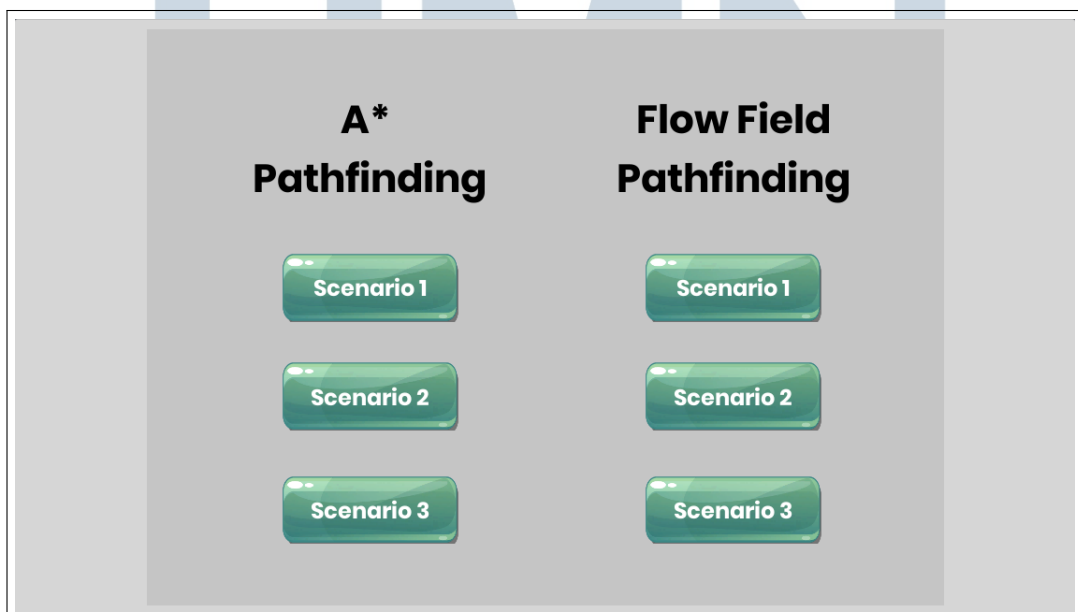


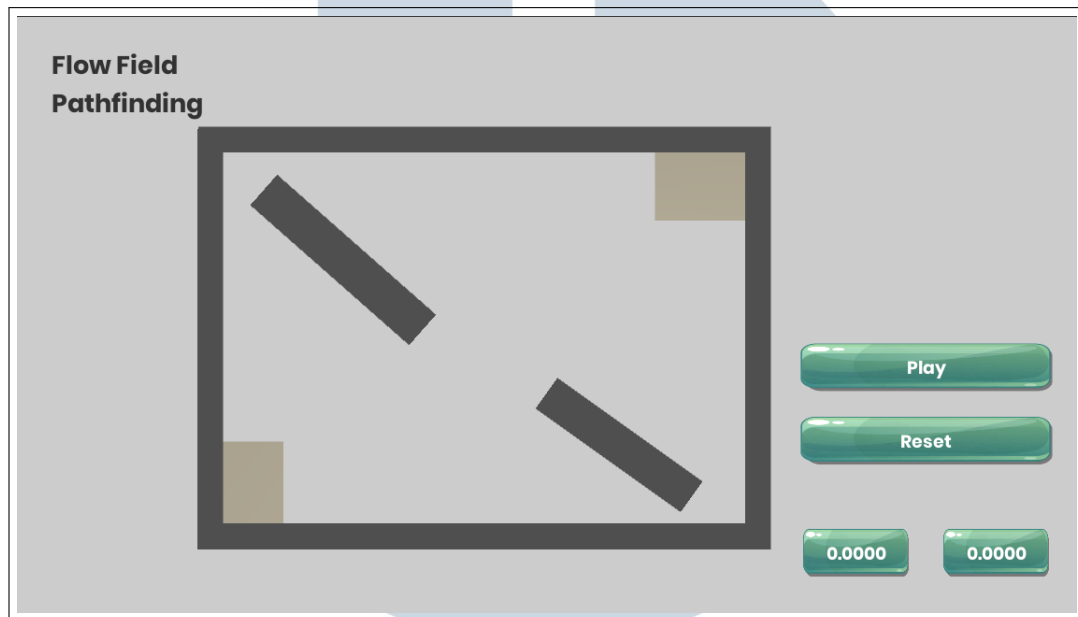
Gambar 4.1. Tampilan scene main menu

Gambar 4.1 merupakan Main Menu yang telah diimplementasi dari perancangan. *Scene* ini akan muncul ketika user membuka aplikasi. Terdapat 3 tombol yaitu 'Start', 'Credits', serta 'Exit'. Ketika user menekan tombol 'Play', akan muncul popup menu Pathfinding Options. Ketika user menekan tombol 'Credits', akan muncul *scene* Credits. Jika user menekan tombol 'Exit', maka user akan dikeluarkan dari aplikasi.



