

Aplikasi Graf dalam Pengembangan Desain AI Video Game

Trevin Matthew Robertsen - 13515027

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

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

13515027@std.stei.itb.ac.id

Abstract—Dengan semakin berkembangnya teknologi maka semakin banyak pula cara yang dapat dilakukan untuk mendesain game. Makalah ini akan membahas cara-cara mendesain tersebut, khususnya dari segi AI dengan menggunakan teori graf sebagai penunjangnya. Makalah ini akan mengambil contoh dari game-game yang sudah ada dan perkembangan yang dapat dilakukan untuk desain tersebut.

Keywords—video game, NPC, teori graf, AI, simpul, sisi

I. PENDAHULUAN

Dengan semakin berkembangnya teknologi dan semakin mudahnya digunakan teknologi-teknologi ini maka semakin banyak pula orang-orang yang akan terjun untuk mencoba memanfaatkannya. Salah satunya adalah dengan perkembangan dan peningkatan jumlah orang yang tertarik dengan game dan pengembangan dari game tersebut (*development*). Hal ini semakin didukung oleh semakin banyaknya alat yang dapat digunakan untuk memulai proses tersebut, alat-alat ini misalnya adalah game engine yang semakin banyak. Contoh game engine ini adalah misalnya Unity, UnrealEngine, CryEngine, dll.

Peningkatan ini mendorong banyak orang untuk mencoba terlibat dalam pengembangan dan pembuatan game-game ini. Hal ini juga didukung dengan semakin mudahnya dipakai alat-alat ini (engine, dll). Dengan engine dan alat yang semakin kompleks tapi juga mudah digunakan maka semakin banyak pula hal-hal yang dapat dibuat/ sistem-sistem yang dapat dibuat untuk menunjang pembuatan game yang lebih baik dan lebih kompleks dari game-game sebelumnya.

Salah satu hal yang dapat diterapkan lebih dalam pembuatan game adalah teori graf. Teori graf adalah salah satu submateri dalam matematika diskrit yang dapat dipakai dalam membuat game. Teori graf sebenarnya sudah digunakan dengan kapasitas tertentu dalam game-game modern. Pada umumnya teori graf akan dipakai dalam membuat sistem AI game yang sederhana yang didasarkan oleh state-state. Walaupun sudah diterapkan tapi masih banyak potensial dari teori graf yang dapat dipakai dalam game design dan makalah ini akan membahas pemakaian dari teori graf tersebut dengan mendalam.

Pada makalah ini yang akan dibahas dengan mendalam dan juga menjadi batasan makalah ini adalah game yang akan dipakai adalah game-game RPG (*Role-Playing Game*) dan juga Strategy game.

II. TEORI DASAR

2.1 Graf

A. Definisi Graf

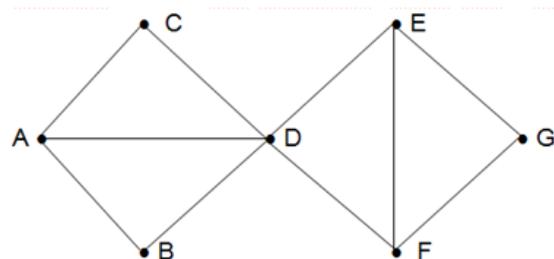
Secara informal, suatu graf adalah himpunan benda-benda yang disebut "simpul" (vertex atau node) yang terhubung oleh "sisi" (edge)

B. Sejarah Graf

Menurut catatan sejarah, masalah jembatan Konigsberg adalah masalah yang pertama kali menggunakan graf (tahun 1736). Masalahnya adalah ada tujuh buah jembatan yang menghubungkan daratan yang dibelah oleh sungai. Apakah mungkin melalui ketujuh jembatan itu masing-masing tepat satu kali, dan kembali lagi ke tempat semula. Seorang matematikawan Swiss, L.Euler adalah orang yang pertama kali menemukan jawaban dari masalah ini dimana ia mengemukakan bahwa orang tidak mungkin melalui ketujuh jembatan itu masing-masing satu kali dan kembali ke tempat semula jika derajat setiap simpul tidak seluruhnya genap. Dengan munculnya masalah ini maka dengan beriringnya zaman semakin berkembanglah teori graf ini.

