

Implementasi Behavior Tree Terhadap Boss AI Dalam Game 2D Platformer Eternal Twilight

Behavior Tree Implementation of Boss AI in 2D Platformer Game Eternal Twilight

Diva Juan Nur Taqarrub

Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro

E-mail: 111202012560@mhs.dinus.ac.id

Abstrak

Penelitian ini mengimplementasikan metode *Behavior Tree* untuk menentukan perilaku musuh utama (*enemy boss*) dalam game "*Eternal Twilight*." Game ini mengharuskan *player* menghadapi rintangan, menyelesaikan *puzzle*, dan mengalahkan musuh untuk mendapatkan *coin* yang dapat ditukar dengan *item*. Untuk melanjutkan ke *level* berikutnya, *player* harus mengalahkan *enemy boss* di *level* tertentu. *Behavior Tree* memungkinkan pemodelan perilaku musuh yang kompleks. *Grim Boss* menggunakan *Behavior Tree* dalam tiga fase: pada fase pertama, ia memiliki perilaku acak dengan kemungkinan teleportasi dan penggunaan *skill* khusus; pada fase kedua, saat nyawanya ≤ 48 , ia memasuki *mode berserk* dengan serangan dan peluang teleportasi lebih tinggi; dan pada fase ketiga, setelah *Golem Boss* mati, kecepatan serta serangan *Grim Boss* meningkat dengan perilaku acak yang diperbarui. Selain itu, *Grim Boss* melakukan serangan biasa, pengejaran *player*, dan teleportasi acak. Pengujian dengan *Game Experience Questionnaire* (GEQ) terhadap 20 responden menunjukkan nilai rata-rata 3.64, dengan aspek *gameplay* mendapat nilai tertinggi (4.2) dan kelelahan *player* terendah (2.9). Hasil menunjukkan *Behavior Tree* efektif dalam menciptakan perilaku musuh dinamis. Disarankan untuk penelitian selanjutnya menggabungkan AI dengan algoritma *Fuzzy* untuk meningkatkan variasi pergerakan dan pengalaman bermain.

Kata kunci: *Behavior Tree*, AI Dalam Game, *Enemy Boss*, Pengalaman Bermain.

Abstract

This research focuses on implementing the *Behavior Tree* method to determine the behavior of the enemy boss in the game "*Eternal Twilight*". The game involves players facing obstacles, solving puzzles, and defeating enemies to earn coins. To proceed to the next level, players must defeat the enemy boss at a specific level. The *Behavior Tree* method allows for the modeling of complex enemy behavior. The *Grim Boss* in the game follows a three-phase behavior approach: random behavior with teleportation and special skills in the first phase, berserk mode with increased attacks and teleportation opportunities when its life is less than or equal to 48 in the second phase, and increased speed and attack with updated random behavior after the *Golem Boss* dies in the third phase. The *Grim Boss* also performs regular attacks, pursues the player, and teleports randomly. Testing with the *Game Experience Questionnaire* (GEQ) showed positive results, with the *gameplay* aspect scoring the highest and player fatigue the lowest. The study suggests future research to combine AI with *Fuzzy* algorithms to enhance movement variety and the overall gaming experience.

Keywords: *Behavior Tree*, In-game AI, *Enemy Boss*, Play Experience.

1. PENDAHULUAN

Video games menawarkan pengalaman yang sangat bervariasi, dan tingkat kesulitan merupakan salah satu aspek yang paling membedakan pengalaman bermain. Perbedaan dalam tingkat kesulitan dapat memberikan dampak signifikan terhadap kepuasan pemain [1].

menunjukkan bahwa salah satu alasan utama pemain meninggalkan sebuah *game* adalah tingkat kesulitan yang tidak sesuai, baik terlalu mudah maupun terlalu sulit.

Pentingnya desain *level* dalam permainan tidak dapat diabaikan, karena desain *level* yang baik mempengaruhi tingkat kesulitan dan variasi konten dalam permainan [2], variasi konten yang baik dalam desain *level* sangat dianjurkan untuk mencegah kebosanan yang dapat muncul dari *gameplay* yang monoton. Salah satu elemen penting dalam desain *level* adalah *enemy boss* atau bos musuh, yang sering kali menjadi tantangan utama bagi pemain.