Gambar 4.2. Tampilan popup menu

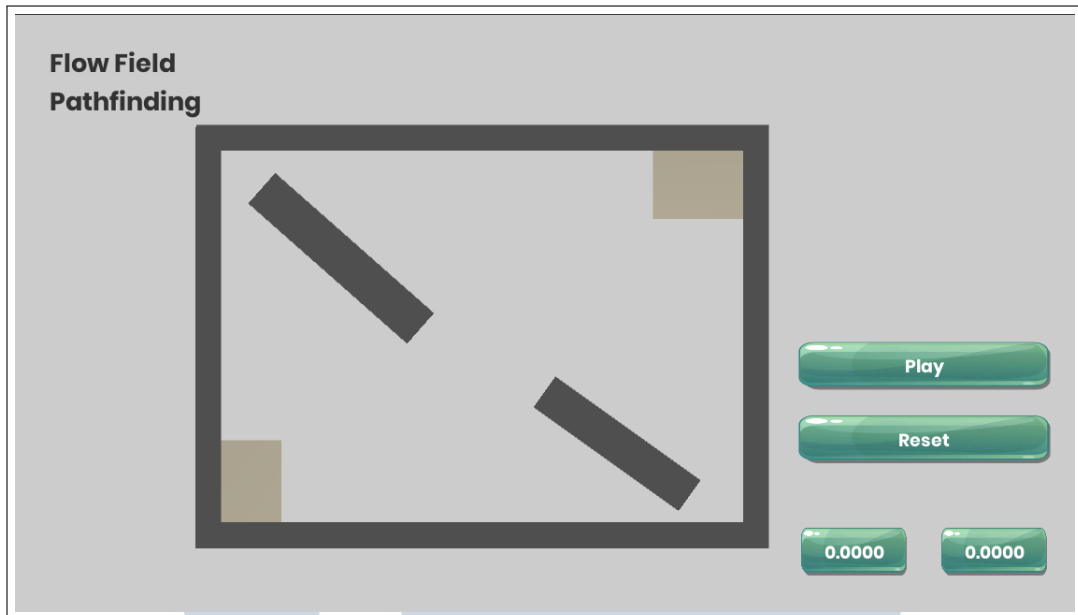
Gambar 4.2 merupakan tampilan di mana user dapat memilih skenario dan algoritma yang digunakan untuk simulasi. Setelah user menekan salah satu tombol skenario dalam kategori algoritma, maka tampilan akan berganti ke skenario tersebut.



Gambar 4.3. Tampilan skenario 1

Gambar 4.3 merupakan hasil tampilan ketika user memilih skenario 1. Dalam skenario ini tampilan akan tetap sama dalam algoritma Flow Field Pathfinding maupun algoritma A* Pathfinding.

