

RANCANG BANGUN GAME STRATEGI TOWER DEFENSE 2.5D MULTIPLAYER BERBASIS UNITY DENGAN SMART AUTO TARGET

Devandra Albansyah Azhar, Mochammad Machlul Alamin, Ahmad Khoir Al-Haq

Informatika, Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo
Jalan Lingkar Timur KM 5,5 Rangkah Kidul Sidoarjo, Indonesia
machlul410.tif@unusida.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan industri permainan digital di Indonesia menunjukkan peningkatan yang signifikan, namun sebagian besar game yang beredar di pasar masih cenderung berorientasi pada aspek komersial dan sistem monetisasi yang eksploitatif. Permasalahan utama dalam game bergenre tower defense saat ini adalah pola pergerakan dan penyerangan musuh yang cenderung statis serta mekanik kecerdasan buatan yang tidak adaptif, sehingga gameplay terasa repetitif dan mudah ditebak. Penelitian ini bertujuan untuk merancang and mengembangkan sebuah game strategi tower defense 2.5D multiplayer menggunakan engine Unity dengan penerapan metode Smart Auto Target pada unit kecerdasan buatan. Metode penelitian yang digunakan mengadopsi kerangka kerja Game Development Life Cycle yang mencakup tahap konseptual hingga rilis produk. Hasil pengujian menunjukkan bahwa implementasi Smart Auto Target mampu mengubah dinamika permainan dengan mengevaluasi kondisi ancaman secara dinamis, sementara sistem multiplayer kolaboratif yang didukung oleh Photon Unity Network berhasil menyinkronkan aktivitas pemain secara real-time. Pengujian dilakukan dengan menggunakan black box dan kuesioner User Acceptance Test (UAT) dengan responden sebanyak 30 user. Dari hasil pengujian black box didapatkan tingkat keberhasilan 100%, sedangkan dari pengujian pengguna didapatkan prosentase 95,49% sehingga hasil dari kuesioner termasuk dalam kategori sangat baik dan sistem layak diimplementasikan..

Kata kunci : Multiplayer, Photon, Smart Auto Target, Tower Defense, Unity.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri permainan digital di Indonesia terus menunjukkan grafik peningkatan yang signifikan, baik dari sisi lahirnya pengembang lokal maupun keragaman genre yang dihasilkan [1]. Kendati demikian, fenomena yang berkembang di pasar saat ini memperlihatkan bahwa sebagian besar game masih sangat berorientasi pada aspek komersial yang masif. Penggunaan sistem gacha dan transaksi mikro yang agresif sering kali mengaburkan esensi permainan itu sendiri dan cenderung merugikan pemain secara finansial.

Kondisi tersebut memicu kebutuhan mendesak akan adanya pengembangan game yang tidak hanya menarik dari segi visual, tetapi juga memberikan muatan intelektual serta menekankan pada aspek strategi dan kerja sama murni tanpa mengandalkan sistem monetisasi yang berlebihan. Dalam perspektif keilmuan, inovasi dan eksplorasi teknologi baru merupakan bagian dari kontribusi nyata manusia dalam memanfaatkan ilmu pengetahuan untuk kemajuan peradaban. Penguasaan teknologi canggih seperti kecerdasan buatan dan pengembangan perangkat lunak interaktif merupakan wujud nyata dari penerapan nilai-nilai luhur tersebut di era modern [2].

Game bergenre tower defense merupakan salah satu jenis permainan strategi waktu nyata yang menuntut pemainnya untuk berpikir taktis dalam mengatur pertahanan guna menghalau gelombang serangan musuh [3]. Sayangnya, sebagian besar game tower defense yang populer saat ini masih mempertahankan pola permainan yang statis, baik dari

sisi pola serangan musuh maupun sistem penentuan target oleh unit pertahanan. Pola yang kaku ini menyebabkan gameplay terasa repetitif dan membosankan begitu pemain memahami celah dari algoritma yang digunakan. Berangkat dari persoalan tersebut, inovasi dalam penerapan kecerdasan buatan menjadi sangat krusial agar dapat menciptakan pengalaman bermain yang lebih dinamis dan memberikan tantangan yang selalu baru.