C. Jenis Graf

Graf tak-berarah

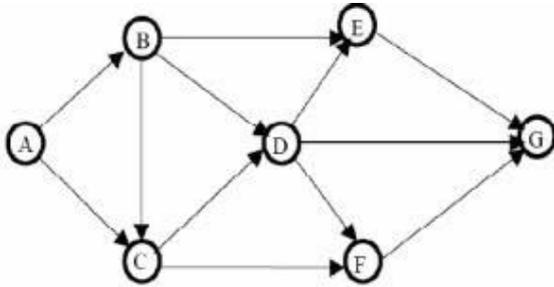


Gambar 2.1 Graf Tak-Berarah

Graf G disebut graf tak berarah (undirected graph) jika setiap sisinya tidak berarah. Dengan kata lain $(v_i, v_j) = (v_j, v_i)$

Graf berarah

Graf G disebut graf berarah (directed graph) jika setiap sisinya berarah. Titik awal dari suatu sisi disebut verteks awal (initial vertex) sedangkan titik akhir dari suatu sisi disebut verteks akhir (terminal vertex). Loop pada graf adalah sisi yang verteks awal dan verteks akhirnya sama.



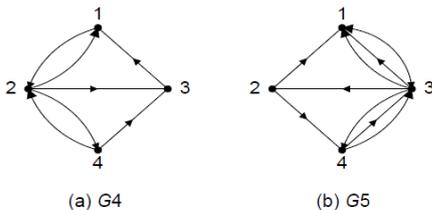
Gambar 2.2 Graf Berarah

Graf Sederhana

Graf yang tidak mengandung dua buah sisi yang menyambungkan simpul yang sama atau sebuah sisi yang menyambungkan sebuah simpul dengan simpul itu sendiri (gelang).

Graf Tidak Sederhana

Graf yang memiliki sisi ganda dan gelang.



(a) graph berarah, (b) graph-ganda berarah

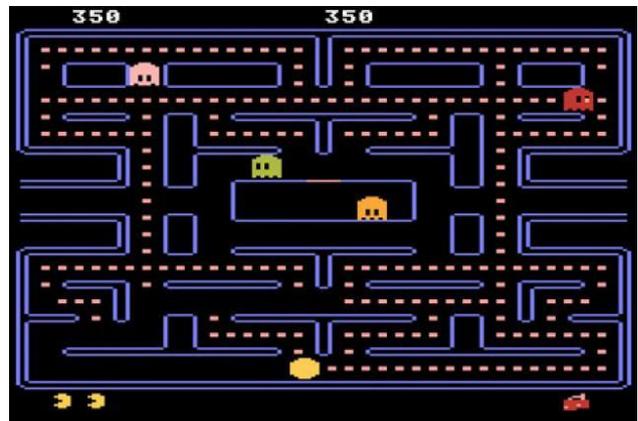
Gambar 2.3 Graf Tidak Sederhana

D. Terminologi Graf

- Ketetanggaan : Dua buah simpul disebut bertetangga apabila ada sebuah sisi yang menghubungkan langsung keduanya
- Bersisian : Sebuah sisi bersisian dengan simpul yang dia sambungkan
- Simpul Terpencil : Sebuah simpul yang tidak memiliki sisi yang bersisian dengannya.
- Graph Kosong : Sebuah Graf yang tidak memiliki sisi
- Derajat : Derajat dari simpul adalah banyaknya sisi yang bersisian dengan simpul tersebut

- Lintasan : Urutan dari sisi dan simpul yang dimulai dari simpul pertama hingga simpul tujuan dimana sisi harus bersisian dengan simpul yang dilalui.
- Sirkuit : Sirkuit adalah Lintasan dimana simpul awal dan sampul akhirnya merupakan simpul yang sama.
- Terhubung : Dua simpul dikatakan terhubung apabila ada lintasan yang dapat dilalui diantara dua simpul tersebut
- Upagraf : Misalkan $G = (V, E)$ adalah sebuah graf. $G_1 = (V_1, E_1)$ adalah upagraf (subgraph) dari G jika $V_1 \subseteq V$ dan $E_1 \subseteq E$.
- Upagraf Rentang : Adalah upagraf yang memiliki semua simpul dari induk grafnya
- Graf Berbobot : Adalah graf yang setiap sisinya diberi sebuah harga

2.2 Video Game



Gambar 2.3 Video Game (PacMan)

A. Definisi Video Game

Permainan yang menggunakan interaksi dengan antarmuka pengguna melalui gambar yang dihasilkan oleh peranti video. Permainan video umumnya menyediakan sistem penghargaan – misalnya skor – yang dihitung berdasarkan tingkat keberhasilan yang dicapai dalam menyelesaikan tugas-tugas yang ada di dalam permainan.