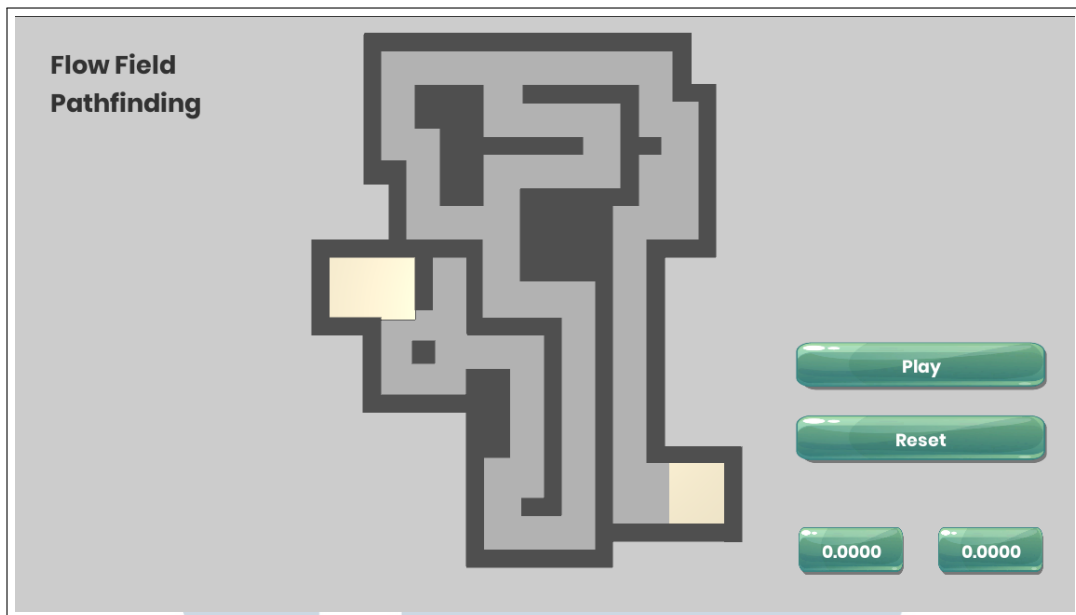
UMMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA



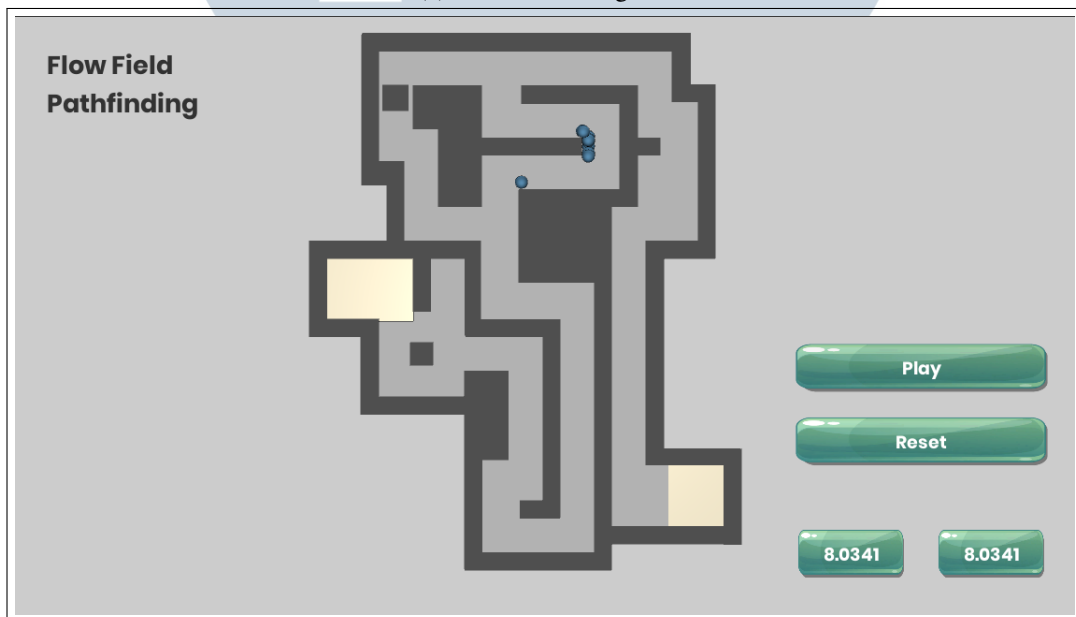
Gambar 4.4. Tampilan skenario 2

Gambar 4.4 merupakan hasil tampilan ketika user memilih skenario 2. Dalam skenario ini tampilan akan tetap sama dalam algoritma Flow Field Pathfinding maupun algoritma A* Pathfinding.

UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA



(a) Sebelum rintangan



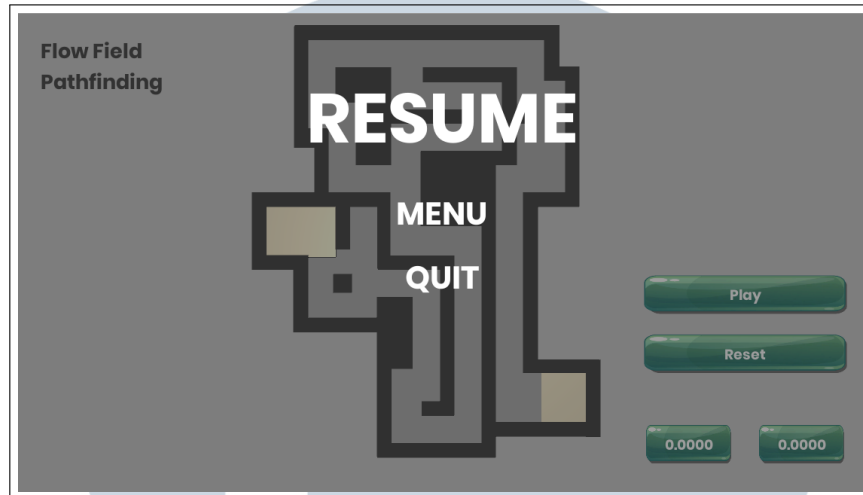
(b) Sesudah rintangan

Gambar 4.5. Tampilan Scenario 3

Gambar 4.5a adalah tampilan ketika masuk ke Skenario 3. Skenario ini memiliki tampilan yang sama untuk algoritma Flow Field maupun algoritma A*. Gambar 4.5b adalah tampilan sesudah 7 detik, di mana rintangan telah muncul.

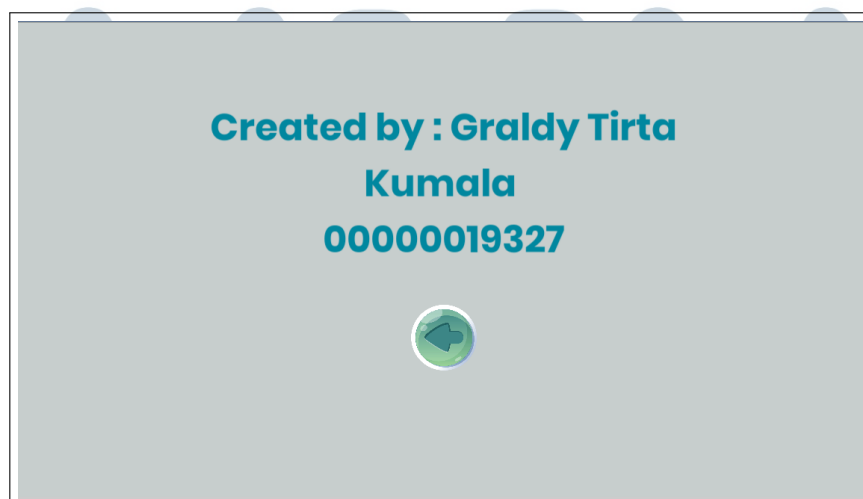
Untuk semua skenario, ketika user menekan tombol 'Play', unit akan muncul dan First Unit Timer serta Last Unit Timer akan mulai berjalan. Ketika unit pertama telah sampai *target*, maka First Unit Timer berhenti. Ketika unit terakhir

telat sampai *target*, maka Last Unit Timer akan berhenti. Ketika user menekan tombol 'Reset', kedua *timer* akan balik ke detik 0.0000 dan unit akan dihancurkan.



Gambar 4.6. Penampilan overlay pause menu

Gambar 4.6 merupakan tampilan *overlay* untuk Pause Menu ketika user menekan tombol 'Escape' di keyboard. Jika user menekan tombol 'Resume', simulasi akan kembali berjalan. Jika user menekan tombol 'Menu', maka tampilan akan balik ke halaman Main Menu. Jika user menekan tombol 'Quit', maka aplikasi akan ditutup.



Gambar 4.7. Penampilan scene credit

Gambar 4.7 merupakan tampilan untuk menunjukkan pembuat simulasi. Terdapat tombol 'Back' di mana user dapat tekan untuk kembali ke halaman main menu.

