

NASKAH PUBLIKASI (MANUSCRIPT)
**PENERAPAN ALGORITMA A* DAN BEHAVIOUR TREES UNTUK PERILAKU NON-
PLAYER CHARACTER (NPC) PADA GAME “THE LAST HOPE” BERBASIS ANDROID
MENGUNAKAN UNITY 2D**

***IMPLEMENTATION OF A* ALGORITHM AND BEHAVIOURS TREES FOR NON-
PLAYER CHARACTER (NPC) BEHAVIOUR IN ANDROID-BASED GAME “THE LAST
HOPE” USING UNITY 2D***

Muhammad Luthfi Setiawan¹⁾, Arbansyah²⁾, Sayekhti Harits Suryawan³⁾



DISUSUN OLEH:
MUHAMMAD LUTHFI SETIAWAN
191102441076

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH KALIMANTAN TIMUR
2023**

Naskah Publikasi (*Manuscript*)

Penerapan Algoritma A* dan Behaviour Trees untuk Perilaku Non-Player Character (NPC) pada Game “the Last Hope” Berbasis Android Menggunakan Unity 2D

Implementation of A* Algorithm and Behaviour Trees for Non-Player Character (NPC) Behaviour in Android -Based Game “the Last Hope” Using Unity 2D

Muhammad Luthfi Setiawan¹⁾, Arbansyah²⁾, Sayekhti Harits Suryawan³⁾



Disusun Oleh:

Muhammad Luthfi Setiawan

191102441076

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH KALIMANTAN TIMUR
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

Penerapan Algoritma A* dan Behaviour Trees untuk Perilaku Non-Player Character (NPC) pada Game “the Last Hope” Berbasis Android Menggunakan Unity 2D

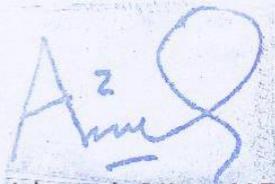
NASKAH PUBLIKASI

DISUSUN OLEH:

MUHAMMAD LUTHFI SETIAWAN

1911102441076

Dosen Pembimbing



Arbansyah, S.Kom., M.TI

NIDN : 1118019203

Penguji



Sayekti Harits Suryawan, S.Kom., M.Kom

NIDN : 1118038805

Dekan



Prof. N. Sarjito, MT., Ph.D

NIDN : 0610116204

Ketua Prodi Studi



Arbansyah, S.Kom., M.TI

NIDN : 1118019203

Penerapan Algoritma A* Dan Behaviour Trees Untuk Perilaku Non-Player Character(NPC) Pada Game “The Last Hope” Berbasis Android Menggunakan Unity 2D

Muhammad Luthfi Setiawan, Arbansyah, Sayekhti Harits Suryawan

Email: luthfisetiawan354@gmail.com

Teknik Informatika, Fakultas Saints dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur

Diterima: 01 Agustus 2023 | Direvisi: - | Disetujui: 30 Agustus 2023
©2023 Program Studi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer,
Universitas Muhammadiyah Riau, Indonesia

Abstrak

Game merupakan suatu hiburan yang memiliki aturan, tantangan tertentu dan bertujuan untuk memberikan pengalaman yang berinteraksi kepada pemain. Pada penelitian ini, dirancang sebuah game yang bergenre rouge like yang dimana player akan mengelilingi map dan disetiap sisi map memiliki beberapa NPC(Non-Player Character) yang harus dikalahkan. Nantinya player akan ditugaskan untuk mengeliminasi seluruh NPC, tetapi NPC yang telah diterapkan suatu kecerdasan buatan yaitu algoritma A* yang berfungsi untuk mentargetkan player dengan memilih rute terpendek pada map game. NPC juga memiliki sebuah struktur perilaku yang akan diterapkan agar perilaku lebih tersusun. C# adalah sebuah platform dari .NET dan sering digunakan untuk pengembangan aplikasi desktop, permainan, aplikasi web, serta aplikasi berbasis cloud yang akan digunakan untuk game dan didesain menggunakan unity 2D. Temuan penelitian ini akan diuji menggunakan unity 2D sebagai menerapkan algoritma A* ke NPC agar memilih rute terdekat tanpa harus menabrak objek yang ada pada map game dan behaviour trees sebagai penyusunan struktur perilaku pada NPC.

