



Penerapan Algoritma *Random Walk* Untuk *Procedural Map* Pada Game “*The Last Hope*” 2D

Muhammad Ijai¹, Arbansyah², Sayekhti Harits Suryawan³

Email: ¹muhammadijai441@gmail.com, ²arb381@umkt.ac.id, ³shs500@umkt.ac.id

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

Diterima: 14 Desember 2023 | Direvisi: - | Disetujui: 1 Januari 2024

©2020 Program Studi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer,
Universitas Muhammadiyah Riau, Indonesia

Abstrak

Game merupakan aktivitas yang bertujuan untuk memberikan kesenangan dan menawarkan aturan serta tantangan tertentu, dengan tujuan untuk menciptakan pengalaman bermain yang dinamis dan menarik. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah repetisi dalam pembuatan map didalam game “*The Last Hope*” dengan menerapkan teknik *Random Walk* untuk menciptakan map secara procedural. Dalam penelitian ini, Algoritma *Random Walk* diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman C# dan dibuat menggunakan Unity 2D. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan teknik *Random Walk* berhasil menciptakan variasi map yang dinamis pada setiap sesi permainan, mengatasi repetisi yang menyebabkan kebosanan bagi pemain. Implikasi dari penelitian ini adalah meningkatnya *replayability* game, memungkinkan pemain untuk menikmati pengalaman bermain yang lebih menarik dan dinamis karena mereka tidak akan menghadapi map yang sama setiap kali memulai permainan. Dengan demikian, penggunaan Algoritma *Random Walk* untuk menciptakan map procedural dapat memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan pengalaman bermain pada game “*The Last Hope*” dan permainan serupa dengan genre *Roguelike*.

Kata kunci: *Algoritma Random Walk, Peta Prosedural, Game roguelike*

Application of the Random Walk Algorithm for Procedural Maps in the 2D Game “The Last Hope”

Abstract

Games are activities that aim to provide fun and offer certain rules and challenges, with the aim of creating a dynamic and interesting gaming experience. This research aims to overcome the problem of repetition in making maps in the game “*The Last Hope*” by applying the *Random Walk* technique to create maps procedurally. In this research, the *Random Walk* algorithm was implemented using the C# programming language and created using Unity 2D. The research results show that the use of the *Random Walk* technique is successful in creating dynamic map variations in each game session, overcoming repetition which causes boredom for players. The implication of this research is increased game *replayability*, allowing players to enjoy a more interesting and dynamic gaming experience because they will not face the same map every time they start the game. Thus, the use of the *Random Walk Algorithm* to create procedural maps can make a significant contribution to improving the playing experience of the game “*The Last Hope*” and similar games in the *Roguelike* genre.

Keywords: *Random Walk Algorithm, Procedural Map, Roguelike Game*

1. PENDAHULUAN

Saat ini perkembangan game developer sangatlah pesat, terbukti dari banyaknya jenis aplikasi game yang telah ditawarkan pada smartphone maupun console PC[1]. Banyak game baru yang tersebar di industri game. Para desainer game berlomba-lomba membuat game-game terbaru karena melihat peluang yang dihadirkan oleh banyaknya pengguna ponsel yang terbiasa bermain game[2]. Perangkat mobile atau smartphone yang makin maju sekarang dapat menjalankan game dari yang sederhana sampai game yang memiliki fitur dan Tampilan yang tidak kalah dengan game yang ada di komputer[3]. Pengembang game di tuntut

untuk mengembangkan game yang tidak hanya memiliki fitur dan grafis yang bagus namun juga memiliki game content yang berkualitas juga agar player akan tertarik dalam memainkan game tersebut[4]. Game merupakan suatu hiburan yang memiliki aturan, tantangan tertentu dan bertujuan untuk memberikan pengalaman yang berinteraksi kepada pemain[5]. Untuk ini pengembangan Game *The Last Hope* itu akan memiliki banyak tantangan salah satu nya yaitu dalam pengembangan map didalam game, bagaimana game yang bertipe roguelike ini memiliki bentuk map yang berbeda-beda pada saat pemain mulai memasuki arena permainan sehingga dapat memberikan sebuah pengalaman tak terduga dalam bermain. Salah satu yang bisa dikembangkan di game ini yaitu melakukan pengembangan pada map di dalam game tersebut, karena map yang ada pada game *The Last Hope* ini masih berbentuk statik, untuk itu map atau peta di dalam game merupakan salah satu elemen penting yang perlu diperhatikan. Map dalam game memiliki fungsi yang sangat penting, seperti tempat berlangsungnya permainan, lokasi dari misi atau quest tertentu. Namun, permasalahan yang terjadi dalam pembuatan map adalah repetitif dan tidak menarik bagi para pemain. Map yang itu-itu saja akan membuat pemain cepat bosan, kehilangan minat bermain, dan pasti akan mengurangi tingkat replayability game tersebut.

Untuk mengatasi hal tersebut, maka map yang akan dibuat pada permainan ini, akan dibuat secara prosedural, diperlukan solusinya yaitu Procedural map menggunakan algoritma Random Walk. Random Walk salah satu jenis algoritma yang bisa digunakan dalam pembuatan peta prosedural. Random Walks adalah suatu algoritma pengambilan langkah yang dilakukan dalam arah yang acak atau random[6]. Yang menggambarkan jalur yang terdiri dari serangkaian langkah acak yang dilewati. Metode *Random Walk* menggunakan angka acak yang sangat tidak dapat diperkirakan dan tidak dapat digandakan[7].

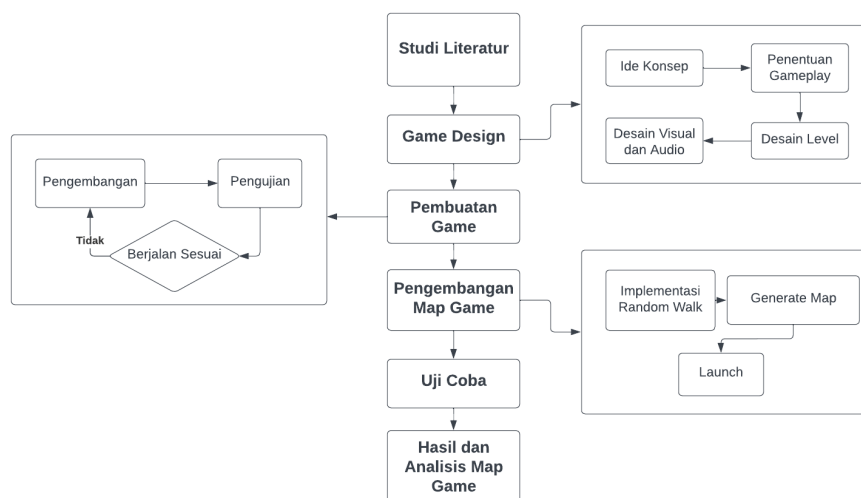
Dengan menggunakan algoritma Random Walk, diharapkan dapat menyelesaikan masalah tersebut yang dapat menghasilkan game yang dinamis, dimana memiliki map game secara prosedural yang mana bentuknya akan berbeda-beda, sehingga dapat memberikan pengalaman bermain yang tak terduga bagi pemain game tersebut.

Berdasarkan latar belakang diatas, penulis menggunakan algoritma Random Walk untuk procedural map ke dalam game *The Last Hope 2D* dengan tujuan membuat game yang dinamis dimana menampilkan bentuk map yang selalu berbeda-beda pada saat memulai permainan. Oleh karena itu penulis tertarik untuk mengambil sebuah judul “Penerapan Algoritma Random Walk untuk Procedural Map pada Game *The Last Hope 2D*”. Sebagai bahasan penelitian penulis dalam tugas akhir.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Tahapan Penelitian

Agar penelitian dilakukan secara sistematis, diperlukan sebuah panduan atau acuan berupa tahapan penelitian. Berikut tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 1 Tahapan Penelitian

Penjelasan Sebagai Berikut:

- 1). Studi Literatur dilakukan untuk pencarian suatu informasi melalui berbagai macam media seperti penelitian terkait, buku, jurnal, maupun referensi dari internet sebagai acuan dalam pembuatan game yang menggunakan sebuah algoritma yang relevan membahas mengenai penelitian ini.
- 2). Game design merupakan proses merencanakan, mengembangkan, dan mengatur elemen-elemen dalam sebuah permainan untuk menciptakan pengalaman yang menyenangkan, menantang, dan memuaskan bagi pemain. Hal ini melibatkan ide konsep, penentuan gameplay, desain level, dan desain visual dan audio.
- 3). Pembuatan Game. Setelah game desain di rancang serta ditentukan selanjutnya tahap pembuatan game. Tahap ini bertujuan untuk membangun apa yang sudah di tentukan atau yang mau dibuat dari tahap game design. Dalam proses ini membutuhkan pengembangan dan pengujian.
- 4). Pengembangan Map. Tahapan ini berfokuskan pada pengembangan map pada game, yang awalnya map di desain secara manual dan tampilannya tetap sama. Proses ini dilakukan untuk pengembang menerapkan sebuah map yang terbuat secara prosedural menggunakan algoritma random walk dan menghasilkan variasi map yang berbeda-beda pada saat pemain

mulai memainkan permainan. Penentuan map yang akan di bangun yaitu bertipe map dungeon. Adapun tahapan yaitu implementasi algoritma, generate map dan launch.

- 5). Tahapan ini akan melakukan uji coba game kepada pengguna atau pemain untuk melihat apakah map game yang ditampilkan sudah berbeda-beda atau sudah sesuai dengan yang diharapkan dan hasilnya akan dianalisis. Pemain juga dapat memberikan sebuah penilaian apakah game sudah berjalan dengan baik atau masih perlu di perbaiki.
- 6). Tahap ini untuk membuat sebuah kesimpulan serta saran pada penelitian yang sudah di buat. Dan akan menganalisis sebuah map yang ditampilkan didalam game yang telah dimaninkan oleh pemain pada tahap pengujian sebelumnya.

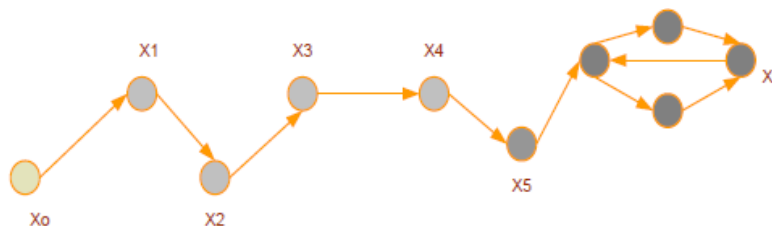
2.2 Procedural Content Generator

Procedural Content Generator adalah cara pembuatan konten secara otomatis dengan menggunakan algoritma. Dengan menggunakan procedural content generator maka akan didapatkan beberapa kelebihan: mengurangi beban kerja dalam pembuatan game, mengurangi biaya yang dibutuhkan untuk membuat game, mengurangi storage space yang digunakan, dan memperbanyak keanekaragaman konten sehingga menaikkan replay value[8].

2.1 Random Walk

Random walk adalah sebuah metode komputasi yang pertama kali diperkenalkan oleh Karl Pearson pada tahun 1905. Metode ini merupakan formalisasi matematis dari sebuah lintasan yang terdiri dari tahapan perjalanan secara acak dan berurutan yang dilalui oleh sebuah molekul dari suatu zat cair atau gas yang melewati suatu domain ruang[9]. Random Walk juga dikenal sebagai proses stokastik atau acak, yang menggambarkan jalur yang terdiri dari serangkaian langkah acak yang dilewati. Random Walk juga merupakan situasi dimana data masa depan terbebas dari pengaruh data masa lampau[10]. Untuk random walks pada kasus satu dimensi (1D) dapat dituliskan, yaitu dengan suatu keadaan yang dapat digambarkan sebagai bilangan integer $i = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$ dengan $0 < p < 1$, maka $P_{i, i+1} = p = 1 - P_{i, i-1}$. Hal ini disebut dengan random walks karena dapat dianalogikan dengan langkah manusia dalam satu garis / jalan lurus yang sewaktu-waktu dapat berjalan ke arah kanan dengan probabilitas p dan ke kiri dengan probabilitas $1-p$ [6].

Ilustrasi gerakan secara random walks pada sistem yang bertujuan untuk mencapai titik tengah dapat dilihat pada Gambar dibawah.



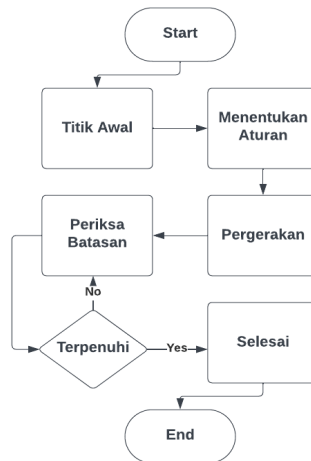
Gambar 2 Gerakan yang dilakukan secara Random Walk[11]

Dari Gambar diatas terlihat adanya pergerakan secara random yang memungkinkan adanya pergerakan balik ke titik sebelumnya pada perpindahan ke X_t . Dalam prosesnya Random Walks memiliki beberapa aturan yang harus 'dipatuhi' berkaitan n dengan langkah yang akan ditmpuh selanjutnya yaitu[11]:

1. Terdapat titik awal (starting point)
2. Penentuan titik berikutnya dilakukan dengan acak, dimana tidak ada satu peluang yang lebih dibandingkan dengan yang lain. Dalam artian setiap arah langkah memiliki peluang yang sama.
3. Besarnya tiap step adalah sama.

2.4 Proses Random Walk

Proses Random Walk dilakukan untuk menerapkan algoritma Random Walk ke dalam pembuatan map secara prosedural pada game *The Last Hope*. Demonstrasi proses dari Random Walk bisa di lihat pada flowchart berikut.



Gambar 3 flowchart Random Walk

- **Mulai** dengan peta kosong yang berisi grid atau yang mewakili arena permainan.
- **Titik Awal** dari random walk. Ini adalah posisi awal dari jalur yang ingin dibuat yaitu berada di titik tengah dari grid atau secara acak.
- **Menentukan Aturan** (atas, bawah, kiri, atau kanan) yang akan diambil dari titik saat ini. Ini bisa dilakukan algoritma untuk memilih arah secara acak.
- **Pergerakan** langkah dalam algoritma random walk di mana suatu entitas (seperti titik awal) bergerak dari posisi saat ini ke posisi baru berdasarkan keputusan acak atau aturan tertentu.
- **Tahap periksa batasan** merupakan langkah untuk memastikan bahwa posisi baru setelah pergerakan masih berada dalam batas-batas yang diizinkan. Hal ini terutama penting untuk mencegah objek map keluar dari area yang diinginkan.
- **Selesai** Ketika semua sudah terpenuhi maka proses selesai dan akan menghasilkan sebuah map game secara utuh.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pembuatan Game

Setelah semua tahapan game design serta ide maupun kebutuhan asset telah di rancang dan tentukan selanjutnya adalah tahap pembuatan game dimana tahap ini merupakan hasil implementasi dari ide yang sudah di buat. Berikut adalah pengembangan dari ide-ide yang dikumpulkan kemudian diimplementasikan pada software Unity 2D berikut hasilnya.

Berikut tampilan awal ketika memasuki game The Last Hope. Pemain dapat menekan Tap To Start Game pada layar dan itu akan mengarahkan ke menu utama game.



Gambar 4 Tampilan Awal Game

Tampilan menu utama game The Last Hope setelah menekan Tap To Start Game pada tampilan awal. Pada tampilan menu ini terdapat 3 button yaitu New Game, Options, dan Quit.



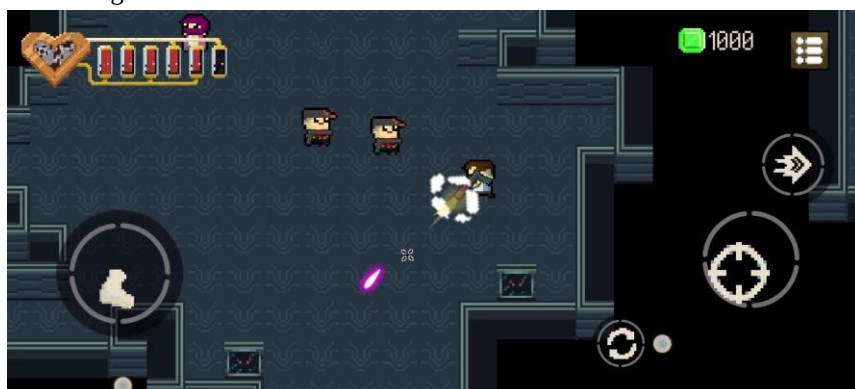
Gambar 5 Tampilan Menu Utama

Setelah melewati Cutscene pemain akan memasuki arena loby sebagai persiapan untuk memasuki arena pertempuran. Pada tampilan ini terdapat kontrol yaitu pada kanan bawah terdapat analog kontrol buat pergerakan karakter, kemudian pada bagian kiri terdapat 3 tombol yaitu kontrol analog untuk menembak, tombol dash untuk perpindahan posisi menghindar secara gesit, dan tombol reload untuk isi peluru tembakan.



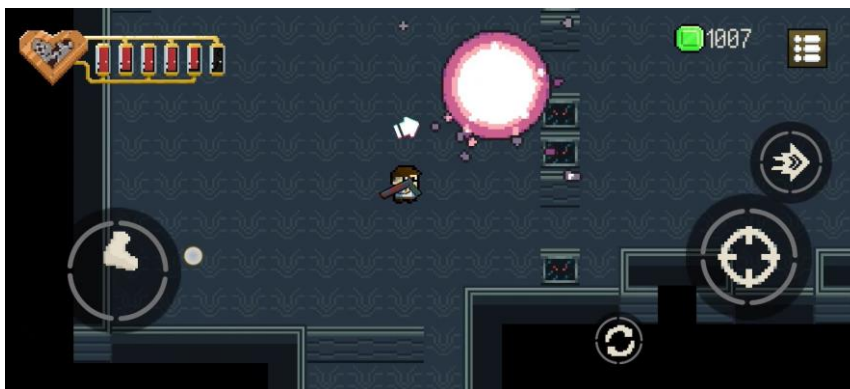
Gambar 6 Tampilan Map Lobby

Ketika di loby pemain dapat memulai permainan atau masuk ke stage pertempuran dengan menggerakkan karakter ke arah bawah dengan tangan untuk dapat memasuki stage.



Gambar 7 Tampilan Map Dungeon yang dihasilkan Oleh Random Walk

Ketika pemain telah berhasil mengalahkan seluruh NPC yang terdapat didalam stage pertempuran, pemain akan di berikan sebuah portal yang muncul secara otomatis yang bisa dimasuki oleh karakter untuk melanjutkan ke stage selanjutnya yaitu stage bos.



Gambar 8 Tampilan portal ketika telah menyelesaikan stage

Ketika pemain telah memasuki portal yang terdapat pada stage sebelumnya maka pemain di arahkan ke stage bos untuk dapat mengeliminasi, sebelum bertempur karakter akan diberikan pilihan 3 buff yang berbeda kegunaan yang nantinya akan di gunakan sesuai kebutuhan pemain untuk melawan bos npc sampai dead dan game selesai. Pemain akan diberikan cutscene kemenangan.



Gambar 9 Tampilan stage Boss NPC

3.2 Pengembangan Map Game

Pengembangan ini dilakukan berfokuskan pada pengembangan map pada game *The Last Hope*. Proses ini dilakukan untuk menerapkan algoritma Random Walk kedalam pembuatan map game secara prosedural yang di mana dapat menghasilkan bentuk map yang berbeda-beda. Map yang dikembangkan untuk game *The Last Hope* yaitu dari map dungeon yang dibuat manual ke prosedural.

3.3 Implementasi Random Walk

Implementasi Random Walk dapat dilihat mampu menghasilkan map game secara prosedural serta memiliki bentuk map yang berbeda-beda, pengujian dilakukan sebanyak 3 kali percobaan dengan parameter yang digunakan random walk 10 perulangan serta panjang jalur 10. Hasil bisa dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 1 Map Dungeon yang dihasilkan Random Walk



Hasil dari 3 hasil percobaan di atas struktur bentuk map yang di dihasilkan telah berbeda-beda dari setiap generasi.

3.4 Penerapan random walk kedalam map game *The Last Hope*

Berikut merupakan tabel hasil uji coba dari penerapan map prosedural didalam game *The Last Hope* yang dihasilkan oleh Random Walk. Map yang ditampilkan pada game *The Last Hope* telah memiliki variasi bentuk yang berbeda-beda saat pertama kali memasuki arena pertempuran.

Tabel 4. 2 Hasil Map Game *The Last Hope* Menggunakan Random Walk

Tampilan Didalam Game	Pengujian Hasil
	Generasi Pertama
	Generasi Kedua
	Generasi Ketiga Begitupun setiap generasi berikutnya map yang di hasilkan akan selalu berbeda-beda bentuknya

3.5 Uji Coba Game ke pengguna

Uji coba game dilakukan pada pengguna atau pemain untuk mengetahui feedback dari mereka mengenai hasil dari penelitian yang sudah di buat. Beberapa pengujian yang dilakukan yaitu pengujian fungsional dan pengujian blackbox. Bisa dilihat pada tabel berikut:

3.5.1 Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional dilakukan untuk memastikan bahwa perangkat lunak atau sistem berfungsi sesuai dengan fungsional yang telah ditentukan sebelumnya atau sudah sesuai dengan yang dirancang. Pengujian ini dilakukan pada beberapa pengguna atau pemain.

Tabel 4. 3 Pengujian Fungsional

No	Aktivitas Pengujian	Fungsi Tombol	Uji Coba Keberhasilan
1	Tap To Start Game	Masuk ke menu utama	Berfungsi
2	Button New Game	Masuk ke map lobby	Berfungsi
3	Button Options	Masuk ke pengaturan	Berfungsi
4	Button Quit	Keluar dari game	Berfungsi
5	Button Pause	Menampilkan panel pause	Berfungsi
6	Button Dash	Menghindar dengan cepat	Berfungsi

7	Button Reload	Mengisi ulang peluru	Berfungsi
8	Button Skip	Melewati Cutscene yang berjalan	Berfungsi
9	Analog Gerakan Karakter	Menggerakan karakter	Berfungsi
10	Analog Gerakan Senjata	Menggerakan Senjata dan mengeluarkan peluru	Berfungsi

3.5.2 Pengujian Blackbox

Dalam pengujian black box, fokus utama yaitu pada masukan dan keluaran yang dihasilkan oleh perangkat lunak, tanpa memperhatikan detail implementasi atau struktur internal dari sistem tersebut. Pengembang game dapat mengidentifikasi dan memperbaiki kembali masalah yang ditemukan, sehingga hal ini dapat meningkatkan kualitas game tersebut sebelum perilis. Pengujian dilakukan pada beberapa pengguna atau pemain.

Tabel 4. 4 Pengujian Blackbox

No	Hasil	Kesimpulan	
		Sesuai	Tidak
1	Ketika memulai permainan apakah struktur atau bentuk map yang di tampilkan selalu berbeda?	Sesuai	
2	Apakah anda merasa map yang dihasilkan cukup menarik minat dalam permainan?	Sesuai	
3	Apakah map didalam game dapat mempengaruhi pengalaman dalam bermain?	Sesuai	
4	Apakah map yang ditampilkan berulang sama akan membosankan?	Sesuai	
5	Apakah anda merasa map yang dihasilkan mampu memberikan pengalaman bermain yang menyenangkan dan menantang?	Sesuai	
6	Bagaimana dengan kesesuaian visual dari peta dan karakter yang dihasilkan?	Sesuai	

Jawaban pringkat kepuasan & tantangan bermain

No	Hasil	Sangat Tidak Puas	Tidak Puas	Puas	Sangat Puas
1	Sejauh mana anda merasa puas dengan map yang dihasilkan menggunakan algoritma Random Walk?		1	10	1
2	Sejauh mana anda merasa puas dengan tantangan yang diberikan dalam bermain?	2	1	5	4

Tabel 4. 5 Hasil Pernyataan Kepuasan Pemain

No	Kategori Kepuasan	
1	Sangat Puas	76-100%
2	Puas	51-75%
3	Tidak Puas	26-50%
4	Sangat Tidak Puas	0-25%

No	Pernyataan		Jumlah Skor	Skor %	Kategori
	1	2			
1	3	4	7	87,50%	Sangat Puas
2	4	1	5	62,50%	Puas
3	3	2	5	62,50%	Puas
4	3	3	6	75%	Puas
5	3	4	7	87,50%	Sangat Puas

6	3	4	7	87,50%	Sangat Puas
7	3	3	6	75%	Puas
8	3	4	7	87,50%	Sangat Puas
9	2	1	3	37,50%	Tidak Puas
10	3	3	6	75%	Puas
11	3	3	6	75%	Puas
12	3	3	6	75%	Puas

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian di atas penulis dapat menarik kesimpulan sebagai berikut :

Dalam penelitian yang dilakukan, penerapan Algoritma Random Walk dalam game "*The Last Hope*" telah berhasil menunjukkan hasil positif. Melalui pengujian sebelumnya, algoritma ini berhasil menciptakan map game secara prosedural dengan struktur map yang dihasilkan selalu berbeda pada setiap awal permainan. Tujuan utama penggunaan algoritma ini adalah untuk meningkatkan replayability game serta memberikan pengalaman bermain yang dinamis kepada pemain, dengan memastikan bahwa setiap kali mereka memulai permainan, mereka akan menghadapi map yang berbeda-beda. Algoritma Random Walk bekerja dengan mengambil langkah-langkah secara acak dari kumpulan langkah yang dapat diambil, dimulai dari titik awal, dan terus diulang hingga kondisi berhenti terpenuhi. Dengan demikian, penelitian ini memiliki fokus pada penggunaan algoritma *Random Walk* sebagai metode untuk menciptakan map yang dinamis dan variatif serta memberikan nilai tambah pada aspek replayability dalam konteks game "*The Last Hope*" 2D.

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] R. D. Pramadya and S. Harits, "Jurnal Computer Science and Information Technology (CoSciTech) Penerapan Non-Deterministic Finite Automata (NFA) dan Decision Making Menggunakan Application of Non-Deterministic Finite Automata (NFA) and Decision Making Using the Monte Carlo Tree Se," vol. 4, no. 2, pp. 500–509, 2023.
- [3] E. Yulsilviana and H. Ekawati, "Penerapan Metode Finite State Machine (Fsm) Pada Game Agent Legenda Anak Borneo," *Sebatik*, vol. 23, no. 1, pp. 116–123, 2019, doi: 10.46984/sebatik.v23i1.453.
- [4] M. A. Muslim, E. M. A. Jonemaro, and M. A. Akbar, "Penerapan Procedural Content Generation untuk Perancangan Level pada 2D Endless Runner Game menggunakan Genetic Algorithm," *Garuda - Garba Rujukan Digit.,* vol. 3, no. 5, pp. 4406–4414, 2019, [Online]. Available: <https://garuda.ristekbrin.go.id/documents/detail/992300>
- [5] M. L. Setiawan, A. Arbansyah, and S. H. Suryawan, "Penerapan Algoritma A* Dan Behaviour Trees Untuk Perilaku Non-Player Character(NPC) Pada Game 'The Last Hope' Berbasis Android Menggunakan Unity 2D," *J. CoSciTech (Computer Sci. Inf. Technol.,* vol. 4, no. 2, pp. 451–460, 2023, doi: 10.37859/coscitech.v4i2.5418.
- [6] Y. B. Widodo, T. Sutabri, and V. Lampah, "Sistem Cerdas Pengotrolan Gerak Berbasis Random Walk pada Robot Laba-Laba," *J. Teknol. Inform. dan Komput.,* vol. 6, no. 1, pp. 48–61, 2020, doi: 10.37012/jtik.v6i1.155.
- [7] H. Y. Setyawan, P. D. Kusuma, and A. S. R. Ansori, "Pengembangan Motif Karang Jenis Montipora Foliosa Pada Aplikasi Batik Berbasis Web Dengan Metode Random Walk," *eProceedings Eng.,* vol. 5, no. 3, pp. 6324–6329, 2018.
- [8] M. Budiono and H. Juwiantho, "Meningkatkan Kesulitan Serangan Enemy Dengan Menambahkan Influence Map Pada Metode A * Pada Procedural Generated Tower Defense Game," *J. Infra,* vol. 10, no. 1, pp. 210–216, 2022.
- [9] T. Dede, dan Hasanuddin Prodi Fisika, F. Universitas Tanjungpura, and J. Hadari Nawawi, "Penggunaan Metode Random Walk untuk Memodelkan Distribusi Suhu Dua Dimensi pada Inkubator Bayi," *Prism. Fis.,* vol. 8, no. 3, pp. 207–215, 2020.
- [10] A. Faisal and K. I. Yulianto, "Analisis random walk saham ANTM di bursa efek Indonesia selama covid-19," *Mediastima,* vol. 29, no. 1, pp. 1–8, 2023, [Online]. Available: <http://ejournal-ibik57.ac.id/index.php/mediastima/article/view/674%0Ahttps://ejournal-ibik57.ac.id/index.php/mediastima/article/download/674/323>
- [11] R. Febriani and S. Suprijadi, "Aplikasi Metoda Random Walks untuk Kontrol Gerak Robot Berbasis Citra," *J. Otomasi Kontrol dan Instrumentasi,* vol. 2, no. 1, p. 21, 2011, doi: 10.5614/joki.2010.2.1.3.