4.3 Hasil Uji Coba

Uji coba sistem dilakukan dengan menggunakan *timer* dari Unity dan kalkulasi jarak yang dilakukan.

Pengujian aplikasi dilakukan sebanyak 10 kali untuk setiap algoritma dan skenario untuk mendapatkan rata-rata waktu yang ditempuhi. Tabel-tabel berikut adalah hasil dari uji coba yang telah dilakukan.

4.3.1 Skenario 1

Berikut ada hasil uji coba dari Skenario 1.

Tabel 4.1. Hasil uji coba Flow Field Pathfinding skenario 1

Uji coba	Unit pertama (s)	Unit terakhir (s)	Hasil rata-rata (s)
1	3.0099	3.4152	3.2126
2	2.8994	3.3857	3.1426
3	2.9305	3.3216	3.1261
4	2.9460	3.3203	3.1332
5	2.9462	3.3643	3.1553
6	2.9271	3.4018	3.1645
7	2.9572	3.3730	3.1651
8	2.9189	3.3675	3.1432
9	3.0095	3.3397	3.1746
10	2.8974	3.3223	3.1099

Tabel 4.1 merupakan hasil uji coba simulasi dengan menggunakan Flow Field Pathfinding untuk mencari waktu yang diperlukan untuk unit sampai ke *target*. Hasil rata-rata dari semua uji coba yang dilakukan adalah $(3.2126 + 3.1426 + 3.1261 + 3.1332 + 3.1553 + 3.1645 + 3.1651 + 3.1432 + 3.1746 + 3.1099) / 10 = 3.1527$.

Tabel 4.2. Hasil uji coba A* Pathfinding skenario 1

Uji coba	Unit pertama (s)	Unit terakhir (s)	Hasil rata-rata (s)
1	3.5307	3.8710	3.7009
2	3.4046	3.9029	3.6538
3	3.4858	3.9975	3.7417
4	3.4465	3.9424	3.6945
5	3.4361	4.0604	3.7483
6	3.5163	4.0054	3.7609
7	3.4501	4.1039	3.7770
8	3.5495	4.1754	3.8625
9	3.5221	4.0333	3.7777
10	3.4616	4.0996	3.7806

Tabel 4.2 merupakan hasil uji coba simulasi dengan menggunakan A* Pathfinding untuk mencari waktu yang diperlukan untuk unit sampai ke *target*. Hasil rata-rata dari semua uji coba yang dilakukan adalah $(3.7009 + 3.6538 + 3.7417 + 3.6945 + 3.7483 + 3.7609 + 3.7770 + 3.8625 + 3.7777 + 3.7806) / 10 = 3.7498$.

Jika dibanding hasil rata-rata Tabel 4.1 dengan Tabel 4.2 untuk skenario 1, dapat dilihat bahwa rata-rata waktu Flow Field (3.1527) lebih cepat dibandingkan dengan A* (3.7498) dan mempunyai perbedaan dengan jumlah 0.5971 detik.

4.3.2 Skenario 2

Berikut ada hasil uji coba dari Skenario 2.

Tabel 4.3. Hasil uji coba Flow Field Pathfinding skenario 2

Uji coba	Unit pertama (s)	Unit terakhir (s)	Hasil rata-rata (s)
1	3.3368	3.8011	3.5690
2	3.3598	3.7603	3.5601
3	3.3923	3.8280	3.6102
4	3.3980	3.8258	3.6119
5	3.3520	3.8013	3.5767
Lanjut pada halaman berikutnya			

Tabel 4.3 Hasil uji coba Flow Field Pathfinding skenario 2 (lanjutan)

Uji coba	Unit pertama (s)	Unit terakhir (s)	Hasil rata-rata (s)
6	3.3903	3.7070	3.5487
7	3.3313	3.7858	3.5586
8	3.3652	3.7724	3.5688
9	3.3620	3.7855	3.5738
10	3.4944	3.7956	3.6450

Tabel 4.3 merupakan hasil uji coba simulasi dengan menggunakan Flow Field Pathfinding untuk mencari waktu yang diperlukan untuk unit sampai ke *target*. Hasil rata-rata dari semua uji coba yang dilakukan adalah $(3.5690 + 3.5601 + 3.6102 + 3.6119 + 3.5767 + 3.5487 + 3.5586 + 3.5688 + 3.5738 + 3.6450) / 10 = 3.5822$.

