

GAME TOWER *DEFENSE* PERLINDUNGAN HUTAN DAN EKOSISTEM DENGAN METODE *FINITE STATE MACHINE*

Marza Maulana Hakim

Program Studi Teknik Informatika, Universitas PGRI Madiun

email: marza_2005101019@mhs.unipma.ac.id

Abstract: *As forest degradation due to human activities increases, the need for effective methods to educate the public about ecosystem protection becomes more crucial. This study aims to develop a tower defense game that educates players on the importance of preserving forests and ecosystems. Utilizing the Finite State Machine method to control enemy behaviors and other game elements, this game enhances interactivity and player experience. It is expected that this game will serve as an effective tool in raising awareness and active public participation in environmental conservation.*

Keywords: *Tower Defense Game, Forest Protection, Finite State Machine, Environmental Education.*

Abstrak: Dengan meningkatnya kerusakan hutan akibat aktivitas manusia, perlunya upaya efektif untuk mengedukasi masyarakat tentang perlindungan ekosistem menjadi semakin penting. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah game tower defense yang mengedukasi pemain tentang pentingnya menjaga hutan dan ekosistem. Game ini menggunakan metode Finite State Machine untuk mengatur perilaku musuh dan elemen game lainnya, meningkatkan interaktivitas dan pengalaman pemain. Diharapkan, game ini dapat menjadi alat bantu yang efektif dalam meningkatkan kesadaran dan partisipasi aktif masyarakat dalam pelestarian lingkungan.

Kata kunci: *Game Tower Defense, Perlindungan Hutan, Finite State Machine, Edukasi Lingkungan*

Pendahuluan

Perlindungan dan pelestarian hutan serta ekosistemnya merupakan salah satu tantangan global yang dihadapi saat ini. Hutan berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem, menjadi habitat bagi berbagai spesies flora dan fauna, serta berfungsi sebagai penyerap karbon dioksida yang efektif. Deforestasi merujuk pada penurunan luas hutan yang terjadi akibat konversi lahan untuk pembangunan infrastruktur, pemukiman, pertanian, pertambangan, dan perkebunan. Proses ini sering kali terkait dengan penebangan atau pembalakan liar yang dapat membahayakan berbagai spesies hidup dan umumnya disebabkan oleh kebakaran hutan yang berkontribusi pada pemanasan global. (Wahyuni, 2021). Namun, deforestasi dan perusakan ekosistem hutan akibat aktivitas manusia terus meningkat, yang mengakibatkan dampak negatif terhadap lingkungan. Kehilangan hutan secara besar-besaran tidak hanya mengancam biodiversitas tetapi juga mempengaruhi iklim global dan kualitas hidup manusia.

Ekosistem adalah sebuah sistem alami yang terbentuk melalui interaksi antara makhluk hidup dan lingkungannya. Di dalam ekosistem, setiap organisme berperan dalam menjaga keseimbangan dan fungsi lingkungan tempat mereka hidup. Interaksi ini mencakup hubungan antara tumbuhan, hewan, mikroorganisme, dan komponen abiotik seperti tanah, air, dan udara (Bariyah, 2022). Berdasarkan laporan dari Kompas.id, Indonesia mengalami deforestasi sebesar 257.384 hektar pada tahun 2023. Deforestasi juga terpantau semakin luas dibandingkan tahun sebelumnya. Pada tahun 2022, deforestasi terpantau 230.760 hektar. Penyebab utama deforestasi di Indonesia meliputi ekspansi perkebunan kelapa sawit, penebangan liar, dan kebakaran hutan yang sering terjadi pada musim kemarau. Penyebab utama deforestasi di Indonesia meliputi ekspansi perkebunan kelapa sawit, penebangan liar, dan kebakaran hutan yang sering terjadi pada musim kemarau.