Pemilihan metode Smart Auto Target didasarkan pada keunggulannya dibandingkan metode AI konvensional (seperti algoritma pencarian jalur dasar atau proximity targeting yang sekadar menyerang musuh terdekat). Metode Smart Auto Target memungkinkan unit pertahanan untuk mengevaluasi ancaman secara dinamis dengan memperhitungkan kombinasi jarak, jenis musuh, dan kecepatan gerak. Hal ini menghasilkan prioritas serangan yang lebih cerdas dan taktis tanpa membebani komputasi memori (resource-friendly), sehingga sangat ideal untuk menjaga kestabilan frame rate pada mode multiplayer.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah merancang dan mengembangkan sebuah game strategi Tower Defense 2.5D berbasis multiplayer menggunakan Unity dengan penerapan metode Smart Auto Target pada unit kecerdasan buatan. Melalui penerapan sistem ini, diharapkan game yang dihasilkan mampu menyajikan interaksi yang menantang dan dinamis. Secara spesifik, penelitian ini bertujuan mengimplementasikan sistem Smart Auto Target agar mampu menentukan target serangan secara adaptif berdasarkan kondisi permainan yang terus

berubah [4]. Lebih lanjut, penelitian ini juga bertujuan merancang sistem multiplayer kolaboratif, mengembangkan sistem peta dan mekanik keahlian yang dapat memengaruhi perilaku kecerdasan buatan terutama pada unit bos, serta menguji performa kecerdasan buatan tersebut berdasarkan akurasi, waktu respon, dan efektivitas serangan dalam berbagai skenario pertempuran.

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat dirasakan baik secara akademik maupun praktis. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi ilmiah dalam bidang pengembangan game dan kecerdasan buatan, khususnya bagi para pengembang lokal dan mahasiswa yang sedang mempelajari proses perancangan game menggunakan Unity. Bagi para pemain, game ini menawarkan alternatif hiburan yang menantang, menyenangkan, serta mampu memupuk kerja sama tim tanpa harus terbebani oleh pengeluaran finansial yang berlebihan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Penelitian terdahulu memiliki peran penting dalam memberikan gambaran dan landasan konseptual bagi penelitian yang dilakukan, khususnya dalam pengembangan game strategi tower defense yang memanfaatkan teknologi Unity Engine dan mengedepankan aspek kolaborasi antar pemain. Kajian terhadap penelitian sebelumnya dilakukan untuk mengetahui bagaimana penerapan sistem multiplayer, kecerdasan buatan, dan desain gameplay telah dikembangkan pada genre sejenis, serta sejauh mana penelitian terdahulu telah memberikan kontribusi terhadap peningkatan kualitas pengalaman bermain.

Penelitian oleh Tikhomirov (2023) dalam laporan berjudul “Developing an Online Multiplayer Game in Unity” menjelaskan proses perancangan dan pengembangan game daring multipemain menggunakan Unity Engine sebagai platform utama. Penelitian ini menekankan pentingnya perencanaan sistem arsitektur, sinkronisasi pemain, serta manajemen server-client agar gameplay tetap lancar. [5] Studi ini memberikan kontribusi dalam bentuk panduan teknis untuk pengembangan game online, termasuk pengujian performa, efisiensi jaringan, serta keamanan data antar pemain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Unity mampu menyediakan lingkungan yang optimal untuk pengembangan game multipemain dengan performa stabil melalui penerapan manajemen sumber daya yang baik.

Penelitian oleh Moreno (2024) dalam penelitiannya “Integration of Machine Learning in the Tower Defense subgenre of video games” berfokus pada integrasi Artificial Intelligence (AI) dan Machine Learning (ML-Agent Unity Library) untuk menciptakan musuh yang adaptif dalam genre Tower Defense [6]. AI yang dirancang dapat belajar dari perilaku pemain untuk menciptakan pola serangan baru yang lebih menantang, mengubah gaya

permainan menjadi lebih dinamis dan tidak repetitif. Penelitian ini membuktikan bahwa penerapan ML pada Unity dapat menghasilkan AI dengan kemampuan self-learning dan adaptasi strategis, yang membuka peluang baru bagi pengembangan sistem AI cerdas dalam game strategi masa depan.

2.2. Landasan Teori

Landasan teori berfungsi sebagai dasar konseptual yang menjelaskan teori-teori, prinsip, dan teknologi yang digunakan dalam penelitian ini. Setiap teori yang dibahas memiliki keterkaitan langsung dengan proses perancangan dan pengembangan game strategi tower defense multiplayer berbasis Unity Engine. Penggunaan teori ini tidak hanya untuk memahami cara kerja sistem permainan secara teknis, tetapi juga untuk memperkuat dasar ilmiah dalam penerapan kecerdasan buatan (AI), sistem multiplayer kolaboratif, serta penerapan desain antarmuka dan pengalaman pengguna (UI/UX) yang mendukung kenyamanan dan strategi bermain secara bersama [7]. Dalam konteks penelitian ini, landasan teori mencakup berbagai aspek mulai dari konsep dasar game dan tower defense, teori pengembangan game, sistem jaringan multiplayer, penerapan AI adaptif dengan pendekatan Smart Auto Target, hingga metode analisis pengalaman pengguna. Melalui pemahaman teori-teori tersebut, diharapkan proses pengembangan game dapat dilakukan secara terarah, terukur, dan sesuai dengan prinsip ilmiah yang berlaku dalam bidang informatika.