Tabel 4.4. Hasil uji coba A* Pathfinding skenario 2

Uji coba	Unit pertama (s)	Unit terakhir (s)	Hasil rata-rata (s)
1	4.2591	4.5992	4.4292
2	4.2645	4.6048	4.4347
3	4.2182	4.5593	4.3888
4	4.3497	4.6182	4.4840
5	4.1490	4.5320	4.3405
6	4.1821	4.5512	4.3667
7	4.2198	4.6318	4.4258
8	4.2884	4.6005	4.4445
9	4.2200	4.5882	4.4041
10	4.2019	4.6430	4.4225

Tabel 4.4 merupakan hasil uji coba simulasi dengan menggunakan A* Pathfinding untuk mencari waktu yang diperlukan untuk unit sampai ke *target*. Hasil rata-rata dari semua uji coba yang dilakukan adalah $(4.4292 + 4.4347 + 4.3888 + 4.4840 + 4.3405 + 4.3667 + 4.4258 + 4.4445 + 4.4041 + 4.4225) / 10 = 4.4140$.

Jika dibanding hasil rata-rata Tabel 4.3 dengan Tabel 4.4 untuk skenario 2, dapat dilihat bahwa rata-rata waktu Flow Field (3.5822) lebih cepat dibandingkan dengan A* (4.4140) dan mempunyai perbedaan dengan jumlah 0.8318 detik.

4.3.3 Skenario 3

Berikut ada hasil uji coba dari Skenario 3.

Tabel 4.5. Hasil uji coba Flow Field Pathfinding skenario 3

Uji coba	Unit pertama (s)	Unit terakhir (s)	Hasil rata-rata (s)
1	13.5495	14.1580	13.8538
2	13.5022	15.0643	14.2833
3	13.5506	14.0927	13.8217
4	13.5424	14.7615	14.1520
5	13.5153	14.1116	13.8135
6	13.5989	17.1915	15.3952
7	13.5591	17.3906	15.4749
8	13.6293	15.0069	14.3181
9	13.7016	14.4805	14.0911
10	13.6289	17.3056	15.4673

Tabel 4.5 merupakan hasil uji coba simulasi dengan menggunakan Flow Field Pathfinding untuk mencari waktu yang diperlukan untuk unit sampai ke *target*. Hasil rata-rata dari semua uji coba yang dilakukan adalah $(13.8538 + 14.2833 + 13.8217 + 14.1520 + 13.8135 + 15.3952 + 15.4749 + 14.3181 + 14.0911 + 15.4673) / 10 = 14.4671$.

Tabel 4.6. Hasil uji coba A* Pathfinding skenario 3

Uji coba	Unit pertama (s)	Unit terakhir (s)	Hasil rata-rata (s)
1	14.7301	15.3122	15.0212
2	14.7364	15.3767	15.0566
3	14.7859	15.1677	14.9768
4	14.6179	15.3490	14.9835
5	14.8016	15.1858	14.9937
6	14.7462	15.2847	15.0155
7	14.8541	15.1946	15.0244

Lanjut pada halaman berikutnya

Tabel 4.6 Hasil uji coba A* Pathfinding skenario 3 (lanjutan)

Uji coba	Unit pertama (s)	Unit terakhir (s)	Hasil rata-rata (s)
8	14.8757	15.3147	15.0952
9	14.7276	15.2667	14.9972
10	14.8954	15.2926	15.0940

Tabel 4.6 merupakan hasil uji coba simulasi dengan menggunakan A* Pathfinding untuk mencari waktu yang diperlukan untuk unit sampai ke *target*. Hasil rata-rata dari semua uji coba yang dilakukan adalah $(15.0212 + 15.0566 + 14.9768 + 14.9835 + 14.9937 + 15.0155 + 15.0244 + 15.0952 + 14.9972 + 15.0940) / 10 = 15.0258$.