Hutan tropis, yang merupakan salah satu jenis hutan dengan keanekaragaman hayati tertinggi, telah mengalami kerusakan yang signifikan. Penyebab utama dari kerusakan ini adalah kegiatan illegal logging, konversi lahan untuk pertanian, dan pembangunan infrastruktur. Dampak dari kerusakan ini tidak hanya dirasakan oleh flora dan fauna yang kehilangan habitatnya, tetapi juga oleh masyarakat sekitar yang bergantung pada sumber daya hutan untuk kehidupan sehari-hari. Kerusakan hutan juga berkontribusi pada perubahan iklim global, dengan melepaskan karbon yang tersimpan di dalam pohon dan tanah ke atmosfer. Situasi ini semakin diperburuk oleh kebakaran hutan yang sering terjadi di berbagai wilayah tropis.

Perlindungan hutan adalah usaha untuk mencegah terjadinya kerusakan hutan. Terdapat lima golongan kerusakan hutan yang perlu mendapat perhatian dan dicegah, yaitu kerusakan akibat pengerjaan atau pendudukan tanah hutan secara tidak sah, penggunaan hutan yang menyimpang dari fungsinya, dan pengusahaan hutan yang tidak bertanggung jawab (Harold Anis, 2021).

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, berbagai upaya telah dilakukan oleh pemerintah, organisasi non-pemerintah, dan komunitas lokal. Salah satu upaya yang efektif adalah melalui pendidikan dan peningkatan kesadaran masyarakat tentang pentingnya perlindungan hutan. Media edukatif, seperti buku, dokumenter, dan permainan interaktif, telah digunakan untuk menyampaikan pesan-pesan lingkungan. Di antara media edukatif tersebut, game edukatif muncul sebagai alat yang menjanjikan karena sifatnya yang interaktif dan menarik.

Game adalah aktivitas yang kompleks yang mencakup aturan-aturan. Aturan-aturan ini bertujuan untuk membatasi perilaku pemain dan menentukan jalannya permainan. Game bertujuan untuk memberikan hiburan dan meningkatkan konsentrasi (Imanda, 2022). Permainan tidak hanya sekedar aktivitas untuk mengisi waktu luang, tetapi juga sering kali melibatkan keterampilan, strategi, dan interaksi social (Reno, 2021). Game adalah sarana hiburan yang digunakan untuk mengisi waktu luang. Game melatih kelincahan intelektual serta kemampuan pengambilan keputusan dan tindakan pemainnya. Game memiliki banyak genre, seperti edukasi, petualangan, olahraga, dan lainnya (Siwi, 2019). Game edukatif, khususnya game tower defense, dapat menjadi alat yang menarik dan interaktif untuk mengedukasi masyarakat tentang pentingnya menjaga hutan dan ekosistemnya. Game tower defense tentang perlindungan hutan dapat dirancang untuk mensimulasikan tantangan nyata yang dihadapi dalam upaya konservasi hutan. Game edukatif, khususnya game tower defense, dapat menjadi alat yang menarik dan interaktif untuk mengedukasi masyarakat tentang pentingnya menjaga hutan dan ekosistemnya. Game Tower Defense (TD) adalah salah satu jenis game bergenre strategi yang populer karena dapat melatih otak untuk berpikir taktis dalam mencegah musuh menghancurkan markas pemain (Firmansyah, 2019). Kesuksesan dalam game Tower Defense bergantung pada kemampuan pemain untuk mengelola sumber daya dan menyesuaikan strategi sesuai dengan tantangan yang ada (Yondra et al., 2021). Dalam game ini, pemain harus melindungi hutan dari berbagai ancaman, seperti illegal logging dengan menggunakan strategi dan sumber daya yang tersedia. Game semacam ini tidak hanya memberikan hiburan tetapi juga mendidik pemain tentang strategi perlindungan hutan yang efektif.

Metode *Finite State Machine* dapat digunakan untuk mengatur perilaku musuh dan elemen game lainnya, sehingga memberikan pengalaman bermain yang lebih realistis dan menantang *Finite State Machine* (FSM) adalah sebuah metode untuk membuat sistem kontrol yang menggambarkan tingkah laku dengan menggunakan tiga elemen utama: State (keadaan), Event (kejadian), dan Action (aksi) (Armedianto Putro et al., 2021). Cara kerjanya adalah salah satu state akan aktif, dimulai dari state pertama atau state 0. Sistem dapat berpindah ke state lain jika mendapatkan masukan atau event tertentu, baik yang berasal dari perangkat luar maupun komponen dalam sistem itu sendiri. Setiap state akan menghasilkan aksi yang berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan sistem (Putro et al., 2021).

