

Penerapan Pewarnaan Graf pada Permainan Real-Time Strategy

Kurniandha Sukma Yunastrian / 13516106

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

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

ykurniandha@yahoo.com

Abstrak—Permainan merupakan salah satu sarana bagi seseorang untuk mengeskpresikan kemampuannya atau untuk menghibur diri. Permainan saat ini memiliki banyak sekali jenis. Salah satu jenis permainan tersebut dinamakan Real-Time Strategy atau sering disebut RTS. RTS adalah jenis permainan strategi yang dimainkan dari sudut pandang eagle-eye. Dalam RTS, pemain mengendalikan banyak bangunan dan unit untuk dijalankan sehingga dapat memenangkan sebuah permainan dengan misi tertentu. Jenis permainan ini sangat diminati sebagian besar orang dengan berbagai usia. Berbagai konsep perlu diaplikasikan dalam pembuatan jenis permainan seperti ini. Salah satu konsep yang penting adalah pewarnaan graf.

Kata Kunci— RTS, aplikasi graf, pewarnaan graf.

I. PENDAHULUAN

Real-Time Strategy (RTS) adalah salah satu jenis permainan yang menggunakan strategi dalam komando. Permainan RTS memiliki beberapa ciri khas yaitu pemain mengontrol sebuah tim untuk mengalahkan tim lain dalam sebuah peta. Dalam satu tim, terdapat markas dan unit untuk kita kendalikan. Selain itu, kita juga mengumpulkan sumber daya untuk memperbesar markas ataupun membuat unit baru. Setelah itu, unit yang kita miliki digerakkan untuk menghancurkan markas musuh dan mengalahkannya.

Markas dari sebuah pemain terdiri beberapa bangunan. Sebagian besar permainan RTS terdiri dari beberapa macam fungsi bangunan yaitu bangunan utama, bangunan penopang kekuatan, bangunan penampung sumber daya, dan bangunan penghasil unit. Dalam beberapa permainan, terdapat bangunan pertahanan, bangunan peningkatan teknologi, dan beberapa bangunan dengan fungsi unik lainnya. Bangunan utama adalah inti dari sebuah markas. Bangunan ini berguna bagi pemain untuk dapat membangun bangunan baru. Jika bangunan ini sudah hancur, maka pemain tidak dapat membuat bangunan baru lagi. Bangunan penopang kekuatan adalah jenis bangunan yang berfungsi untuk memberi energi pada masing-masing bangunan. Fungsi ini hampir sama seperti pembangkit listrik. Setiap bangunan memerlukan energi agar dapat berfungsi. Bangunan penampung sumber daya adalah jenis bangunan yang digunakan agar pemain dapat mencari sumber daya untuk membuat bangunan baru atau unit baru. Bangunan penghasil unit adalah bangunan yang digunakan untuk membuat unit baru yang dapat kita jalankan. Bangunan pertahanan adalah

bangunan yang digunakan untuk melindungi markas dari serangan musuh. Biasanya bangunan ini berbentuk mesin penembak otomatis yang akan menembak musuh saat dalam jangkauan.



Gambar 1. Contoh permainan RTS : Rise of Nations

Sumber :

<http://media.moddb.com/images/games/1/15/14936/ss27.jpg>
(diakses 2 Desember 2017, pukul 01.06)

II. DASAR TEORI

A. Definisi Graf

Graf adalah kumpulan simpul yang dihubungkan satu sama lain melalui sisi/busur. Secara matematis, graf didefinisikan sebagai pasangan himpunan (V,E) , yang dalam hal ini :

1. V = himpunan tidak kosong dari simpul-simpul (*vertices* atau *node*)
2. E = himpunan sisi (*edges* atau *arcs*)

Graf dapat pula ditulis dalam notasi $G = (V,E)$.

Berdasarkan definisi di atas, dinyatakan bahwa V tidak boleh kosong, tetapi E boleh kosong.

B. Jenis-jenis Graf

Jenis graf dapat digolongkan menjadi beberapa jenis berikut :

1. Berdasarkan ada tidaknya sisi gelang atau sisi

ganda :

- a) Graf sederhana
Graf yang tidak mengandung gelang maupun sisi ganda.
 - b) Graf tak-sederhana
Graf yang mengandung sisi ganda atau gelang.
2. Berdasarkan orientasi arah pada sisi :
 - a) Graf tak-berarah
Graf yang sisinya tidak memiliki orientasi arah.
 - b) Graf berarah
Graf yang sisinya memiliki orientasi arah.