B. Jenis Video Game

- Fighting games
Ragam permainan dimana terjadi pertarungan satu lawan satu antara dua karakter, salah satunya dapat merupakan komputer.
- First Person Shooter
Ragam game yang fokusnya adalah senjata yang dilihat oleh pemain melalui sudut pandang orang pertama
- Third Person Shooter

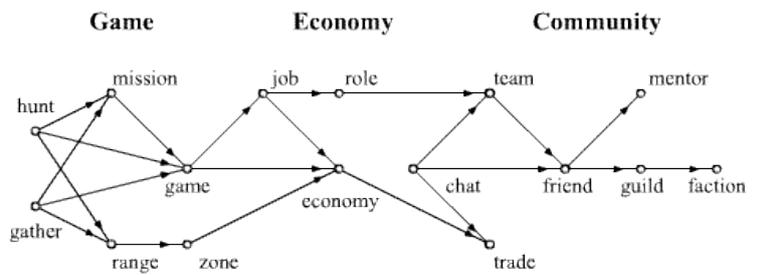
Ragam game yang fokusnya adalah senjata yang dilihat oleh pemain melalui sudut pandang orang ketiga

- **Racing Game**
Ragam game dimana pemain akan menjadi/terlibat dalam suatu perlombaan yang menggunakan kendaraan
- **Sport Game**
Ragam game dimana pemain akan memainkan suatu olahraga melalui media game, yang dikontrol dapat berupa seorang pemain atau satu tim
- **Role Playing Game**
Ragam game dimana pemain akan mengontrol seorang atau lebih karakter di dalam dunia yang telah buat oleh developer
- **Action-Adventure Game**
Ragam game dimana pemain akan melakukan berbagai aksi yang tujuan utamanya adalah melalui suatu daerah tertentu
- **Real Time Strategy Game**
Ragam game dimana pemain akan melakukan berbagai aksi yang didasari strategi untuk mengalahkan orang lain atau komputer
- **Turn Based Game**
Ragam game dimana pemain akan melakukan suatu aksi dan musuh akan melakukan aksi secara bergantian

III. PEMBAHASAN

A. Aplikasi Graph dalam Game Design

Pada game design penerapan dari teori graf sudah banyak. Banyak aspek dari sistem dan flow dari game telah didesain dengan sistem graph. Hal ini dilakukan karena dengan mendesain komponen ini dengan sistem graf maka sistem dapat dilakukan dengan mudah. Pemetaan ini sangat lah membantu dalam membuat semua mekanik dan flow dari game terasa berimbang dan balance. Contoh dari penerapan ini adalah dengan sistem graf untuk menggambarkan keterkaitan semua komponen dari suatu dunia *RPG(Role Playing Game)*.



Gambar 3.1 Contoh graf dalam keterhubungan mekanik game

Dapat dilihat dari gambar 3.1 dimana keterhubungan dari komponen mekanik game dihubungkan dengan graf. Dengan sistem graf ini maka proses mendesain game akan lebih terarah dan lebih mudah untuk diaplikasikan. Dengan sistem graf ini dapat dilihat bahwa dalam proses development mission, para developer tidak perlu mementingkan hubungan game dengan guild secara langsung karena dapat lihat dari graf kedua aspek dari game tidak terhubung secara langsung sehingga proses development tidak perlu mementingkan aspek tersebut. Dengan adanya graf ini maka proses streamlining dari pembuat game akan lebih mudah dan developer tidak perlu selalu berkoordinasi satu sama lain secara terus menerus karena hanya perlu komunikasi di bagian pembuatan mekanik yang memang berhubungan satu sama lain.