2.3. Game

Menurut Sutopo (2023), game merupakan bentuk media interaktif yang dirancang untuk memberikan pengalaman hiburan, simulasi, atau pembelajaran melalui mekanisme aturan dan tujuan tertentu [8]. Game tidak hanya sekadar sarana hiburan, tetapi juga telah menjadi media pengembangan keterampilan berpikir, kreativitas, dan kolaborasi antar individu.



Gambar 1. Konsol Game

Dalam konteks informatika, game dikategorikan sebagai interactive software yang memadukan aspek logika pemrograman, visualisasi grafis, kecerdasan buatan, serta interaksi pengguna. Pengembangan game modern juga mencakup elemen sosial seperti multiplayer dan online community yang memperluas nilai interaktivitas antar pemain.

2.4. Genre Tower Defense

Pemain biasanya menempatkan struktur pertahanan seperti tower atau unit pasukan di sepanjang jalur serangan musuh untuk mencegah mereka mencapai titik tujuan.



Gambar 2. Bloons TD 6

Game tower defense menekankan pada strategi penempatan, pengaturan waktu, dan manajemen sumber daya. Setiap gelombang serangan memiliki pola tertentu yang menguji kemampuan pemain dalam beradaptasi. Dalam penelitian ini, konsep tower defense dikembangkan menjadi multiplayer kolaboratif, di mana beberapa pemain dapat bekerja sama untuk mempertahankan satu base bersama, sehingga memperkuat aspek strategi dan komunikasi tim.

2.5. Unity Game Engine

Unity adalah game engine lintas platform yang dikembangkan oleh Unity Technologies dan banyak digunakan untuk pengembangan game 2D, 3D, maupun 2.5D.



Gambar 3. Logo Unity

Unity menggunakan bahasa pemrograman C# dan mendukung integrasi pustaka eksternal seperti Photon Network, ML-Agent, dan NavMesh AI yang berperan penting dalam pembuatan sistem kecerdasan buatan serta koneksi multiplayer [9]. Dalam penelitian ini, Unity dipilih karena kemampuannya dalam mengelola objek dinamis, animasi, logika AI, dan sinkronisasi jaringan dalam satu sistem terintegrasi.

2.6. Smart Auto Target System

Konsep Smart Auto Target merupakan pengembangan logika AI untuk menentukan prioritas serangan secara dinamis [10]. AI akan mengevaluasi kondisi lingkungan permainan, seperti jarak musuh, tipe ancaman, serta kecepatan gerak, sebelum menentukan target utama.

Dalam game ini, sistem tersebut diterapkan baik pada unit musuh maupun batalion tower, sehingga keduanya mampu menyesuaikan taktik secara kontekstual terhadap situasi permainan.

2.7. Sistem Multiplayer Kolaboratif

Sistem multiplayer kolaboratif merupakan mekanisme permainan yang memungkinkan lebih dari satu pemain bekerja sama untuk mencapai tujuan bersama.



Gambar 4. Ikon Multiplayer

Dalam penelitian ini, kolaborasi pemain menjadi elemen utama. Setiap pemain memiliki peran strategis dalam mempertahankan base bersama, berbagi sumber daya, serta mengatur posisi pertahanan. Model ini diharapkan dapat meningkatkan interaksi sosial, komunikasi tim, dan daya tarik permainan dibandingkan dengan game tower defense tradisional [11].

3. METODE PENELITIAN

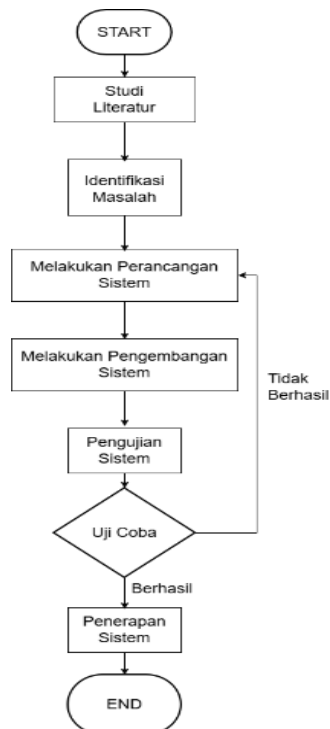
3.1. Diagram Rancangan Penelitian

Diagram penelitian ini menggambarkan alur sistematis yang digunakan dalam proses pengembangan dan analisis pada penelitian tugas akhir ini. Alur penelitian disusun secara terstruktur untuk memastikan setiap langkah metodologis, mulai dari tahap awal hingga tahap akhir, dapat berjalan sesuai prinsip ilmiah serta mendukung tujuan utama pengembangan game strategi tower defense berbasis multiplayer [12]. Diagram ini juga menjadi representasi visual dari pendekatan yang digunakan untuk mengintegrasikan konsep Game Development Life Cycle (GDLC) ke dalam tahapan penelitian sehingga setiap proses pengembangan, pengujian, dan penerapan sistem dapat dilakukan secara berkesinambungan dan terukur.