Unity adalah salah satu aplikasi game engine yang berfungsi untuk mengelola aset seperti gambar, input, animasi, suara, grafik, dan lainnya dari berbagai platform, guna menciptakan game atau konten interaktif lainnya (Kusumo, 2019). Menurut (Ramadhanti et al., 2021) Unity adalah sebuah game engine yang dikembangkan oleh *Unity Technologies*, yang berfungsi sebagai alat bantu bagi para pengembang game dengan kemampuan rendering yang terintegrasi. Sebagai platform pengembangan yang sangat populer, Unity menawarkan berbagai fitur canggih yang memungkinkan pengembang untuk menciptakan permainan dengan grafis yang memukau dan performa yang optimal. Selain kemampuan rendering yang unggul.

Dalam pengembangan game Tower Defense ini, metode yang digunakan adalah metode *Waterfall*. Menurut (Riswanto, 2023) Metode *waterfall* adalah teknik pengembangan perangkat lunak yang mengikuti serangkaian tahapan berurutan, meliputi analisis kebutuhan, perancangan, implementasi atau *coding*, pengujian, dan pemeliharaan. Dalam metode ini, setiap tahap harus diselesaikan sepenuhnya sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya, menciptakan proses pengembangan yang terstruktur dan linier.

UML adalah Bahasa grafis yang menggunakan sekelompok symbol grafis. Setiap simbol dan dalam notasi UML didefinisikan dengan baik secara jelas (Sari, 2021). *Unified Modeling Language*

(UML) menurut (Abdillah, 2021) adalah bahasa pemodelan perangkat lunak yang distandardisasi untuk menulis cetak biru perangkat lunak. UML digunakan untuk visualisasi, spesifikasi, konstruksi, dan dokumentasi bagian-bagian dari sistem perangkat lunak. Seperti arsitek yang membuat dokumen cetak biru untuk membangun sebuah bangunan, arsitek perangkat lunak dalam membuat diagram.

Flowchart adalah representasi grafis yang menggunakan simbol-simbol untuk menggambarkan hubungan antara proses secara detail dalam pembuatan suatu program agar terstruktur. *Flowchart* membantu memvisualisasikan proses secara efektif dan efisien, sehingga mempermudah pemahaman dan pelaksanaan langkah-langkah yang diperlukan (Pradana, 2019) (Hasan, 2020). *Flowchart* biasanya digunakan dalam perencanaan atau analisis proses bisnis, algoritma, atau program komputer (Rusli, 2023).

Black box testing adalah metode pengujian perangkat lunak yang mengevaluasi fungsionalitas sistem berdasarkan spesifikasi tanpa memperhatikan struktur internalnya. Dengan pendekatan ini, black box testing memverifikasi bahwa perangkat lunak beroperasi dengan benar dari perspektif pengguna akhir, tanpa perlu mengetahui detail kode internalnya (Indriyanti, 2023) (Supriyono, 2020).

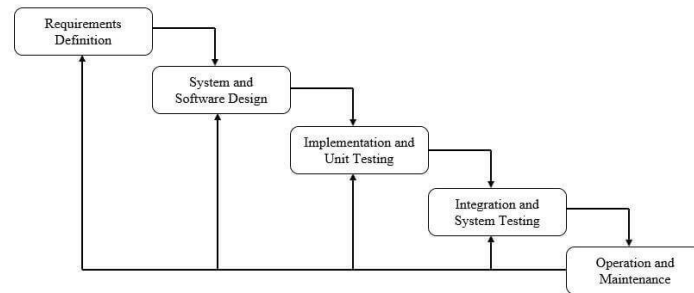
Penelitian terkait yang dilakukan oleh (Nopriansyah et al., 2019) yang berjudul "Rancang Bangun Game 2D Shooter Platformer Menggunakan Metode *Finite State Machine*". Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan game 2D Shooter Platformer yang menarik dan edukatif menggunakan Unity 3D, mengintegrasikan metode *Finite State Machine* (FSM) untuk pengontrolan NPC (*Non-playable Character*). Dalam penelitian ini, FSM digunakan untuk mengatur perilaku NPC seperti musuh dan bos dengan memanfaatkan konsep *state*, *event*, dan *action* yang membantu dalam penciptaan *gameplay* yang dinamis dan interaktif. Game ini dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman C# dan platform pengembangan Unity 3D.

