)

Pada permasalahan mencari *farming pattern* dengan efisiensi terbaik, hal tersebut dapat diselesaikan dengan menggunakan algoritma *Branch and Bound* dalam menyelesaikan permasalahan *Traveling Salesman Problem (TSP)* dengan memanfaatkan *reduced cost matrix*. Untuk mendapatkan *reduced cost matrix* tersebut, dilakukan hal sebagai berikut.

Misalkan:

- Tur (perjalanan) dimulai dari simpul 1
- A: matriks tereduksi untuk simpul R.
- S: anak dari simpul R sehingga sisi (R, S) pada pohon ruang status berkoresponden dengan sisi (i, j) pada perjalanan.

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  $\infty$ .

Secara umum, persamaan fungsi pembatas (*bounding function*) adalah:

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

yang dalam hal ini,

$\hat{c}(S)$  = bobot perjalanan minimum yang melalui simpul S (simpul di pohon ruang status)

$\hat{c}(R)$  = bobot perjalanan minimum yang melalui simpul R, yang dalam hal ini R adalah orang tua 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.

### III. APLIKASI ALGORITMA BRANCH AND BOUND DALAM PENINGKATAN EFISIENSI FARMING PATTERN JUNGLER PADA PERMAINAN MOBILE LEGENDS: BANG-BANG

#### A. Kondisi awal

Lokasi tiap *jungle monster* pada peta permainan dapat diidentifikasi melalui gambar dibawah ini.



Gambar 3.1 Peta lokasi *jungle monster*

(Sumber: Aplikasi Mobile Legends: Bang-Bang)

Penulis menggunakan salah satu *hero* dengan role *jungler*, yaitu Granger. Data awal yang dimiliki adalah:

- Movement speed = 259 satuan Mobile Legends
- Bonus movement speed = 8%
- Farming dimulai pada *jungle monster* dengan nomor 1

Untuk menguji tingkat efisiensi dari *farming pattern*, dibutuhkan data cost jarak. Dengan asumsi jarak sebanding dengan waktu, maka cost jarak diganti dengan cost waktu. Cost waktu dapat diperoleh dengan melakukan pendekatan dengan menguji durasi dari *farming pattern*. Maka dari itu, dibutuhkan data waktu perpindahan tempat dari lokasi salah satu *jungle monster* ke *jungle monster* lainnya dengan dilakukan tes durasi perpindahan antar lokasi *jungle monster*, dan didapatkan data sebagai berikut.

	1	2	3	4	5
1	$\infty$	6.11	8.42	8.76	14.11
2	6.11	$\infty$	12.37	13.80	19.56
3	8.42	12.37	$\infty$	3.62	7.24
4	8.76	13.80	3.62	$\infty$	5.56
5	14.11	19.56	7.24	5.56	$\infty$

Tabel 3.1 Durasi perpindahan antar lokasi *jungle monster*

Data yang diperoleh di atas ketika diimplementasikan menggunakan *hero* dengan posisi lain serta pembelian *item* yang memengaruhi *movement speed* memungkinkan hasil yang berbeda dengan data di atas, namun memiliki perbandingan yang sama, sehingga data di atas dapat menjadi acuan.

#### B. Analisis *farming pattern* menggunakan algoritma *branch and bound*

Dengan menggunakan data yang sudah didapatkan sebelumnya, data tersebut dijadikan sebagai matriks awal yang dapat disebut sebagai matriks M sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} \infty & 6.11 & 8.42 & 8.76 & 14.11 \\ 6.11 & \infty & 12.37 & 13.80 & 19.56 \\ 8.42 & 12.37 & \infty & 3.62 & 7.24 \\ 8.76 & 13.80 & 3.62 & \infty & 5.56 \\ 14.11 & 19.56 & 7.24 & 5.56 & \infty \end{bmatrix}$$

Matriks 3.1 Matriks M

Setelah mendapatkan matriks M, maka akan dicari matriks A, yaitu *reduced cost matrix* dari matriks M dengan dilakukannya langkah-langkah dibawah ini:

- $R_1 - 6.11, R_2 - 6.11, R_3 - 3.62, R_4 - 3.62, R_5 - 5.56$
- $C_5 - 1.94$
- $\text{Cost } \hat{c}(\text{root}) = (6.11 + 6.11 + 3.62 + 3.62 + 5.56) + (1.94) = 21.4$

yang dalam hal ini,

$R_n - X$  = Baris (*row*) ke-n dikurangi dengan X

$C_n - X$  = Kolom (*column*) ke-n dikurangi dengan X

Sehingga didapatkan matriks A dan pohon ruang status sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} \infty & 0 & 2.31 & 2.65 & 6.06 \\ 0 & \infty & 6.26 & 7.69 & 11.51 \\ 4.80 & 8.75 & \infty & 0 & 1.68 \\ 5.14 & 10.18 & 0 & \infty & 0 \\ 8.55 & 14 & 1.68 & 0 & \infty \end{bmatrix}$$

Matriks 3.2 Matriks A

1

21.4

Gambar 3.1 Pohon ruang status sampai saat ini

Selanjutnya akan dibangkitkan semua anak simpul 1 (*root*) dan dihitung masing-masing *cost*, *bound* dan *reduced cost matrix* B dari anak simpul 1 (*root*).

Untuk mencari matriks B dari simpul 2 (lintasan di graf 1-2) dengan  $x_1 = 2$ , dilakukan langkah-langkah dibawah ini:

- Ubah semua nilai pada baris 1 dan kolom 2 menjadi  $\infty$
- Ubah A(2, 1) menjadi  $\infty$
- $R_2 - 6.26$
- $C_1 - 4.80$
- $r = (6.26) + (4.80) = 11.06$
- $\text{Cost } \hat{c}(2) = \hat{c}(1) + A(1, 2) + r = 21.4 + 0 + 11.06 = 32.46$

Sehingga didapatkan matriks B dengan simpul 2 sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & 0 & 1.43 & 5.25 \\ 0 & \infty & \infty & 0 & 1.68 \\ 0.34 & \infty & 0 & \infty & 0 \\ 3.75 & \infty & 1.68 & 0 & \infty \end{bmatrix}$$

Matriks 3.3 Matriks B dengan simpul 2

Untuk mencari matriks B dari simpul 3 (lintasan di graf 1-3) dengan  $x_1 = 3$ , dilakukan langkah-langkah dibawah ini:

- Ubah semua nilai pada baris 1 dan kolom 3 menjadi  $\infty$
- Ubah  $A(3, 1)$  menjadi  $\infty$
- $C_2 - 8.75$
- $r = 8.75$
- Cost  $\hat{c}(3) = \hat{c}(1) + A(1, 3) + r = 21.4 + 2.31 + 8.75 = 32.46$

Sehingga didapatkan matriks B dengan simpul 3 sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 0 & \infty & \infty & 7.69 & 11.51 \\ \infty & 0 & \infty & 0 & 1.68 \\ 5.14 & 1.43 & \infty & \infty & 0 \\ 8.55 & 5.25 & \infty & 0 & \infty \end{bmatrix}$$

Matriks 3.4 Matriks B dengan simpul 3

Untuk mencari matriks B dari simpul 4 (lintasan di graf 1-4) dengan  $x_1 = 4$ , dilakukan langkah-langkah dibawah ini:

- Ubah semua nilai pada baris 1 dan kolom 4 menjadi  $\infty$
- Ubah  $A(4, 1)$  menjadi  $\infty$
- $R_3 - 1.68, R_5 - 1.68$
- $C_2 - 7.07$
- $r = (1.68 + 1.68) + 7.07 = 10.43$
- Cost  $\hat{c}(4) = \hat{c}(1) + A(1, 4) + r = 21.4 + 2.65 + 10.43 = 34.48$

Sehingga didapatkan matriks B dengan simpul 4 sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 0 & \infty & 6.26 & \infty & 11.51 \\ 3.12 & 0 & \infty & \infty & 1.68 \\ \infty & 3.11 & 0 & \infty & 0 \\ 6.87 & 5.25 & 0 & \infty & \infty \end{bmatrix}$$