Kata kunci: *Algoritma A*, Behaviour trees, Kecerdasan buatan, Game rougelike*

Implementation Of A* Algorithm And Behaviour Trees For Non-Player Character(NPC) Behaviour In Android -Based Game “The Last Hope” Using Unity 2D

Abstract

Game is an entertainment that has certain rules, challenges and aims to provide an interactive experience to players. In this research, a rouge like game was designed where the player will surround the map and on each side of the map there are several NPCs (Non-Player Characters) that must be defeated. Later the player will be assigned to eliminate all NPCs, but the NPCs have implemented an artificial intelligence, namely the A algorithm which functions to target players by choosing the shortest route on the game map. NPC also has a behavior structure that will be applied so that behavior is more structured. C# is a platform from .NET and is often used for developing desktop applications, games, web applications, and cloud-based applications that will be used for games and designed using Unity 2D. The findings of this study will be tested using unity 2D as applying the A* algorithm to NPCs so that they choose the closest route without having to crash into objects in the game map and behavior trees as a structure for the behavior of NPCs.*

Keywords: *A* Algorithm, Behavior tree, Artificial intelligence, Game rougelike*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan developer game sangat pesat, terbukti dengan banyaknya variasi aplikasi game yang saat ini tersedia di smartphone dan konsol PC. Berdasarkan kebutuhan koneksi internet, game dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu game online dan game offline. Game online sangat populer di kalangan pemain karena dapat dimainkan secara multiplayer dengan pemain

dari seluruh dunia menggunakan koneksi internet. Game multipemain online sebagian besar dimainkan oleh pemain di seluruh dunia, tetapi versi offline dari game tersebut tidak diragukan lagi disukai oleh para pemain juga. Hal ini dikarenakan versi offline tidak memerlukan koneksi internet dan dapat dimainkan dalam mode single player sebagai latihan sebelum bermain dalam mode online multiplayer[1].

Berikut Non-Player Character (NPC) adalah objek dinamis yang tidak dikontrol oleh pengguna, dapat menentukan perilakunya sendiri dan beroperasi dalam ruang virtual[2]. Perilaku NPC tergantung pada desain game, semakin beragam gamenya maka semakin beragam juga perilaku tersebut. NPC menggunakan skrip terprogram dan memanfaatkan AI(Artificial Intelligence) yang kompleks untuk merespon sekitaran pemain dengan cara yang lebih adaptif dan realistis.

Dalam kasus ini di game “The Last Hope” perilaku yang dibuat hanya memiliki fitur menargetkan player dan tidak mempunyai tindakan ataupun keputusan yang jelas, jadi terlihat memiliki struktur yang asal-asalan. Pada kondisi menargetkan player, NPC ingin dibuat untuk memilih jalur terdekat dan menghindari objek yang ada pada map game tetapi pada saat di berikan skrip terprogram sering sekali hasil yang dikeluarkan justru tidak memperdulikan objek yang ada map sehingga membuat NPC stuck pada satu sisi objek.

Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan suatu algoritma untuk memilih jalur terdekat dan decision making sebagai struktur perilaku agar lebih jelas dan fleksible. Salah satu algoritma yang untuk pemilihan jalur terdekat yaitu A* dikarenakan algoritma tersebut sering sekali digunakan pada game 2D/3D di berbagai gendre game apapun. Dan behaviour trees untuk paradigma pemrograman perilaku diperlukan untuk mengontrol suatu tindakan dan keputusan yang akan diambil NPC. Behaviour trees terdiri dari simpul-simpul yang disusun secara hierarkis yang mewakili perilaku NPC tertentu. Node ini dapat berisi tindakan, keputusan, atau node lain yang lebih kompleks.

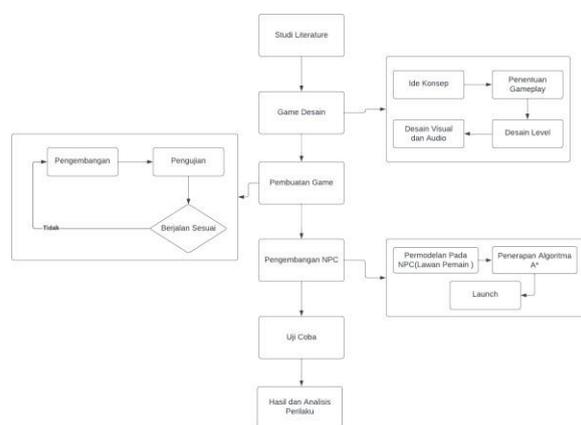
Algoritma A* (A Star) merupakan suatu algoritma untuk mencari rute terdekat yang optimal dan sempurna, bisa diartikan dalam hal mencari rute terbaik dan sempurna untuk mencapai tujuan sesuai dengan yang diharapkan[3]. Dan pohon perilaku bersifat adaptif dan spesifik untuk situasi yang berbeda[4]. Dengan hal tersebut, NPC akan diterapkan beberapa perilaku agar lebih terstruktur dan pada saat menargetkan player, NPC akan memilih jalur terdekat tanpa harus menabrak objek yang ada map game.

Berdasarkan latar belakang diatas , penulis menggunakan Algoritma A* sebagai menentukan rute terdekat dan Beaviour Trees sebagai mengatur tindakan NPC pada permainan. Pada game “The Last Hope” karena penulis tertarik untuk mengambil sebuah judul “Penerapan Algoritma A* Dan Behaviour Trees Sebagai Perilaku Non-Player Character(NPC) Berbasis Android Menggunakan Unity 2D” sebagai bahasan penelitian penulis dalam tugas akhir.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Tahapan Penelitian

Tahapan Penelitian ini dilakukan secara terstruktur, diperlukan sebuah panduan atau acuan berupa tahapan penelitian. Tahapan penelitian yang diterapkan pada penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 1 Tahapan Penelitian

Penjelasan Sebagai Berikut:

- 1) Studi Literature : Studi Literature dilakukan untuk mendapatkan informasi sejauh mana perdebatan penelitian, perkembangan ilmiah yang relevan, dan metode yang ada. Dalam penelitian ini literature sebagai landasan teori terdiri dari jurnal, buku, dan referensi lain yang membahas penggunaan algoritma dalam mengontrol perilaku dan menentukan rute terdekat untuk menyelesaikan masalah.

- 2) Game Desain : Game Desain adalah istilah yang mengacu pada proses merancang suatu game dengan elemen-elemen yang terkait pada game. Hal ini melibatkan sebagai berikut : ide konsep, penentuan gameplay, desain level, dan desain visual audio.
- 3) Pembuatan Game : Setelah game desain dilanjutkan pembuatan game bertujuan untuk merancang yang sudah didiskusikan pada tahap game desain. Yang dibutuhkan dalam pembuatan game yaitu pengembangan dan pengujian.
- 4) Pengembangan NPC : Tahapan ini lebih difokuskan pada pengembangan NPC, yang awalnya NPC didesain biasa saja jadi lebih terstruktur dalam hal perilaku dan fungsi algoritmanya yaitu permodelan pada NPC, penerapan algoritma, dan launch.
- 5) Uji Coba : Tahapan ini akan melakukan uji coba kepada beberapa orang untuk memainkan game dan hasilnya akan dianalisis apakah ai yang di terapkan seperti perilaku dan pemilihan rute pada npc sudah sesuai dengan apa sudah yang diinginkan. Bukan hanya itu pemain juga akan memberikan penilaian apakah game tersebut berjalan baik atau masih harus diperbaiki Kembali.
- 6) Hasil dan Analisis Perilaku : Tahapan ini membuat kesimpulan dan saran pada penelitian yang sudah dibuat. Dan menganalisis perilaku pada NPC yang sudah dimainkan oleh pemain ditahap sebelumnya.

2.2. Artificial Intelligence(AI)

Kecerdasan buatan adalah sebuah mesin yang dibuat untuk memiliki proses berpikir manusia agar dapat menirukan perilaku manusia. Tujuan kecerdasan buatan yaitu membuat computer mengerti segala hal seperti lebih cerdas, mengerti tentang kecerdasan, memiliki kemampuan dalam mengerti dari pengalaman, memahami pesan yang kontradktif dan ambigu, menanggapi situasi baru secara cepat dan baik, memecahkan masalah dengan efekti menggunakan penalaran.[5]

2.3. Algoritma A*

Algoritma A* (A Star) merupakan algoritma pencarian terbaik untuk menemukan jalur terpendek dengan menentukan jarak terpendek antara node pertama dan terakhir. Hasil dari pencarian tersebut bisa dikatakan complete dan optimal. Dengan menggunakan cara BFS(Breadth First Search), pencarian node dilakukan secara melebar kesetiap node dengan level yang sama, sehingga dari titik awal sampai titik tujuan dengan presentase rute terbaik[6][7]. Dalam penerapan algoritma A*, berikut ini adalah contoh representasi yang akan di terapkan pada NPC. Langkah awal algoritma A* yaitu menginisiasi lokasi NPC dari titik awal dan lokasi player sebagai titik tujuan. Berikut adalah penjelasan pencarian rute pada algoritma A* sebagai berikut.

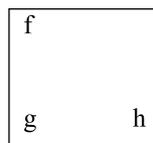
Formula Algoritma A*

Algoritma A* menggunakan penghampiran dalam pencarian informasi yang terarah untuk menggabungkan 2 fungsi heuristik, $g(x)$ dan $h(x)$, untuk menentukan node mana yang akan dijelajahi selanjutnya. Fungsi $g(x)$ adalah titik awal persegi dan fungsi $h(x)$ adalah jarak dari titik awal ke titik akhir.

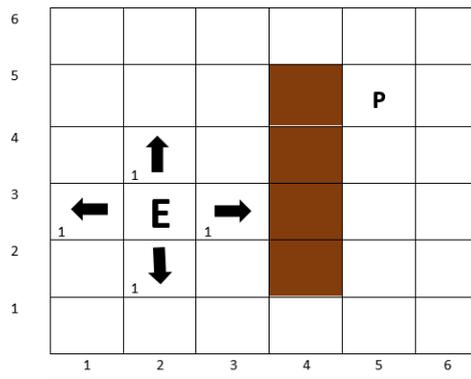
Langkah-Langkah[8]:

1. Menyederhanakan Area.
2. Klasifikasi ke kategori open list dan closed list.
3. Penilaian jalur.
4. Buat (ulang) algoritma.
5. Buat jalur dan langkah berdasarkan walkable yang berdekatan

$$f(x) = g(x) + h(x) \quad (1)$$



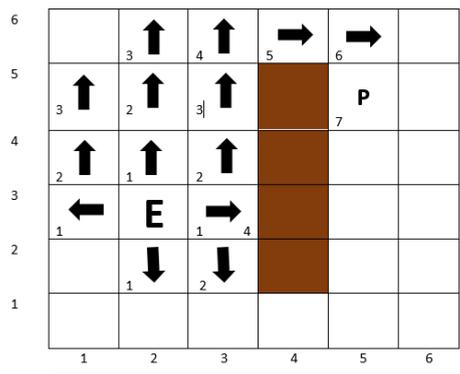
Gambar 2 Penempatan Formula A*



Gambar 3 Contoh Pergerakan NPC

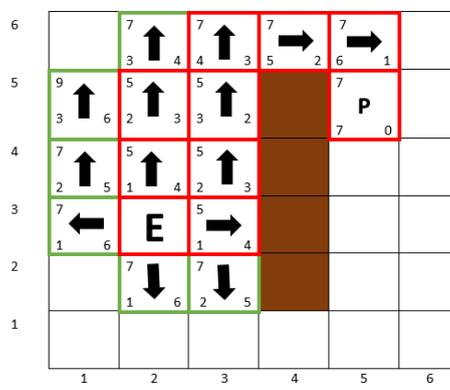
- E = Enemy
- P = Player

Yang pertama dilakukan adalah mencari nilai $g(x)$ terlebih dahulu yang merupakan titik awal dari square hingga ke titik tujuan dengan memiliki nilai awal pergerakan mulai dari angka 1.