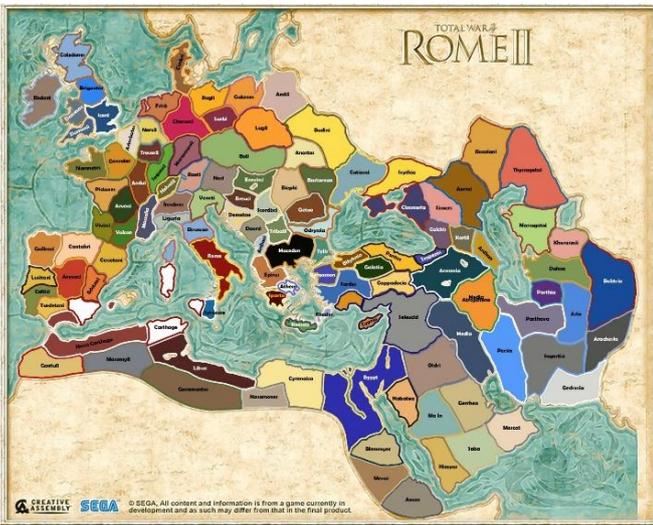


Gambar 2.4 Game Turn Based Strategy (XCom Enemy Unknown)



Gambar 2.5 Game Role Playing (Elder Scrolls V: Skyrim)

Pemakaian graf juga digunakan untuk implementasi dari pembuatan map dari suatu game. Dimana map ini akan dibuat dengan graf untuk menunjukkan keterhubungan antara setiap isi dari game itu sendiri. Implementasi ini dapat dilihat misalnya pada game mobile dengan adanya map dimana pemain hanya dapat menuju map berikutnya jika telah menyelesaikan map awal dan pemain dapat kembali ke posisi/map yang telah diselesaikan. Pada game besar(PC,Console) implementasinya :



Gambar 3.2 Desain Map dengan Graf

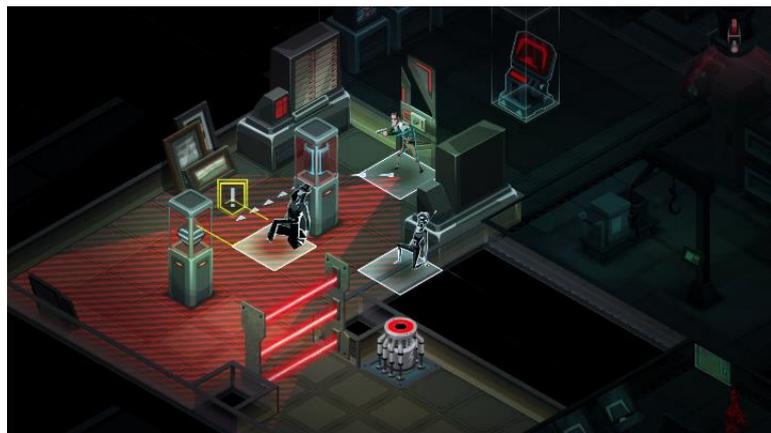
Pada gambar 3.2 dapat dilihat aplikasi dari graf pada desain map game strategi *Total War Rome II*. Kalau dilihat dari gambar memang tidak kelihatan aplikasi dari graf karena desain diatas dibuat untuk kenyamanan desain. Tapi sistem kerja dalam gamenya map ini dibuat dengan prinsip graf, dimana ketika player ingin menyerang suatu daerah maka player harus berada didaerah yang terhubung dengan daerah yang ingin diserang, jadi pemain tidak dapat menyerang daerah yang paling selatan jika pemain berada di utara map tanpa “berjalan” melalui daerah yang menghubungkan kedua daerah. Dan masih banyak lagi bagian dari game yang dibuat dengan sistem graf, dan desain AI video game juga akan dibahas lebih lanjut pada subbab berikut ini

