

Optimasi Rute Rotasi Jungler pada Permainan Mobile Legends: Bang Bang dengan Pendekatan Teori Graf

Muhammad Fakhriyan Rizki Mahardhika - 13525047

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung

E-mail: fakhriyan.rizki@gmail.com , 13525047@std.stei.itb.ac.id

Abstract—Peran jungler dalam permainan Multiplayer Online Battle Arena, khususnya Mobile Legends: Bang Bang, memiliki pengaruh signifikan dalam menentukan tempo dan hasil pertandingan. Makalah ini membahas aplikasi praktis teori graf untuk mengoptimalkan rute rotasi jungler pada fase awal permainan (early game) sebelum menit kedua. Dengan memodelkan area hutan (jungle) beserta kamp monster (creeps) sebagai graf berarah dan berbobot, rute rotasi jungler dapat diformulasikan sebagai pencarian lintasan Hamilton terpendek yang memenuhi syarat batas perolehan minimum experience untuk mencapai level empat. Teorema dan terminologi graf seperti Lemma Jabat Tangan, representasi matriks ketetanggaan, keplanaran graf dengan rumus Euler, hingga pewarnaan graf menggunakan algoritma Welsh-Powell diterapkan untuk menstrukturkan jadwal perlindungan kamp secara taktis. Analisis ini memberikan rekomendasi optimalisasi rute rotasi berbasis data spasial-temporal guna meningkatkan persentase kemenangan dalam skena kompetitif.

Keywords—Mobile Legends, rotasi jungler, teori graf, lintasan Hamilton, pewarnaan graf, matriks ketetanggaan.

I. PENDAHULUAN

Mobile Legends: Bang Bang (MLBB) merupakan salah satu permainan *Multiplayer Online Battle Arena* (MOBA) paling populer di dunia yang mempertemukan dua tim beranggotakan masing-masing lima pemain. Tujuan utama dari setiap tim adalah menghancurkan struktur pertahanan utama (*Ancient/Base*) lawan yang terletak di sudut berlawanan dari peta permainan. Peta MLBB secara umum terbagi menjadi tiga jalur utama (*lanes*), yaitu *Top Lane*, *Middle Lane*, dan *Bottom Lane*, serta area di antara jalur-jalur tersebut yang disebut sebagai *jungle*.

Area *jungle* dihuni oleh berbagai monster netral (*creeps*) yang apabila dieliminasi akan memberikan emas (*gold*), *experience* (XP), serta efek peningkatan kekuatan khusus (*buff*) bagi pahlawan (*hero*) yang mengeliminasinya. Pemain yang mengemban peran khusus untuk mengamankan sumber daya di area *jungle* disebut sebagai *jungler*. Tugas seorang *jungler*

sangatlah krusial, meliputi pengamanan objektif besar seperti *Turtle* dan *Lord*, pelaksanaan penyerangan mendadak (*ganking*) di jalur pertahanan, serta menjaga ritme perolehan ekonomi tim.

Efisiensi pergerakan seorang *jungler* dalam mengeliminasi monster hutan dari satu kamp ke kamp lainnya disebut dengan istilah rotasi. Pada fase awal permainan (*early game*), khususnya dalam dua menit pertama sebelum *Turtle* pertama muncul, *jungler* dituntut untuk mencapai level 4 secepat mungkin guna membuka kemampuan pamungkas (*ultimate skill*) mereka. Keterlambatan dalam mencapai level 4 akan mengurangi daya tawar tim saat melakukan perebutan objektif di sungai, yang sering kali menjadi awal dari efek bola salju (*snowballing*) bagi pihak lawan.

Untuk memecahkan masalah efisiensi rotasi ini, pendekatan matematika diskrit, khususnya teori graf, dapat diterapkan secara praktis. Peta *jungle* dapat dimodelkan sebagai sebuah graf, di mana kamp monster dan persimpangan jalan direpresentasikan sebagai simpul (*vertex*), sementara jalur penghubungnya direpresentasikan sebagai sisi (*edge*). Dengan memberikan bobot berupa waktu tempuh (detik) dan waktu eliminasi pada masing-masing sisi dan simpul, penentuan rute rotasi tercepat dapat diformulasikan sebagai variasi dari masalah lintasan Hamilton (*Hamiltonian Path Problem*) dan masalah pedagang keliling (*Travelling Salesperson Problem*). Melalui makalah ini, akan dijabarkan pemodelan graf yang komprehensif, analisis keplanaran peta, aplikasi teorema graf untuk rotasi optimal, serta penjadwalan perlindungan kamp menggunakan algoritma pewarnaan Welsh-Powell.