Gambar 4 Contoh Pergerakan NPC

Setelah itu memperhitungkan $h(x)$ yang merupakan jarak titik awal ke titik tujuan sesuai dengan contoh gambar diatas.



Gambar 5 Contoh Pergerakan NPC

Open list dan closed list akan dikategorikan setiap enemy melakukan pergerakan. Open list adalah Menyimpan simpul-simpul yang telah dieksplorasi tetapi belum sepenuhnya dianalisis sedangkan closed list adalah Menyimpan simpul-simpul yang telah sepenuhnya dianalisis oleh algoritma. kotak hijau melambangkan kategori open list dan kotak merah melambangkan kategori closed list. Jadi closed list tersebut akan digunakan enemy untuk memilih rute terdekat menuju ke player.

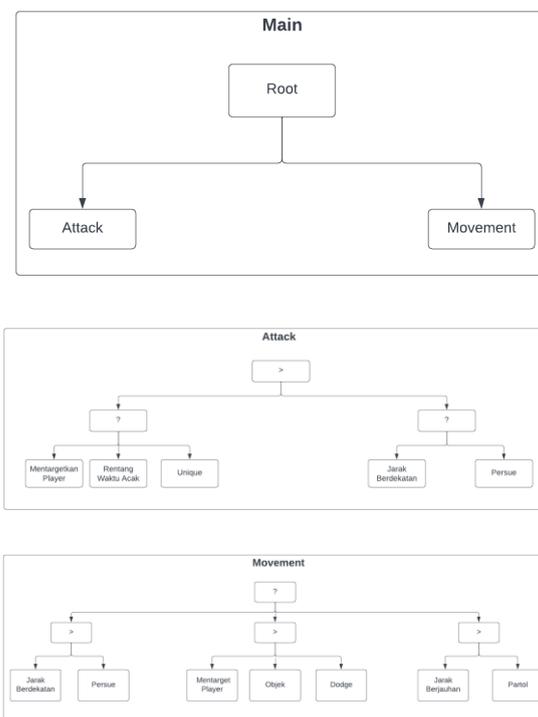
Node 1,3 $f = g + h$ $= 2 + 4 = 5$	Node 1,4 $f = g + h$ $= 2 + 5 = 7$	Node 1,5 $f = g + h$ $= 3 + 6 = 9$	Node 2,2 $f = g + h$ $= 1 + 6 = 7$	Node 2,4 $f = g + h$ $= 1 + 4 = 5$	Node 2,5 $f = g + h$ $= 2 + 3 = 5$	Node 2,6 $f = g + h$ $= 3 + 4 = 7$	Node 3,2 $f = g + h$ $= 2 + 5 = 7$
Node 3,3 $f = g + h$ $= 1 + 4 = 5$	Node 3,4 $f = g + h$ $= 2 + 3 = 5$	Node 3,5 $f = g + h$ $= 3 + 2 = 5$	Node 3,6 $f = g + h$ $= 4 + 3 = 7$	Node 4,6 $f = g + h$ $= 5 + 2 = 7$	Node 5,6 $f = g + h$ $= 6 + 1 = 7$	Node 5,5 $f = g + h$ $= 7 + 0 = 7$	

2.4. Behaviour Trees

Behaviour Trees adalah program yang menyerupai struktur pohon yang berisi banyak node yang mengatur pengambilan keputusan AI. Leaf yaitu Program yang menyerupai struktur pohon yang berisi banyak node yang mengontrol pengambilan keputusan AI dan branch adalah berbagai simpul yang mengontrol AI untuk mencapai tindakan terbaik untuk situasi saat ini[9].

Penerapan ini berfokus pada perilaku apa saja yang diterapkan pada si NPC di game The Last Hope. Berikut ini merupakan beberapa perilaku/task yang diterapkan pada NPC[10]:

- Stationary, adalah perilaku NPC yang dimana NPC hanya berdiam di satu titik tempat pada map.
- Persue, adalah perilaku dimana NPC akan melakukan penyerangan dan menargetkan player. Jika player berada di jarak yang berdekatan sesuai dengan jarak yang ditentukan.
- Dodge, adalah perilaku dimana NPC akan menghindari objek saat mengejar target. Perilaku ini akan bekerja jika NPC dihalangi oleh objek.
- Unique Skill, adalah perilaku yang dimana NPC memiliki sebuah serangan yang membuat darah pemain berkurang secara berlebihan. Task ini bekerja saat menargetkan player dengan secara terus menerus sehingga memberikan kejutan saat memainkannya.



Gambar 6 Behaviour Trees

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Tampilan Awal Game

Tampilan awal game terdapat gambar yang dirancang dengan logo “The Last Hope” yang dapat ditekan untuk menuju ke menu utama. Dalam tampilan ini memiliki background yang menyesuaikan cerita game tersebut.



Gambar 7 Awal Game

3.2. Tampilan Menu Utama

Implementasi antarmuka bagian menu utama ditunjukkan pada gambar 8. Menu yang tersedia dalam menu utama adalah :

- Pilihan New Game untuk memulai game.
- Options untuk ke halaman pengaturan yang berisikan audio dan credits.
- Quit untuk keluar dari game.



Gambar 8 Menu Utama

3.3. Tampilan Map Lobby

Tampilan map lobby dalam game mengacu pada lingkungan atau area di mana pemain dapat berinteraksi sebelum memasuki permainan sebenarnya. Map Lobby berfungsi sebagai pusat navigasi, komunikasi, dan pengaturan dalam permainan, di mana pemain dapat memilih mode permainan, mengakses fitur tambahan, berinteraksi dengan pemain lain, atau mengatur preferensi permainan.



Gambar 9 Map Lobby

3.4 Tampilan Map Dungeon

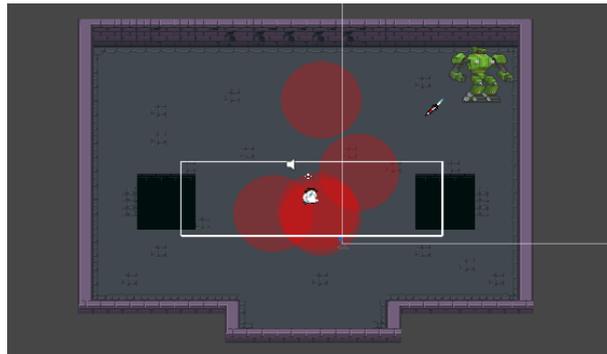
Tampilan map dungeon dalam game mengacu pada tampilan yang menampilkan layout atau struktur ruang dalam sebuah dungeon. Map Dungeon memberikan pemain gambaran visual tentang bagaimana dungeon tersebut terstruktur, termasuk jalur, ruangan, dan cabang yang ada di dalamnya.

3.5 Tampilan Map Boss



Gambar 10 Map Dungeon

Tampilan map boss merujuk pada boss dalam game yang ada di dalam suatu map atau tingkat tertentu. Boss seringkali merupakan tantangan utama dalam permainan dan memiliki kekuatan yang lebih besar daripada musuh biasa.



Gambar 11 Map Boss

3.6 Pengujian Algoritma A*

Berikut adalah pengujian NPC untuk player yang telah diimplmentasikan algoritma A*. Jadi algoritma A* diterapkan pada perilaku dodge yang dimana ketika player berada di lingkaran secara otomatis player akan langsung di target oleh NPC tanpa harus menabrak objek yang ada.

Table 1 Pengujian Algoritma A*

No	Gambar	Keterangan
1		Setelah player terlihat, NPC secara otomatis akan langsung mentarget dari titik awal menuju ke titik tujuan (player). Jika ada objek yang menghalangi, NPC akan langsung menghindari objek yang ada dengan memilih rute terdekat menuju ke titik akhir.
2		Ketika player berpindah posisi garis atau seeker akan membuat garis tujuan baru yang akan menuju ke player.
3		Pemberhentian terakhir pada NPC yaitu dimana posisi player diam atau ketika player menghindari lingkaran yang radiusnya telah ditentukan.

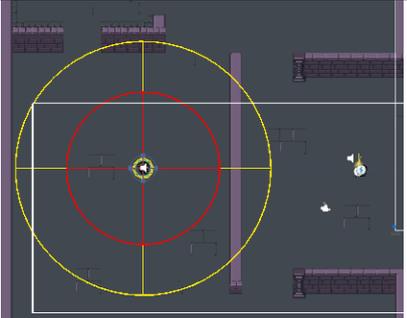
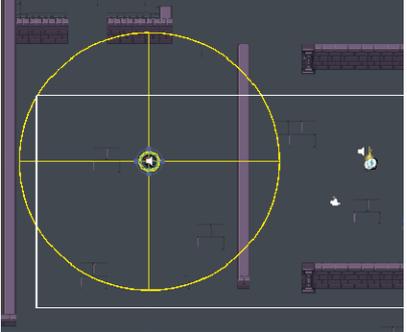
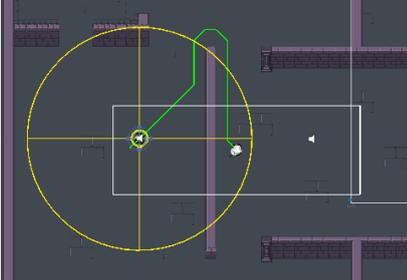
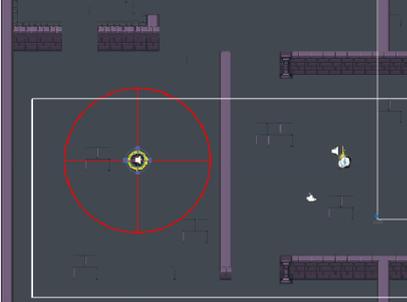
3.7 Pengujian Behaviour Trees

Berikut adalah tabel perilaku NPC yang sudah diterapkan meliputi Stationary, Persue, Dodge, dan Unique Skill. Masing-masing perilaku memiliki fungsi yang berbeda-beda, kemudian akan di susun sebuah perilaku yang kompleks yang sudah diterapkan pada NPC. Jadi NPC tersebut memiliki perilaku yang jelas.

a. Perilaku Yang Diterapkan

Berikut adalah tabel yang sudah diterapkan ada NPC. Perilaku tersebut akan dijelaskan pada tabel dibawah.

Table 2 Perilaku Yang Diterapkan

No	Gambar	Keterangan
1		<p>Ini adalah perilaku yang dinamakan Stationary. NPC yang berdiam di satu titik map game.</p>
2		<p>Lingkaran kuning tersebut berguna untuk radius movement . Jika player berada diluar lingkaran , NPC hanya berdiam saja dan tidak melakukan apa-apa.</p>
3		<p>Ketika player berada di dalam radius lingkaran kuning maka NPC akan mentarget kan player. Kemanapun player berpindah posisi jika masih didalam lingkaran , NPC akan selalu mentargetnya. Jumlah radius lingkaran adalah lineofSite : 9.</p>
4		<p>Lingkaran merah tersebut berguna untuk radius attack . Jika player berada diluar lingkaran , NPC tidak akan menyerang player.</p>
5		<p>Ketika player berada di dalam radius lingkaran merah maka menyerang player. Kemanapun player berpindah posisi jika masih didalam lingkaran , NPC akan selalu menyerang. Jumlah radius lingkaran adalah shootingRange : 5.</p>
6		<p>Darah pada NPC berguna untuk menghabisi NPC. Darah NPC berkurang ketika di serang player.</p>

7		Ketika darah NPC telah berkurang seluruhnya, NPC akan menjatuhkan sebuah coin.
---	---	--

b. Unique Skill Yang Diterapkan

Berikut adalah tabel yang sudah diterapkan pada serangan yang dikeluarkan NPC dan setiap NPC memiliki serangan yang berbeda-beda. Perilaku tersebut akan dijelaskan pada tabel dibawah.

Table 3 Unique Skill Yang Diterapkan

No	Gambar	Keterangan
1		Serangan ini dinamakan <i>Spiral Bullet</i> . Menyerang dengan 2 sisi dan berputar secara terus menerus.
2		Serangan ini dinamakan <i>Hoolahop Bullet</i> . Menyerang dengan 1 sisi dan berputar secara terus menerus
3		Serangan ini dinamakan <i>Orbit Bullet</i> . Menyerang secara melingkar dengan memiliki peluru 10 dan cooldown per 2 detik.
4		Serangan ini melempar bom secara melengkung.
5		NPC disini hanya menebak dengan menggunakan peluru biasa.

4. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Perancangan game ini menggunakan unity 2D berhasil menerapkan Algoritma A* pada NPC. Jika player bedekatan dengan NPC secara otomatis algoritma akan bekerja dengan si NPC akan menargetkan player dan memilih rute terdekat tanpa harus menabrak objek yang ada pada map game.
- Behaviour trees berhasil membentuk suatu perilaku NPC dengan memiliki beberapa perilaku seperti Stationary, Persue, Dodge dan Unique Skill dengan fungsi yang berbeda-beda. Hal ini dimaksud supaya NPC dapat menentukan perilaku sesuai dengan tindakan dan kondisi yang sudah diterapkan agar memiliki struktur perilaku yang jelas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Arban, "Implementasi Finite State Machine (FSM) pada Agent Permainan Game Lost Animal at Borneo berbasis Android," *J. CoSciTech (Computer Sci. Inf. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 144–151, 2022, doi: 10.37859/coscitech.v3i2.3921.
- [2] M. Fikriansyah *et al.*, "NON-PLAYER CHARACTER IN FIRE FIGHTER GAMES USING GENETIC," vol. 6, no. 1, pp. 11–19, 2023.
- [3] S. Purnama, D. A. Megawaty, and Y. Fernando, "Penerapan Algoritma A Star Untuk Penentuan Jarak Terdekat Wisata Kuliner di Kota Bandarlampung," *J. Teknoinfo*, vol. 12, no. 1, p. 28, 2018, doi: 10.33365/jti.v12i1.37.
- [4] B. A. Qowy, F. Hanafi, M. A. Riandi, and A. Nuraminah, "Jurnal Teknik Informatika dan Elektro Penerapan Pemilihan Model Dinamis Algoritma Behaviour Tree Decision dalam Third Person Game pada Musuh Non-Playable Charater," vol. 3, no. 1, pp. 32–37, 2021.
- [5] E. Heriyanto, E. Kumalasarinurnawati, and D. Andayati, "Skripsi Implementasi Kecerdasan Buatan Pada Game Menggunakan Metode Pathfinding Dengan Game Engine Unity3D," *J. Scr.*, vol. 5, no. 2, pp. 56–62, 2018, [Online]. Available: <https://ejournal.akprind.ac.id/index.php/script/article/view/641>
- [6] K. C. Lamia, A. S. M. Lumenta, and B. A. Sugiarto, "Implementasi Algoritma A* (A Star) Pada Game 3D Kebudayaan Suku Minahasa," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 11, no. 2, p. 55, 2022, doi: 10.35793/jtek.11.2.2022.40153.
- [7] M. Hutabalian, S. Sunanto, and Januar Al Amien, "Sistem Informasi Geografis Pemetaan Tempat Pembuangan Sampah Sementara di Kota Pekanbaru Dengan Mencari Rute Terdekat Menggunakan Algoritma A Star (A*)," *J. CoSciTech (Computer Sci. Inf. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 33–42, 2022, doi: 10.37859/coscitech.v2i2.2936.
- [8] F. Wibi, Indonesia. *Mencari Jalur Terpendek (Pathfinding) Menggunakan Algoritma A* (A Star) Pada Game Engine Unity 3D*, (2020). [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=hRMNqTmS3J0>
- [9] A. R. Kristian, T. Informatika, I. Sains, and T. Surabaya, "162-Article Text-866-1-10-20211223," pp. 63–68.
- [10] A. Junaidi, A. Yunus, A. S. Wiguna, B. Sukun, and M. Jawa, "implementasi behavior tree pada," vol. 4, pp. 92–103, 2021.