Penelitian yang dilakukan berjudul "Penerapan Metode Finite State Machine pada Game 'Escape from Punk Hazard'". Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan game 3D adventure berbasis Android yang menggunakan Unity sebagai game engine, menggabungkan metode Finite State Machine dan Fuzzy Logic untuk mengontrol NPC dalam game. Metode *Finite State Machine* diterapkan pada semua NPC, sedangkan Fuzzy Logic khusus untuk NPC Boss di setiap level. Hasil pengujian menunjukkan bahwa 100% responden menyukai game ini, 81.8% menyatakan bahwa kontrol dan *gameplay* berjalan dengan lancar, dan 90.9% menyatakan bahwa NPC berjalan dengan baik. (Putro et al., 2021).

Dengan pendekatan Metode *Finite State Machine*, diharapkan pemain dapat memahami kompleksitas dan pentingnya upaya perlindungan hutan, serta termotivasi untuk berkontribusi dalam aksi nyata. Penggunaan teknologi dalam edukasi lingkungan membuka peluang besar untuk menciptakan kesadaran global yang lebih luas mengenai pentingnya menjaga ekosistem hutan. Implementasi game ini diharapkan dapat memberikan dampak positif dalam jangka panjang, baik dalam hal peningkatan pengetahuan maupun aksi nyata dalam konservasi hutan. Proyek ini memberikan pemahaman mendalam tentang pentingnya menjaga ekosistem hutan. Sehingga mendorong pemain untuk berpikir kritis dan bertindak secara bertanggung jawab terhadap lingkungan.

Metode

Dalam pengembangan game *Tower Defense* ini, metode yang digunakan adalah metode *Waterfall*. *Waterfall* merupakan pendekatan klasik dalam pengembangan suatu perangkat lunak yang mengadopsi pendekatan secara linear dan berurutan. Metode *waterfall* cocok untuk pembuatan sistem dengan waktu pengembangan yang panjang dan dengan tingkat resiko yang kecil (Sudibyo, 2023) (Yogiswara, 2022).



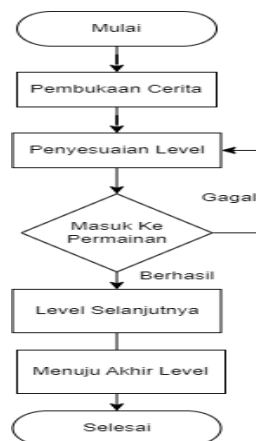
Gambar 1. Tahap Metode Waterfall (Nursadewa, 2022)

Tahapan penelitian diawali dengan analisis kebutuhan pengguna Metode pengumpulan informasi ini dapat diperoleh melalui diskusi, observasi, survei, dan wawancara. Informasi yang diperoleh kemudian diolah dan dianalisis untuk mendapatkan spesifikasi kebutuhan pengguna mengenai game yang akan dikembangkan. Setelah proses analisa kebutuhan selesai maka masuk ke tahap desain sistem yang didalamnya terdapat desain antarmuka dan alur permainan proses coding mencakup penulisan kode untuk game, implementasi logika permainan menggunakan *Finite State Machine*, dan integrasi semua komponen dalam membangun game. Selanjutnya pada tahap pengujian/testing meliputi pengujian unit, integrasi, dan sistem untuk mengidentifikasi dan memperbaiki bug atau kesalahan. Tahap terakhir tahap pemeliharaan dilakukan untuk memastikan game tetap berjalan dengan baik dan memperbaiki masalah yang mungkin ditemukan oleh pengguna. Tahap ini juga mencakup pengembangan fitur tambahan dan peningkatan berdasarkan umpan balik pengguna.