B. Aplikasi Graph dalam AI Game

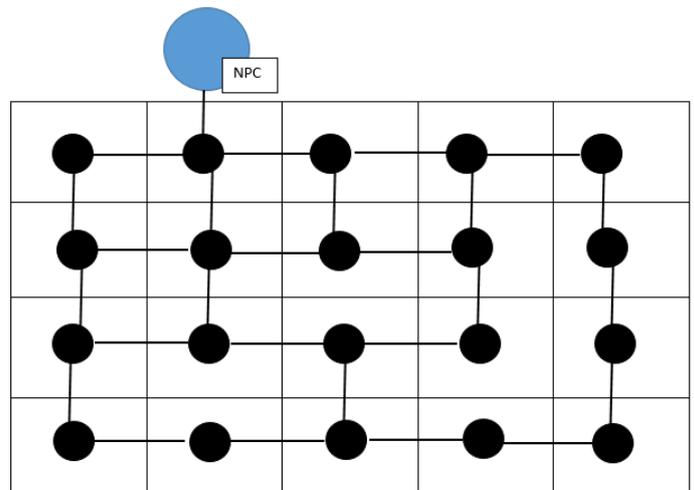
Aplikasi graf penting lainnya dalam game design adalah dalam pembuatan AI game. AI game dalam hal ini adalah perilaku yang dimunculkan/dilakukan oleh NPC(Non Playable Character). AI dalam dunia game sangatlah penting dengan semakin berkembangnya dunia game dan teknologi yang mendukungnya. Pada awal sepak terjang dari game, AI NPC tidak terlalu penting dalam game karena game didesain dengan pola piker pure gameplay (fokus ke gameplay), tapi dengan semakin berkembangnya game dan teknologi development game maka perlunya AI yang bagus adalah hal yang sangat penting. Hal ini dapat diamati dari game-game sekarang yang sangat berpegangan kepada AI yang responsif dan desain AI yang menarik. AI game pada mulanya digunakan sebagai jalur/cara untuk menyalurkan cerita yang sebelumnya disampaikan dengan text dilayar, tapi dengan semakin malasnya pemain untuk membaca text diperlukan suatu cara untuk menyampaikan cerita dan informasi dengan menarik, disinilah AI akan berperan banyak. Tapi dengan berjalannya waktu maka, NPC dibutuhkan bukan cuma sebagai media penyalur tapi juga sebagai komponen penting untuk membuat game menjadi menarik. Dapat dilihat dari misalnya game RPG dimana pemakaian NPC

adalah untuk menjadi komponen yang membuat dunia game menjadi semakin nyata dan semakin mudah untuk diresapi oleh pemain.

Dengan semakin pentingnya NPC dan AI Game maka semakin dibutuhkan juga desain dari AI game yang semakin bagus dan semakin nyata dan realistis. Graf adalah salah satu cara yang paling efektif untuk membentuk sistem AI tersebut. Dengan adanya graf maka pemetaan dari pola perilaku NPC/AI game akan semakin mudah dan dapat dibuat semakin kompleks, Sistem graf akan memungkinkan perilaku NPC untuk semakin beragam dan responsif dibandingkan jika perilaku NPC hanya dibuat secara biasa dan linear/single behavior. Sistem NPC sebenarnya telah banyak digunakan dalam game-game sekarang, yang paling dapat diamati adalah pada game-game RPG dimana interaksi dari NPC-NPC,NPC-Player, dapat digambarkan dengan graf serta juga dalam game strategi dimana gerakan dari musuh/NPC dapat digambarkan dengan graf.



Gambar 3.3 Pemakaian graf dalam gerak NPC

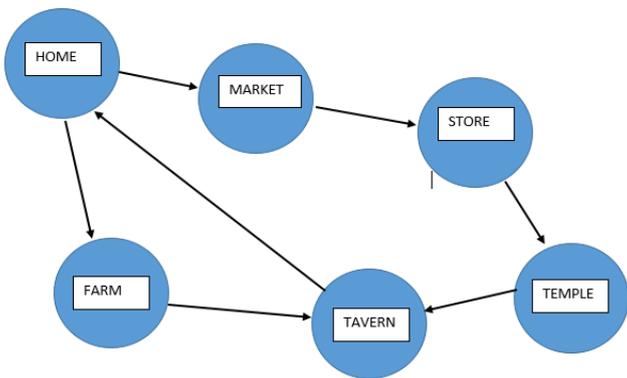


Gambar 3.4 Graf gerak NPC dalam grid sebagai simpul

Dari gambar 3.3 dan 3.4 pemakaian graf dalam game strategi dalam hal ini khususnya game strategi turn

based dimana gerak NPC akan sesuai dengan grid yang dalam hal ini simpul dan akan bergerak sesuai dengan keterhubungan antara grid(simpul) tersebut.. NPC dengan sistem dimana akan mengecek suatu kejadian(event) yang dilakukan oleh player akan sesuai dengan graf dimana NPC akan bergerak sesuai dengan posisi awalnya (simpul awal) ke posisi event “trigger”(simpul akhir). NPC akan bergerak berdasarkan sistem keterhubungan tersebut.