C. Terminologi Graf

1. Ketetanggaan (*Adjacent*)
Dua buah simpul dikatakan bertetangga bila keduanya terhubung langsung.
2. Bersisian (*Incidency*)
Untuk sembarang sisi $e = (V_1, V_2)$ dikatakan e bersisian dengan simpul V_1 , atau e bersisian dengan simpul V_2 .
3. Simpul terpencil (*Isolated vertex*)
Simpul terpencil ialah simpul yang tidak mempunyai sisi yang bersisian dengannya.
4. Graf kosong (*null graph atau empty graph*)
Graf yang himpunan sisinya merupakan himpunan kosong.
5. Derajat (*Degree*)
Derajat suatu simpul adalah jumlah sisi yang bersisian dengan simpul tersebut.
6. Lintasan (*Path*)
Lintasan yang panjangnya n dari simpul awal V_0 ke simpul tujuan v_n di dalam graf G ialah barisan berselang-seling simpul-simpul dan sisi-sisi yang berbentuk $V_0, e_1, V_1, e_2, V_2, \dots, V_n$.
7. Siklus (*Cycle*) atau sirkuit (*circuit*)
Lintasan yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama.
8. Terhubung (*Connected*)
Dua buah simpul V_1 dan simpul V_2 disebut terhubung jika terdapat lintasan dari V_1 ke V_2 . G disebut graf terhubung jika untuk setiap pasang simpul V_i ke V_j dalam himpunan V terdapat lintasan dari V_i ke V_j . Jika tidak, maka G disebut graf tak-terhubung.
Graf berarah G dikatakan terhubung jika graf tidak berarahnya terhubung. Dua simpul, u dan v , pada graf berarah G disebut terhubung kuat jika terdapat lintasan berarah dari u ke v dan juga lintasan berarah dari v ke u . Jika u dan v tidak terhubung kuat tetapi terhubung pada graf tidak berarahnya, maka u dan v dikatakan terhubung lemah.
9. Upagraf (*subgraph*) dan Komplemen Upagraf
Misalkan $G = (V, E)$ adalah sebuah graf. $G_1 = (V_1, E_1)$ adalah upagraf dari G jika $V_1 \subseteq V$ dan E_1

$\subseteq E$. Komplemen dari upagraf G_1 terhadap graf G adalah graf $G_2 = (V_2, E_2)$ sedemikian sehingga $E_2 = E - E_1$ dan V_2 adalah himpunan simpul yang anggota-anggota E_2 bersisian dengannya.

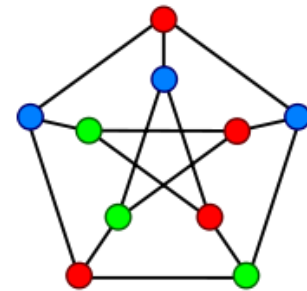
10. Upagraf Rentang (*Spanning Subgraph*)
Upagraf $G_1 = (V_1, E_1)$ dari $G = (V, E)$ dikatakan upagraf rentang jika $V_1 = V$.
11. Cut-Set
Cut-set dari graf terhubung G adalah himpunan sisi yang bila dibuang dari G menyebabkan G tidak terhubung. Jadi, *cut-set* selalu menghasilkan dua buah komponen.
12. Graf Berbobot (*Weighted Graph*)
Graf berbobot adalah graf yang setiap sisinya diberi sebuah harga.

D. Pewarnaan Graf

Pewarnaan graf terdapat tiga macam, yaitu pewarnaan simpul, pewarnaan sisi dan pewarnaan bidang.

1. Pewarnaan Simpul

Pewarnaan simpul yaitu memberi warna pada simpul-simpul graf sedemikian sehingga dua simpul bertetangga mempunyai warna berbeda.



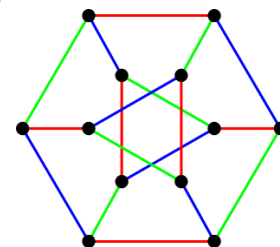
Gambar 2. Pewarnaan simpul

Sumber :

https://adekasamawa.files.wordpress.com/2010/01/180px-petersen_graph_3-coloring-svg.png
(diakses 2 Desember 2017, pukul 20.20)

2. Pewarnaan Sisi

Pewarnaan sisi yaitu memberikan warna berbeda pada sisi yang bertetangga sehingga tidak ada dua sisi yang bertetangga mempunyai warna yang sama.