II. LANDASAN TEORI GRAF

A. Definisi dan Klasifikasi Graf

Secara matematis, graf G didefinisikan sebagai pasangan himpunan $G = (V, E)$ di mana V adalah himpunan tidak kosong dari simpul-simpul (*vertices*) $V = \{V_1, V_2, \dots, V_n\}$ dan E adalah himpunan sisi (*edges*) yang menghubungkan sepasang simpul $E = \{E_1, E_2, \dots, E_n\}$. Berdasarkan keberadaan arah pada sisinya, graf dibedakan menjadi graf tak-berarah dan graf berarah. Pada graf berarah, setiap sisi memiliki orientasi arah yang menentukan aliran satu arah dari satu simpul ke simpul lainnya.

Graf juga dapat diklasifikasikan menjadi graf sederhana jika tidak memiliki sisi ganda atau gelang (*loop*), serta graf tak-sederhana yang memperbolehkan adanya sisi ganda atau gelang. Graf berbobot (*weighted graph*) menambahkan fungsi pemetaan $W : E \rightarrow R$ yang memberikan nilai (bobot) pada setiap sisi.

B. Derajat Simpul dan Lemma Jabat Tangan

Derajat suatu simpul v , dinotasikan sebagai $d(v)$, adalah jumlah sisi yang bersisian dengan simpul tersebut. Pada graf berarah, derajat simpul dibagi menjadi derajat masuk dan derajat keluar. Hubungan antara derajat simpul dan jumlah sisi dalam graf dinyatakan oleh **Lemma Jabat Tangan** sebagai berikut :

$$\sum d(v) = 2|E|$$

Akibat dari lemma ini adalah bahwa untuk sembarang graf G , jumlah simpul berderajat ganjil selalu berjumlah genap.

C. Keterhubungan dan Upagraf

Dua simpul V_1 dan V_2 dikatakan terhubung jika terdapat lintasan antara kedua simpul. Graf G disebut terhubung jika untuk setiap pasang simpul di V terdapat lintasan penghubung. Pada graf berarah, keterhubungan dibagi menjadi keterhubungan kuat jika terdapat lintasan bolak-balik antara setiap pasang simpul, dan keterhubungan lemah jika hanya terhubung ketika arah sisinya diabaikan. Upagraf (*subgraph*) $G_1 = (V_1, E_1)$ adalah graf yang memenuhi $V_1 \subseteq V$ dan $E_1 \subseteq E$. Jika $V_1 = V$, maka G_1 disebut upagraf merentang (*spanning subgraph*)

D. Keplanaran Graf

Sebuah graf yang dapat digambarkan pada datar sedemikian rupa sehingga sisi-sisinya tidak saling berpotongan disebut graf planar. Representasi visual graf planar pada bidang datar tanpa persilangan sisi disebut graf bidang (*plane graph*). Sisi-sisi pada graf bidang membagi bidang datar menjadi beberapa wilayah (*region/face*). Hubungan antara jumlah simpul (n), jumlah sisi (e), dan jumlah wilayah (f) pada graf bidang terhubung dinyatakan oleh Rumus Euler :

$$n - e + f = 2$$

Pada graf planar sederhana terhubung dengan $n \geq 3$ simpul dan e sisi, berlaku ketidaksamaan Euler $e \leq 3n - 6$. Jika graf tersebut bebas dari segitiga (seperti graf bipartit lengkap $K_{3,3}$) maka berlaku $e \leq 2n - 4$.Teorema Kuratowski menyatakan bahwa suatu graf bersifat planar jika dan hanya jika ia tidak mengandung upagraf yang isomorfik dengan graf Kuratowski pertama K_5 atau graf Kuratowski kedua $K_{3,3}$, atau homeomorfik dengan salah satu dari keduanya.

E. Lintasan Euler dan Hamilton

- Lintasan Euler adalah sebuah lintasan pada graf yang melalui masing-masing sisi dalam graf tepat satu kali.
- Lintasan Hamilton adalah sebuah lintasan pada graf yang melalui masing-masing simpul dalam graf tepat satu kali.