Hasil dan Pembahasan

Pengembangan game tower *defense* ini didasarkan pada konsep perlindungan hutan dari ancaman penghancuran oleh truk yang melalui hutan untuk menebang pohon. Dalam game ini, pemain bertugas untuk strategis menempatkan turret di lokasi yang telah ditentukan di sepanjang jalur yang dilalui truk. Tujuan utama adalah mencegah truk mencapai dan merusak hutan dengan menghancurkannya sebelum mereka berhasil melintas. Turret-turret ini dapat di-*upgrade* seiring pemain menyelesaikan level dan mengumpulkan poin, yang menambah elemen strategi dan manajemen sumber daya.

Di dalam sistem ini, terdapat beberapa tahapan dalam alur permainan yang harus diikuti untuk memulai permainan. Pemain dapat memulai game dengan menekan tombol 'Mulai'. Setelah tombol tersebut ditekan, layar akan menampilkan intro dari game yang memberikan konteks cerita sebelum pemain memasuki level pertama. Setelah berhasil menyelesaikan level pertama, pemain akan secara otomatis beralih ke level berikutnya. Alur dari sistem ini diilustrasikan dalam Gambar 2 berikut :

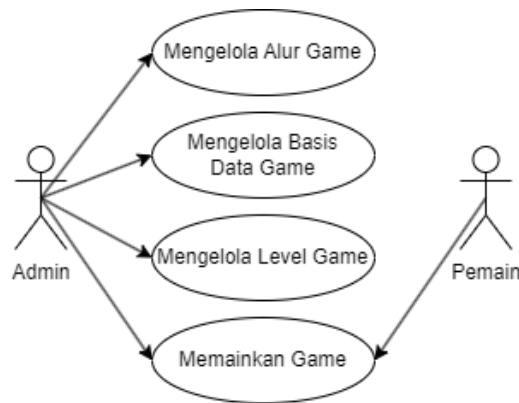


Gambar 2. Alur Permainan

Hasil Pengembangan Sistem

Pengembangan ini menggunakan UML pada game untuk visualisasi, spesifikasi, konstruksi, dan dokumentasi bagian-bagian dari game yang dibangun. Diagram use case merupakan Gambaran atau representasi dari interaksi yang terjadi antara sistem dan lingkungannya. Dalam pembuatan game ini

menggunakan 2 aktor dalam *use case* yaitu admin dan pemain yang memiliki peran tersendiri. Dibawah ini merupakan *use case* dari game ini yang ditunjukkan pada gambar 3 berikut:



Gambar 3. Use Case Game

Dalam *use case* diagram dari game perlindungan hutan dan ekosistem ini berbasis Windows menjelaskan bahwa admin memiliki peran penuh terhadap game yang dibangun. Admin dapat mengelola alur game, mengelola basis data dalam game, mengelola level game dan dapat juga memainkan game. Sedangkan peran pemain hanya dapat memainkan game.

Perancangan Data Game

Data yang terdapat dalam game tower *defense* perlindungan hutan dan ekosistem berbasis Windows ini ditunjukkan pada tabel 1 dan tabel 2 berikut:

Tabel 1. Tabel Data Unit

No.	Nama Unit	Fungsi	Kategori
1.	Pickup	Musuh Level 1	Musuh
2.	Truk Molen	Musuh Level 2	Musuh
3.	Truk Kayu	Musuh Level 3	Musuh
4.	Turret A	Pertahanan	Tower
5.	Turret B	Pertahanan	Tower
6.	Turret C	Pertahanan	Tower
7.	Turret D	Pertahanan	Tower
8.	Turret E	Pertahanan	Tower
9.	Turret F	Pertahanan	Tower

Tabel 2. Tabel Data Event

No.	Nama Event	Fungsi
1.	Intro	Sebagai pembuka dari ilustrasi yang akan berjalan otomatis
2.	Transition	Sebagai transisi dari perpindahan scene dari satu scene ke scene yang lain
3.	Bad Ending	Penutup saat pemain mengalami kegagalan
4.	Good Ending	Penutup saat pemain memenangkan game

Implementasi Sistem

Implementasi sistem berisikan tentang impementasi halaman antarmuka dari game yang dikembangkan seperti tampilan utama, Tampilan intro, Tampilan level, Tampilan antarmuka kalah, Tampilan antarmuka menang dari game adalah sebagai berikut :



Gambar 4. Halaman Utama Game

Keterangan :