Gambar 3. Pewarnaan sisi

Sumber :

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6e/D%C3%BCr_graph_3color_edge.svg/512px-D%C3%BCr_graph_3color_edge.svg.png
(diakses 2 Desember 2017, pukul 20.28)

3. Pewarnaan Bidang

Pewarnaan bidang yaitu memberikan warna pada bidang sehingga tidak ada bidang yang bertetangga mempunyai warna yang sama.



Gambar 4. Pewarnaan bidang

Sumber :

<https://adekasamawa.files.wordpress.com/2010/01/regions-of-spain.jpg>
(diakses 2 Desember 2017, pukul 20.30)

Salah satu teknik untuk mewarnai graf yaitu menggunakan Algoritma Welch-Powell. Algoritma Welch-Powell adalah sebagai berikut :

1. Mula-mula urutkan semua simpul berdasarkan derajatnya dari derajat terbesar ke derajat terkecil.
2. Ambil warna pertama lalu warnai simpul pertama (dalam urutan) kemudian simpul berikutnya yang tidak berdampingan, terus menerus.
3. Lanjutkan dengan warna kedua dan seterusnya sampai semua simpul telah diberi warna.

E. Bilangan Kromatis

Bilangan kromatis adalah jumlah warna minimal yang dibutuhkan untuk mewarnai graf. Bilangan kromatis disimbolkan dengan χ . Contohnya, pada sebuah graf lengkap K_n bilangan kromatisnya adalah n . Berikut merupakan beberapa sifat bilangan kromatis :

1. $\chi(G) = 1 \leftrightarrow G$ adalah graf kosong (tidak terhubung sama sekali).
2. $\chi(G) \geq 3 \leftrightarrow G$ memiliki upagraf yang merupakan K_3 atau C_3 .
3. $\chi(G) \leq B(G) + 1$.
4. $\chi(G) \leq B(G)$, kecuali jika G adalah graf lengkap atau graf lingkaran dengan jumlah simpul ganjil. Untuk setiap graf planar, berlaku teorema *four colouring*, yaitu $\chi(G) \leq 4$.
5. Bila G' adalah upagraf dari G , maka $\chi(G') \leq \chi(G)$. Graf lengkap K_n memiliki $\chi(G) = n$.
6. Graf lingkaran C_n memiliki $\chi(G) = 2$ bila n genap dan $\chi(G) = 3$ bila n ganjil.
7. Graf teratur derajat n selalu memiliki $\chi(G) = n+1$.
8. Graf bipartite hanya membutuhkan dua warna.
9. Graf berupa pohon hanya membutuhkan dua warna.

III. APLIKASI PEWARNAAN GRAF PADA PERMAINAN RTS

Aplikasi pewarnaan graf pada permainan RTS adalah pada klasifikasi jenis bangunan dan jenis unit. Misalkan pada suatu permainan RTS terdapat klasifikasi bangunan dan unit sebagai berikut :

A. Bangunan

1. Town Hall
Bangunan yang membuat pemain dapat membuat bangunan lain. Biasanya sudah otomatis terbangun di awal permainan.
2. Power Generator
Bangunan yang berfungsi untuk memberi daya pada seluruh bangunan agar dapat digunakan.
3. Gold Keeper
Bangunan yang membuat pemain dapat mencari sumber daya.
4. Barrack
Bangunan yang berfungsi membuat unit baru.

B. Unit

1. Soldier
Unit biasa yang dapat menyerang musuh.
2. Engineer
Unit yang bisa melakukan reparasi bangunan serta mengakuisisi bangunan musuh.
3. Hero
Unit yang memiliki kemampuan khusus dalam menyerang, bertahan, atau hal lainnya. Biasanya unit ini hanya bisa dibuat satu dalam permainan.

Penggunaan pewarnaan graf yaitu pada pembuatan bangunan dan unit yang hanya bisa dibuat sekali dalam permainan seperti Town Hall dan Hero. Biasanya Unit Hero hanya bias dibuat satu kali. Jika Hero mati, baru dapat dibuat lagi. Tetapi, warna simpul untuk unit seperti Soldier dan Engineer mendapatkan warna yang berbeda setiap kali dibuat. Konsep tersebut berlaku juga untuk bangunan. Selain itu, konsep pewarnaan graf juga dapat digunakan untuk menentukan kondisi permainan selesai. Misalnya, pemain akan kalah jika Town Hall sudah hancur, maka jika Town Hall hancur warna merah akan dihilangkan dari tabel.

