

IMPLEMENTASI HIERARCHICAL FINITE STATE MACHINE (HFSM) DAN ALGORITMA PATHFINDING DALAM PENGEMBANGAN GAME PETUALANGAN 2D "PETUALANGAN RATO BILI" BERBASIS ANDROID

Deriatno Taralandu, Febriana Santi Wahyuni, Nurlaily Vendyansyah

Teknik Informatika, Institut Teknologi Nasional Malang

Jalan Raya Karanglo km 2 Malang, Indonesia

2018078@schoolar.itn.ac.id

ABSTRAK

Industri game terus mengalami perkembangan pesat dengan berbagai inovasi, termasuk dalam genre petualangan yang menggabungkan eksplorasi dan alur cerita yang menarik. Penelitian ini berfokus pada pengembangan game Petualangan Rato Bili, sebuah game petualangan 2D berbasis Android yang diadaptasi dari cerita rakyat Sumba Barat Daya. Implementasi metode Hierarchical Finite State Machine (HFSM) digunakan untuk mengelola perilaku Non-Player Character (NPC), sedangkan algoritma A* Pathfinding diterapkan untuk menentukan jalur optimal dalam permainan. Pengembangan game dilakukan menggunakan game engine Unity 2022, dengan tiga level permainan yang memiliki tingkat kesulitan berbeda. Pengujian dilakukan menggunakan metode Black Box untuk mengevaluasi fungsionalitas sistem, mencakup transisi antar state NPC dan mekanisme navigasi karakter dalam lingkungan permainan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode HFSM 100% berhasil diterapkan ditandai dengan lancarnya perubahan state NPC secara sistematis sesuai dengan kondisi permainan, kemudian algoritma A* Pathfinding 100% berhasil diterapkan ditandai dengan NPC bergerak secara dinamis dalam menemukan jalur terpendek. Adapun pengujian menu utama dan pengujian stress testing dengan perolehan 100% berhasil ditandai dengan fungsionalitas ui yang sesuai harapan serta game yang berjalan normal pada perangkat android

Kata kunci : *game petualangan, HFSM, A* Pathfinding, Unity, Android*

1. PENDAHULUAN

Cerita rakyat merupakan warisan budaya yang mengandung nilai moral, adat istiadat, dan kearifan lokal yang diwariskan secara turun-temurun. Namun, seiring perkembangan zaman, minat generasi muda terhadap cerita rakyat semakin berkurang. Salah satu cara untuk memperkenalkan kembali cerita rakyat adalah melalui media digital yang interaktif, seperti permainan video. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan game petualangan 2D berjudul Petualangan Rato Bili, yang diadaptasi dari cerita rakyat Sumba Barat. Game ini bertujuan untuk mengedukasi pemain mengenai budaya lokal melalui pengalaman bermain yang menarik dan interaktif. [1].

Dalam pengembangannya, terdapat beberapa tantangan utama, seperti bagaimana merancang game berbasis Android yang interaktif, bagaimana mengatur perilaku karakter non-pemain (NPC) secara dinamis, serta bagaimana memastikan pergerakan karakter dalam lingkungan permainan yang penuh rintangan agar terasa lebih alami. Untuk mengatasi tantangan tersebut, penelitian ini mengimplementasikan metode Hierarchical Finite State Machine (HFSM) dalam pengelolaan perilaku NPC dan algoritma pathfinding untuk mengoptimalkan navigasi karakter dalam game. [2].

Metode HFSM dipilih karena memungkinkan pengelompokan beberapa state dalam satu entitas yang lebih besar, sehingga meningkatkan efisiensi komputasi dan mempermudah transisi antar state. Hal ini sangat berguna dalam sistem animasi berbasis

Unity 2022, karena membantu menciptakan transisi gerakan yang lebih terstruktur dan responsif terhadap input pemain. Sementara itu, algoritma pathfinding diterapkan untuk memungkinkan karakter menemukan jalur terbaik dalam lingkungan permainan, meningkatkan navigasi yang lebih realistis dan responsif terhadap rintangan yang ada dalam setiap level permainan [3].

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

San & Handriyanti (2022) mengembangkan metode Pathfinding yang dapat meningkatkan responsivitas NPC dalam mengejar pemain [4]. Zahir et al. (2023) menunjukkan bahwa implementasi HFSM dapat mengoptimalkan animasi karakter dalam video game aksi [5].

Metode Hierarchical Finite State Machine (HFSM) dikembangkan untuk menciptakan efek animasi ketika Non-Player Character (NPC) melakukan serangan. Varian gerakan animasi dalam game aksi menjadi penting untuk meningkatkan realisme dan daya tarik pertarungan. Semakin kompleks gerakan dan cabang animasi, semakin rumit pula alur perpindahan animasi, yang jika tidak ditangani dengan sistem yang tepat, dapat meningkatkan risiko munculnya masalah teknis. Sejumlah penelitian sebelumnya telah memberikan solusi untuk mengatasi tantangan ini. [6].

