

Aplikasi Teori Graf-Berarah pada Narasi Game Open-World Non-Linear

Mohamad Falah Sutawindaya 13518102

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

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

13518102@std.stei.itb.ac.id

Abstract— Narasi adalah bagian penting dari game, Banyak dari desain game modern mengambil banyak pendekatan untuk menjadikan game produksi mereka serealistis mungkin, orang dapat membayangkan game yang hanya memiliki satu narasi seperti kebanyakan novel yang ceritanya hanya memiliki satu alur yang membawa pembaca dari satu titik ke titik terakhirnya saja, Game yang digunakan untuk mengembangkan cara ini adalah mereka membuat satu cerita linier seperti di film atau novel, pemain akan selalu berada pada storyline atau plot yang sama pada alur kronologikal tersebut. Pengembang atau developer game saat ini memiliki banyak pendekatan untuk menjadikan game mereka seinteraktif mungkin, mereka membiarkan pemain memutuskan narasi apa yang akan mungkin dimainkan, membuat setiap aksi yang diambil pemain memiliki konsekuensi terhadap narasi keseluruhan game itu sendiri, setiap pemain dapat memiliki pengalaman yang berbeda dari yang lain tergantung pada keputusan mereka sepanjang game. Pendekatan ini telah mengarah pada penerapan teori graf yang memungkinkan cerita memiliki alur percabangannya, memungkinkan game membuat alur cerita yang berbeda berdasarkan aksi pemain, yang dapat dikonsepsikan sebagai graf. Banyak aksi berbeda yang di buat pemain dapat membuat simpul atau hasil yang berbeda, tetapi dengan semua tindakan atau yang berbeda itu juga dapat menyebabkan konsekuensi alur narasi yang sama, itu sebabnya kami memilih graf-berarah untuk mensimulasikan alur narasi yang kompleks.

Keywords—Directed Graph, Branching-Story Game

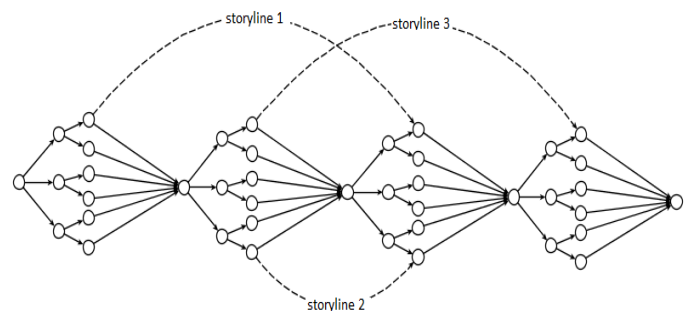
I. PENDAHULUAN

Narasi atau cerita sebagai bentuk entertainment, dalam bentuk cerita lisan, tertulis, atau visual, banyak memainkan peran yang vital dalam kehidupan kita sehari-hari. Dua orang ilmuwan sastra Blair dan Meyer (1997) mendefinisikan istilah "narrative intelligence" untuk merujuk pada kemampuan manusia atau komputer untuk mengatur berbagai pengalaman yang berkaitan menjadi narasi yang padu. Baru-baru ini, narrative intelligence telah diterapkan pada konteks dunia virtual games untuk menciptakan sistem naratif interaktif.

Sistem narasi interaktif adalah pilihan aksi dari interaksi narasi pada player untuk menjalankan konsekuensi ceritanya dan pengguna atau player dianggap sebagai karakter dalam cerita, dapat berinteraksi dengan elemen pada semua unsur atau hal yang di tawarkan sistem atau game tersebut.

Pendekatan standar untuk memasukkan cerita ke dalam sistem komputer, bagaimanapun adalah naskah cerita yang di

buat pada waktu desain. Artinya, perancang sistem menentukan terlebih dahulu apa cerita yang seharusnya dan memasukan cerita dalam bentuk hard-code atau algoritma ke dalam sistem.



Gambar 1. Ilustrasi Storyline Graf-Berarah

Source: www.thestoryelement.wordpress.com

Agar sistem komputer dapat menggunakan cerita yang dituliskan, berarti membuat kemampuan sistem untuk beradaptasi dengan preferensi dan kemampuan pengguna terbatas.