Langkah pertama adalah menentukan warna-warna untuk unit dan bangunan. Misalkan warna-warna tersebut adalah sebagai berikut :

A. Bangunan

1. Town Hall = merah
2. Power Generator = warna dasar hijau
3. Gold Keeper = warna dasar biru
4. Barrack = warna dasar kuning

B. Unit

1. Soldier = warna dasar biru
2. Engineer = warna dasar kuning
3. Hero = merah

Selanjutnya setiap bangunan dan unit yang dimiliki diubah ke dalam bentuk graf dengan graf bangunan dan graf unit. Setiap petak merepresentasikan simpul dan semua petak saling bertetangga.


Berikut ini adalah contoh tabel bangunan pada awal

permainan :



Tabel 1. Representasi bangunan pada tabel

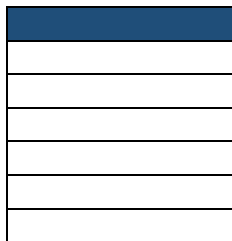
Berikut adalah contoh tabel unit pada awal permainan yang masih kosong :



Tabel 2. Representasi unit pada tabel

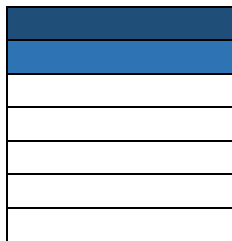
Dilihat dari Tabel 1 dan Tabel 2, dapat diketahui bahwa pemain hanya memiliki satu bangunan Town Hall dan tidak mempunyai unit sama sekali.

Selanjutnya, misalnya pemain membuat unit baru Soldier, maka kita menambahkan warna pada tabel 2 sebagai berikut :



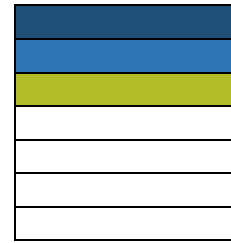
Tabel 3. Penambahan unit dengan pewarnaan biru

Jika kita ingin menambahkan Unit Soldier lagi, maka warna biru yang dimasukan ke dalam tabel adalah warna biru yang berbeda seperti berikut :



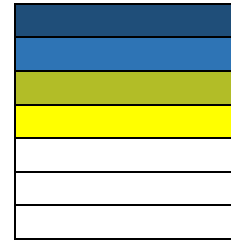
Tabel 4. Penambahan unit dengan pewarnaan biru yang lain

Pengisian tabel dilakukan begitu seterusnya untuk penambahan Unit Soldier. Selanjutnya untuk penambahan Unit Engineer direpresentasikan ke dalam tabel sebagai berikut :



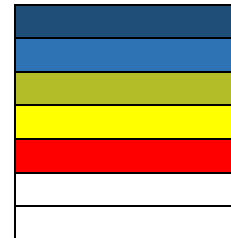
Tabel 5. Penambahan unit dengan pewarnaan kuning

Jika kita ingin menambahkan Unit Engineer lagi, maka warna kuning yang dimasukkan ke dalam tabel adalah warna kuning yang berbeda. Representasi tabel dapat dilihat sebagai berikut :



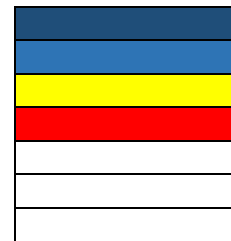
Tabel 6. Penambahan unit dengan pewarnaan kuning yang lain

Pengisian tabel dilakukan begitu seterusnya untuk penambahan Unit Engineer. Selanjutnya untuk penambahan Unit Hero direpresentasikan ke dalam tabel sebagai berikut :



Tabel 7. Penambahan unit dengan pewarnaan merah

Unit Hero hanya bisa dimiliki satu saja sampai unit tersebut mati. Selanjutnya, jika salah satu unit mati, maka warna dihapus dari tabel. Contohnya ketika Unit Engineer mati, maka salah satu warna kuning dihapus dari tabel. Berikut adalah tabel penghapusan warna :



Tabel 8. Penghapusan warna kuning dari tabel

Selanjutnya adalah mekanisme pengisian tabel untuk bangunan. Misalkan kita membuat Power Generator, maka kita menambahkan warna hijau ke dalam tabel. Tabel bias dilihat sebagai berikut :

Tabel 9. Penambahan bangunan dengan warna hijau

Selanjutnya untuk pembuatan Gold Keeper dilakukan dengan menambahkan warna biru ke dalam tabel. Tabel tersebut dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 10. Penambahan bangunan dengan warna biru

Selanjutnya untuk pembuatan Barrack dilakukan dengan menambahkan warna kuning ke dalam tabel. Tabel tersebut dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 11. Penambahan bangunan dengan warna kuning