Matriks 3.5 Matriks B dengan simpul 4

Untuk mencari matriks B dari simpul 5 (lintasan di graf 1-5) dengan  $x_1 = 5$ , dilakukan langkah-langkah dibawah ini:

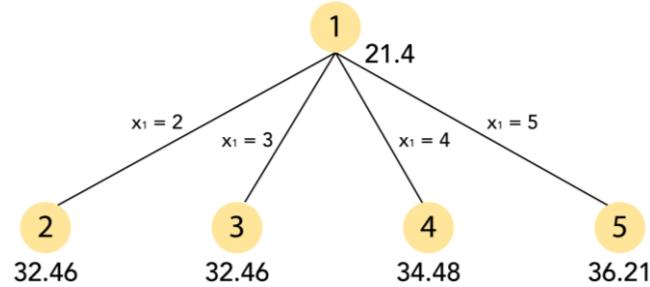
- Ubah semua nilai pada baris 1 dan kolom 5 menjadi  $\infty$
- Ubah  $A(4, 1)$  menjadi  $\infty$
- $C_2 - 8.75$
- $r = 8.75$
- Cost  $\hat{c}(5) = \hat{c}(1) + A(1, 5) + r = 21.4 + 6.06 + 8.75 = 36.21$

Sehingga didapatkan matriks B dengan simpul 5 sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 0 & \infty & 6.26 & 7.69 & \infty \\ 4.80 & 0 & \infty & 0 & \infty \\ 5.14 & 1.43 & 0 & \infty & \infty \\ \infty & 5.25 & 1.68 & 0 & \infty \end{bmatrix}$$

Matriks 3.6 Matriks B dengan simpul 5

Setelah semua anak simpul 1 (*root*) dibangkitkan, didapat pohon ruang status sebagai berikut:



Gambar 3.2 Pohon ruang status sampai saat ini

Karena pada pohon ruang status diatas terdapat 2 simpul dengan *cost* minimum, maka akan dilakukan ekspan terhadap simpul 2, lalu simpul 3.

Selanjutnya akan dibangkitkan semua anak simpul 2 dan dihitung masing-masing *cost*, *bound* dan *reduced cost matrix C* (dari matriks B dengan simpul 2) dari anak simpul 2.

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & 0 & 1.43 & 5.25 \\ 0 & \infty & \infty & 0 & 1.68 \\ 0.34 & \infty & 0 & \infty & 0 \\ 3.75 & \infty & 1.68 & 0 & \infty \end{bmatrix}$$

Matriks 3.7 Matriks B dengan simpul 2

Untuk mencari matriks C dari simpul 6 (lintasan di graf 1-2-6) dengan  $x_2 = 3$ , dilakukan langkah-langkah dibawah ini:

- Ubah semua nilai pada baris 2 dan kolom 3 menjadi  $\infty$
- Ubah  $B(3, 1)$  menjadi  $\infty$
- $C_1 - 0.34$
- $r = 0.34$
- Cost  $\hat{c}(6) = \hat{c}(2) + B(2, 3) + r = 32.46 + 0 + 0.34 = 32.8$

Sehingga didapatkan matriks C dengan simpul 6 sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & 0 & 1.68 \\ 0 & \infty & \infty & \infty & 0 \\ 3.41 & \infty & \infty & 0 & \infty \end{bmatrix}$$

Matriks 3.8 Matriks C dengan simpul 6

Untuk mencari matriks C dari simpul 7 (lintasan di graf 1-2-7) dengan  $x_2 = 4$ , dilakukan langkah-langkah dibawah ini:

- Ubah semua nilai pada baris 2 dan kolom 4 menjadi  $\infty$
- Ubah  $B(4, 1)$  menjadi  $\infty$
- $R_5 - 1.68$
- $r = 1.68$
- Cost  $\hat{c}(7) = \hat{c}(2) + B(2, 4) + r = 32.46 + 1.43 + 1.68 = 35.57$

Sehingga didapatkan matriks C dengan simpul 7 sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 0 & \infty & \infty & \infty & 1.68 \\ \infty & \infty & 0 & \infty & 0 \\ 2.07 & \infty & 0 & \infty & \infty \end{bmatrix}$$