F. Pewarnaan Graf

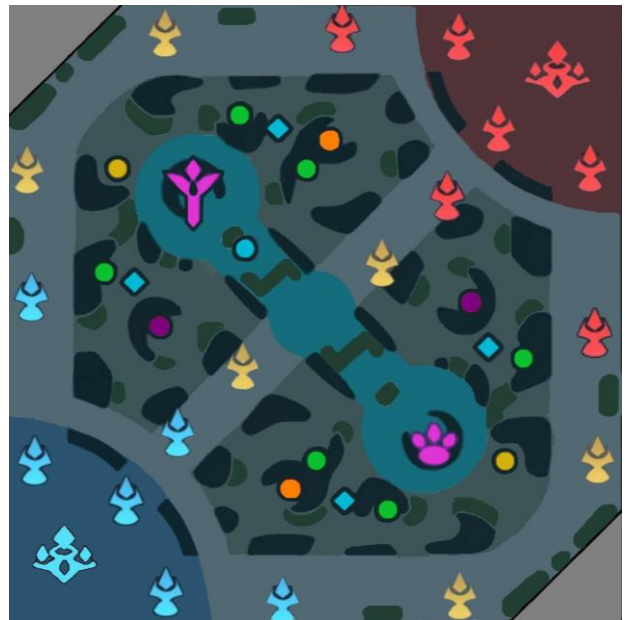
Simpul pada graf biasanya diberikan pewarnaan sedemikian rupa sehingga dua simpul yang bertetangga memiliki warna yang berbeda. Jumlah warna minimum yang dibutuhkan sebuah graf disebut juga dengan bilangan kromatik. Bilangan kromatik ini dapat kita cari menggunakan Algoritma Welsh-Powell.

III. PEMODELAN GRAF PETA JUNGLE

Untuk merancang sebuah rute yang optimal untuk rotasi role *Jungler* pada permainan Mobile Legends: Bang Bang, peta *Jungle* harus dimodelkan ke dalam graf berarah dan berbobot $G = (V, E, W)$.

A. Representasi Simpul pada Peta Jungle

Simpul-simpul dalam graf merepresentasikan posisi dari monster *jungle* yang perlu dilawan oleh role *jungler*. Simpul-simpul ini juga memiliki bobot yang berbeda-beda tergantung dengan bagaimana monster tersebut berpengaruh atas objektif dari permainan seperti *ganking*, *push* tower, dan objektif sungai (*turtle* dan *lord*).



Berdasarkan peta permainan diatas, monster jungler dan objektif dapat diidentifikasi seperti tabel berikut :

TABLE I. DAFTAR MONSTER JUNGLE DI MLBB

Simpul	Nama Monster / Lokasi	Deskripsi
V_B	Buff Biru	Mendapatkan Cooldown Reduction

V_{L-W}	Little Wanderer	Monster dekat mid lane untuk map vision
V_L	Lizard	Monster dekat buff biru
V_{K-G}	Kelomang Gold	Monster dekat gold lane yang memberikan gold tambahan
V_M	Buff Merah	Mendapatkan damage tambahan
V_G	Golem	Monster dekat buff merah
V_K	Kumbang	Monster dekat buff merah
V_{K-E}	Kelomang Exp	Monster dekat exp lane yang memberikan exp tambahan
$V_{L/T}$	Lord / Turtle	Objektif utama jungler
V_{GL}	Gold Lane	Jalur samping untuk role carry (lategame)
V_{EL}	Exp Lane	Jalur samping untuk role tahan badan (early untuk objektif turtle)

B. Penyusunan Sisi dan Bobot Waktu

Sisi berarah menyatakan adanya koneksi jalur antara tiap monster tanpa perlu memutar atau melewati rintangan seperti batu besar. Bobot waktu ditentukan berdasarkan waktu tempuh *jungler* tanpa penggunaan *skill* dalam hitungan detik.