2.2. Genre Game

Game saat ini telah menjadi salah satu bentuk hiburan yang sangat populer dan mengalami perkembangan yang pesat. Selain menjadi aktivitas favorit untuk mengisi waktu luang, bermain game menawarkan berbagai jenis dan genre, seperti aksi, xbalapan, dan simulasi. Pengembangan game juga telah mengalami evolusi teknologi yang signifikan, termasuk penerapan kecerdasan buatan, analisis teks, bahasa alami, dan realitas virtual. Game tidak hanya memenuhi berbagai preferensi pemain, tetapi juga membidik berbagai kelompok, termasuk game edukatif yang digunakan untuk pembelajaran siswa dan simulasi yang berguna bagi pendidik. Inovasi terbaru dalam pengembangan game mencakup peningkatan fitur pembuatan game untuk menarik lebih banyak pemain dan memberikan pengalaman bermain yang lebih mendalam. Salah satu inovasi yang menonjol adalah penggunaan finite state machine (FSM) untuk mengatur perilaku karakter musuh, yang tidak hanya menambahkan dimensi strategis dalam permainan, tetapi juga membuat pengalaman bermain lebih dinamis dan menantang bagi pemain [4].

Adapun jenis-jenis game dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. Action
Permainan aksi, atau action games, menitikberatkan pada reaksi cepat dan keterampilan refleks pemain, menjadikannya sangat populer di kalangan para gamer [8].
- b. Strategy
Permainan strategi adalah jenis permainan di mana pemain harus merencanakan taktiknya dan membuat keputusan cerdas dengan cepat sebelum memulai permainan.[8].
- c. Adventure
Genre adventure memiliki alur cerita yang menarik, di mana pemain berinteraksi dengan lingkungan dan karakter lain dalam game untuk menyelesaikan misi.[9].
- d. RPG
Permainan peran (RPG) adalah jenis permainan yang berfokus pada pengembangan karakter dan penerapan atribut oleh pemain. Pemain memulai permainan dengan karakter dengan statistik rendah dan level terendah. Pemain juga berusaha meningkatkan pengalaman mereka dan mengumpulkan uang dengan mengalahkan monster dan menyelesaikan berbagai tugas. Proses ini membantu karakter berkembang dengan meningkatkan poin statistik seperti kecepatan, kekuatan, dan kecerdasan. Pemain juga dapat memperoleh senjata yang lebih kuat dan bertemu dengan berbagai rekan satu tim [9].
- e. Simulation
Genre permainan ini sesuai dengan namanya yang menerapkan simulasi dunia nyata. Jenis ini mencoba mencerminkan berbagai situasi yang mirip atau serupa dengan kehidupan nyata [10].

f. Racing

Racing, yang dikenal juga sebagai racing, merupakan jenis permainan yang berpusat pada kompetisi balap. Tujuan utamanya adalah untuk menjadi pemenang pertama [10].

g. Side Scrolling

Game side scrolling adalah permainan di mana pemain bergerak secara horizontal atau diagonal dalam alur permainan untuk menyelesaikan tugas tertentu. Pemain dalam genre ini dapat melakukan berbagai aktivitas seperti berlari, melompat, mengendap-endap, menghindari rintangan, dan bertarung melawan musuh [10].

2.3. Kecerdasan Buatan (AI)

Kecerdasan buatan atau dikenal dengan istilah artificial intelligence (AI). Diciptakan pada tahun 1950-an namun pengembangannya relatif lambat. Penerapan kecerdasan buatan dalam game berkembang setelah 20 tahun kecerdasan buatan ini diciptakan. Hal ini dikarenakan keterbatasan mesin komputasi pada masa itu dalam melakukan perhitungan dan serta ruang penyimpanan. Di sisi lain, proses penciptaan game masih sangat sederhana. [7].

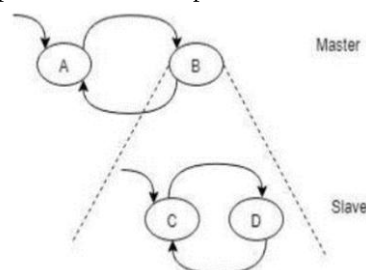
2.4. Metode Hierarchical Finite State Machine (HFSM)