Matriks 3.9 Matriks C dengan simpul 7

Untuk mencari matriks C dari simpul 8 (lintasan di graf 1-2-8) dengan  $x_2 = 5$ , dilakukan langkah-langkah dibawah ini:

- Ubah semua nilai pada baris 2 dan kolom 5 menjadi  $\infty$
- Ubah  $B(5, 1)$  menjadi  $\infty$
- $r = 0$
- Cost  $\hat{c}(8) = \hat{c}(2) + B(2, 5) + r = 32.46 + 5.25 + 0 = 37.71$

Sehingga didapatkan matriks C dengan simpul 8 sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 0 & \infty & \infty & 0 & \infty \\ 0.34 & \infty & 0 & \infty & \infty \\ \infty & \infty & 1.68 & 0 & \infty \end{bmatrix}$$

Matriks 3.10 Matriks C dengan simpul 8

Setelah semua anak dari simpul 2 dibangkitkan, selanjutnya akan dibangkitkan semua anak simpul 3 dan dihitung masing-masing *cost*, *bound* dan *reduced cost matrix* C (dari matriks B dengan simpul 3) dari anak simpul 3.

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 0 & \infty & \infty & 7.69 & 11.51 \\ \infty & 0 & \infty & 0 & 1.68 \\ 5.14 & 1.43 & \infty & \infty & 0 \\ 8.55 & 5.25 & \infty & 0 & \infty \end{bmatrix}$$

Matriks 3.11 Matriks B dengan simpul 3

Untuk mencari matriks C dari simpul 9 (lintasan di graf 1-3-9) dengan  $x_2 = 2$ , dilakukan langkah-langkah dibawah ini:

- Ubah semua nilai pada baris 3 dan kolom 2 menjadi  $\infty$
- Ubah  $B(2, 1)$  menjadi  $\infty$
- $R_2 - 7.69$
- $C_1 - 5.14$
- $r = (7.69) + (5.14) = 12.83$
- Cost  $\hat{c}(9) = \hat{c}(3) + B(3, 2) + r = 32.46 + 0 + 12.83 = 45.29$

Sehingga didapatkan matriks C dengan simpul 9 sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & 0 & 3.82 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 0 & \infty & \infty & \infty & 0 \\ 3.41 & \infty & \infty & 0 & \infty \end{bmatrix}$$

Matriks 3.12 Matriks C dengan simpul 9

Untuk mencari matriks C dari simpul 10 (lintasan di graf 1-3-10) dengan  $x_2 = 4$ , dilakukan langkah-langkah dibawah ini:

- Ubah semua nilai pada baris 3 dan kolom 4 menjadi  $\infty$
- Ubah  $B(4, 1)$  menjadi  $\infty$
- $R_5 - 5.25$
- $r = 5.25$

- Cost  $\hat{c}(10) = \hat{c}(3) + B(3, 4) + r = 32.46 + 0 + 5.25 = 37.71$

Sehingga didapatkan matriks C dengan simpul 10 sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 0 & \infty & \infty & \infty & 11.51 \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & 1.43 & \infty & \infty & 0 \\ 3.30 & 0 & \infty & \infty & \infty \end{bmatrix}$$

Matriks 3.13 Matriks C dengan simpul 10

Untuk mencari matriks C dari simpul 11 (lintasan di graf 1-3-11) dengan  $x_2 = 5$ , dilakukan langkah-langkah dibawah ini:

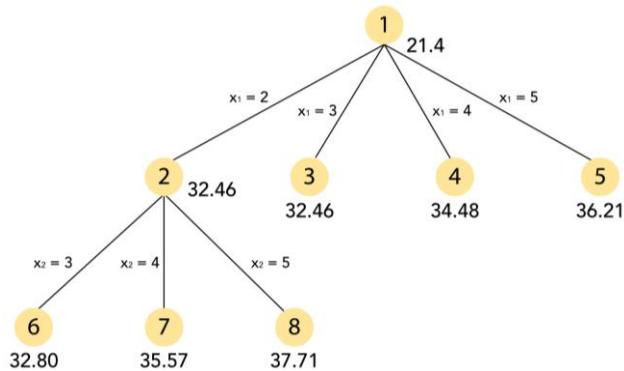
- Ubah semua nilai pada baris 3 dan kolom 5 menjadi  $\infty$
- Ubah  $B(5, 1)$  menjadi  $\infty$
- $R_4 - 1.43$
- $r = 1.43$
- Cost  $\hat{c}(11) = \hat{c}(3) + B(3, 5) + r = 32.46 + 1.68 + 1.43 = 35.57$

Sehingga didapatkan matriks C dengan simpul 11 sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 0 & \infty & \infty & 7.69 & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 3.71 & 0 & \infty & \infty & \infty \\ \infty & 5.25 & \infty & 0 & \infty \end{bmatrix}$$

Matriks 3.14 Matriks C dengan simpul 11

Setelah dilakukan ekspan terhadap simpul 2 dan 3, didapat simpul dengan *cost* minimum pada anak simpul 2, yaitu simpul 6. Didapat pohon ruang status sebagai berikut:



Gambar 3.3 Pohon ruang status sampai saat ini

Selanjutnya akan dibangkitkan semua anak simpul 6 dan dihitung masing-masing *cost*, *bound* dan *reduced cost* matrix D (dari matriks C dengan simpul 6) dari anak simpul 6.

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & 0 & 1.68 \\ 0 & \infty & \infty & \infty & 0 \\ 3.41 & \infty & \infty & 0 & \infty \end{bmatrix}$$

Matriks 3.15 Matriks C dengan simpul 6

Untuk mencari matriks D dari simpul 12 (lintasan di graf 1-2-6-12) dengan  $x_3 = 4$ , dilakukan langkah-langkah dibawah ini:

- Ubah semua nilai pada baris 3 dan kolom 4 menjadi  $\infty$
- Ubah  $C(4, 1)$  menjadi  $\infty$
- $R_5 - 3.41$
- $r = 3.41$
- Cost  $\hat{c}(12) = \hat{c}(6) + C(3, 4) + r = 32.8 + 0 + 3.41 = 36.21$

Sehingga didapatkan matriks D dengan simpul 12 sebagai berikut:

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

Matriks 3.16 Matriks D dengan simpul 12

Untuk mencari matriks D dari simpul 13 (lintasan di graf 1-2-6-13) dengan  $x_3 = 5$ , dilakukan langkah-langkah dibawah ini:

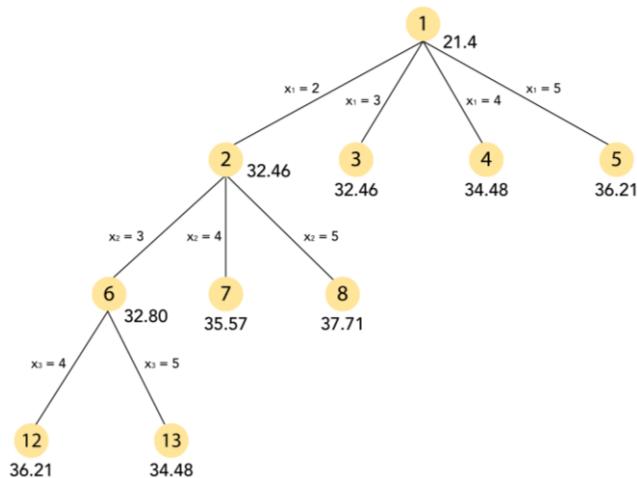
- Ubah semua nilai pada baris 3 dan kolom 5 menjadi  $\infty$
- Ubah  $C(5, 1)$  menjadi  $\infty$
- $r = 0$
- Cost  $\hat{c}(13) = \hat{c}(6) + C(3, 5) + r = 32.8 + 1.68 + 0 = 34.48$

Didapat matriks D dengan simpul 13 sebagai berikut:

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

Matriks 3.17 Matriks D dengan simpul 13

Setelah semua anak simpul 6 dibangkitkan, didapat pohon ruang status sebagai berikut:



Gambar 3.4 Pohon ruang status sampai saat ini

Selanjutnya akan dibangkitkan semua anak simpul 13 dan dihitung masing-masing *cost*, *bound* dan *reduced cost matrix E* (dari matriks D dengan simpul 13) dari anak simpul 13.