Matriks ketetanggaan berbobot untuk sub-graf area jungle dirancang secara matematis dalam matriks berikut (nilai menyatakan bobot waktu atau waktu tempuh jungler dari simpul menuju simpul lainnya dan “-” menyatakan tidak ada jalur langsung melainkan harus melewati monster lain terlebih dahulu).

$$Rotasi Jungler = \begin{bmatrix} 0 & 10 & 2 & 4 & - & - & - & - & - & - \\ 10 & 0 & - & - & - & 3 & 3 & - & 6 & - \\ 2 & - & 0 & 5 & 3 & - & - & - & - & 6 \\ 4 & - & 5 & 0 & 7 & 10 & - & - & 14 & - \\ - & - & 3 & 7 & 0 & - & - & - & - & 1 \\ - & 3 & - & 10 & - & 0 & - & - & 4 & - \\ - & 3 & - & - & - & 0 & 5 & 4 & - & 6 \\ - & - & - & - & - & - & 5 & 0 & 3 & 1 \\ - & 6 & - & 14 & - & 4 & 4 & 3 & 0 & - \\ - & - & 6 & - & 1 & - & - & - & - & 0 \\ - & - & - & - & - & - & 6 & 1 & - & 0 \end{bmatrix}$$

Baris dan kolom matriks di atas secara berurutan merepresentasikan simpul $V_B, V_M, V_L, V_{L-W}, V_{K-G}, V_G, V_K, V_{K-G}, V_{L/T}, V_{GL}, V_{EL}$.

C. Analisis Keplanaran Graf



Gambar diatas merupakan bentuk graf pada rotasi jungler yang tersedia. Namun, selain dengan menggambar secara langsung rotasi jungler seperti diatas, rotasi jungler dapat diketahui keplanarannya (agar tidak tumpang tindih). Keplanaran pada peta jungler sangatlah diperlukan guna mencari rotasi yang paling maksimal.

Jumlah simpul pada graf peta jungler adalah $n = |V_j| = 11$. Berdasarkan konektivitas seperti pada matriks sebelumnya, maka didapatkan himpunan sisi E_j sebagai berikut :

$$E_j = \{(V_B, V_L), (V_B, V_{L-W}), (V_B, V_M), (V_L, V_{K-G}), (V_L, V_{L-W}), (V_L, V_{GL}), (V_{K-G}, V_{GL}), (V_{L-W}, V_{K-G}), (V_{L-W}, V_{L/T}), (V_{L-W}, V_G), (V_G, V_{L/T}), (V_G, V_M), (V_M, V_{L/T}), (V_M, V_K), (V_K, V_{L/T}), (V_K, V_{K-E}), (V_K, V_{EL}), (V_{K-E}, V_{EL}), (V_{K-E}, V_{L/T})\}$$

Jumlah sisi pada graf peta jungler adalah $e = |E_j| = 19$. Berdasarkan lemma jabat tangan, dapat dilakukan verifikasi antara derajat simpul dengan jumlah sisi graf :

$$\sum d(v) = 3 + 4 + 4 + 5 + 3 + 3 + 4 + 3 + 5 + 2 + 2 = 38$$

Karena graf ini memenuhi ketidaksamaan Euler untuk graf planar sederhana ($e \leq 3(n) - 6$) dan tidak mengandung sub-graf yang isomorfik dengan graf Kuratowski K_5 dan $K_{3,3}$, maka peta jungle MLBB (Mobile Legends: Bang Bang) ini merupakan graf yang planar.

IV. ANALISIS OPTIMASI ROTASI JUNGLER

Tujuan utama seorang *jungler* pada fase *early game* (0–2 menit pertama) adalah mencapai level 4 secepat mungkin sebelum *Turtle* muncul pada $t = 120$ detik. Berdasarkan pembaruan mekanika permainan mutakhir, eliminasi minimal 5 kamp monster menggunakan mantra pertempuran *Retribution* diperlukan untuk mengumpulkan XP yang cukup untuk mencapai level 4.

A. Formulasi Rotasi Jungler

Masalah ini dimodelkan sebagai minimisasi total waktu penyelesaian rotasi T_{rot} yang didefinisikan sebagai jumlah dari waktu perjalanan antar-simpul (*travel time*) dan waktu eliminasi monster di setiap simpul (*clearing time*). Formulasi fungsi tujuan dituliskan sebagai berikut :

$$\min T_{rot} = \sum_{i=1}^k c(v_i) + \sum_{i=1}^{k-1} w(v_i, v_{i+1})$$

Dengan beberapa syarat seperti berikut :

1. $K = 5$ (jumlah kamp minimum yang wajib dikunjungi)
2. $T_{rot} < T_{turtle} = 120$ detik.