Hierarchical Finite State Machines (HFSM) melibatkan hierarki dimana FSM bersarang dalam FSM lainnya. Dengan mengelompokkan state yang memiliki transisi keluar yang sama, kita dapat mengurangi jumlah transisi, yang merupakan interpretasi awal dari hierarki pada level state. State yang bersarang hanya menerima subset dari alfabet input/output. Jika ada perubahan yang perlu dilakukan, kita hanya perlu mengedit pada level hierarki tertentu dan di bawahnya, sehingga memudahkan perubahan, pemahaman kode, dan mengurangi kompleksitas. Di bawah ini adalah contoh bagaimana struktur desain HFSM mungkin terlihat. Seiring bertambahnya jumlah state dalam FSM, kompleksitasnya juga meningkat, yang bisa membuat implementasi dan pemahaman kode menjadi sulit. Untuk mengatasi masalah ini, terdapat beberapa FSM lanjutan yang dapat mengurangi kompleksitas FSM dan meningkatkan kinerjanya. Salah satu solusi yang efektif adalah menggunakan HFSM, di mana FSM ditulis di dalam FSM lainnya, dengan state FSM luar yang memiliki FSM kecil di dalamnya. HFSM mudah dipahami dan diimplementasikan. Studi penelitian ini fokus pada penerapan FSM dalam pengembangan game [6].

Secara umum, Finite State Machine (FSM) adalah metode yang sering digunakan dalam game untuk menentukan perilaku karena kesederhanaannya dan kemampuannya untuk diterapkan pada berbagai jenis game. Namun, pada titik tertentu, metode ini mengalami hambatan jika agen memiliki banyak pendekatan dalam perilaku NPC. FSM memiliki kelemahan karena memiliki banyak state dan transisi, sehingga representasi dan analisis menjadi sulit. Untuk

merancang perilaku dinamis NPC dengan karakteristik tertentu, disarankan menggunakan metode Hierarchical Finite State Machine (HFSM). HFSM dapat memperbaiki proses penentuan respons perilaku dalam perubahan kondisi yang berfluktuasi dengan menggunakan sistem aturan tertentu. Sebagai pengembangan dari FSM, HFSM memiliki keunggulan dalam mengurangi kompleksitas perancangan perilaku agen. Ini dapat menyederhanakan proses komputasi dan mempertahankan kendala dengan meminimalkan jumlah bit kode serta menyesuaikan kode untuk state tersebut [6].

Dalam HFSM, setiap keadaan dapat memiliki aksi atau perilaku tertentu yang terkait dengannya. Misalnya, ketika sistem berada dalam keadaan tertentu, ia dapat memulai aksi tertentu, menjalankan serangkaian tindakan, atau menunggu masukan tambahan. Transisi antara keadaan-keadaan dipicu oleh input eksternal atau peristiwa internal [6]



Gambar 1. Ilustrasi HFSM

Pada Gambar 1 merupakan Hierarchical Finite State Machine (HFSM), sebuah state dapat memiliki state lain yang disebut Slave, dan state yang mengandung Slave disebut Master. Dalam konteks game petualangan ini, penggunaan metode HFSM memerlukan tahapan perancangan. Tahap ini penting untuk merancang HFSM yang akan diterapkan pada NPC.[6]

2.5. Algoritma A* Pathfinding

Algoritma A-star (A*) merupakan salah satu algoritma yang termasuk dalam kategori metode pencarian yang mempunyai informasi (informed search method). Algoritma ini sangat baik sebagai solusi pada proses pencarian jalur [5].

Algoritma ini mencari jarak rute tercepat yang akan ditempuh oleh suatu titik awal menuju objek tujuan [5].

Algoritma A* memerlukan dua model antrian: terbuka dan tertutup. Memodifikasi fungsi heuristik pada algoritma A* dapat melakukan prediksi pada setiap node yang dibuat. langkah ini dilakukan untuk menyederhanakan algoritma untuk menentukan langkah selanjutnya yang diharapkan. Metode ini dapat dinotasikan dengan fungsi $f(n)$, sebagai pendekatan terhadap fungsi $f(n)$, dimana fungsi $f(n)$ adalah fungsi evaluasi sebenarnya terhadap node (n). Rumusan rumus A* untuk fungsi matematika dapat dituliskan sebagai persamaan 1 [5].

2.6. Petualangan Rato Bili

Di Desa Bumalere, Kecamatan Loura, Sumba Barat Daya, hiduplah seorang pemimpin bernama Rato Bili Danga Woli yang dikenal bijaksana dan berwibawa. Desa ini terletak di kaki gunung dengan medan yang sulit dijangkau, sehingga memiliki satu akses utama sebagai perlindungan dari musuh [11].

Rato Bili Danga Woli memiliki tombak sakti bernama Kawauka, yang dalam bahasa setempat berarti "menangis." Tombak ini merupakan simbol rasa duka dan permohonan ampun. Tombak Kawauka terbuat dari kayu yang kuat dan ujung besi kuningan, memiliki panjang sekitar tiga meter, dan diyakini memiliki kekuatan sacral [11].

Suatu hari, sumber mata air penting desa, Likku, dikuasai oleh suku Wewewa. Mata air ini adalah sumber kehidupan masyarakat Bumalere untuk kebutuhan sehari-hari. Merasa desa terancam, Rato Bili Danga Woli mengadakan upacara adat "tunnu manu" untuk meminta restu leluhur dan petunjuk dari Merapu mengenai hasil pertempuran [11].

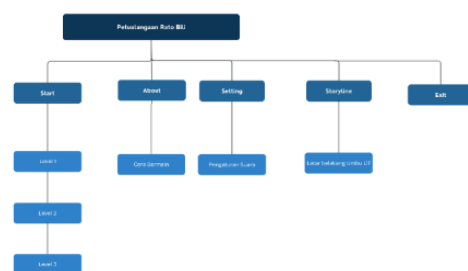
Setelah upacara, Rato Bili bersama kerabatnya bersiap menghadapi musuh dengan membawa tombak Kawauka. Dalam peperangan, Rato Bili berhasil menikam salah satu musuh, yang terluka parah hingga meminta belas kasihan. Namun, sesuai adat, tombak dicabut dan kepala musuh dipenggal sebagai tanda kemenangan yang dibawa kembali ke desa [11].

Kini, tombak Kawauka diwariskan turun-temurun dan dipercayai akan kembali ke desa jika tidak dijaga dengan benar, karena telah disakralkan oleh leluhur keluarga Rato Bili Danga Woli [11].

3. METODE PENELITIAN

Pada bagian ini memuat metode yang digunakan pada pembuatan skripsi.

3.1. Perancangan Menu Game



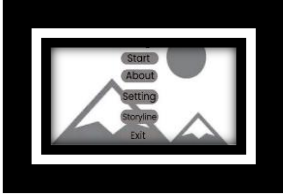
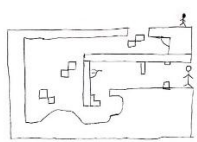
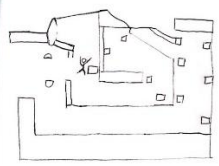
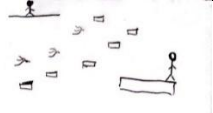
Gambar 2. Struktur Menu

Pada gambar diatas merupakan struktur menu pada game Petualangan Rato Bili yang memiliki button start jika player mengklik button tersebut maka akan masuk ke tampilan menu level, pada menu level terdapat tiga level yaitu level 1 hingga level 3 yang dimana gameplaynya dimulai dari level 1 berlanjut hingga level 3 yang memiliki kesulitannya masing-masing. Pada setiap memiliki bos akhir. Dan pada button about untuk menampilkan informasi cara bermain game Petualangan Rato Bili ini serta ada penjelasan pada setiap icons yang dipakai saat hendak

memainkan gamenya. Kemudian ada button setting untuk mensetting bacskound yang ada pada game ini, pada tampilan setting terdapat dua icons yang digunakan, setiap icons memiliki fungsi berbeda, lalu pada button storyline terdapat tampilan yang menceritakan tentang latar belakang dari Rato Bili, dan yang terakhir ada button exit yang digunakan untuk keluar dari game maka ketika player mengklik button ini otomatis akan keluar dari keseluruhan gamenya.

3.2. Storyboard

Tabel 1. Storyboard

No	Desain
1	 merupakan Rancangan Menu Game dimana <i>Player</i> akan dapat menggunakan fitur-fitur diatas yaitu <i>Start, About, Setting, Storyline, Exit</i>
2	 Merupakan sketsa map level 1
3	 Merupakan sketsa map level 2
4	 Merupakan sketsa map level 3

Tabel 2 Desain Karakter dan Environment

No	Desain
1	 Rato Bili sebagai karakter utama dalam game ini dan akan menjadi karakter yang digunakan hingga permainan selesai
2	 Maramba, sebagai raja yang akan menyerang karakter utama dengan nyawa yang lebih banyak

No	Desain
3	 Wurung, burung jelmaan yang akan menyerang karakter utama ketika terdeteksi dekat
4	 Environment pada game "Petualangan Rato Bili"
5	 Environment pada game "Petualangan Rato Bili"
6	 Environment pada game "Petualangan Rato Bili"
7	 Environment pada game "Petualangan Rato Bili"
8	 Environment pada game "Petualangan Rato Bili"
9	 Environment pada game "Petualangan Rato Bili"

3.3. Gameplay

Pada bagian ini akan menjelaskan tentang *gameplay*

a. Tujuan

Tujuan dari game Petualangan Rato Bili adalah melewati rintangan dan mengalahkan musuh.

b. Start

Sebelum memulai permainan pemain akan melalui menu utama. Pemain dapat memilih menu yang tersedia, yaitu menu start, about, settings, storyline, dan exit.

c. Middle

Pada bagian middle ditunjukkan proses permainan dari game Petualangan Rato Bili pada level ke level.

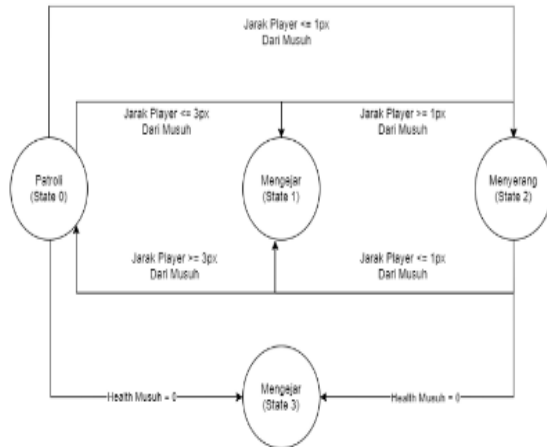
- Player melawan enemy yang tersebar pada tiap area
- Serangan enemy akan mengurangi health player dan jika health < 0 maka game over

d. Ending

Setelah menyelesaikan semua level, ini menandakan permainan telah selesai dan pemain dapat memainkan Kembali

3.4. Flowchart

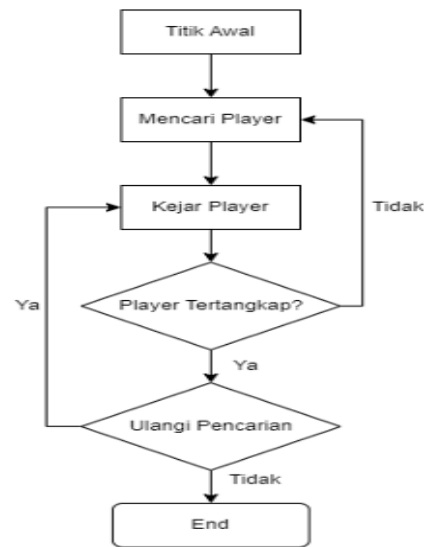
1. Alur HFSM



Gambar 3. Alur HFSM

Pada gambar diatas merupakan alur Pengimplementasian metode Hierarchical Finite State Machine (HFSM) yang memiliki tiga state utama, yaitu Silent (State 0), Chasing (State 1), Attacking (State 2), dan Kalah (State 3). Konsep HFSM memungkinkan sistem merespons perubahan dalam kondisi permainan dengan lebih terstruktur. Pada State 0, yang disebut Silent, musuh berada dalam keadaan diam. Ini mungkin mencerminkan keadaan ketika pemain masih di luar jangkauan musuh atau tidak menarik perhatian NPC. State ini menciptakan kondisi awal yang tenang sebelum adanya interaksi dengan pemain. Ketika pemain memasuki jangkauan musuh, yang ditentukan oleh batas ≤ 3 px, musuh akan beralih ke State 1, yang disebut Chasing. State ini mencirikan aksi musuh yang mulai mengejar pemain. Jika pemain berada dalam batasan jarak yang ditentukan, musuh akan terus mengejar player, menciptakan elemen ketegangan dan tantangan dalam permainan. Namun, jika jarak antara pemain dan musuh ≥ 3 px, musuh akan kembali ke State 0, yaitu Silent, di mana NPC berhenti mengejar dan tetap diam. Ini menciptakan dinamika permainan yang menarik, di mana pemain dapat memanfaatkan jarak untuk mengelabui musuh atau merencanakan strategi untuk menghindari pertarungan. Dalam kondisi mengejar dan ketika jarak antara pemain dan musuh ≤ 3 px, musuh akan beralih ke State 2, yaitu Attacking. Pada state ini, musuh aktif menyerang pemain, menciptakan momen ketegangan tinggi dan menantang bagi pemain. Dan jika pemain tidak mampu mengatasi musuh dan mengalami kekalahan, maka game akan beralih ke State 3, yaitu Kalah. Ini mencerminkan akhir permainan dan memberikan pemain kesempatan untuk memulai kembali atau menyelesaikan permainan dengan langkah-langkah yang lebih bijak.

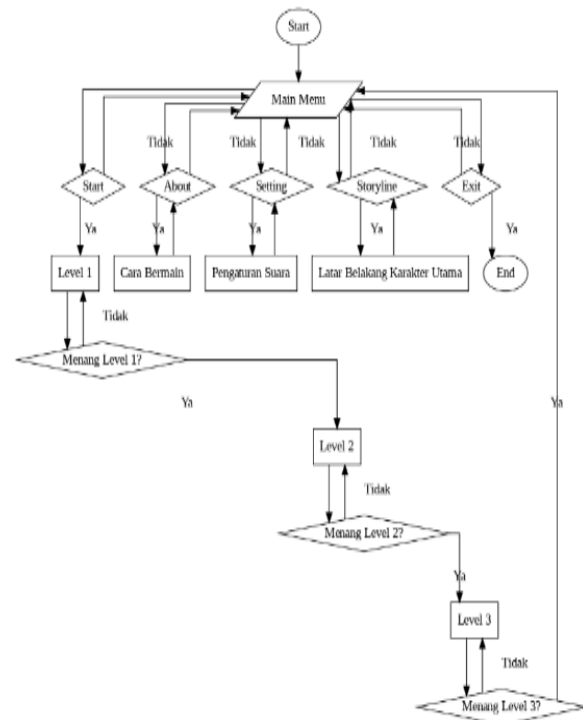
2. Alur Pathfinding



Gambar 4. Alur Pathfinding

Pada gambar diatas memulai proses dari Titik Awal di mana musuh memulai tugasnya. Langkah pertama yang dilakukan oleh musuh adalah mencari keberadaan pemain (Mencari Player). Setelah pemain ditemukan, musuh akan mulai mengejar pemain tersebut (Kejar Player). Pada tahap pengejaran ini, ada pemeriksaan apakah pemain sudah tertangkap atau belum (Player Tertangkap?). Jika pemain tertangkap, proses berakhir (End). Namun, jika pemain belum tertangkap, musuh akan mengulangi pencarian (Ulangi Pencarian) dan kembali ke langkah mencari pemain, terus berlanjut dalam loop ini sampai pemain tertangkap.

3. Flowchart Game



Gambar 5. Flowchart Game

Alur permainan dimulai dari layar Start, di mana pemain diarahkan ke Main Menu sebagai pusat navigasi utama dalam game. Pada menu utama ini, pemain disajikan berbagai opsi, termasuk memulai permainan melalui tombol Start, yang akan membawa mereka langsung ke level pertama. Selain itu, terdapat opsi Cara Bermain, yang memberikan panduan bagi pemain mengenai kontrol, mekanisme, dan tujuan permainan untuk mempermudah pemahaman. Opsi About memungkinkan pemain mengetahui informasi tentang latar belakang game, seperti cerita di balik pengembangannya atau pesan yang ingin disampaikan melalui game ini. Selanjutnya, opsi Setting memungkinkan pemain untuk mengatur preferensi tertentu seperti tingkat kesulitan atau pengaturan grafis, sementara pada menu Pengaturan Suara, pemain dapat mengatur volume musik dan efek suara sesuai kenyamanan. Opsi Storyline memberikan gambaran alur cerita utama yang menjadi inti permainan, sedangkan Latar Belakang Karakter Utama menjelaskan karakter yang akan dimainkan dan perannya dalam cerita.

Jika pemain memilih untuk memulai permainan dengan memilih Start, mereka akan memasuki Level 1 sebagai tantangan pertama. Setelah berhasil menyelesaikan level ini, pemain secara otomatis akan melanjutkan ke Level 2. Proses ini berlanjut ke Level 3 jika pemain berhasil menyelesaikan level sebelumnya. Namun, jika pemain gagal menyelesaikan suatu level, mereka tidak dapat melanjutkan ke level berikutnya dan harus mengulang level tersebut. Permainan akan berakhir jika pemain memilih opsi keluar di menu utama atau setelah menyelesaikan seluruh level yang ada. Alur ini dirancang untuk memberikan pengalaman bermain yang terstruktur, informatif, dan mendalam, terutama dengan adanya fitur pendukung seperti cerita latar dan pengaturan game.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Memuat hasil, Pengujian dan pembahasan tentang skripsi yang telah dilakukan Implementasi, Pada bagian ini akan menjelaskan tentang pembuatan karakter, asset, map dan implementasi dari design tersebut kedalam game “Petualangan Rato Bili”

4.1. Karakter Rato Bili

Pada gambar 6 merupakan Gerakan frame per frame karakter Rato Bili yang diatur sedemikian rupa untuk menciptakan tampilan gerakan animasi. Terdapat gerakan jalan, menyerang, diam, berlari, dan melompat, dan mati.



Gambar 6. Karakter Rato Bili

4.2. Karakter Maramba



Gambar 7. Karakter Maramba

Pada gambar 7 merupakan Gerakan frame per frame karakter Maramba yang diatur sedemikian rupa untuk menciptakan tampilan gerakan animasi. Terdapat gerakan jalan, menyerang, diam, berlari, mati, dan melompat.

4.3. Karakter Wurung



Gambar 8. Karakter Wurung

Pada gambar 8 merupakan Gerakan frame per frame karakter Wurung yang diatur sedemikian rupa untuk menciptakan tampilan gerakan animasi. Terdapat gerakan terbang.

4.4. Main Menu



Gambar 9. Main Menu

Gambar 9 adalah tampilan awal pada saat game di jalankan yang berisi dari 5 menu yaitu start, settings, about, storyline, dan exit

4.5. Level 1



Gambar 10. Level 1

Gambar 10 adalah tampilan level 1, pada tahap ini terdapat healthpickup yang dimana ketika player kehabisan darah dapat menambah darah dengan mengambil healthpickup.

4.8. Pengujian Black Box & Stress Testiing

Tabel 3. Pengujian menu utama

No	Kasus Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Sistem	Hasil
1	Klik tombol start.	System masuk ke dalam game dan memulai permainan.	Tampilan permainan	Sesuai
2	Klik tombol about	System masuk ke dalam menu about	Tampilan menu about	Sesuai
3	Klik tombol settings	System akan masuk ke menu settings	Tampilan menu settings	Sesuai
4	Klik tombol storyline	System akan masuk ke menu storyline	Tampilan menu storyline	Sesuai
5	Klik tombol exit	System akan keluar dari game	Keluar dari game	Sesuai

Pada tabel 3 dilakukan pengujian pada lima button menu utama sehingga didapatkan hasil 100% berhasil

4.6. Level 2



Gambar 11. Level 2

Gambar 11 adalah tampilan level 2, pada tahap ini terdapat perubahan map, penambahan musuh dan terdapat juga healthpickup yang dimana ketika player kehabisan darah dapat menambah darah dengan mengambil healthpickup

4.7. Level 3



Gambar 12. Level 3

Gambar 12 adalah tampilan level 3, pada tahap ini terdapat perubahan map, penambahan musuh dan terdapat juga healthpickup yang dimana ketika player kehabisan darah dapat menambah darah dengan mengambil healthpickup. Serta minim pijakan sehingga ketika player terjatuh maka akan game over.

Tabel 4. Pengujian HFSM

No	Kasus Pengujian	Kondisi	Yang Diharapkan	Hasil Uji
1	NPC mendeteksi pemain dalam jangkauan	Pemain masuk area deteksi	Npc berpindah ke state menyerang	Sesuai
2	NPC terkena damage dari serangan	NPC memiliki HP > 0	Pemain menyerang NPC, NPC tetap hidup dan bereaksi terhadap serangan	Sesuai
3	NPC Mati ketika HP habis	NPC memiliki HP 0	NPC berpindah ke state mati	Sesuai
4	Perubahan state dari patroli ke menyerang	Pemain memasuki jangkauan	NPC berpindah ke state menyerang	Sesuai
5	Perubahan state dari menyerang ke kembali ke patroli	Pemain keluar dari jangkauan	NPC kembali ke posisi awal dan berpatroli	Sesuai

Pada tabel 4 dilakukan pengujian metode HFSM pada NPC sehingga didapatkan 100% berhasil penerapan metodenya pada NPC

Tabel 5. Pengujian Pathfinding

No	Kasus Pengujian	Kondisi	Yang Diharapkan	Hasil Uji
1	NPC terbang berpatroli sesuai jalur	Tidak ada pemain di sekitar	NPC bergerak sesuai waypoint	Sesuai
2	NPC mendeteksi pemain dalam jangkauan	Pemain masuk area deteksi	NPC mengejar pemain	Sesuai
3	NPC menghadapi rintangan saat mengejar pemain	NPC mengejar pemain	NPC mencari jalur alternatif	Sesuai
4	NPC berhenti mengejar saat pemain keluar jangkauan	Pemain menjauh dari NPC	NPC berhenti mengejar	Sesuai

Pada tabel 5 dilakukan pengujian metode pathfinding pada NPC sehingga didapatkan hasil 100% berhasil pengujiannya pada NPC

Tabel 6. Pengujian Stress Testing

No	Kasus Pengujian	Deskripsi	Kriteria Berhasil	Hasil Uji
1	Banyaknya Entity yang Dapat Ditampilkan Sekaligus	Menambahkan 10, 15, dan 20 NPC dalam satu level	FPS tidak turun di bawah 30 FPS	Berhasil
2	Responsivitas Input	Menekan banyak tombol secara bersamaan (gerakan, serangan, lompat) selama 10 menit	Tidak ada lag atau delay dalam respons input	Berhasil
3	Beban CPU dan RAM	Menjalankan game selama 15 menit sambil mencatat penggunaan CPU dan RAM	CPU tidak melebihi 80% dan RAM tidak melebihi 3GB	Berhasil
4	AI Pathfinding dalam Skala Besar	Memuat 10 musuh dengan pathfinding aktif dalam satu level	Musuh tetap bisa mengikuti jalur dengan benar tanpa stuck atau bug	Berhasil
5	Simulasi Serangan Massal	10+ musuh menyerang pemain dalam waktu bersamaan	Game tidak crash atau mengalami frame drop ekstrem	Berhasil
6	Penyimpanan Data dan Load Game	Menyimpan dan memuat game 10 kali berturut-turut	Game tetap berjalan tanpa corrupt atau crash	Berhasil
7	Uji Ketahanan (Long Run Test)	Memainkan game selama 30 menit tanpa restart	Game tidak mengalami memory leak atau crash	Berhasil

Pada tabel 6 dilakukan pengujian stress testing pada perangkat android sehingga didapatkan hasil uji 100% berhasil tanpa kendala sehingga game ini berjalan dengan normal pada android

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan dan implementasi, game Petualangan Rato Bili berhasil dikembangkan dengan implementasi Hierarchical Finite State Machine (HFSM) yang efektif dalam mengelola perilaku karakter seperti berjalan, berlari, diam, melompat, dan menyerang. Selain itu, algoritma Pathfinding juga diterapkan dengan baik pada karakter musuh, memungkinkan mereka untuk mencari jalur

terdekat secara optimal dalam mengejar pemain. Pengujian Black Box menunjukkan bahwa seluruh fitur dalam game, termasuk transisi antar state NPC, navigasi karakter dalam lingkungan permainan, serta fungsionalitas menu utama, telah berjalan sesuai dengan yang direncanakan sehingga hasil pengujian Black Box adalah 100% sesuai. Hasil pengujian HFSM menunjukkan keberhasilan dalam mendeteksi dan merespons perubahan kondisi permainan secara dinamis sehingga pengujiannya 100% berhasil. Pengujian Pathfinding juga menunjukkan bahwa NPC dapat mengikuti jalur dengan benar dan menyesuaikan pergerakannya sesuai kondisi lingkungan sehingga hasil pengujiannya 100% sesuai. Selain itu, pengujian

Stress Testing memastikan bahwa game dapat berjalan dengan lancar tanpa mengalami kendala kinerja yang signifikan. Pengujian mencakup responsivitas input, beban CPU dan RAM, jumlah entity yang dapat ditampilkan secara bersamaan, serta uji ketahanan jangka panjang. Hasil pengujian menunjukkan bahwa game tetap stabil dengan FPS yang tidak turun di bawah 30, tidak mengalami lag atau delay, serta mampu menangani serangan NPC secara simultan tanpa terjadi crash atau frame drop ekstrem sehingga hasil pengujiannya juga 100% berhasil. Beberapa saran yang dapat menjadi acuan untuk pengembangan lebih lanjut meliputi perlunya pengujian yang lebih luas dengan berbagai kelompok pengguna untuk mendapatkan data umpan balik yang lebih beragam. Selain itu, peningkatan kualitas aset visual perlu dilakukan agar animasi karakter lebih halus dan realistis. Penambahan instruksi cara bermain juga diusulkan untuk membantu pemain memahami gameplay dengan lebih mudah, serta meningkatkan tampilan game agar lebih menarik dan interaktif guna meningkatkan daya tarik bagi pengguna.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dewi, E. N. F., Rachman, A. N., & Hartadji, R. H. Z. (2023). Implementation of Hierarchical Finite State Machine for Controlling 2D Character Animation in Action Video Game. 2023 Eighth International Conference on Informatics and Computing (ICIC). IEEE.
- [2] Harsadi, P., Asmiatun, S., & Putri, A. N. (2021). Dynamic Pathfinding for Non-Player Character Follower on Game. *Jurnal Teknik Informatika CIT Medicom*, 13(2), 55-63.
- [3] Mutaqin, G., Fadilah, J. N., & Nugroho, F. (2021). Implementasi Metode Path Finding dengan Penerapan Algoritma A-Star untuk Mencari Jalur Terpendek pada Game "Jumrah Launch Story". *Walisongo Journal of Information Technology*, 3(1), 43-4
- [4] San, E. R. C., & Handriyanti, E. (2022). Penerapan Metode Pathfinding Pada Pengembangan Game "The Book of Aksara" Pada Perangkat Bergerak. *Prosiding SISFOTEK*, 6(1), 81-85.
- [5] Prasetyo, T. A., et al. (2023). Pathfinding Solving in Maze Game using Backtracking Algorithms. *Jurnal CoreIT*, 9(1).
- [6] Azis, S., & Suryaningrat, S. (2023). Perancangan Dan Pembuatan Game Bertema Melawan Penyakit di Indonesia dengan Penerapan Metode Finite State Machine (FSM). *Scientia Sacra: Jurnal Sains, Teknologi dan Masyarakat*, 3(2), 250-259.
- [7] Herumurti, D. et al. (2020). *Game Development and AI Strategies*. Springer
- [8] Doe, J., & Smith, A. (2020). *Game Mechanics and Player Interaction*. Elsevier
- [9] Nugroho, F., et al. (2021). Role-Playing Game Design with Character Growth System. *Game Science Journal*, 5(1), 32-45.
- [10] Harsadi, P., et al. (2023). Simulation and Racing Game Development. *Journal of Interactive Media*, 7(2), 12-28.
- [11] Loba, D. (2022). Tombak Kawauka (Menangis) Warisan Leluhur Alm. Kakek Rato Bili Dagawoli di Kampung Adat Leluhur Bumalere. *COMSERVA: Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*, 2(5), 360-368.