Penelitian dimulai dari tahap Studi Literatur, yaitu pengumpulan referensi terkait game tower defense, kecerdasan buatan, multiplayer system, dan metode pengembangan game. Tahap berikutnya adalah Identifikasi Masalah, di mana peneliti menentukan kebutuhan, kelemahan pada game tower defense konvensional, dan solusi melalui penerapan AI Smart Auto Target serta fitur kolaboratif [12].

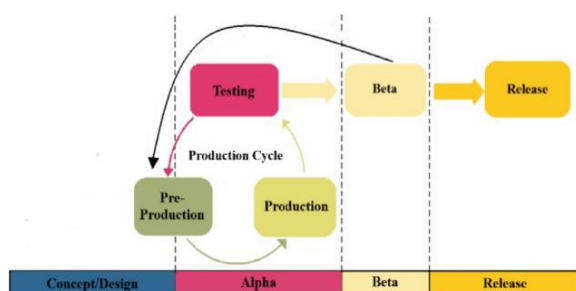
Setelah masalah teridentifikasi, penelitian memasuki tahap Melakukan Pengembangan Sistem, meliputi perancangan gameplay, implementasi AI adaptif, desain UI/UX, serta integrasi Photon Unity Networking. Sistem yang dibangun kemudian masuk pada tahap Pengujian Sistem, diikuti dengan Uji Coba menggunakan skenario permainan untuk memastikan fitur berjalan sesuai rancangan. Jika sistem dinilai berhasil pada tahap uji coba, maka penelitian berlanjut menuju Penerapan Sistem, yaitu finalisasi komponen game dan dokumentasi hasil penelitian, sebelum

akhirnya ditutup dengan tahap END sebagai penyelesaian keseluruhan proses penelitian.



Gambar 5. Diagram Penelitian

Rancangan penelitian ini secara keseluruhan mengikuti prinsip Game Development Life Cycle (GDLC), di mana setiap tahapan memiliki keterkaitan langsung antara perancangan, implementasi, dan pengujian. Melalui pendekatan ini, setiap fase pengembangan dapat dievaluasi secara iteratif untuk menghasilkan game yang stabil, menarik, serta memiliki mekanik AI tower defense dan kolaborasi multiplayer yang optimal [14].



Gambar 6. Diagram GDLC

Tahap pertama adalah Concept/Design, di mana dilakukan analisis kebutuhan fungsional dan non-fungsional terhadap sistem permainan yang akan dikembangkan. Analisis ini mencakup studi literatur terhadap berbagai penelitian dan game bertema Tower Defense Multiplayer seperti Arknights dan Bloons TD 6, serta observasi terhadap mekanisme AI dan sistem kolaboratif yang digunakan dalam game sejenis.

Tahap berikutnya adalah Pre-Production, yang merupakan fondasi awal dalam membangun struktur

sistem dan alur permainan. Tahap ini bertujuan untuk menerjemahkan ide konseptual menjadi rancangan yang lebih konkret. Pada tahap ini dilakukan pembuatan dokumen Game Design Document (GDD) yang berisi elemen desain seperti struktur game flow, rancangan antarmuka pengguna (user interface), skema user experience (UX), desain level, serta logika permainan.

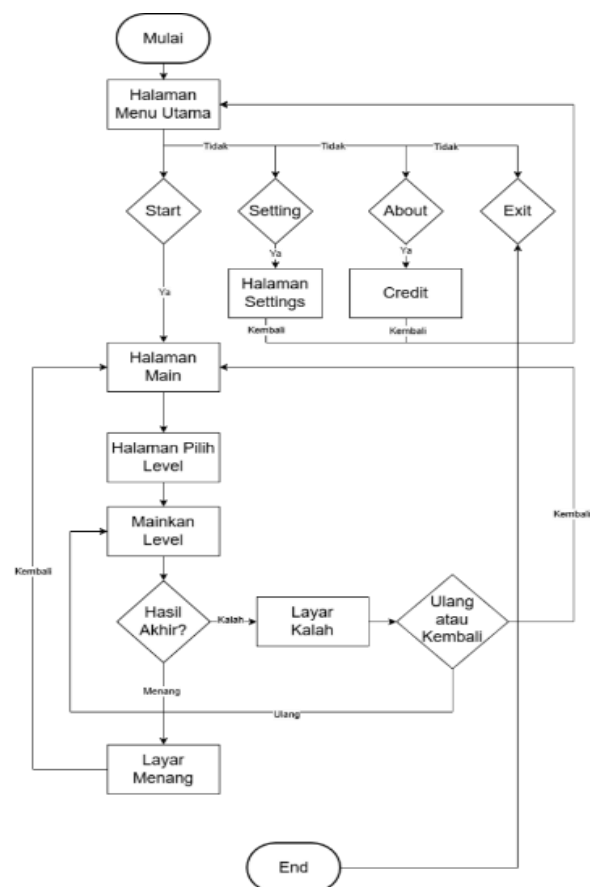
Tahap ketiga adalah Production, yaitu proses inti dari pengembangan game. Pada tahap ini seluruh desain dan rancangan yang telah dibuat diimplementasikan secara nyata menggunakan Unity Engine 2022 LTS dengan bahasa pemrograman C#.