Sistem AI yang lain yang dapat memanfaatkan graf adalah pathfinder. Dimana AI NPC akan memiliki sistem tertentu dimana perilaku AI akan bergantung dengan kondisi yang tersedia di dalam game/ atau karena aksi player. Pathfinder ini umumnya digunakan untuk menjadi pemetaan pergerakan NPC disuatu kota kecil game tersebut, mulai dari kemana NPC tersebut pergi pertama kali sampai kembali ke rumah. Sistem AI NPC dengan pemetaan graf ini umumnya ditemukan di game RPG (*Role Playing Game*)



Gambar 3.5 Graf dalam implementasi Pathfinder NPC/AI game

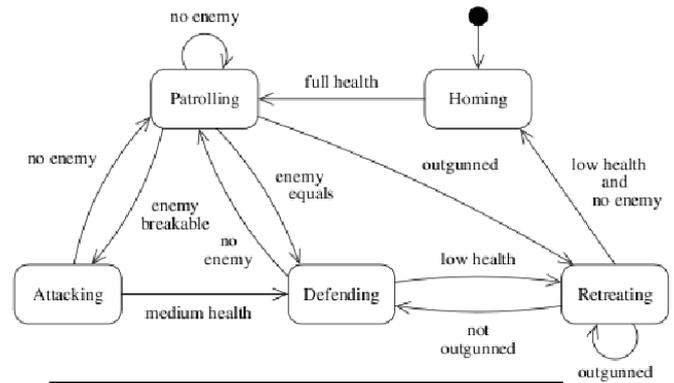
Pada gambar 3.5 adalah graf yang menunjukkan pemakaian/implementasi umum dari pathfinder NPC/AI game. Dari sistem graf ini pergerakan dari NPC akan dapat dilihat dan akan dilakukan oleh NPC tersebut sesuai dengan keterhubungan dari setiap simpul. Di sini dapat dilihat bahwa daerah yang dikunjungi oleh NPC disimbolkan dengan simpul dan edge yang berarah menyimbolkan pergerakan/perilaku dari NPC.

Tapi walaupun pemakaian graf ini sudah cukup banyak dalam implementasi dari desain AI game masih banyak yang dapat diimplementasikan atau ditambahkan berhubungan dengan graf AI NPC.

C. Pengembangan AI Game dengan Graf

Walaupun pemakaian graf dalam AI game sudah banyak tapi masih banyak lagi cara yang dapat dilakukan untuk mengembangkan AI NPC dengan memakai teori graf. Pada umumnya, pemakaian teori graf untuk AI NPC

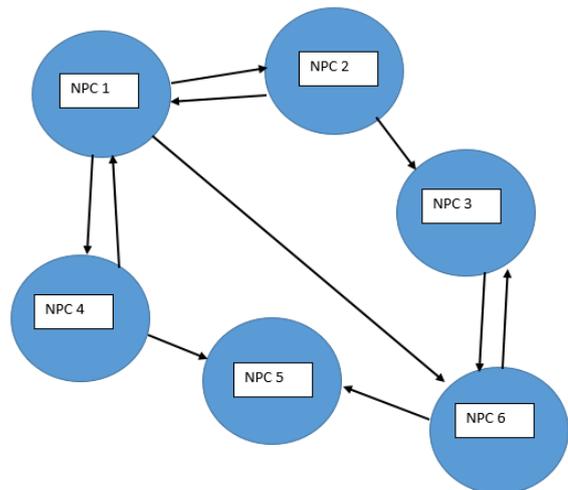
adalah untuk pergerakan(khususnya untuk game strategi dengan grid system), dan juga pola pergerakan dari NPC disuatu daerah dengan wilayah sebagai simpul dan pergerakan NPC sebagai edge. Tapi selain itu banyak potensi dari graf untuk desain AI game yang dapat digunakan salah satunya adalah dengan membuat sistem graf yang tidak-sederhana, dimana akan merepresentasikan pergerakan dari NPC yang lebih kompleks dan lebih sulit diprediksi seperti di dunia nyata(seperti pergerakan orang)