Berdasarkan formula berikut, rotasi jungler pada permainan MLBB dapat diketahui. Namun wajib diketahui juga bahwa clearing time c masing-masing hero berbeda sehingga keefektifitasan dan keefisienan rotasi pada masing-masing hero berbeda. Hal ini disebabkan karena masing-masing hero mempunyai skill yang berbeda, dimana hero yang memiliki skill AoE (*Area of Effect*) memiliki clearing time yang lebih cepat pada monster jungle yang memiliki jumlah banyak seperti simpul V_B (buff biru).

B. Analisis Rotasi Optimal

Rotasi optimal jungler dipengaruhi dimana letak prioritas utama jungler yaitu ganking gold lane dan turtle. Oleh karena itu, terdapat beberapa rute optimal bagi para jungler yang dihasilkan dari pemodelan graf ini. Rute tersebut dibagi menjadi dua yaitu rute ganking kepada carry musuh di gold lane dan rute turtle untuk mengamankan objektif utama jungler pada menit ke dua.



1. Lintasan Blue (Gank)

Lintasan ini direkomendasikan bagi para hero assasin yang memerlukan cooldown reduction dan hero yang bergantung pada konsumsi energi atau mana. Namun wajib digarisbawahi, lintasan blue ini hanya berlaku jika

posisi buff biru berada dekat dengan posisi turtle. Formulasi lintasan blue dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$R_{B-G} = V_L \rightarrow V_B \rightarrow V_G \rightarrow V_M \rightarrow V_K$$

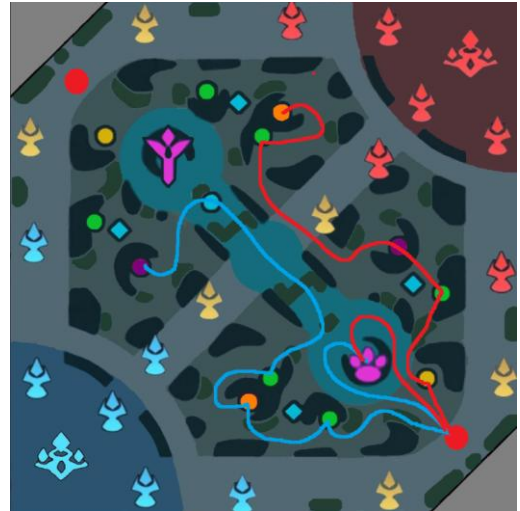
Lintasan ini merupakan lintasan minimum bagi para jungler untuk mencapai level 4 dan posisi akhir jungler berada dekat dengan simpul V_{GL} yang memungkinkannya untuk melakukan ganking pada carry musuh sebelum melakukan kontes pada simpul V_{TL} . Lintasan ini estimasi waktu total rotasi $T_{rot} \approx 95$ detik hingga 107 detik.

2. Lintasan Red (Gank)

Lintasan ini sangat direkomendasikan bagi semua hero jungler terutama hero early game seperti hero bertipe fighter atau tank. Namun, sama seperti lintasan blue, wajib digarisbawahi jika ingin melakukan rotasi dengan lintasan ini, posisi buff merah harus dekat dengan posisi turtle. Hal ini bertujuan untuk melakukan ganking kepada carry musuh yang berada pada Gold Lane. Formulasi lintasan blue dapat didefinisikan sebagai berikut

$$R_{M-G} = V_K \rightarrow V_M \rightarrow V_B \rightarrow V_L \rightarrow V_{K-G}$$

Lintasan ini merupakan lintasan minimum bagi para jungler untuk mencapai level 4. Lintasan ini juga biasanya lebih unggul dibandingkan dengan lintasan blue (gank) dikarenakan total waktu rotasi yang diperlukan lebih sedikit yaitu dengan estimasi waktu total rotasi sebesar $T_{rot} \approx 92$ detik hingga 103 detik.