Enemy boss, atau bos musuh, adalah karakter yang memiliki kekuatan dan kemampuan jauh lebih tinggi dibandingkan musuh biasa. Karakter ini biasanya muncul pada akhir *level* dan memberikan tantangan tambahan bagi pemain. Mengalahkan *enemy boss* sering memerlukan strategi khusus dan sering kali membuka *level* baru atau memberikan hadiah [3]. Selain itu, *enemy boss* sering kali memiliki latar belakang cerita yang memperkaya alur permainan, menjadikannya karakter yang menantang dan menarik [4].

Dalam pengembangan *game platform 2D*, penerapan kecerdasan buatan (*AI*) pada *enemy boss* sangat penting untuk menciptakan pengalaman bermain yang menarik dan menantang. *AI* pada *enemy boss* tidak hanya menguji strategi dan refleks pemain, tetapi juga berfungsi untuk menambah elemen kejutan dan ketidakpastian dalam *gameplay* [5]. Elemen *platforming* dan konfrontasi dengan *enemy boss* yang menantang sering kali menjadi inti dari pengalaman bermain.

Metode *Behavior Tree* terbukti efektif dalam menggambarkan perilaku *AI* yang kompleks dan memiliki performa yang baik di berbagai jenis permainan [6]. Dengan menggunakan *Behavior Tree*, pengembang dapat merancang tindakan yang terstruktur dan responsif, menetapkan tingkat kesulitan yang sesuai dengan kepribadian *enemy boss* dalam *game platform 2D*, dibandingkan dengan menggunakan *Finite State Machine (FSM)* yang seringkali terbatas dalam kemampuannya [7].

Perkembangan teknologi dalam industri *game* dalam beberapa tahun terakhir telah membuka peluang untuk menciptakan *game* yang lebih menantang dan memuaskan bagi pemain. Kecerdasan buatan dalam *game* kini tidak hanya digunakan untuk mengendalikan musuh tetapi juga untuk mengembangkan alur cerita yang dinamis dan interaktif [8].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengimplementasikan *Behavior Tree* pada *enemy boss* dalam *game "Eternal Twilight"*. Fokus penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi cara yang efektif dalam menerapkan *Behavior Tree* guna meningkatkan pengalaman bermain. Dengan pemahaman yang mendalam dan penerapan *Behavior Tree* yang akurat, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan *gameplay* yang dinamis dan memuaskan bagi para pemain *game "Eternal Twilight"* serta memberikan wawasan baru terkait penerapan teknologi kecerdasan buatan dalam *game platform 2D*.

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini metode yang di usulkan adalah *Behavior Tree* yang merupakan model umum untuk digunakan dalam pengembangan *game* khususnya mengatur perilaku entitas *NPC* bertipe *enemy boss* dengan cara yang lebih adaptif dan dinamis

2.1. Pemetaan Prilaku Logic Enemy Boss

Dalam penelitian ini memiliki metode *Behavior Tree* pada *enemy boss*. Penerapan alur *Behavior Tree* pada *enemy boss* memiliki sifat berbeda-beda, berikut ini adalah sifat setiap *boss* yang dipetakan dalam tabel 1 dan tabel 2:

Table 1 Prilaku boss berdasarkan keunikannya

Grim Boss	Golem Boss
1. Mengejar <i>Player</i> 2. Menyerang <i>Player</i> 3. Mengeluarkan <i>Skill</i> 1 4. Mengeluarkan <i>Skill</i> 2 5. Mengeluarkan <i>Special Skill</i> 6. <i>Teleport Behind Player</i> 7. <i>Teleport</i> Ketempat <i>Random</i> 8. <i>Mode Berserk</i> 9. <i>Summon Golem Boss</i> 10. Menjatuhkan <i>Drop Item</i> 11. Mati	1. Mengejar <i>Player</i> 2. Menyerang <i>Player</i> 3. Mengeluarkan <i>Special Skill</i> 4. Menembakan Laser 5. <i>Immune</i> Terhadap Serangan Dalam Beberapa Detik 6. Mati