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

Matriks 3.17 Matriks D dengan simpul 13

Untuk mencari matriks E dari simpul 14 (lintasan di graf 1-2-6-13-14) dengan  $x_4 = 5$ , dilakukan langkah-langkah dibawah ini:

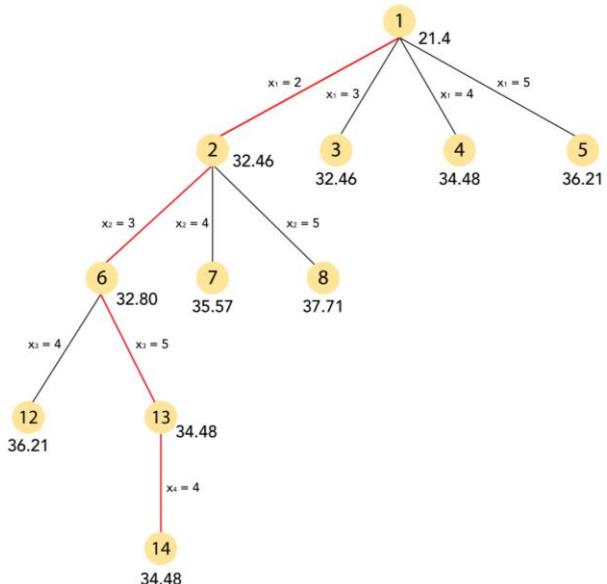
- Ubah semua nilai pada baris 5 dan kolom 4 menjadi  $\infty$
- Ubah  $D(4, 1)$  menjadi  $\infty$
- $r = 0$
- Cost  $\hat{c}(14) = \hat{c}(13) + D(5, 4) + r = 34.48 + 0 + 0 = 34.48$

Sehingga didapatkan matriks E dengan simpul 14 sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \end{bmatrix}$$

Matriks 3.16 Matriks D dengan simpul 14

Setelah semua anak simpul 13 dibangkitkan dan simpul 14 merupakan simpul solusi, didapat pohon ruang status solusi sebagai berikut:



Gambar 3.5 Pohon ruang status solusi

Setelah didapatkan pohon ruang status solusi, dapat disimpulkan *farming pattern* dengan efisiensi terbaik adalah dengan rute 1-2-3-5-4.

#### IV. KESIMPULAN

Pada era saat ini, akselerasi reformasi digital mendorong perkembangan industry menuju era digital dan mendorong lahirnya banyak industry baru, salah satunya industry *game online* khususnya Mobile Legends: Bang-Bang. Dibutuhkan pengetahuan dalam menentukan strategi untuk memenangkan permainan tersebut. Dengan pengaplikasian algoritma *Branch and Bound* dalam peningkatan efisiensi *farming pattern jungler*, pemain dari permainan Mobile Legends: Bang-Bang dapat melakukan *farming* dengan efisiensi terbaik (untuk *meta* saat ini) yaitu dengan melakukan pola *farming* pada lokasi *monster jungle* dengan urutan 1-2-3-5-4.

#### V. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tugas makalah Strategi Algoritma yang berjudul “Aplikasi Algoritma Branch and Bound dalam Peningkatan Efisiensi Farming Pattern Jungler pada Permainan Mobile Legends: Bang-Bang” ini dengan baik. Ucapan terima kasih juga saya ucapkan kepada dosen pengampu mata kuliah IF2211 Strategi Algoritma, Bapak Ir. Rinaldi Munir dan khususnya Ibu Dr. Nur Ulfa Maulidevi, ST., M.Sc. selaku dosen Kelas 02 yang telah mengajar matakuliah ini dan membuat saya dapat menyelesaikan tugas makalah ini dengan baik. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu saya dalam pembuatan makalah ini.

## REFERENSI

- [1] <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2020-2021/Algoritma-Branch-and-Bound-2021-Bagian1.pdf>
- [2] <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2020-2021/Algoritma-Branchand-Bound-2021-Bagian2.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, 10 Mei 2021

## LINK YOUTUBE

<https://youtu.be/Dd-4T5pkrMY>



Mhd. Hiro Agayeff Muslion - 13519070