Cerita yang dituliskan dalam suatu sistem mungkin tidak sepenuhnya menarik minat pengguna atau mungkin terlalu menantang atau sulit untuk diikuti oleh pengguna. Lebih jauh, jika cerita ditulis pada waktu desain, suatu sistem hanya dapat memiliki jumlah cerita yang terbatas yang dapat disajikan kepada pengguna.

Dalam aplikasi entertainment, sejumlah cerita terbatas atau sejumlah permutasi dari satu cerita dalam game komputer menghasilkan replayability terbatas dari game itu. Pendekatan alternatif dari permasalahan ini adalah menghasilkan cerita baik secara dinamis atau per sesi (satu cerita per kali sistem terlibat).

Pembuatan narasi adalah proses yang melibatkan pemilihan konten naratif, delivery konten dari narasi itu sendiri dan presentasi melalui wacana atau konsep dari konten naratif. Suatu sistem yang dapat menghasilkan cerita yang mampu mengadaptasi narasi dengan preferensi dan kemampuan pengguna, telah memperluas "nilai replay" atau replayability dan mampu berinteraksi dengan pengguna dengan cara yang awalnya tidak dibayangkan oleh perancang system atau suatu kondisi permutasi keputusan.

Membuat nya sebagai media entertainment yang lebih interaktif karena pembuatan keputusan narasi juga di bebaskan

oleh pilihan pemain. Penerapan narasi graf-berarah ini mampu membuat perbedaan storyline tetapi juga tetap mempertahankan alur umum game tersebut membuat game tersebut lebih interaktif pada level detail.

II. TEORI DASAR

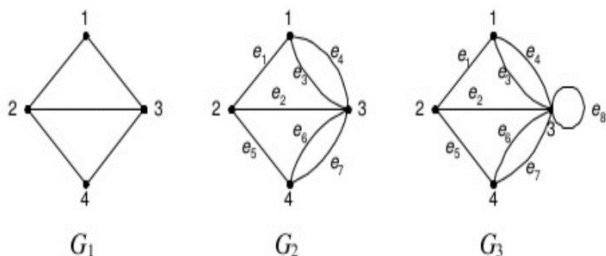
2.1 Graf

Graf adalah himpunan yang terdiri dari titik-titik atau verteks yang terhubung satu sama lain oleh sisi atau busur. Graf secara formal didefinisikan dalam notasi $G = (V, E)$ dengan G adalah himpunan tidak kosong yang terdiri dari V yaitu himpunan verteks dan E yaitu himpunan sisi.

Simpul atau node dalam graf dapat dinamai dengan huruf seperti a,b,c,d, .. ,z , dengan angka 1,2,3 , ... ,9 atau berupa string dari gabungan keduanya. Sedangkan sisi atau edge dituliskan sebagai pasangan dari dua buah simpul yang menghubungkannya. Misalkan terdapat sisi yang menghubungkan simpul antara a dan b, maka $E = (a,b)$ dimana E adalah edge atau sisi yang merepresentasikan node a dan b.

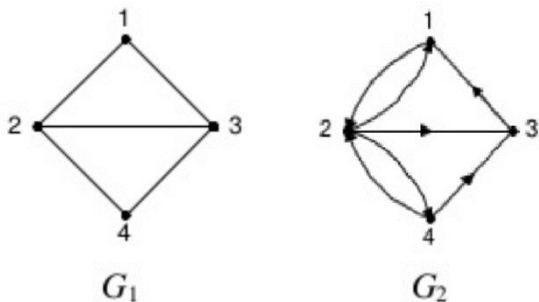
Graf biasa digunakan untuk merepresentasikan objek-objek diskrit dan hubungan antara objek-objek tersebut. Graf dapat di bagi menjadi beberapa jenis kategori yaitu berdasarkan beberapa sifat berikut yaitu, yang pertama adalah struktur nya yaitu memiliki struktur selain satu plain garis seperti gelang atau memiliki sisi yang ganda.

kemudian berdasarkan dari orientasi arah sisinya, yaitu berarah dan tidak-berarah, graf yang berarah adalah graf yang memiliki orientasi gerak atau arah pada setiap sisinya, sebaliknya graf tidak berarah tidak. Graf sederhana adalah graf yang tidak memiliki gelang dan sisi ganda pada sisi-sisinya.



Gambar 2. (a) Graf sederhana (b) Graf tidak sederhana (c) Graf tidak sederhana

Source : Munir, Rinaldi. 2016. Matematika Diskrit, edisi 6.



Gambar 3. (a) Graf tak-berarah (b) Graf berarah

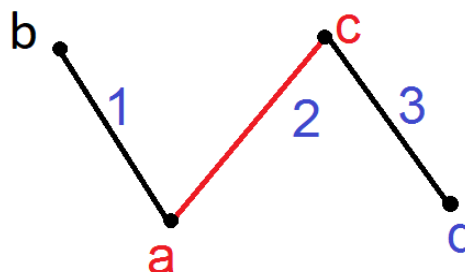
Source : Munir, Rinaldi. 2016. Matematika Diskrit, edisi 6.

2.2 Terminologi Umum Graf

Pembahasan berikut banyak meliputi terminologi/istilah teknis pada graf yaitu:

1. Bertetangga (Adjacent)

Dua buah simpul dikatakan saling bertetangga (Adjacent) apabila terdapat 2 buah simpul yang terhubung oleh sebuah sisi. Jika terdapat sebuah sisi (u,v) maka u bertetangga dengan v .



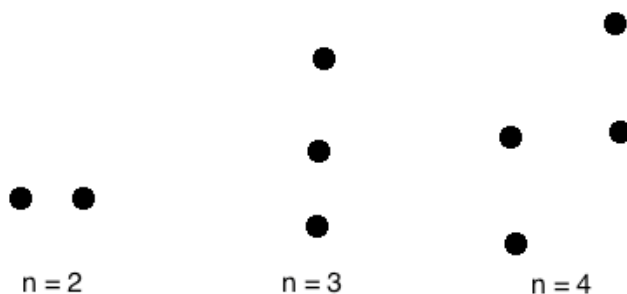
Gambar 4. Ilustrasi Bertetangga Graf
Source: <https://www.quora.com/What-is-the-best-definition-of-two-adjacent-edges-in-graph>

2. Bersisian (Incident)

Dikatakan, e bersisian dengan simpul u dan simpul v , untuk sembarang $e = (u,v)$.
3. Simpul terencil (Isolated Vertex)

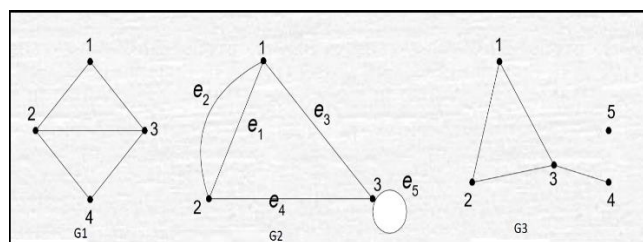
Disebut simpul terencil karena simpul tersebut tidak memiliki satu pun sisi yang bersisian dan tidak bertetangga dengan simpul-simpul yang lain.
4. Graf Kosong (Null Graph)

Graf terdiri dari himpunan simpul dan himpunan sisi. Graf kosong adalah graf yang himpunan sisi penyusunnya merupakan himpunan kosong.



Gambar 5. Ilustrasi Null-Graph
Source: <https://www.quora.com/What-is-the-best-definition-of-two-adjacent-edges-in-graph>

5. Derajat (Degree)



Gambar 6. 3 Graph Sederhana

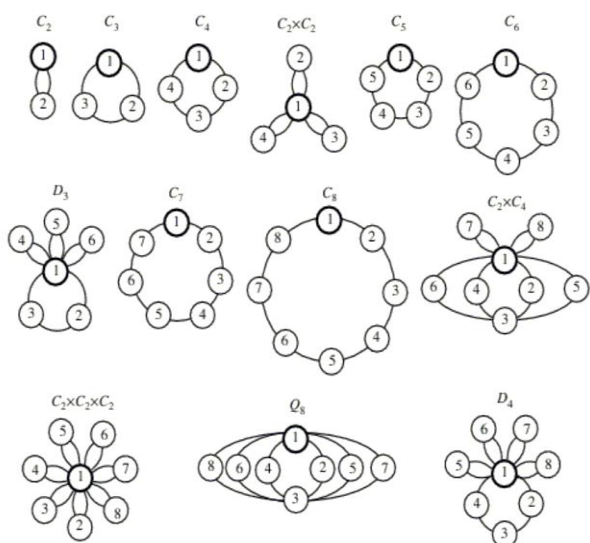
Source: Munir, Rinaldi. 2016. Matematika Diskrit, edisi 6. Menyatakan derajat suatu simpul pada graf sederhana adalah dengan melihat jumlah sisi yang langsung terhubung dengan simpul tersebut, contoh derajat node 1 pada graf 1 terhubung dengan 2 sisi, maka dari itu $d(1) = 2$.

6. Lintasan (Path)

Lintasan yang panjangnya n dari simpul awal v_0 ke simpul tujuan adalah barisan selang-seling antara simpul-simpul dan sisi-sisi yang berbentuk $v_0, e_1, v_1, e_2, v_2, \dots, v_{n-1}, e_n, v_n$ sedemikian sehingga $e_1 = (v_0, v_1), e_2 = (v_1, v_2), \dots, e_n = (v_{n-1}, v_n)$ adalah sisi-sisi di dalam sebuah graf G .

7. Siklus atau sirkuit (Cycles)

Siklus adalah lintasan yang berakhir dan berakhir pada simpul yang sama. Satu siklus akan di definisikan ujung dari nya akan sama dengan node awalnya.



Gambar 6. Ilustrasi Sirkuit Graf

Source: <https://www.quora.com/What-is-the-best-definition-of-two-adjacent-edges-in-graph>

8. Terhubung

Dua buah simpul dapat dikatakan terhubung jika dan hanya jika memenuhi syarat bila terdapat lintasan dari simpul u ke v . Graf terhubung merupakan graf yang setiap pasang dari simpulnya saling terhubung. Graf berarah dapat dikatakan terhubung jika graf tak-berarahnya terhubung. Terdapat dua jenis graf terhubung berarah, yaitu graf berarah terhubung kuat dan graf berarah terhubung lemah. Disebut terhubung kuat jika setiap lintasan dari simpul u ke simpul v , maka lintasan sebaliknya terhubung

9. Upagraf (subgraf)

Subgraph adalah himpunan bagian dari graf yang lebih dari atau sama besar, misalkan terdapat sebuah graf yang didefinisikan oleh $G = (V, E)$. Maka, $G = (V_1, E_1)$ adalah upagraf dari G jika $V_1 \subseteq V$ (V_1 elemen dari V) dan $E_1 \subseteq E$ (E_1 elemen dari E).

10. Cut-set

Cut-set adalah himpunan sisi dari graf utama yang jika dibuang maka graf tersebut akan menjadi graf yang tidak terhubung lagi.

11. Graf berbobot (weighted-graph)

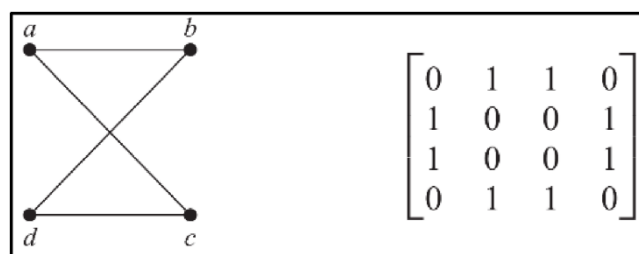
Graf berbobot adalah graf yang setiap sisinya memiliki bobot atau nilai tergantung perspektif pemberi nilai

2.3 Representasi Lain Graf

Merepresentasikan suatu graf yang di nyatakan dalam notasi matematis tidak hanya dengan metode gambar yang memperlihatkan node-node yang terhubung, untuk memudahkan nya dalam melakukan komputasi dengan node-node atau edge dari graf tersebut, graf bisa di nyatakan dalam bentuk matriksnya yang menyatakan ketetanggaan dan sisi pada baris dan kolom pada node atau edge matriks nya. Berikut adalah metode nya:

1. Matriks Adjency (Matriks ketetanggaan)

Menyatakan tetangga dari node-node pada graf tersebut. Node tersebut di nyatakan dalam matriks berukuran $N \times N$, setiap nilai bilangan N akan menyatakan node nya, dan diagonal atau persilangan antara baris dari kolomnya menyatakan ketetanggaan dari node pada graf tersebut. Baris dan kolom matriks nya di nyatakan dari node-node graf nya.

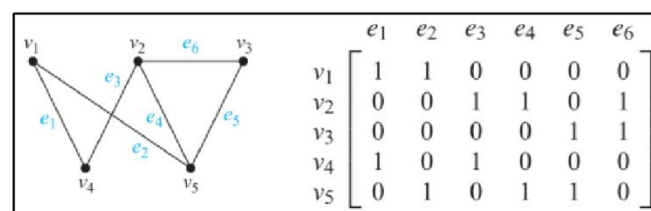


Gambar 7. Matriks adjency representasi graf

Source: Discrete Mathematics and Its Applications, Seventh Edition, Kenneth H Rosen, Page 669

2. Matriks Incidence (Matriks Sisi)

Menyatakan sisi-sisi yang berhubungan dengan suatu node pada graf, Matriks tersebut akan berukuran $M \times N$, karena setiap baris akan menyatakan node dan kolom akan menyatakan sisi atau edge yang sudah di definisikan atau di tandai pada graf terkait yang akan di representasikan dalam bentuk matriks incidence nya. Sebagai contoh: node v_1 berhubungan dengan sisi 1 dan sisi 2 (e_1 dan e_2).



Gambar 8. Matriks incidence representasi graf

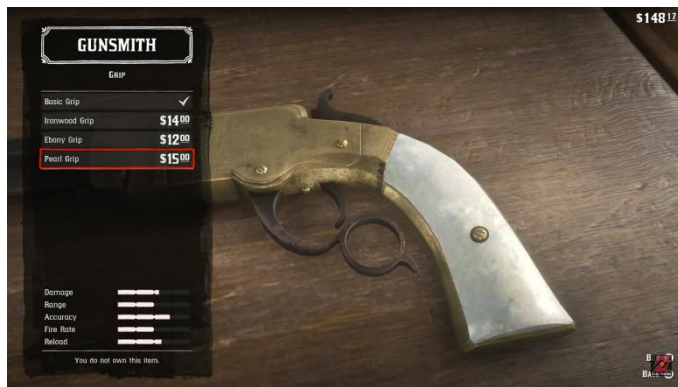
Source: Discrete Mathematics and Its Applications, Seventh Edition, Kenneth H Rosen, Page 669

2.4 Role-Playing Games

RPG atau role-playing game adalah game yang mengasumsikan pemain bermain sebagai karakter dalam setting fiksi, pemain akan mengambil tanggung jawab dalam melakukan aksinya pada karakternya dalam alur narasi game

nya, mungkin dari aksi secara literal atau dari melakukan proses yang terstruktur dari pengambilan keputusan yang berkaitan dengan menaikkan level karakternya. Open-world adalah salah satu turunan dari genre role-playing games dimana karakter akan terus di kembangkan pada game tersebut sepanjang player memainkan karakter pada gamenya dengan berbagai tawaran objektif/misi yang bisa di lakukan pemain pada game tersebut. Misi, karakter, dan narasi pada game memberikan pengalaman narasi dari cerita yang di lakukan pemain.

branching-story untuk menstimulasikan berbagai elemen yang terjadi pada dunia virtual nya.



Gambar 9. Kustomisasi pengembangan karakter pada RPG-Game

Source: <https://www.youtube.com/watch?v=Sv8ICiWJAHw>

Gambar diatas adalah contoh kustomisasi yang di lakukan pada stats yang di miliki pemain pada game tersebut, yaitu elemen senjata, dimana senjata memiliki level kustomisasi tersendiri dan level untuk memberikan damage lebih, ini adalah salah satu contoh pengembangan karakter yang bisa di lakukan pada game RPG.

2.5 Open-World Games

Dalam istilah video games, open-world adalah genre dengan dunia virtual di mana pemain dapat bereksplorasi dan menyelesaikan suatu tujuan dengan cara yang bebas, sebagai anonym dari dunia virtual dengan gameplay yang linier dan terstruktur, Daya tarik utama dari open-world game adalah open-world game menawarkan simulasi yang lebih realistis yang memungkinkan player untuk mengembangkan atau develop karakter dan aksi mereka dalam langkah yang player pilih. Beberapa orang menilai kualitas open-world games dari cara games menarik pemain untuk bisa berinteraksi dengan tingkat yang lebih luas dari cara mereka mengebaikan tujuan atau narasi utama, beberapa game membuat pengaturan atau simulasi realistis dengan memodelkan open-world games seperti new-york city, tantangan utama dari game semacam ini adalah menyeimbangkan kebebasan eksplorasi dengan struktur alur cerita yang kompleks dan dramatis (banyak variable yang mempengaruhi di dibandingkan bermain dengan narasi linier) karena pemain mungkin melakukan aksi yang tidak di harapkan developer maka developer harus memikirkan cara yang lebih kreatif untuk tetap menyeimbangan unsur dan elemen utama open-world games yaitu kebebasan bereksplorasi selagi membuat game tetap pada alur yang ideal atau lebih sederhana (narasi ideal). Open-world games memanfaatkan teknik



Gambar 10. Peta Open-World Games

Source: <https://imgur.com/gallery/SzFyxxg/comment/1521864501>

Di lihat dari ilustrasi diatas dapat dikatakan banyak sekali elemen eksplorasi kebebasan yang bisa di lakukan pemain, seperti melakukan aktivitas tertentu yang mungkin bisa jadi sangat berbeda dari alur utama yang di tawarkan. interaksi dari banyaknya elemen tersebut bisa saja mempengaruhi satu sama lain dari elemen yang ada pada game, membuat nya banyak sekali pemodelan kompleks yang harus di lakukan untuk membuat dapat mempertahankan alur utama dari games tersebut yang di tawarkan oleh developer tersebut, maka dari itu pemodelan mengenai banyak nya elemen bisa di atasi dengan memakai teknik branching-story yang umum di pakai, dari pemodelan struktur data yang terkait satu sama lain dan sifat dari open-world games yang bisa terjadi secara dinamis mempengaruhi banyak elemen untuk itu di butuhkan penerapan dari graph-berarah untuk memudahkan dalam memodelkan alur dari hard-code yang di lakukan developer untuk game agar berjalan secara optimal dalam menumbuh kedinamisan interaktivitas yang di tawarkan game berjenis open-world.

III. IMPLEMENTASI STEP TEKNIK BRANCHING-STORY PADA GAME

1. Teknik Mediasi Narasi

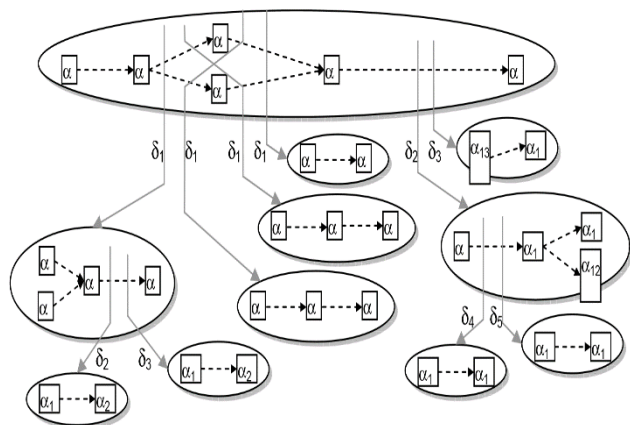
Teknik mediasi narasi adalah Teknik yang biasa di gunakan untuk menghasilkan narasi interaktif (Riedl, Saretto, dan Young 2003; Young et al. 2004), Teknik ini adalah Teknik modern yang biasa di pakai hingga saat ini, karena dapat menangani banyak kemungkinan pengambilan keputusan dari pemain atau user ketika berinteraksi dalam sistem dalam hal ini adalah game dan menangani penyimpangan karena kompleksitas narasi pada game yang meningkat karena banyak nya elemen yang berinteraksi di dalamnya, Teknik ini akan menempatkan aksi dari karakter dari garis besar sistem ini.

Teknik atau sistem ini akan menghasilkan narasi linier yang bisa mewakili kisah ideal yang sudah di tentukan sesuai keinginan pembuat cerita atau developer, algoritma akan mempertimbangkan segala cara yang bisa di capai pengguna pada interaksinya dengan game, interaksi tersebut bisa dalam bentuk dialog atau aksi, atau interaksi dengan karakter lain, Ketika interaksi yang di hasilkan oleh pemain sudah di katakan menyimpang dari Batasan yang di definisikan sistem maka algoritma akan membuat alur cerita alternatif dari titik yang menyimpang, Rencana tersebut berisi keterhubungan eksplisit dari semua aksi, pemain, dan karakter yang di di kendalikan secara ideal oleh sistem dalam suatu rencana tertentu, rencana tersebut akan mendefinisikan urutan secara parsial, membuat nya menjadi hubungan sebab-akibat dari sistem tersebut.

Secara algoritma matematis rencana atau aksi atau node s_1 dan s_2 melalui kondisi atau sisi atau edge yang di nyatakan sebagai e , tertulis dengan $s_1(e) \rightarrow s_2$ (pendefinisian fungsi sederhana dari aksi s_1 pada kondisi e , akan menghasilkan aksi s_2).

Kondisi penyimpangan terjadi ketika kondisi e tidak sesuai yang di harapkan dari sistem atau narasi yang di harapkan developer, tindakan penyimpangan ini menurut Teknik mediasi narasi akan mendeteksi besaran penyimpangan e tersebut, developer akan dapat mengetahui kondisi penyimpangan tersebut secara kronological atau alur kejadian yang tepat untuk skala cerita yang detail dan kompleks atau percabangan cerita semakin banyak.

Algoritma narasi ini akan di terjemahkan menjadi program yang akan menangani alur narasi dari game tersebut, penerapan algoritma narasi atau Teknik narasi ini akan mencegah kemungkinan penyimpangan pada alur narasi sehingga developer tetap dapat membawa alur cerita ideal yang di inginkan. Ilustrasi berikut menggambarkan elemen yang kompleks karena pemain dapat melakukan aksinya sesuai yang di inginkan dan mempertahankannya pada jalur ideal dengan teknik mediasi narasi.



Gambar 11. Ilustrasi mediasi narasi yang menggambarkan kompleksitas elemen yang dapat berinteraksi pada narasi game dan mempertahankan narasi ideal.
Source: <https://www.cc.gatech.edu/~riedl/>

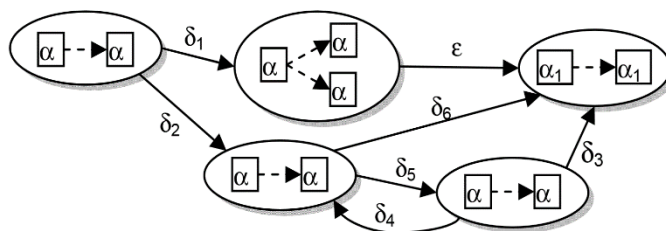
elemen tersebut dapat berupa banyak hal sesuai dengan keperluan game tersebut di buat, elemen-elemen tersebut dapat

mempengaruhi jalan cerita dan tetap mempertahankan kompleksitas cerita ideal yang banyak, contohnya adalah pada beberapa game modern RPG seperti The Witcher 3, elemen tersebut bisa berupa side-quest yang mungkin tidak berhubungan tetapi mempengaruhi jalan cerita keseluruhan (main-quest) tetapi hal tersebut dapat di atasi algoritma atau teknik mediasi narasi ini karena developer bisa menambahkan δ_n atau aksi baru pada cerita ideal. Cerita ideal tersebut di ilustrasikan oleh ilustrasi elemen gambar yang paling atas, elemen graf tersebut dapat memiliki beberapa aksi (di lambangkan dengan percabangan α_n) untuk menghandle atau menangani elemen-elemen di bawahnya.

Elemen tersebut yang berinteraksi dalam skala yang lebih detail dan di gunakan graph linier berarah yang di sebut dengan story-graph. Story-graph mengimplementasikan detail mengenai interaktivitas elemen yang terjadi pada skala alur yang lebih kecil pada alur narasi total.

2. Story-Graph

Teknik mediasi narasi telah menunjukkan bahwa sistem dapat menghasilkan rencana narasi linier secara ideal, di tambahkan dengan fitur merencanakan ulang alternatif narasi pada elemen yang lain untuk menghasilkan narasi yang interaktif karena pemain dapat terus berinteraksi pada elemen-elemen yang di naungi teknik mediasi narasi ini. Elemen-elemen tersebut di ekspresikan sebagai graf-cerita (story-graph atau graph berarah). Penggunaan graf ini pada interaksi aksi adalah cara yang intuitif dan mudah dalam bentuk hard-codenya dalam mengekspresikan interaktivitas elemen di dalamnya. Pada elemen struktur cerita narasi ini graf di arahkan dari node yang di hubungkan oleh busur yang mewakili elemen aksi yang di ambil pengguna, setiap jalur pada elemen ini meng-alurkan hal yang terjadi pada game, elemen control pengguna di batasi banyak nya sisi yang berarah pada jalur graf ini.



Gambar 12. Ilustrasi Story-graph pada alur narasi skala yang lebih kecil di luar elemen linier cerita.
Source: <https://www.cc.gatech.edu/~riedl/>

Implementasi matematis story-graph adalah sebagai berikut. Sistem akan dimulai secara non-interaktif dengan karakter yang dikendalikan sistem melakukan interaksi α_1 dan α_2 atau berupa prologue yang mengawali cerita dengan aksi-aksi awal untuk mengenalkan pengambilan aksi yang bisa di lakukan pengguna. Pengguna kemudian memilih untuk melakukan tindakan δ_1 atau δ_2 . Jika δ_1 dipilih, sistem karakter -kontrol akan melakukan konsekuensi interaksi yaitu α_3 , α_4 , dan α_5 . Transisi ϵ diambil bila tidak ada input dari tindakan atau aksi pemain. Seperti dikatakan

sebelumnya, Node sub-graf pada bagian atas pada teknik mediasi narasi mewakili cerita linier ideal yang akan dilakukan sistem. interaksi α_1 hingga α_6 dilakukan oleh pemain yang diidealkan oleh sistem dan diinginkan oleh pemain. Tindakan δ_1 , δ_2 , dan δ_3 adalah pengecualian atau disebut alternatif yang bisa di tambahkan developer sebagai interaktivitas narasi pada game.

Untuk memberikan kepada pengguna peluang tambahan untuk melakukan interaktivitas seperti halnya pada open-world game yang menganut sistem RPG pada elemen gamenya, pengguna dapat melakukan tindakan di luar kebiasaan dari alur cerita utama kapan saja, terlepas dari cerita linier ideal menyertakan tindakan pengguna atau tidak.

Ada banyak busur untuk pengecualian δ_1 . Ini karena tindakan α_3 dan α_4 dalam node tidak terurutan satu sama lain membuat interaktivitas pada game lebih dinamis dan dijalankan secara natural karena konsekuensi berjalan seiring pemain mengambil aksi dan melakukan interaksi pada banyak elemen yang kompleks dan banyak pada unsur-unsur yang terkandung dalam game tersebut.

IV. KESIMPULAN

Terapan dari graf sangat banyak salah satunya adalah memenuhi obsesi developer game untuk membuat game besutannya semakin realistis dengan teknik-teknik dari sifat-sifat yang bisa diturunkan dari graf, salah satu contoh nyatanya adalah graf bisa diterapkan untuk membuat interaksi pada game jauh lebih realistis, game tidak akan terasa linier karena pemain atau player game tersebut dapat melakukan aksi yang dinamis dan konsekuensi yang langsung dirasakan saat bermain membuat pengalaman bermain game jauh lebih berbeda dari yang sudah ada, dalam hal ini adalah membuat banyaknya interaksi yang bisa terjadi pada suatu game dengan narasi alur yang bisa bercabang atau branching-story games dengan teknik yang merupakan turunan dari sifat yang bisa dimiliki graf.

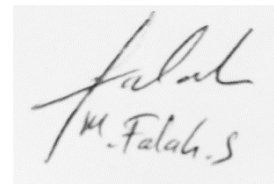
REFERENCES

- [1] Munir, Rinal. 2016. "Matematika Diskrit", edisi keenam. Bandung. Informatika Bandung. (kunjungan: 5 desember 2019)
- [2] MO, Riedl. 2005. "From Linear Story Generation to Branching Story Graphs". (kunjungan: 5 desember 2019)
- [3] Computer and Video Games Radar. 2008. "The complete history of open-world games (part 2)". (kunjungan: 5 desember 2019)
- [4] Harrigan, Pat; Wardrip-Fruin, Noah. 2007. "Second Person: Roleplaying and Story in Playable Media". MIT University Press. (kunjungan: 5 desember 2019)

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, 5 Desember 2019



Mohamad Falah Sutawindaya 13518102