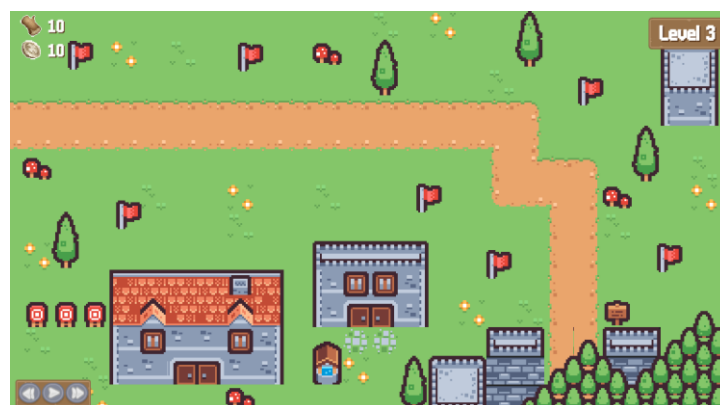
Pada gambar 4 halaman utama dari game yang dikembangkan menampilkan informasi tentang nama game dan button start untuk memulai game dan exit untuk keluar dari game.



Gambar 5. Halaman Intro Game

Keterangan :

Pada gambar 5 Tampilan intro menampilkan adegan penebangan hutan dengan berbagai kendaraan berat yang mengangkut kayu. Terdapat tombol "Skip" di sudut kanan bawah untuk melewati tampilan ini. Tampilan intro ini memberikan konteks dan latar belakang cerita kepada pemain



Gambar 6. Tampilan Level Game

Keterangan :

Tampilan level dalam game menampilkan peta permainan dengan jalur yang harus dilalui oleh musuh. Terdapat beberapa bangunan dan bendera yang menunjukkan titik-titik penting di peta. Di sudut kiri atas, terdapat indikator jumlah nyawa dan koin yang dimiliki pemain



Gambar 7. Tampilan Antarmuka Kalah

Keterangan :

Pada gambar 7 menampilkan latar belakang hutan yang gersang dan rusak. Di bagian tengah atas, terdapat pesan "Game Over" yang menunjukkan bahwa pemain gagal menyelesaikan level. Di bawahnya, terdapat pesan yang menjelaskan akibat dari kegagalan pemain dan dua tombol yaitu "Ulangi" untuk mencoba lagi dan "Keluar" untuk keluar dari game.



Gambar 8. Tampilan Antarmuka Menang

Keterangan :

Pada gambar 8 menampilkan latar belakang hutan yang rindang dan subur. Di bagian tengah atas, terdapat pesan "Selamat!" yang menunjukkan bahwa pemain berhasil menyelesaikan level. Di bawahnya, terdapat pesan yang menjelaskan keberhasilan pemain dan dua tombol yaitu "Lanjut" untuk melanjutkan ke level berikutnya dan "Keluar" untuk keluar dari game.

Hasil Pengujian Sistem

Hasil pengujian aplikasi ini telah dilakukan menggunakan metode *black box testing*. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi Sistem Game Tower Defense Tentang Perlindungan Hutan dan Ekosistem yang telah dibuat.

Tabel 3. Pengujian Fungsional BalackBox pada Game

No	Masukkan	Skenario Uji Coba	Hasil Uji Coba	Kesimpulan
1	Buka halaman main menu	Menampilkan halaman main menu	Sesuai	PASSED
2	Klik tombol "Start"	Berpindah ke halaman intro	Sesuai	PASSED
3	Klik tombol "Exit"	Keluar dari aplikasi	Sesuai	PASSED
4	Buka halaman intro	Menampilkan halaman intro	Sesuai	PASSED
5	Klik tombol "Skip"	Berpindah ke halaman level game	Sesuai	PASSED
6	Buka halaman level game	Menampilkan halaman level game	Sesuai	PASSED

7	Menaruh tower di tempat yang disediakan	Tower dapat diletakkan di tempat yang disediakan	Sesuai	PASSED
8	Klik tombol "Pause"	Game berhenti sementara	Sesuai	PASSED
9	Klik tombol "Fast Forward"	Kecepatan game meningkat	Sesuai	PASSED
10	Klik tombol "Slow Mode"	Kecepatan game berkurang	Sesuai	PASSED
11	Buka halaman jika kalah	Menampilkan halaman jika kalah	Sesuai	PASSED
12	Klik tombol "Ulangi"	Mengulangi level game	Sesuai	PASSED
13	Klik tombol "Keluar"	Keluar dari aplikasi	Sesuai	PASSED
14	Buka halaman jika menang	Menampilkan halaman jika menang	Sesuai	PASSED
15	Klik tombol "Lanjut"	Melanjutkan ke level berikutnya	Sesuai	PASSED
16	Klik tombol "Keluar"	Keluar dari aplikasi	Sesuai	PASSED

Detail hasil pengujian performa mekanik game dapat ditemukan pada tabel 4. Tabel ini menyajikan informasi mendalam tentang bagaimana berbagai mekanik dalam permainan berfungsi dan seberapa baik kinerja mereka sesuai dengan harapan yang telah ditetapkan

Tabel 4. Pengujian Performa Mekanik Game

No	Masukkan	Skenario Uji Coba	Hasil Uji Coba	Kesimpulan
1	Musuh yang tertembak berhasil berkurang nyawanya hingga mati	Nyawa musuh berkurang setiap terkena tembakan hingga 0	Sesuai	PASSED
2	Turret menembak jika musuh berada dalam jangkauan	Turret menembak musuh dalam jangkauan	Sesuai	PASSED
3	Turret berhenti menembak jika musuh berada di luar jangkauan	Turret berhenti menembak musuh yang di luar jangkauan	Sesuai	PASSED
3	Koin bertambah saat musuh berhasil dibunuh	Koin bertambah sesuai jumlah musuh yang dibunuh	Sesuai	PASSED
4	Koin berkurang saat membeli turret atau tower	Koin berkurang sesuai harga turret atau tower	Sesuai	PASSED
5	Nyawa pemain berkurang saat musuh berhasil melewati turret atau tower	Nyawa pemain berkurang setiap musuh melewati turret	Sesuai	PASSED

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa game "Tower Defense Perlindungan Hutan dan Ekosistem" berhasil dirancang dan dikembangkan menggunakan metode *Finite State Machine* dengan tujuan untuk mengedukasi pemain tentang pentingnya menjaga hutan dan ekosistemnya. Hasil pengujian sistem menunjukkan bahwa game ini berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Semua fitur utama seperti waktu pemuatan, durasi intro, estimasi waktu penyelesaian level, serta mekanik game seperti penurunan nyawa musuh,

penembakan turret, manajemen koin, dan pengurangan nyawa pemain telah diuji dan bekerja dengan baik. Pengujian performa menunjukkan bahwa waktu pemuatan game, durasi intro, dan waktu penyelesaian level berada dalam batas yang diharapkan, sehingga memberikan pengalaman bermain yang optimal bagi pemain. Game ini tidak hanya memberikan hiburan tetapi juga meningkatkan kesadaran dan pengetahuan pemain tentang upaya perlindungan hutan dan ekosistem, melalui mekanik permainan yang edukatif dan interaktif.

Daftar Pustaka

- Abdillah, R. (2021). Pemodelan UML Untuk Sistem Informasi Persewaan Alat Pesta. *Jurnal Fasikom*, 11(2), 79–86. <https://doi.org/10.37859/jf.v11i2.2673>
- Algoritma dan Pemrograman. (2023). (n.p.): Penerbit P4I.
- Armedianto Putro, B., Dedy Irawan, J., & Adi Wibowo, S. (2021). Kombinasi Metode Finite State Machine Dan Fuzzy Pada Game Escape From Punk Hazard. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 5(1), 71–78. <https://doi.org/10.36040/jati.v5i1.3276>
- Buku Ajar Rekayasa Perangkat Lunak. (2021). (n.p.): umsu press.
- Firmansyah, O. (2019). Perbandingan Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto dan Metode Fuzzy Sugeno Terhadap Penentuan Durasi Spawn NPC Musuh pada Game Tower Defense Anak Muslim. In *UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG*.
- Imanda, D. (2022). Implementasi Game Edukasi Bahasa Lampung Dialek a Dan Dialek O Berbasis Android. *Jurnal Informatika Dan Rekayasa Perangkat Lunak*, 3(2), 161–178. <https://doi.org/10.33365/jatika.v3i2.2024>
- Indriyanti, A. D. (2023). *Testing Of Industrial Practice Monitoring Information Systems Using The Black Box Method (Case Study : Informatics Department Of Surabaya State*.
- Kusumo, D. P. N. (2019, October). Perancangan Game Android Adventure Gajah Mada dengan Metode Agile Development. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Komunikasi (SENATIK) (Vol. 2, No. 1, pp. 67-70)*.
- Nopriansyah, A., Kanedi, I., & Prahasti. (2019). Rancang Bangun Game 2D Shooter Platformer Menggunakan Metode Finite State Machine. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 3(1), 117–122.
- Nursadewa, A. W. (2022, November). Rancang Bangun Game Edukasi Reog Ponorogo Berbasis Android Dengan RPG Maker Engine. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi (SENATIK) (Vol. 5, No. 1, pp. 425-431)*.
- Pradana, A. G. (2019, October). Rancang Bangun Game Edukasi “AMUDRA” Alat Musik Daerah Berbasis Android. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi (SENATIK) (Vol. 2, No. 1, pp. 49-53)*.
- Putro, B. A., Sari, K. A., & Wahid, A. (2021). Penerapan Metode Finite State Machine Pada Game “Escape From Punk Hazard.” *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 5(1), 71–78.
- Ramadhanti, N. F., Lamada, M., & Riska, M. (2021). Pengembangan Aplikasi Game Edukasi 3D “Finding Geometry” Berbasis Unity Sebagai Media Pembelajaran Bangun Ruang Matematika. *Jurnal MediaTIK : Jurnal Media Pendidikan Teknik Informatika Dan Komputer*, 4(2), 21–26.
- Reno, R. (2021). Pembuatan Game Balap Kelinci Dengan Unity Berbasis Android. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Dan Manajemen Sistem Informasi*, 7(1), 19. <https://doi.org/10.24014/rmsi.v7i1.10531>
- Riswanto, Beny, Willy Setiawan, and Slamet Cahyo Edy Sahputro. 2023. “Sistem Pakar Diagnosa Stunting Pada Balita Berbasis Website Menggunakan Metode Forward Chaining Dan Metode Waterfall.” *Digital Transformation Technology* 3(2):468–77. doi: 10.47709/digitech.v3i2.2881.
- Siwi, R. R. (2019, October). Rancang Bangun Game Unipma Student Adventure Menggunakan Metode Dynamic Weighting A. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi (SENATIK) (Vol. 2, No. 1, pp. 45-48)*.
- Sudibyo, Heri, M. Bahrul Ulum, and Raimon Efendi. 2023. “Sistem Pakar Mengidentifikasi Penyakit Pada Tanaman Cabai.” *Innovative: Journal Of Social Science Research* 3(4):5922–34.
- Supriyono. (2020). Software Testing with the approach of Blackbox Testing on the Academic Information System. *IJISTECH: International Journal of Information System & Technology*, 3(2), 227–233.

- Yogiswara, G. E. (2022, November). Aplikasi Sistem Pakar Diagnosa Kegagalan Koneksi TCP/IP Menggunakan Metode Forward Chaining. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi (SENATIK)* (Vol. 5, No. 1, pp. 453-462).
- Yondra, A. O., Darmanto, T., & Yulius, A. (2021). Penggunaan Algoritma A* Pada Permainan Game Godef Berbasis Android. *Journal Widyatama: Masitika*, 6(Oktober 2021), 1–10.
- Harold Anis, C. D. M. (2021). PKM KESADARAN HUKUM MASYARAKAT DESA LELEMA KECAMATAN TUMPAAN KABUPATEN MINAHASA SELATAN TERHADAP PELESTARIAN FUNGSI HUTAN. *Fisheries Research*, 140(1), 6.
- Wahyuni, H., & Suranto, S. (2021). Dampak deforestasi hutan skala besar terhadap pemanasan global di Indonesia. *JHIP: Jurnal Ilmiah Ilmu Pemerintahan*, 6(1), 148-162.