Table 2 Pemetaan prilaku enemy boss

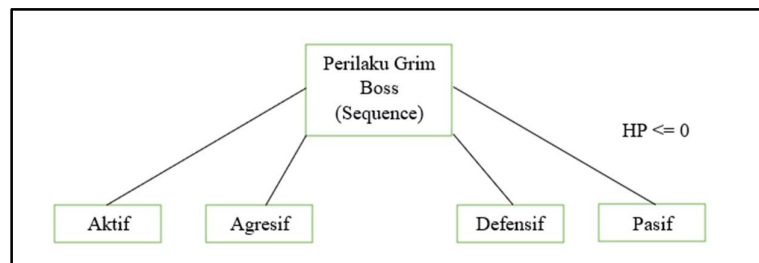
Grim Boss		Golem Boss	
Aktif	<i>Berserk, Summon Golem Boss</i>	Aktif	-
Agresif	Kejar, Serang, <i>Skill</i> 1, <i>Skill</i> 2, <i>Special Skill</i> , <i>Teleport Behind Player</i>	Agresif	Kejar, Serang, <i>Special Skill</i> , Laser <i>Skill</i>
Defensif	<i>Teleport Random</i>	Defensif	<i>Immune</i>
Pasif	Diam	Pasif	Diam

2.2. Behavior Tree Rule

Pada tabel-tabel berikut, setiap *enemy boss* memiliki aturan yang berbeda-beda berdasarkan kondisi spesifik yang telah ditentukan untuk masing-masing boss. Pola gerakan yang dihasilkan oleh setiap *enemy boss* akan berbeda karena setiap boss memiliki karakteristik dan perilaku yang unik. Berdasarkan jenis *enemy boss* yang diidentifikasi, berikut adalah aturan dan pola gerakannya berdasarkan identifikasi boss:

a) Grim Boss

Gambar 1 menunjukkan perilaku umum yang dimiliki oleh *Grim Boss*, yang mencakup empat perilaku utama: aktif, agresif, defensif, dan pasif, dengan agresif terbagi ke menjadi tiga fase.



Gambar 1. Behavior Tree untuk Grim Boss secara umum

Setiap perilaku tersebut dieksekusi secara berurutan, dengan logika *Behavior Tree* untuk *Grim Boss* yang dapat dipahami secara lebih rinci melalui Tabel 3 berikut:

Table 3 Logika Behavior Tree untuk Grim Boss

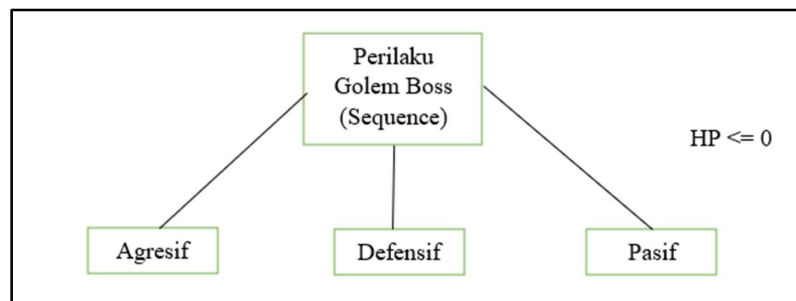
Variabel	Deskripsi Prilaku	Kondisi Pemicu	Tindakan
<i>GrimBoss.ChasePlayer</i>	<i>Grim Boss</i> akan mulai mengejar <i>player</i> setelah <i>player</i> mencapai tempat yang telah ditandai.	<i>Player</i> mencapai tempat yang ditandai	<i>Grim Boss</i> mulai mengejar <i>player</i> .
<i>GrimBoss.GeneralBT</i>	<i>Behavior Tree</i> menyajikan empat perilaku umum <i>Grim Boss</i> yang dijalankan secara berurutan dari aktif sampai pasif, dan berakhir ketika <i>Health Point (HP)</i> mencapai 0 atau dibawahnya.	$HP \leq 0$	<i>Grim Boss</i> menghentikan semua perilaku.
<i>GrimBoss.ActiveBT</i>	Perilaku aktif dieksekusi secara berurutan (<i>Sequence</i>) dari <i>berserk</i> hingga <i>summon Golem Boss</i> , terjadi saat $HP \leq 48$.	$HP \leq 48$	<i>Grim Boss</i> memasuki <i>mode berserk</i> dan memanggil <i>Golem Boss</i> .
<i>GrimBoss.AggressiveBT1</i>	Perilaku agresif fase 1 terdiri dari kejar dan serang, dengan 4 kemungkinan serangan: <i>normal attack</i> , <i>special attack</i> , <i>teleport behind player</i> , <i>random teleport</i> . Di dalam <i>teleport behind player</i> terdapat kemungkinan mengeluarkan <i>skill 1</i> dan <i>random teleport</i> terdapat kemungkinan mengeluarkan <i>special attack</i> serta <i>skill 2</i> .	<i>Player</i> berada dalam <i>attack area Grim Boss</i>	<i>Grim Boss</i> mengejar <i>player</i> , kemudian menyerang dengan salah satu serangan yang mungkin termasuk <i>skill</i> tambahan, diantaranya adalah <i>skill 1</i> , <i>skill 2</i> dan <i>special skill</i> .
<i>GrimBoss.AggressiveBT2</i>	Perilaku agresif fase 2 hanya terdiri dari serangan, dengan presentase serangan lebih sering dan penambahan <i>damage</i> sebesar 2x lipat pada <i>normal attack</i> .	<i>Grim Boss</i> memasuki <i>mode berserk</i>	<i>Grim Boss</i> menyerang tanpa mengejar <i>player</i> dengan mengandalkan <i>teleport</i> dan serangan <i>special</i> , serta <i>skill</i> lainnya yang lebih sering dan <i>damage</i> yang lebih besar pada <i>basic attack</i> -nya.

<i>GrimBoss.AggressiveBT3</i>	Perilaku agresif fase 3 kembali mirip dengan fase 1 setelah <i>Golem Boss</i> dikalahkan, tetapi <i>special skill</i> dan <i>random teleport</i> berkurang, kecepatan mengejar bertambah 2 setiap detiknya, dan <i>attack damage</i> dikali 2 setiap berhasil menyerang.	<i>Golem Boss</i> dikalahkan	<i>Grim Boss</i> mengejar dan menyerang <i>player</i> dengan modifikasi pada kecepatan dan <i>damage</i> , serta penurunan presentase pada seluruh <i>skill</i> -nya termasuk <i>teleport</i>
<i>GrimBoss.DefensiveBT</i>	Perilaku defensif hanya terdiri dari <i>random teleport</i> yang selalu muncul saat <i>player</i> terlalu dekat dengan <i>Grim Boss</i> , dengan kemungkinan <i>skill 2</i> atau <i>special skill</i> saat <i>random teleport</i> .	<i>Player</i> terlalu dekat dengan <i>Grim Boss</i>	<i>Grim Boss</i> melakukan <i>random teleport</i> dengan kemungkinan menggunakan <i>skill</i> tambahan.
<i>GrimBoss.PassiveBT</i>	Perilaku pasif terjadi ketika <i>Grim Boss</i> memasuki <i>mode berserk</i> , melakukan <i>random teleport</i> , atau ketika <i>player</i> berada di <i>attack area Grim Boss</i> , dan memilih untuk diam beberapa detik tergantung kondisinya.	Setelah perilaku defensif atau kondisi tertentu	<i>Grim Boss</i> dapat memasuki kondisi pasif sampai <i>HP</i> mencapai 0 atau dibawahnya.

Secara keseluruhan, jarak *player*, *Health Point (HP)* dan status eliminasi *Golem Boss* merupakan faktor kunci yang mempengaruhi dan mengatur pola pergerakan serta respons perilaku dari *enemy boss* ini, dengan menentukan pola yang diambil dalam berbagai fase pertempuran.

b) *Golem Boss*

Gambar 2 menunjukkan perilaku umum yang dimiliki oleh *Golem Boss*, yang mencakup tiga perilaku utama: agresif, defensif, dan pasif, dimana hal ini berbeda dengan *Grim Boss* yang memiliki empat perilaku utama.



Gambar 2. Behavior Tree untuk *Golem Boss* secara umum

Setiap perilaku tersebut dieksekusi secara berurutan, dengan logika *Behavior Tree* untuk *Golem Boss* yang dapat dipahami secara lebih rinci melalui Tabel 4 berikut:

Table 4 Logika Behavior Tree untuk Golem Boss

Variabel	Deskripsi Prilaku	Kondisi Pemicu	Tindakan
<i>GolemBoss.Spawn</i>	<i>Golem Boss</i> mulai muncul ketika <i>Grim Boss</i> memasuki kondisi sekarat dan <i>berserk</i> .	<i>Grim Boss</i> memasuki kondisi <i>berserk</i> dan <i>HP</i> rendah ≤ 48	<i>Golem Boss</i> muncul dan berhenti beberapa detik sebelum mulai bertindak.
<i>GolemBoss.GeneralBT</i>	<i>Behavior Tree</i> menyajikan tiga perilaku umum <i>Golem Boss</i> yang dijalankan secara berurutan dari agresif sampai pasif, dan berakhir ketika <i>Health Point (HP)</i> mencapai 0 atau dibawahnya.	<i>Golem Boss</i> muncul	<i>Golem Boss</i> menjalankan urutan perilaku dari agresif hingga pasif.
<i>GolemBoss.AggressiveBT</i>	Perilaku agresif terdiri dari kejar dan serang, dengan 3 kemungkinan serangan: <i>normal attack</i> , <i>special attack</i> , dan laser. <i>Normal attack</i> terjadi jika <i>player</i> berada dalam jangkauan <i>attack area</i> dari <i>Golem Boss</i> .	<i>Player</i> berada dalam <i>attack area Golem Boss</i>	<i>Golem Boss</i> mengejar <i>player</i> , kemudian menyerang dengan salah satu dari 3 jenis serangan yang mungkin.
<i>GolemBoss.DefensiveBT</i>	Perilaku defensif hanya terdiri dari <i>immune</i> , dimana setiap serangan dari <i>player</i> yang mengenai <i>Golem Boss</i> akan ditiadakan dengan presentase munculnya <i>immune</i> adalah selalu.	<i>Player</i> terlalu dekat dengan <i>Golem Boss</i>	<i>Golem Boss</i> menjadi <i>immune</i> terhadap serangan, selalu mengaktifkan kemampuan ini.
<i>GolemBoss.PassiveBT</i>	Perilaku pasif terjadi saat <i>Golem Boss</i> pertama kali <i>spawn</i> , mengeluarkan <i>special skill</i> , <i>immune</i> , atau laser, atau saat <i>player</i> memasuki <i>attack area Golem Boss</i> , dan memilih untuk diam selama beberapa detik tergantung kondisinya.	Setelah defensif atau kondisi tertentu	<i>Golem Boss</i> memasuki kondisi pasif sampai <i>HP</i> mencapai 0 atau dibawahnya.

Secara keseluruhan, kondisi sekarat *Grim Boss*, perhitungan acak, dan tindakan *player* merupakan faktor kunci yang mempengaruhi dan mengatur pola pergerakan serta respons perilaku dari *Golem Boss* ini, dengan menentukan urutan tindakan dalam fase-fase perilaku agresif, defensif, dan pasif selama pertempuran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian *Game Experience Questionnaire*

Pembahasan terhadap hasil penelitian dan pengujian disajikan dalam bentuk uraian teoritik secara kualitatif. Hasil percobaan ditampilkan dalam bentuk tabel hasil percobaan yang didapatkan dari survei dengan metode *Game Experience Questionnaire (GEQ)*. Dimana kuisioner ini berisi 10 pertanyaan dan diberikan kepada 20 responden yang telah memainkan *game* ini. Penilaian evaluasi terdiri dari angka 1 sampai dengan 5, dengan penjabaran penilaian sebagai berikut :

- Angka 1 : Sangat Tidak
- Angka 2 : Tidak
- Angka 3 : Cukup
- Angka 4 : Baik
- Angka 5 : Sangat

yang mana hasil dari survei tersebut ditampung kedalam tabel yang terdapat pada tabel 5 berikut ini :

Table 5 Logika Behavior Tree untuk *Golem Boss*

No.	Pertanyaan	Nilai					Rata - Rata	Status
		1	2	3	4	5		
1	Apakah <i>gameplay</i> Dari " <i>Eternal Twilight</i> " Menarik?	0	0	5	6	9	4.2	Menarik
2	Apakah <i>Game</i> Terlalu Sulit?	0	2	8	6	4	3.6	Sulit
3	Apakah Anda Bosan Saat Bermain?	0	8	5	3	4	3.2	Bosan
4	Apakah Anda Merasa Senang Saat Bermain?	1	4	5	7	3	3.35	Senang
5	Apakah <i>Game</i> Ini Berkesan Untuk Anda?	0	1	5	8	6	3.95	Berkesan
6	Apakah Anda Merasa Tertantang Pada <i>Game</i> Ini?	0	2	3	5	10	4.15	Tertantang
7	Apakah Anda Menikmati <i>Game</i> -nya?	0	0	7	5	8	4.05	Menikmati
8	Apakah Anda Merasa Lupa Waktu Saat Bermain <i>Game</i> Ini?	0	10	5	1	4	2.95	Lupa Waktu
9	Apakah Anda Merasa Lelah Dengan <i>Game</i> Ini?	5	2	8	0	5	2.9	Lelah
10	Apakah Anda Menyukai <i>Game</i> Ini?	0	0	5	9	6	4.05	Menyukai
Kesimpulan		Cukup Memuaskan					3.64	Cukup

Dari hasil survei di atas, dapat dilihat bahwa aspek *gameplay* dari "*Eternal Twilight*" mendapatkan nilai rata-rata tertinggi yaitu 4.2, menunjukkan bahwa sebagian besar responden merasa *gameplay* yang ditawarkan cukup menarik. Hal ini konsisten dengan tujuan dari *game* ini untuk memberikan tantangan dan kesenangan bagi pemain.

Sebaliknya, aspek yang mendapatkan nilai terendah adalah "rasa lelah saat bermain" dengan nilai rata-rata 2.9, yang menunjukkan bahwa beberapa pemain mungkin merasa terlalu banyak usaha yang diperlukan untuk memainkan *game* ini dalam jangka waktu yang lama.

Dengan rata-rata keseluruhan sebesar 3.64, *game* "*Eternal Twilight*" dapat dikategorikan sebagai cukup memuaskan berdasarkan respon para pemain. Evaluasi ini memberikan wawasan yang berguna untuk pengembangan *game* di masa depan, terutama dalam aspek yang perlu diperbaiki seperti tingkat kesulitan dan durasi permainan agar tidak membuat pemain cepat lelah.

3.2 Penjelasan Rumus

Bagian ini memberikan penjelasan lebih mendalam mengenai hasil yang diperoleh dari tabel survei. Tujuannya adalah untuk memberikan pemahaman yang lebih jelas tentang bagaimana hasil survei tersebut dihitung dan dianalisis. Dengan menggunakan rumus matematika yang tepat, kita dapat menelusuri asal-usul dari setiap nilai yang ditampilkan dalam tabel tersebut. Penjelasan ini mencakup proses pengolahan data, mulai dari pengumpulan respon hingga perhitungan rata-rata dan persentase yang digunakan untuk menggambarkan temuan dari survei. Dengan demikian, pembaca dapat memahami dengan lebih baik bagaimana kesimpulan dari survei tersebut dicapai, serta memastikan bahwa metode yang digunakan dalam analisis data bersifat objektif dan valid.

1. Nilai rata-rata pada setiap pertanyaan

$$\sum_{i=1}^5 \frac{Ni \times Ri}{Ni}$$

Dengan rumus diatas ini kita dapat menghitung setiap nilai rata-rata pada setiap pertanyaan yang ada dimana:

- $\sum_{i=1}^5$ melambangkan perulangan yang diperlukan, sebanyak 5 kali
- Ni adalah jumlah responden
- Ri adalah nilai dari i

Contoh untuk rata-rata nilai pertanyaan kedua:

$$\frac{20(0 \times 1) + (2 \times 2) + (8 \times 3) + (6 \times 4) + (4 \times 5)}{20} = 3.6$$

2. Total rata-rata keseluruhan

$$\frac{\sum_{j=1}^n Rj}{n}$$

Dengan rumus ini kita dapat menghitung seluruh nilai rata-rata untuk setiap pertanyaan yang ada, dimana :

- $\sum_{j=1}^n$ merupakan Rj , yaitu total keseluruhan dari rata-rata setiap pertanyaan yang dijumlahkan.
- n adalah jumlah dari seluruh pertanyaan

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan pada penelitian penggunaan metode *Behavior Tree* dalam game "*Eternal Twilight*" adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan metode *Behavior Tree* pada game "*Eternal Twilight*" berhasil menghasilkan pemodelan perilaku musuh yang lebih bervariasi dan kompleks, sehingga menambah tantangan bagi pemain dalam memahami dan mengatasi musuh. Pemodelan ini mampu menciptakan pengalaman bermain yang lebih dinamis dan adaptif.
2. Sistem yang dikembangkan dapat secara otomatis menyesuaikan tingkat kesulitan musuh berdasarkan perilaku dan tindakan pemain. Hal ini menunjukkan bahwa metode *Behavior Tree* mampu menghasilkan perilaku musuh yang dinamis, yang dapat merespons interaksi pemain dengan lebih tepat, serta meningkatkan tingkat kepuasan pengguna, yang terukur dengan nilai rata-rata kepuasan sebesar 3.64.

Saran pada penelitian penggunaan metode *Behavior Tree* dalam game "*Eternal Twilight*" sebagai pertimbangan untuk pengembangan berikutnya adalah untuk mengkombinasikan *AI* pada *enemy boss* dengan algoritma *Fuzzy Sugeno* guna menciptakan variasi pergerakan yang lebih beragam dan pengalaman bermain yang lebih menarik serta immersive. Selain itu, penting untuk menyelesaikan pengembangan game ini agar dapat dirilis dan dinikmati sepenuhnya oleh pemain. Selanjutnya, peningkatan kualitas game melalui perbaikan dan pengembangan fitur tambahan sangat diperlukan untuk mencapai tingkat kepuasan pengguna yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Weber and P. Notargiacomo, "Dynamic Difficulty Adjustment in Digital Games Using Genetic Algorithms," 2020.
- [2] University of London. Queen Mary, IEEE Computational Intelligence Society, and Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE Conference on Games 2019 : London, United Kingdom, 20-23 August 2019. 2019.
- [3] I. J. Robot, V. Tulenan, and S. D. E. Paturusi, "Pengembangan Game 3D First Person Shooter Peristiwa Kemerdekaan 14 Februari 1946 Di Sulawesi Utara," Jurnal Teknik Informatika, vol. 15, no. 2, pp. 109–118, 2020.
- [4] SF. L. S. Purnama and Sumarlam, "Prosiding Seminar Nasional Linguistik dan Sastra (SEMANTIKS) PARADOKS PENOKOHAN KARAKTER PEREMPUAN THE BOSS DALAM VIDEO GAME METAL GEAR SOLID 3: SNAKE EATER," SEMANTIKS, vol. 4, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.uns.ac.id/prosidingsemantiks>
- [5] Y. Li, C. Thomas Ryan, and L. Sheng, "Optimal sequencing in single-player games," 2023. [Online]. Available: <https://www.limelight.com/resources/white-paper/state-of-21online-gaming-2019>
- [6] Marbach Alexander and Heinzig Manuel, "Kießling, Tina Implementation strategies for battle AI and its usage to increase replayability in action RPG games that focus on PVE combat," 2022.
- [7] M. Iovino, E. Scukins, J. Styrod, P. Ögren, and C. Smith, "A survey of Behavior Trees in robotics and AI," Aug. 01, 2022, Elsevier B.V. doi: 10.1016/j.robot.2022.104096.
- [8] A. N. Hidayat, E. Y. E. M, F. M. Abdullah, M. Akbar, and P. Rosyani, "ANALISIS PERKEMBANGAN KECERDASAN BUATAN DALAM INDUSTRI GAME," JATIMIKA, vol. 2, no. 1, pp. 118–120, 2021.