Gambar 3.6 Graf Tidak Sederhana untuk perilaku AI NPC

Dapat dilihat dari gambar 3.6 dimana dapat digunakan graf tidak sederhana untuk membuat pola perilaku dari NPC/AI game lebih kompleks dan lebih responsive terhadap adanya perubahan pada parameter dunia game tersebut. Dari gambar 3.6 dapat dilihat bahwa dengan desain graf untuk perilaku maka NPC dapat berada dalam state yang lebih dinamik dibandingkan ketika dibuat dengan linear/single behavior, atau dengan graf sederhana dimana perilakunya menjadi mudah diprediksi.

Salah satu bentuk lain penggunaan graf adalah dengan penunjuk state player terhadap NPC dan perilaku NPC terhadap state tersebut berdasarkan graf



Gambar 3.7 Graf untuk AI game dalam state dengan AI lainnya

Dari gambar 3.7 dapat dilihat bahwa dengan graf dapat pula dipetakan desain perilaku dari NPC game dengan memahami state(keterhubungan) antara NPC dengan NPC yang lain. Dengan pemakaian graf maka dapat dibuat/didesain sistem perilaku dari NPC game, dimana ketika ada keterhubungan antara satu NPC dengan NPC yang lain(simpul dengan simpul yang lain) maka perilaku dari NPC dapat berbeda, dengan ini maka dapat didesain perilaku NPC yang semakin nyata dan realistis. Desain dengan graf ini akan membuat hubungan antara AI game dapat menjadi realistis bukan hanya tulisan semata (misal dengan antara karakter suami dan istri memiliki perilaku berbeda).

Masih banyak lagi sistem graf yang dapat diterapkan ke dalam desain game khususnya dalam pengembangan AI game/NPC. Paparan diatas hanya sebagian kecil dari cara-cara yang mungkin dilakukan untuk implementasi graf dalam desain game.

IV. KESIMPULAN

Dengan semakin berkembangnya teknologi, semakin berkembang pula cara-cara untuk membuat desain game yang lebih baik, menyenangkan, dan lebih realistis bagi pengguna, itu juga termasuk ketika mendesain AI game. Proses desain yang awalnya hanya dapat dilakukan dengan sederhana, sekarang dapat dilakukan dengan lebih kompleks dengan alat yang lebih mudah dipakai. Cara pengembangannya pun juga bermacam-macam, salah satunya dengan graf.

Pemakaian graf dalam desain game memang sudah banyak, tapi belum mencapai potensi yang maksimum. Sangat banyak pengembangan AI game yang dapat dilakukan jika dilakukan implementasi teori graf yang sesuai, mulai dari perilaku AI/NPC yang lebih responsif dengan desain graf perilaku yang lebih kompleks juga, sampai implementasi graf pada keterhubungan perilaku antar NPC yang membuat sistem AI lebih kompleks tapi dapat menghasilkan desain game yang lebih menarik.

REFERENSI

- [1] Munir, Rinaldi, Matematika Diskrit. Bandung : Penerbit Informatika, Palasari
- [2]https://www.researchgate.net/profile/Diana_Adamatti/publication/260488222/figure/fig2/AS:297229974818821@1447876556519/Fig-2-FSM-of-a-soldier-NPC.png diakses pada 8 Desember 2016
- [3]<https://www.kleientertainment.com/sites/default/files/games/invisible-inc./gallery/vault-danger.png> diakses pada 8 Desember 2016
- [4] http://static.giantbomb.com/uploads/original/8/81005/2342447-xcomgame_2012_10_12_15_53_58_45.png diakses pada 8 Desember 2016
- [5] <http://www.godisageek.com/wp-content/gallery/elder-scrolls-v-skyrim/skyrim-screenshots-foresthunt.jpg> diakses pada 8 Desember 2016
- [6] <http://imgur.com/rjoMxAk> diakses pada 8 Desember 2016

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, 8 Desember 2016



Trevin Matthew Robertsen -13515027