Jika dibanding hasil rata-rata Tabel 4.5 dengan Tabel 4.6 untuk skenario 3, dapat dilihat bahwa rata-rata waktu Flow Field (14.4671) lebih cepat dibandingkan dengan A* (15.0258) dan mempunyai perbedaan dengan jumlah 0.5587 detik.



BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

Telah berhasil mengimplementasikan algoritma Flow Field Pathfinding dan algoritma A* Pathfinding ke dalam simulasi *game* Tower Defense. Flow Field Pathfinding dapat digunakan dan bahkan memiliki hasil yang lebih cepat dibandingkan dengan A* Pathfinding untuk mencari jalur dalam *game* Tower Defense. Hal ini terbukti dari skenario yang telah disimulasi.

Dari hasil simulasi yang dilakukan skenario 1 waktu rata-rata yang dibutuhkan oleh algoritma Flow Field Pathfinding lebih cepat sebanyak 0.5971 detik. Pada simulasi skenario 2 waktu rata-rata yang dibutuhkan oleh algoritma Flow Field Pathfinding lebih cepat sebanyak 0.8318 detik. Dan untuk simulasi skenario 3 waktu rata-rata yang dibutuhkan oleh algoritma Flow Field Pathfinding 0.5587 detik.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Membuat skenario untuk *map* yang lebih besar.
2. Mengoptimalkan algoritma A* sehingga hanya memerlukan satu *agent* untuk mencari jalur dan sisa *unit* lain akan mengikuti jalur yang telah ditentukan oleh *agent*. Hal ini dilakukan untuk meringankan beban komputasi algoritma.
3. Mengoptimalkan algoritma Flow Field untuk melakukan *update* tidak untuk seluruh *map*, namun hanya pada *grid* yang terpengaruhi. Hal ini dilakukan meringankan beban komputasi algoritma.
4. Penelitian selanjutnya dapat lebih memfokuskan kepada bagian algoritma Flow Field yang dapat mendeteksi rintangan.