Tahap keempat adalah Testing, yaitu proses pengujian untuk memastikan bahwa sistem berjalan sesuai dengan rancangan dan tidak terdapat kesalahan logika maupun bug.

Tahap berikutnya adalah Beta, di mana game diuji oleh pengguna eksternal (responden) untuk mendapatkan umpan balik nyata mengenai pengalaman bermain (player experience).

Tahap terakhir adalah Release, yaitu tahap penyempurnaan dan finalisasi game berdasarkan hasil evaluasi dari tahap Beta. Pada tahap ini dilakukan pengujian akhir terhadap seluruh komponen sistem untuk memastikan game berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna dan tujuan penelitian.

3.2. Diagram Alur Game



Gambar 7. Diagram Alur Game

Diagram alur game pada Gambar 7 menggambarkan keseluruhan proses permainan mulai dari awal hingga akhir sesi permainan. Flowchart ini menjelaskan urutan logika dan interaksi yang terjadi antara pemain dengan sistem, baik pada mode singleplayer maupun multiplayer.

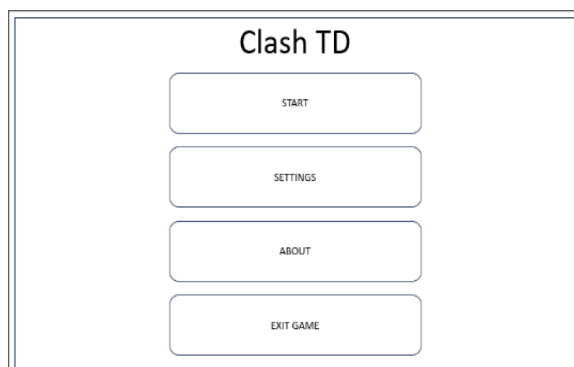
Permainan diawali pada tahap Start, di mana sistem memuat aset dan komponen utama game sebelum menampilkan Main Menu. Pada menu utama, pemain dapat memilih mode permainan yang tersedia, yaitu Singleplayer atau Multiplayer. Setelah mode permainan dipilih, pemain diarahkan menuju Lobby, yang berfungsi sebagai area persiapan sebelum memulai permainan. Pada tahap ini, pemain dapat menyesuaikan karakter, menunggu pemain lain (jika dalam mode multiplayer), serta memilih peta atau stage yang akan dimainkan [15].

Setelah gelombang musuh berakhir, sistem akan menentukan hasil akhir berupa Menang atau Kalah. Jika pemain menang, sistem menampilkan Statistik permainan, seperti jumlah musuh dikalahkan, tower digunakan, dan durasi permainan. Jika pemain kalah, sistem memberikan opsi untuk Mengulangi Round agar pemain dapat memperbaiki strategi [16]. Baik setelah menang maupun kalah, pemain dapat kembali ke Menu Utama (Main Menu) untuk memilih mode atau memulai permainan baru.

Dengan rancangan alur seperti ini, sistem permainan menjadi terstruktur, mudah dipahami, dan mendukung pengalaman bermain yang konsisten antara mode singleplayer maupun multiplayer.

3.3. Perancangan Tampilan Menu Utama

Menu utama menjadi pusat navigasi awal bagi pemain. Pemain dapat memilih untuk memulai permainan, membuka menu pengaturan, atau melihat informasi tentang game. Tata letak tombol dibuat vertikal dengan jarak seimbang untuk memudahkan interaksi menggunakan mouse maupun keyboard.

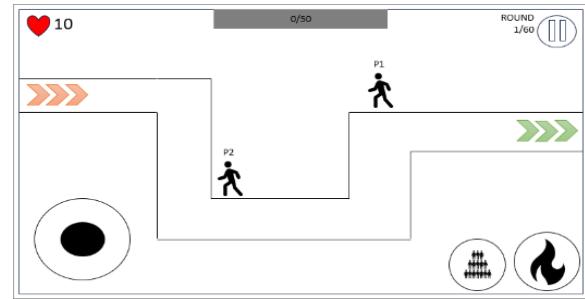


Gambar 8 Rancangan Main Menu

3.4. Perancangan Tampilan Game

Tampilan ini menggunakan sudut pandang first-person view sehingga pemain dapat bergerak secara bebas di dalam ruangan menggunakan kontrol karakter layaknya permainan first-person exploration. Ruangan ini dirancang dengan elemen visual semi-realistis

bergaya cartoonish 3D untuk mempertahankan kesan ringan namun imersif.



Gambar 9. Rancangan Gameplay

3.5. Perancangan Desain

a. Desain Karakter

Perancangan desain pada karakter untuk menciptakan identitas visual yang mendukung permainan tower defense supaya tidak monoton. Setiap karakter dirancang dengan gaya visual 2.5D untuk menciptakan lingkungan permainan yang menyenangkan dan interaktif.

b. Desain Aset

Aset game merupakan keseluruhan elemen grafis, objek, dan karakter yang digunakan untuk membangun tampilan visual dalam permainan. Dalam game "Clash TD", aset tidak hanya sebagai hiasan visual, tetapi juga bisa sebagai hiburan media yang membuat permainan menjadi tampak sangat seru.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Implementasi Antarmuka(UI)

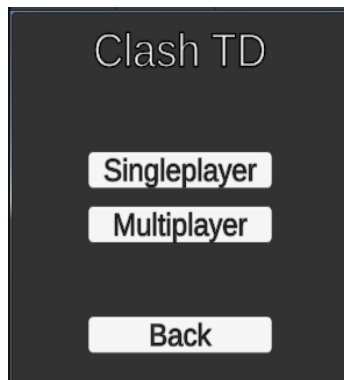
Setelah melalui tahap konsep dan desain (Concept/Design), tahap pra-produksi (Pre-Production), dan tahap produksi (Production). Langkah selanjutnya adalah implementasi Game "Clash TD" menggunakan Unity Engine. Game ini dibuat berdasarkan tahap perancangan desain antarmuka dan aset yang telah dilakukan sebelumnya.

Pada tampilan menu utama terdapat 4 tombol yaitu *start*, *settings*, *about*, dan *exit*. Pengguna dapat menekan tombol *Start* untuk memainkan permainan. Tombol menu *Settings* untuk mengatur volume atau grafik dalam permainan. Tombol menu *About* untuk melihat informasi tentang pengembangan game.



Gambar 10. Tampilan Main Menu

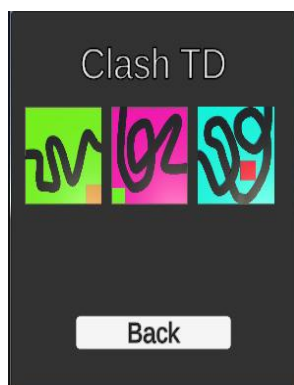
Pada saat pengguna menekan tombol menu *Start* tampilan mode play ini akan muncul dan pengguna diberi pilihan untuk bermain secara sendiri (*Singleplayer*) atau bersama (*Multiplayer*).



Gambar 11. Tampilan Pilih Mode

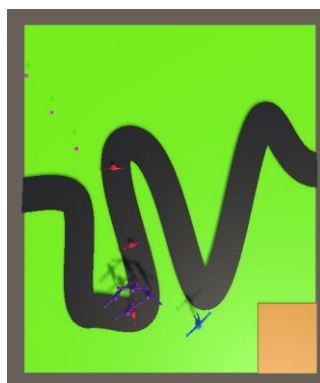
4.2. Implementasi Desain dan Gameplay

Pada tampilan Gambar 11 dibawah ini akan muncul saat pemain sudah memilih antara mode bermain sendiri atau bersama.



Gambar 12. Tampilan memilih Map

Gambar 12 diatas adalah tampilan memilih Map yang akan dimainkan pada saat di dalam permainan. Pada tampilan map di kiri adalah *Easy Map*, dan di tengah adalah *Medium Map*, dan di kanan adalah *Hard Map*. Tampilan *Gameplay* ini muncul saat pemain sudah memilih mapnya.



Gambar 13. Tampilan Game Map Easy

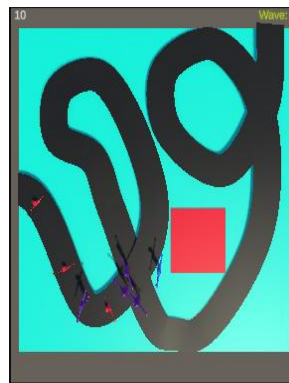
Pada tampilan ini karakter berwarna biru adalah Hero yaitu player yang digerakkan pemain, lalu karakter berwarna ungu adalah Troop yaitu pasukan yang di dikeluarkan oleh pemain. Terakhir karakter berwarna merah adalah Enemy yaitu musuh yang harus dikalahkan atau permainan akan selesai (*Lose*) jika dibiarkan ke titik kanan.

Pada tampilan *Map Easy* ini *Wave* yang dimainkan ada sampai 5 dan semakin banyak *Wave* nya maka semakin banyak *Enemy* nya.



Gambar 14. Tampilan Game Map medium

Pada tampilan *Map Medium* ini jumlah *Wave* ada sampai 10 dan saat melewati *Wave* 5 musuh semakin kuat tapi jumlahnya ter *reset*. Lalu, setelahnya jumlahnya kan terus bertambah semakin naik *Wave* nya.