Selanjutnya jika kita membuat Power Generator lagi, maka kita menambahkan warna hijau ke dalam tabel. Tabel tersebut dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 12. Penambahan bangunan dengan warna hijau

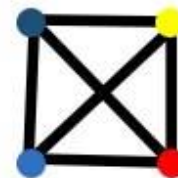
Selanjutnya, jika kita kehilangan salah satu bangunan misalnya Power Generator, maka kita menghapus warna hijau dari tabel. Tabel tersebut dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 13. Penghapusan warna hijau dari tabel

Dalam bentuk graf, tabel unit dan bangunan memiliki bentuk sebagai berikut :



Gambar 5. Representasi graf berwarna untuk bangunan



Gambar 6. Representasi graf berwarna untuk unit

Representasi graf berwarna selanjutnya adalah saat kondisi permainan berakhir. Kondisi permainan berakhir dapat dicapai ketika Town Hall dari salah satu pemain hancur.

Representasi tabel bangunan ketika Town Hall hancur adalah sebagai berikut :

Tabel 14. Penghapusan warna merah dari tabel

Dengan warna merah dihapus dari graf bangunan, maka permainan telah selesai dan pemain yang tidak memiliki simpul merah dinyatakan kalah.

Tabel-tabel warna tersebut dapat diubah menjadi tabel seperti berikut :

Gold Keeper
Barrack
Power Generator

Tabel 15. Isi tabel bangunan dari Tabel 14

Soldier
Soldier
Engineer
Hero

Tabel 16. Isi tabel unit dari Tabel 8

Menurut isi dari Tabel 15, pemain yang memiliki tabel tersebut dinyatakan kalah karena tidak memiliki Town Hall lagi. Sedangkan menurut isi dari Tabel 16, pemain yang memiliki tabel tersebut tidak bias membuat Unit Hero lagi sampai pemain kehilangan Unit Hero.

IV. KESIMPULAN

Konsep graf diaplikasikan dalam banyak persoalan seperti fungsi pewarnaan graf. Representasi mekanisme kerja dari permainan RTS juga menggunakan konsep graf khususnya pewarnaan graf dimana mekanisme membuat bangunan, membuat unit, kondisi permainan berakhir dapat direpresentasikan menggunakan graf. Dalam hal ini, dibutuhkan satu warna tetap dan beberapa warna dasar untuk mewarnai setiap jenis dari bangunan dan unit sehingga fungsi pewarnaan graf dapat dilakukan dengan baik.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan syukur penulis panjatkan kepada Allah Swt karena atas rahmat dan anugerah-Nya makalah ini dapat penulis selesaikan dengan baik. Penulis berterima kasih kepada kedua orang tua serta kedua kakak penulis yang selalu memberi dorongan doa maupun semangat kepada penulis. Penulis juga berterima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Rinaldi Munir, MT. selaku dosen pengampu K-01 mata kuliah IF2120 Matematika Diskrit untuk waktu dan ilmu yang diberikan. Tidak lupa penulis berterima kasih kepada teman-teman atas bantuan dan dukungannya.

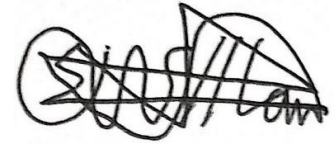
REFERENSI

- [1] Setiawan, Yuda. 2014. *Pengertian Game RTS, FPS, RPG, MMORPG*. <http://yudasetia-wan.blogspot.co.id/2014/05/pengertian-game-rts-fps-rpg-mmorpg.html>, 2 Desember 2017.
- [2] Syamsy, Saka. 2013. *Pewarnaan Graf (Graph Coloring)*. <http://dhukhasyamsy.blogspot.co.id/2013/05/pewarnaan-graf-graph-coloring.html>, 2 Desember 2017
- [3] Munir, Rinaldi. 2006. *Diktat Kuliah IF2120 Matematika Diskrit*, Institut Teknologi Bandung : Bandung
- [4] Khotimah, Khusnul. 2015. *Implementasi Graph Coloring Dalam Pemetaan Daerah*. <http://khusnul983.blogspot.co.id/2015/09/implementasi-graph-coloring-dalam.html>, 3 Desember 2017
- [5] Sirait, Wiranta. 2016. *Pengertian Game RTS, FPS, RPG, MMORPG, Hybrid, dan 3rd Person Shooter*. <http://gamehidupkita.blogspot.co.id/2016/03/pengertian-game-rts-fps-rpg-mmorpg.html>, 3 Desember 2017

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, 3 Desember 2017



Kurniandha Sukma Yunastrian / 13516106