3. Lintasan Blue (Turtle)

Lintasan ini merupakan lintasan yang sering dipakai oleh para pemain profesional. Lintasan yang dimulai dengan mengeliminasi buff biru (V_B) terlebih dahulu sangatlah cocok untuk hero tipe assasin yang memiliki ketergantungan pada konsumsi mana atau energi dan cooldown reduction. Formulasi lintasan blue turtle dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$R_{B-T} = V_B \rightarrow V_{L-W} \rightarrow V_G \rightarrow V_M \rightarrow V_K$$

Lintasan tersebut merupakan lintasan minimum bagi para jungler untuk mencapai level 4 dan posisi akhir jungler setelah mencapai level 4 memudahkan jungler untuk melakukan ganking kepada hero tahan badan musuh di Exp Lane yang menyebabkan perang/kontes di area turtle dapat dengan mudah dimenangkan. Lintasan ini memiliki estimasi waktu total rotasi $T_{rot} \approx 92 \text{ detik}$ hingga 105 detik .

4. Lintasan Red (Turtle)

Lintasan ini juga merupakan lintasan yang sering dipakai oleh para pemain professional. Sama halnya seperti lintasan blue turtle, lintasan ini juga bertujuan untuk memudahkan rekan satu tim melakukan kontes dan perang di area turtle. Formulasi lintasan red turtle dapat didefinisikan sebagai berikut :

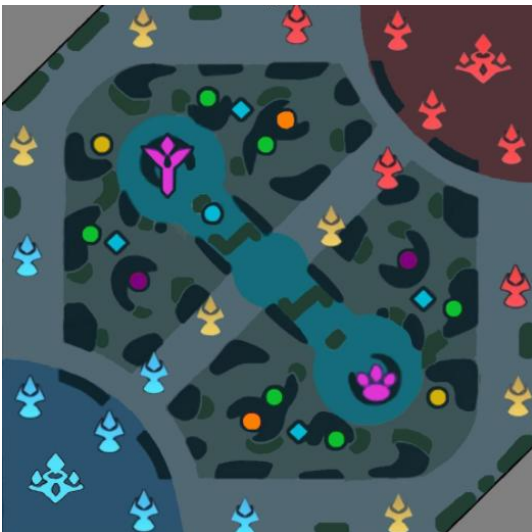
$$R_{M-T} = V_M \rightarrow V_G \rightarrow V_B \rightarrow V_L \rightarrow V_{K-E}$$

Lintasan tersebut merupakan lintasan minimum bagi para jungler untuk mencapai level 4 dan posisi akhir jungler setelah mencapai level 4 memudahkan jungler untuk melakukan ganking kepada hero tahan badan musuh di Exp Lane yang menyebabkan perang/kontes di area turtle dapat dengan mudah dimenangkan. Lintasan ini memiliki estimasi waktu total rotasi $T_{rot} \approx 92 \text{ detik}$ hingga 105 detik .

C. Pewarnaan Graf untuk Penjagaan Monster Jungle

Untuk mengoptimalkan rotasi jungle tim, koordinasi tim dalam mengamankan monster jungle daerah tim wajib diperhatikan. Keamanan monster jungle daerah tim dapat dilakukan dengan beberapa cara dan cara yang paling ampuh dapat menggunakan konsep pewarnaan simpul graf. Maka didapatkanlah konsep Graf Keamanan Jungler di mana graf ini bertujuan untuk melihat kondisi monster jungle yang rawan diinvasi oleh lawan pada *early game*. Adapun monster jungle yang rawan diinvasi oleh lawan antara lain:

$$V_i = V_B, V_M, V_L, V_G, V_K, V_{L-W}, V_{K-G}, V_{K-E}$$



Sesuai dengan graf peta jungle di atas, maka dapat diketahui pula sisi-sisi graf yang saling berhubungan di mana graf yang

saling berhubungan tidak dapat diperiksa secara bersamaan oleh satu hero saja (*roamer*), dikarenakan waktu kemunculan dari monster jungle sama. Adapun sisi-sisi yang berhubungan antara lain:

$$E_i = \{(V_B, V_L), (V_B, V_O), (V_B, V_{L-W}), (V_M, V_G), (V_M, V_K), (V_M, V_{L-W}), (V_G, V_K), (V_G, V_{L-W}), (V_L, V_{K-G}), (V_K, V_{K-E}), (V_L, V_{L-W})\}$$

Tujuan analisis ini adalah mencari bilangan kromatik graf menggunakan Algoritma Welsh-Powell untuk menjamin keamanan dari monster jungle daerah tim. Selain itu, analisis ini juga dapat membantu rekan satu tim untuk memantau daerah monster jungle tanpa ada bentrokan prioritas.

A. Langkah Algoritma Welsh-Powell

a. Menentukan Derajat Setiap Simpul

Berdasarkan sisi-sisi yang berhubungan seperti pada peta jungle di atas, dapat diketahui derajat setiap simpul yaitu :

1. V_B (Derajat 3)
2. V_M (Derajat 4)
3. V_G (Derajat 2)
4. V_K (Derajat 3)
5. V_L (Derajat 4)
6. V_{L-W} (Derajat 4)
7. V_{K-E} (Derajat 1)
8. V_{K-G} (Derajat 1)

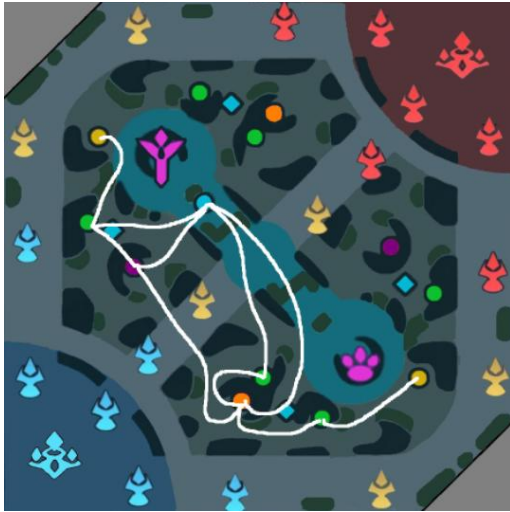
b. Mengurutkan Simpul (*Descending*)

Setelah mengetahui derajat tiap-tiap monster jungle maka kita dapat mengurutkan monster jungle tersebut menjadi :

1. V_{L-W} (Derajat 4)
2. V_M (Derajat 4)
3. V_L (Derajat 4)
4. V_K (Derajat 3)
5. V_B (Derajat 3)
6. V_G (Derajat 2)
7. V_{K-E} (Derajat 1)
8. V_{K-G} (Derajat 1)

c. Proses Pewarnaan

Setelah mengetahui derajat dan urutannya maka kita dapat melakukan proses penggambaran dan proses pewarnaan masing-masing simpul



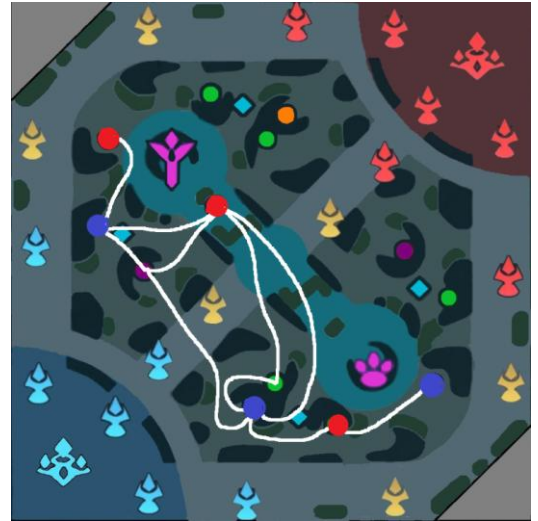
Gambar tersebut merupakan graf keterhubungan antara tiap-tiap monster jungle dilihat dari waktu kemunculannya. Oleh karena itu kita dapat melakukan proses pewarnaan melalui beberapa langkah

1. Iterasi Warna Pertama (Merah) :



Warna merah ini merepresentasikan simpul $V = V_{K-G}, V_{L-W}, V_K$

2. Iterasi Warna Kedua (Biru) :



Warna biru ini merepresentasikan simpul $V = V_L, V_M, V_{K-E}$

3. Iterasi Warna Ketiga (Hijau) :



Warna hijau ini merepresentasikan simpul $V = V_B, V_K$

Berdasarkan hasil dari penerapan Algoritma Welsh-Powell, seluruh simpul pada graf keamanan jungle dapat diwarnai secara optimal menggunakan tiga warna berbeda, sehingga dapat diketahui bilangan kromatik untuk graf keamanan jungle yaitu $\chi(G_I) = 3$.

B. Penentuan dan Implementasi Bilangan Kromatik

Nilai $\chi(G_I) = 3$ menunjukkan bahwa rekan satu tim harus memantau minimal tiga jadwal terpisah untuk memastikan seluruh area jungle satu tim aman dari invasi tim lawan. Oleh karena itu, kita juga dapat mengimplementasikan bilangan kromatik ini menjadi sebuah jadwal seperti berikut :

TABLE II. JADWAL PEMANTAUAN MONSTER JUNGLE

Warna	Jadwal Keamanan		
	<i>Simpul</i>	<i>Waktu</i>	<i>Tugas</i>
Merah	V_{K-G}, V_{L-W}, V_K	00:30 – 01:00	Rekan satu tim memberikan vision kepada jungler tim dan mencegah musuh melakukan invasi
Biru	V_L, V_M, V_{K-E}	01:00 – 01:30	Rekan satu tim memberikan vision kepada jungler tim
Hijau	V_B, V_K	01:30 – 02:00	Rekan satu tim memberikan vision kepada jungler tim, serta melakukan persiapan untuk kontes di area turtle

Melalui pembagian tiga fase pengawasan ini, roamer dapat bergerak secara terarah dan efisien tanpa membuang-buang langkah, memastikan keselamatan rotasi jungler hingga mencapai power spike level 4 dengan aman.

V. KESIMPULAN

Penerapan teori graf terbukti memberikan landasan matematis yang kokoh dan aplikatif dalam mengoptimalkan rute rotasi jungler pada game Mobile Legends: Bang Bang. Dari hasil pemodelan dan analisis yang telah dilakukan, ditarik beberapa simpulan penting seperti keplanaran dari peta permainan MLBB membuat role jungler dapat dengan mudah mengoptimalkan rute serta rotasi kemana ia akan melakukan pembasmian monster jungle dengan secepat mungkin tanpa melewati objektif utama mereka. Selain itu, dengan menggunakan pendekatan teori graf, role lain seperti *roamer* akan lebih mudah untuk melakukan pemantauan terhadap monster jungle di area tim.

Secara keseluruhan, pemahaman mendalam terhadap konsep-konsep matematika diskrit ini memberikan keunggulan strategis yang signifikan bagi pemain dan pelatih profesional dalam merancang taktik permainan yang berbasis data spasial-temporal yang terukur.

VI. LAMPIRAN

VIDEO LINK AT YOUTUBE

<https://youtu.be/1OJleQpBthc>

VIDEO PERCOBAAN

<https://drive.google.com/drive/folders/1tKPn8gkJKmtwkv18B04n5yNi1LwvHLJF?usp=sharing>

ACKNOWLEDGEMENT

Terima kasih kepada Tuhan yang Maha Esa karena atas karunia dan berkatnya penulis dapat menyelesaikan makalah ini dengan cukup baik. Tak lupa penulis ucapkan terima kasih kepada keluarga dan teman-teman karena telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan masalah ini. Terima kasih juga kepada Dr. Ir. Rinaldi, M.T. selaku dosen pengampu mata kuliah matematika diskrit karena telah memberikan ilmu dan pengetahuan sehingga penulis dapat menerapkannya untuk menulis makalah ini.

REFERENSI

- [1] Moonton Games, "Official Game Guide - Mobile Legends: Bang Bang," Moonton Technology Co., Ltd., Shanghai, 2024. [Online]. Available: <https://mobilelegends.com> [Accessed 16 June 2026]
- [2] Wikipedia, "Multiplayer online battle arena," Wikipedia, The Free Encyclopedia, 2026. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Multiplayer_online_battle_arena [Accessed 16 June 2026]
- [3] Liquipedia, "Mobile Legends: Bang Bang Patches," Liquipedia.net, Accessed: June 20, 2025. [Online]. Available: <https://liquipedia.net/mobilelegends/Portal:Patches#2026> [Accessed 17 June 2026]
- [4] R. Munir, "Bahan Kuliah IF1220 Matematika Diskrit (Update 2026) - Graf Bagian 1" Program Studi Teknik Informatika, Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung, 2026. [Online] Available : <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2025-2026/20-Graf-Bagian1-2026.pdf> [Accessed 17 June 2026]
- [5] R. Munir, "Bahan Kuliah IF1220 Matematika Diskrit (Update 2026) - Graf Bagian 3" Program Studi Teknik Informatika, Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung, 2026. [Online] Available : <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2025-2026/22-Graf-Bagian3-2026.pdf> [Accessed 17 June 2026]

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, 19 Juni 2025



Muhammad Fakhriyan Rizki Mahardhika
13525047