Gambar 15. Tampilan Game Map Hard

Pada tampilan *Map Hard* ini Jumlah *Wave* nya juga naik menjadi 15. Setiap 5 *Wave* terlewati musuhnya semakin kuat tapi jumlah musuh mengulang seperti di *Wave* pertama.

4.3. Pengujian BlackBox

Pengujian Black Box dilakukan untuk mengevaluasi fungsionalitas dari game "Clash TD" dengan berfokus pada kesesuaian antara input yang diberikan oleh pemain dengan output yang dihasilkan oleh sistem. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh antarmuka pengguna dan fitur utama permainan mulai dari navigasi menu utama, pemilihan mode dan map, hingga mekanisme inti gameplay seperti kemunculan karakter dan kondisi akhir

permainan telah beroperasi dengan baik sesuai dengan perancangan yang diharapkan. Rincian skenario dan

hasil pengujian fungsionalitas sistem tersebut secara lengkap disajikan pada tabel berikut.

Tabel 1. Pengujian Blackbox

No.	Fitur yang Diuji	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian
1	Beranda menampilkan judul	"Clash TD" tampil	Berhasil
2	Tombol Start	Navigasi ke mode permainan	Berhasil
3	Tombol Settings	Navigasi ke layar pengaturan	Berhasil
4	Tombol About	Navigasi ke layar tentang	Berhasil
5	Tombol Exit	Keluar Permainan	Berhasil
6	Tombol Singleplayer	Navigasi ke layar pilih map	Berhasil
7	Tombol Multiplayer	Navigasi ke lobby	Berhasil
8	Pilih Map	Memilih antara map yang di tampilkan	Berhasil
9	Kondisi Menang	Pop-up muncul, skor muncul	Berhasil
10	Game Over	Pop-up muncul	Berhasil
11	Pause	Permainan berhenti	Berhasil
12	Spawn point	Memunculkan Player	Berhasil
13	Hero (Player)	Muncul di spawnpoint	Berhasil
14	Troop	Muncul saat di tekan Huruf "E" oleh player	Berhasil
15	Enemy - Spawn	Berjalan dari point awal	Berhasil
16	Enemy - Mati	Diserang oleh player / troop sampai habis	Berhasil
17	Enemy – End	Sampai ke Base dan mengurangi HealthPoint	Berhasil

Berdasarkan Tabel 1, pengujian Black Box dilakukan terhadap 17 skenario fungsionalitas utama yang mencakup navigasi antarmuka, sinkronisasi multiplayer, hingga mekanik inti musuh dan pemain. Dari total 17 skenario pengujian yang dilakukan, seluruhnya (17 skenario) menunjukkan hasil yang sesuai dengan yang diharapkan. Dengan demikian, tingkat persentase keberhasilan fungsionalitas sistem pada game "Clash TD" mencapai 100%, yang mengindikasikan bahwa sistem siap untuk dimainkan tanpa adanya bug fungsional yang kritis.

Pengujian Pengguna atau User Acceptance Test (UAT) dilakukan untuk mengukur tingkat kepuasan dan pengalaman bermain (Game Experience) dari para pengguna terhadap game "Clash TD". Pengujian ini berfokus pada penilaian subjektif pemain untuk mengetahui apakah game yang dikembangkan telah memenuhi kebutuhan dan harapan target pengguna. Berdasarkan pengujian ini, penulis menyebarkan kuesioner survei menggunakan metode skala Likert 1 sampai 5 kepada sejumlah responden yang telah mencoba permainan. Adapun 5 aspek pertanyaan utama yang dinilai dalam kuesioner ini.

4.4. Pengujian Pengguna

Tabel 2. Penilaian Responden

No.	Aspek yang Dinilai	Rata-Rata Skor
1	Seberapa jelas dan mudah dipahami elemen antarmuka (UI) game ini bagi Anda saat pertama kali bermain?	94.80%
2	Seberapa menarik variasi unit pertahanan dan tingkat tantangan gelombang musuh dalam game ini?	95.47%
3	Seberapa efektif fitur Smart Auto Target pada menara pertahanan membantu strategi Anda dalam melawan musuh?	97.01%
4	Seberapa lancar pengalaman bermain bersama pemain lain secara real-time (sinkronisasi dan kestabilan koneksi)?	91.74%
5	Secara keseluruhan, seberapa puas Anda dengan pengalaman bermain game "Clash TD" ini?	98.45%

Berdasarkan Tabel 2. Penilaian Responden, didapatkan bahwa pengujian sistem dengan total 30 responden memberikan hasil yang sangat positif. Rata-rata hasil pengujian dari kelima aspek tersebut adalah $(94.80 + 95.47 + 97.01 + 91.74 + 98.45) / 5 = 95.49\%$.

Jadi, rata-rata nilai indeks dari responden sebesar 95.49%, sehingga hasil dari penilaian kuesioner yang dilakukan terhadap game "Clash TD" termasuk dalam kategori Sangat Baik.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian dapat disimpulkan bahwa penelitian ini berhasil mengembangkan game strategi Tower Defense 2.5D multiplayer "Clash TD" menggunakan engine Unity dan kerangka kerja Game Development Life Cycle (GDLC). Implementasi kecerdasan buatan melalui metode Smart Auto Target terbukti mampu mengevaluasi kondisi ancaman secara dinamis, sementara dukungan Photon Unity Network berhasil menyinkronkan aktivitas pemain untuk sistem

multiplayer kolaboratif secara real-time. Validasi fungsionalitas melalui pengujian Black Box menunjukkan tingkat keberhasilan 100% pada seluruh skenario yang diuji. Selain itu, hasil pengujian pengguna (User Acceptance Test) kepada 30 responden menunjukkan tingkat kepuasan rata-rata sebesar 95,49%, yang menempatkan game ini dalam kategori sangat baik.

Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan agar sistem kecerdasan buatan diintegrasikan dengan teknologi Machine Learning guna menciptakan kemampuan belajar mandiri (self-learning) pada musuh, serta perlunya evaluasi pengalaman bermain yang lebih mendalam menggunakan instrumen seperti Game Experience Questionnaire (GEQ). Game ini juga memiliki potensi besar untuk diekspansi ke platform mobile, diperkaya dengan variasi aset dan jenis karakter yang lebih beragam, serta pengoptimalan jaringan server-client untuk mengakomodasi jumlah pemain yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nurohman, Y. A., & Isa, M. (2025). Pengembangan Strategis Industri Pengembang Game Lokal Indonesia: Pendekatan Berbasis Swot Untuk Membuka Potensi Ekonomi Kreatif. *Among Makarti*, 18(1), 88-102.
- [2] Ressi, M., Saihan, S., & Usriyah, L. (2024). Pengelolaan Pendidikan Moral dan Keterampilan Abad Ke-21 untuk Meningkatkan Daya Saing di Dunia Digital (Kecerdasan Buatan). *Instructional Development Journal*, 7(3), 533-545.
- [3] Kurniawan, D. (2025). *Lords Mobile-Tower Defense: Panduan Pembangunan dan Taktik Militer dalam Lords Mobile*. Afdan Rojabi Publisher.
- [4] Wibowo, A. (2025). Pengaruh AI dalam Permainan Game dan berfikir cerdas. Penerbit Yayasan Prima Agus Teknik.
- [5] Tikhomirov, A. (2023). Developing an online multiplayer game in Unity.
- [6] Gomis Moreno, I. (2024). Integration of Machine Learning in the Tower Defense subgenre of video games.
- [7] Rustiyana, R., Abdurrohim, I., Hendriyana, H., Slamet, I., Supartha, I. K. D. G., Alimin, A., ... & Judijanto, L. (2025). *Artificial Intelligence: Teori dan Penerapan AI di Berbagai Bidang*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- [8] Sutopo, A. H. (2023). *Metaverse dalam pendidikan*. Topazart.
- [9] Alwi, A. J. (2025). Implementasi Unity-gymnasium pada Environment Reinforcement Learning Berbasis Unity (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- [10] Purnata, H., Diningrat, M. S. M., Dionova, B. W., Rahmatulloh, A., Impran, A., Bani, F. C. D., ... & Akbari, F. (2025). *Smart Systems, Smart Decisions*. PT Penerbit Qriset Indonesia.
- [11] Buana, S. D. T., & Sukirman, S. T. (2023). Pengembangan Multiplayer Game Online untuk Mendukung Pembelajaran Kolaboratif (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- [12] Bagus Aulia Alfasyam, B. (2023). Pengembangan Aplikasi Pengetahuan Bahasa Pemograman Dasar dan Lanjut Berbasis Android Menggunakan Metode Game Development Life Cycle (Doctoral dissertation, Universitas Malikussaleh).
- [13] Marandy, Y. S. (2025). Serious Game Ashabul Kahfi menggunakan rekomendasi tingkat kesulitan Knowledge-Based Filtering berbasis Multimooraa (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- [14] Verdian, I. (2024). Implementasi Web 3D untuk Pembelajaran Basic Life Support CPR dengan Teknik Gamifikasi. *Journal of Digital Ecosystem for Natural Sustainability*, 4(1), 31-37.
- [15] Wijaya, L. (2023). Perancangan dan Pembuatan Strategy Game Berbasis Desktop dengan Unity/Lieky Wijaya/56190235/Pembimbing: Sigit Birowo.
- [16] Kurniawan, D. (2025). *Assault Bots: Strategi Kustomisasi Robot, Taktik Pertempuran Arena, dan Ilmu Menguasai Multiplayer*. Afdan Rojabi Publisher.