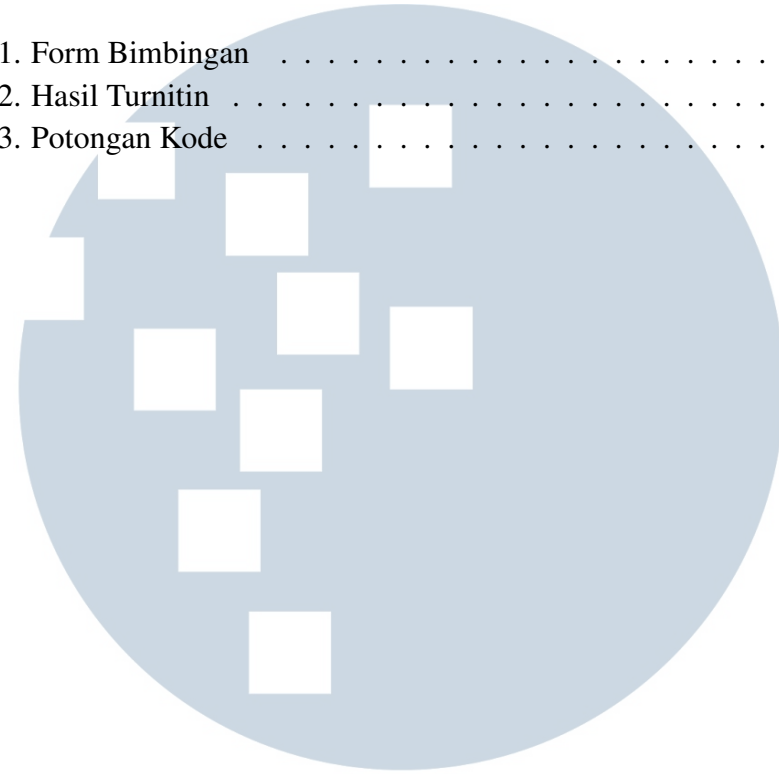
DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Avery, "Computational Intelligence and Tower Defence Games," *Conference: Evolutionary Computation (CEC)*, 2011.
- [2] S. Permana, K. Bintoro, B. Arifitama, and A. Syahputra, "Comparative analysis of pathfinding algorithms a*, dijkstra, and bfs on maze runner game," *IJISTECH (International J. Inf. Syst. Technol., vol. 1, no. 2, p. 1*, 2018.
- [3] A. Noori and F. Moradi, "Simulation and comparison of efficiency in pathfinding algorithms in games," *Ciência e Natura*, vol. 37, p. 230, 12 2015.
- [4] D. Andiwijayakusuma, A. Mardhi, I. Savitri, and T. Asmoro, "A comparative study of the algorithms for path finding to determine the adversary path in physical protection system of nuclear facilities," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1198, no. 9, p. 092002, apr 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1198/9/092002>
- [5] L. Erkenbrach, "Flow Field Pathfinding," 2013. [Online]. Available: <https://leifnode.com/2013/12/flow-field-pathfinding>
- [6] E. Nordeus, "Why you need to learn the Flow Field algorithm," 2017.
- [7] N. Chen, "Aplikasi Algoritma A-Star dalam Mencari Rute Terpendek pada Permainan Tower Defense," 2020. [Online]. Available: https://katalog.ukdw.ac.id/3340/1/22084430_Bab1_Bab5_Daftarpustaka.pdf
- [8] A. C. Prasetyo, M. P. Arnandi, S. H. H. S., and B. Setiaji, "Perbandingan algoritma astar dan dijkistra dalam menentukan rute terdekat," *Jurnal Ilmiah SISFOTENIKA*, vol. 9, pp. 36–46, 2019.
- [9] S. Masterclass, "Tower Defense Game Genre: 6 Characteristics of TD games," 2021. [Online]. Available: <https://www.masterclass.com/articles/tower-defense-game-video-game-guide>
- [10] Z. Algfoor, M. Sunar, and H. Kolivand, "A Comprehensive Study on Pathfinding Techniques for Robotics and Video Games," *International Journal of Computer Games Technology*, vol. 2015, no. 73618, 2015. [Online]. Available: <https://www.hindawi.com/journals/ijcgt/2015/736138/>
- [11] R. Lawrence and V. Bulitko, "Database-Driven Real-Time Heuristic Search in Video-Game Pathfinding," *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, vol. 5, no. 3, 2013. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/260583310_Database-Driven_Real-Time_Heuristic_Search_in_Video-Game_Pathfinding

- [12] N. Barnouti, S. Al-Dabbagh, and M. Naser, "Pathfinding in Strategy Games and Maze Solving Using A* Search Algorithm," *Journal of Computer and Communications*, vol. 4, no. 11, 2016. [Online]. Available: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=70460#ref1>
- [13] Techopedia, "Time Complexity," 2018. [Online]. Available: <https://www.techopedia.com/definition/22573/time-complexity>
- [14] P. A. Rahayuningsih, "Analisis Perbandingan Kompleksitas Algoritma Pengurutan Nilai (Sorting)," *Jurnal Evolusi*, vol. 4, 2016.
- [15] A. Patel, "Introduction to the A* Algorithm," 2014. [Online]. Available: <https://www.redblobgames.com/pathfinding/a-star/introduction.html>
- [16] K. Nasution, "Aplikasi Sistem Informasi Geografis Penentuan Lintasan Terpendek Pengantaran Barang Menggunakan Algoritma A* (Studi Kasus Pada CV. BKL Express Untuk Wilayah Kota Medan)," 2012.
- [17] J. Heyes-Jones, "A* Tutorial Pseudocode," 2019. [Online]. Available: <https://heyes-jones.com/pseudocode.php>
- [18] Geeksforgeeks, "A* Search Algorithm," 2022. [Online]. Available: <https://www.geeksforgeeks.org/a-search-algorithm>
- [19] S. Lague, "A* Pathfinding Tutorial (Unity)," 2017. [Online]. Available: <https://github.com/SebLague/Pathfinding/tree/master/Episode%2010-%20-%20threading>
- [20] T. M. Games, "Flow Field Pathfinding Project," 2020. [Online]. Available: <https://resources.tmg.dev/unity-ff>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Form Bimbingan	40
Lampiran 2. Hasil Turnitin	41
Lampiran 3. Potongan Kode	42



UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA