

Implementasi *Pathfinding* dengan Algoritma A* pada Aplikasi *Indoor Navigation* Menggunakan Unity Navmesh

¹Muhammad Iqbalul Hidayat, ²Anita Qoiriah

^{1,2} S1 Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya

¹muhamammad.17051204011@mhs.unesa.ac.id, ²anitaqoiriah@unesa.ac.id

Abstrak—Saat ini sistem indoor navigasi sudah banyak diterapkan dan dikembangkan di beberapa tempat mengingat banyaknya gedung yang memiliki ratusan ruangan. Sistem indoor navigasi saat ini banyak dimanfaatkan sebagai pengganti GPS yang tidak dapat bekerja secara optimal apabila berada di dalam ruangan, biasanya sistem indoor navigasi ini bekerja dengan cara memanfaatkan wifi pada sebuah gedung untuk menentukan posisi pengguna sehingga sistem dapat mencari rute terbaik menuju lokasi yang ingin pengguna tuju. Namun, sistem tersebut masih tidak dapat menampilkan posisi yang detail didalam ruangan dan interaksi pengguna dengan aplikasi masih berupa peta dengan susunan ruangan dua dimensi. Maka dibuatlah sistem indoor navigasi berbasis *augmented reality*. Algoritma yang digunakan untuk penentuan rute dalam sistem ini adalah algoritma A* dan Unity Navmesh sebagai navigasinya. Pada penelitian ini, Studi kasus dilakukan di rumah penulis. Hasil uji akurasi *pathfinding* yang didapatkan pada penelitian ini menggunakan algoritma A* dan Unity Navmesh yaitu mendapatkan ketepatan 100% dengan margin kesalahan rata-rata 0.226 meter dan kecepatan pencarian rute rata-rata 24,857 mS.

Kata Kunci— Indoor Navigation, Pathfinding, Algoritma A*, Unity Navmesh

I. PENDAHULUAN

Saat ini sudah ada banyak bangunan yang di dalamnya terdapat beberapa ruangan bahkan banyak ruangan. Hal tersebut sering kali dapat membuat seseorang sulit dalam menuju atau mencari tempat di dalam suatu bangunan. Dengan adanya sistem navigasi dianggap dapat mengatasi masalah tersebut. Sistem navigasi sudah berkembang pesat untuk kasus di luar ruangan, akan tetapi untuk kasus di dalam ruangan belum terlalu umum digunakan. Ini disebabkan karena sistem navigasi pada *smartphone* menggunakan teknologi GPS (*Global Positioning System*) yang memiliki tingkat akurasi rendah saat digunakan di dalam bangunan [1].

Sistem navigasi memerlukan sebuah metode yang dapat mencari rute terpendek yaitu *pathfinding*. Ada beberapa cara dalam melakukan *pathfinding*, yaitu dengan mengimplementasikan sebuah algoritma yang dapat mencari rute terpendek, seperti A*, Best First Search, Greedy, Dijkstra dan lain-lain. Dari algoritma tersebut, algoritma A* adalah

algoritma yang terpopuler dan terbukti dapat mencari rute terpendek secara optimal [2][3].

Meninjau Penelitian terdahulu tentang sistem *indoor navigation* yaitu oleh Alifa, Ginardi, dan Arunanto dengan judul penelitian “*Sistem Navigasi Indoor Menggunakan Sinyal Wi-fi dan Kompas Digital Berbasis Integrasi dengan Smartphone untuk Studi Kasus pada Gedung Bertingkat*”. terdapat kelemahan yaitu interaksi pengguna dengan aplikasi hanya berupa peta dengan susunan ruangan berbentuk 2 dimensi [4]. Oleh sebab itu, pada penelitian ini digunakan teknologi *augmented reality* untuk memberikan pengalaman interaksi lebih kepada pengguna terhadap aplikasi.

Teknologi *augmented reality* dapat memberikan sebuah pengalaman baru bagi pengguna, yaitu memberikan informasi kepada pengguna dengan memproyeksikan konten yang dihasilkan komputer ke pandangan mereka langsung melalui perangkat *smartphone* [1]. Dengan demikian *augmented reality* dapat disebut sebagai alat yang efektif meningkatkan interaksi dan persepsi yang nyata dengan objek maya.

Dengan adanya latar belakang tersebut, penulis akan mengembangkan sebuah aplikasi *indoor navigation* berbasis *augmented reality* dengan menerapkan algoritma A*. Algoritma A* akan membantu pengguna untuk mencari rute terpendek yang bisa dilalui dalam menuju lokasi di dalam bangunan serta *augmented reality* digunakan untuk memberikan pengalaman interaksi lebih kepada pengguna terhadap aplikasi serta memudahkan pengguna dalam pencarian rute.

A. Pathfinding

Pathfinding atau Pencarian Jalur yaitu sebuah cara untuk memperoleh beberapa rute terpendek antara titik awal dengan titik tujuan dari rute yang ada. Teknik *pathfinding* sering diterapkan dalam menyelesaikan suatu masalah yang berkaitan dengan graf dan struktur sejenisnya, seperti perancangan jalur transportasi, sistem navigasi, dan lain-lain. Ada beberapa algoritma yang meminimalisir kompleksitas penelusuran data dalam perancangan *pathfinding*, sehingga perancang bisa menghindari pencarian data secara *brute-force* [1].

B. *Augmented Reality*

AR atau *Augmented Reality* yaitu suatu teknologi yang bisa membuat objek tidak nyata dua dimensi maupun tiga dimensi ada di dalam dunia nyata. [2]

C. *Algoritma A**

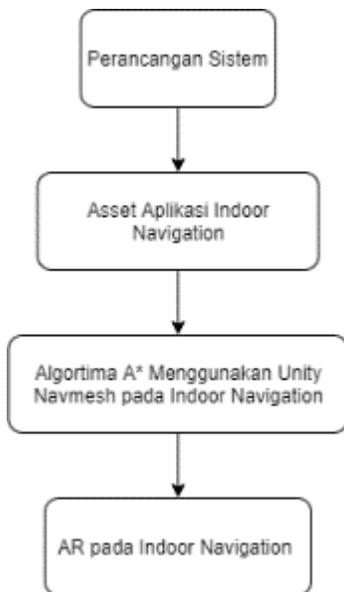
Algoritma A* adalah hasil pengembangan dari algoritma Best First Search (BFS). Algoritma ini digunakan dalam menyelesaikan masalah pencarian rute terpendek pada suatu graf. Pada algoritma *greedy best first search* hanya memperhitungkan biaya perkiraan saja. Sedangkan pada algoritma A* biaya yang dihitung merupakan penjumlahan antara biaya sebenarnya dengan biaya perkiraan. Dengan biaya perkiraan yang baik, algoritma A* bisa mendapatkan solusi yang optimal [3]

D. *Unity Navmesh*

Navmesh (*Navigation Meshes*) adalah suatu gambaran area yang akan digunakan untuk penerapan algoritma *pathfinding*, yang merupakan sebuah bidang dengan berbagai bentuk yang memiliki sudut (vertices) dan sisi (sides).

II. METODE PENELITIAN

Kerangka penelitian yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

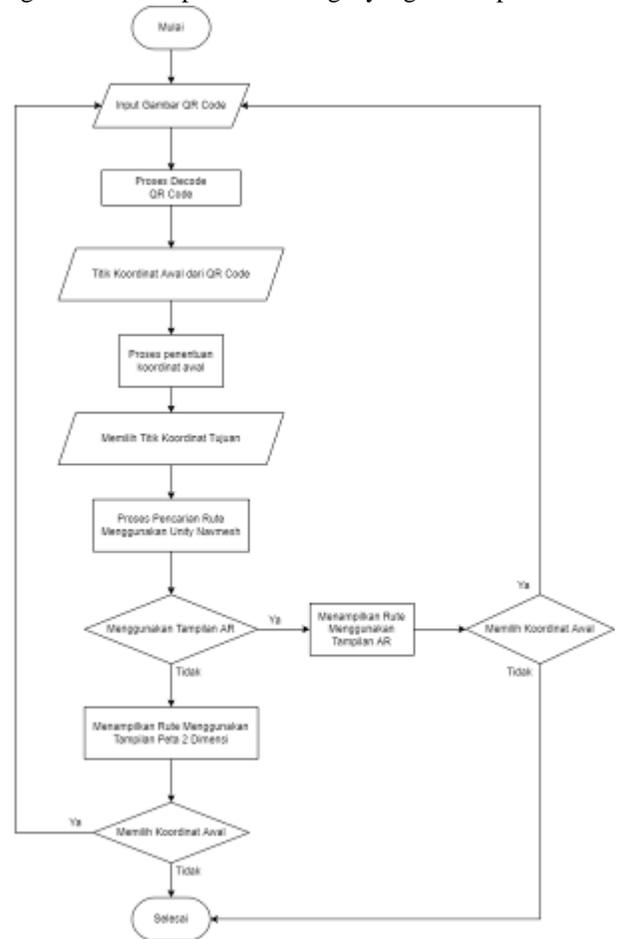


Gambar 1. Tahapan Penelitian

Pada Gambar 1. Dapat dilihat bahwa terdapat empat tahapan yang akan dilalui selama penelitian ini, diantaranya adalah :

A. *Perancangan Sistem*

Tahap pertama, yaitu tahap perancangan sistem dimana penulis akan memulai membuat rancangan sistem dari aplikasi AR yang akan dibuat sehingga dapat segera di implementasikan menjadi sebuah program yang dapat bekerja dengan baik dan tepat sesuai fungsi yang di harapkan.



Gambar 2. Diagram Alur Aplikasi

Langkah awal pengguna scan QR kode koordinat yang nantinya akan diproses oleh sistem untuk menentukan titik koordinat awal. Setelah titik koordinat awal ditentukan pengguna memilih tempat tujuan dan sistem akan mencari rute terbaik. Dalam melakukan navigasi pengguna dapat memilih tampilan 2 dimensi (tampilan peta) ataupun tampilan 3 dimensi (tampilan augmented reality).

B. *Asset Aplikasi Indoor Navigation*

Tahap kedua, yaitu tahap pembuatan asset. Setelah melalui tahap perancangan sistem langkah selanjutnya adalah pembuatan interface dan asset yang diperlukan agar nantinya selain aplikasi dapat bekerja dengan baik, tampilan dari sistem juga terlihat menarik.

TABEL I
ASSET GAMBAR INDOOR NAVIGATION

No	Asset	Keterangan
1		Penunjuk Arah
2		Penunjuk Lokasi Ketika sudah sampai ke tujuan
3		Indikator Pengguna
4		Peta untuk tampilan 2D

Asset 1 dan 2 penulis unduh melalui free3d.com, asset 3 penulis buat menggunakan aplikasi adobe illustrator dan asset 4 penulis buat menggunakan aplikasi SketchUp 2019

C. Algoritma A* Menggunakan Unity Navmesh.

Tahap ketiga, yaitu pengimplementasian Algoritma A*. Algoritma A* adalah salah satu algoritma yang optimal dalam menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan penentuan atau pencarian rute dengan jarak terdekat [10]. Secara konsep algoritma A* dibagi menjadi 2 titik yaitu titik *open list* dan *closed list*.

Pada penelitian ini, Algoritma A* dapat digunakan untuk menentukan rute terpendek yang dilalui. Di bawah ini merupakan rumus algoritma A* :

$$F(n) = G(n) + H(n)$$

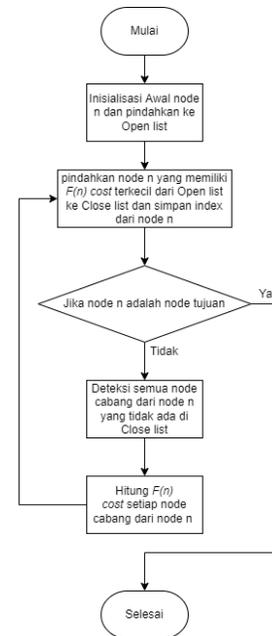
Dimana,

$F(n)$: Biaya untuk simpul n.

$G(n)$: Biaya sebenarnya dari node awal ke node n.

$H(n)$: Biaya perkiraan dari node n ke node tujuan.

$G(n)$ cost didapatkan dari jarak node awal ke node n. sedangkan $H(n)$ cost didapatkan dari jarak node n ke node tujuan. $F(n)$ cost merupakan hasil dari penjumlahan antara $G(n)$ cost dan $H(n)$ cost.



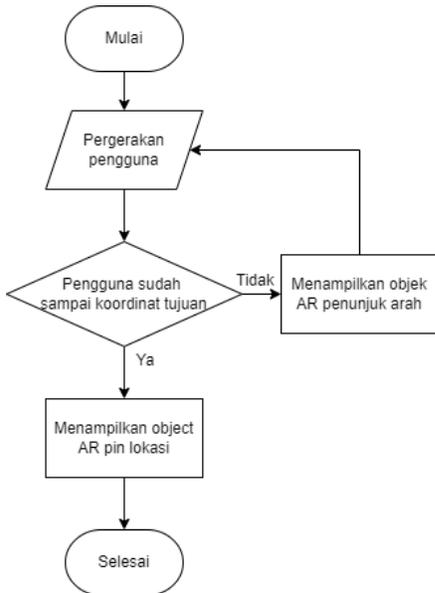
Gambar 3. Diagram Alur Algoritma A*

Alur algoritma A* dijelaskan sebagai berikut :

1. Inisialisasi awal node n dan memindahkan node n ke open list
2. Perulangan :
 - a. Mencari node n yang memiliki nilai F cost terkecil pada *open list*. Kemudian memindahkan node n ke *closed list* dan disimpan.
 - b. Deteksi semua node cabang dari node n yang tidak ada pada *closed list* dan pindahkan ke open list.
 - c. Penghitungan F cost dari setiap node cabang atau node yang ada pada *open list* dengan menjumlah G cost dan H cost.
 - d. Perulangan dihentikan ketika node n merupakan node tujuan.

D. AR Pada Indoor Navigation

Tahap keempat, yaitu tahap pengimplementasian Augmented Reality pada aplikasi. Aplikasi *indoor navigation* mengimplementasikan augmented reality sebagai media interaksi 3 Dimensi bagi pengguna agar lebih mudah dalam mencari rute lokasi. Berikut alur pengimplementasian augmented reality pada aplikasi *indoor navigation*.



Gambar 4. Diagram Alur Augmented Reality

Ketika pengguna belum sampai tujuan maka objek AR petunjuk arah pada Tabel 1 asset nomor 1 akan ditampilkan dan ketika pengguna sudah sampai tujuan objek AR pin lokasi pada Tabel 1 asset nomor 2 akan ditampilkan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan penelitian ini akan dibahas mengenai implementasi dari perancangan aplikasi yang telah dijelaskan serta implementasi algoritma A* menggunakan Unity Navmesh pada Indoor Navigation

A. Implementasi Interface Aplikasi

Pada tahap implementasi ini yaitu pembuatan aplikasi dari *asset indoor* yang telah disiapkan dengan menggunakan aplikasi Unity. Implementasi dilakukan menggunakan *asset indoor* rumah penulis.

Berikut tampilan implementasi dari aplikasi *indoor navigation*.

1) Halaman Scan Marker



Gambar 5. Tampilan Scan Marker

Pada Gambar 5 terlihat tampilan awal dari aplikasi yaitu melakukan scan QRcode untuk menentukan lokasi awal. Lokasi awal ditentukan dalam bentuk QRcode sebagai penanda lokasi penanda pertama pada pengguna. Kemudian muncul arah rute ke lokasi tujuan yang diinginkan.

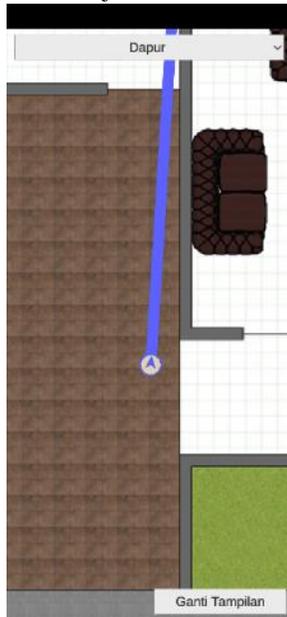
2) Halaman Penunjuk Rute



Gambar 6. Tampilan Augmented Reality Penunjuk Rute

Pada Gambar 6 ditunjukkan arah dalam bentuk *Augmented Reality* icon penunjuk arah. Dalam kasus ini lokasi tujuan adalah dapur. Selain icon penunjuk arah, terdapat juga peta mini untuk menunjukkan sampai mana pengguna berjalan.

3) Tampilan Peta Penunjuk Lokasi



Gambar 7. Tampilan Peta Penunjuk Route

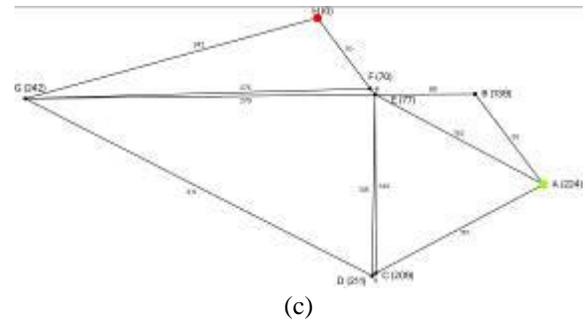
Pada Gambar 7 ditunjukkan arah dalam bentuk peta dengan kasus yang sama yaitu titik awal berada pada ruang tamu menuju titik lokasi dapur.

B. Implementasi Algoritma A*

Pada penelitian ini penulis mengimplementasikan algoritma A* menggunakan unity navmesh. Tahap dalam pengimplementasian unity navmesh yaitu :

- 1) Import navmesh ke Unity
- 2) Membuat navmesh
Pembuatan navmesh ini berdasarkan gambar peta yang telah dibuat pada tahap pembuatan asset. Sehingga area yang dapat dilewati dan benda yang tidak dapat dilewati sesuai dengan kondisi lapangan.
- 3) Menentukan titik kalibrasi dan destinasi

Berikut adalah salah satu perhitungan dari algoritma A* dari tempat awal (Teras) ke tempat tujuan (Garasi).



Gambar 8. (a) Navmesh denah peta (b) Titik awal dan tujuan (c) Perhitungan Algoritma A Star

Titik hijau yaitu titik awal, sedangkan titik merah yaitu titik tujuan. Angka tanpa tanda kurung merupakan *G cost* yang ditunjukkan pada Tabel II.

TABEL II
DAFTAR NILAI *G COST*

Jalur	<i>G cost</i>	Jalur	<i>G cost</i>
A-B	91	D-G	311
A-C	151	E-F	6
A-E	152	E-G	279
B-E	80	F-G	275
C-D	4	F-H	70
C-E	143	G-H	242
D-E	145		

Angka di dalam tanda kurung merupakan nilai *H cost* ditunjukkan pada Tabel III.

TABEL III
DAFTAR NILAI *H COST*

n	A	B	C	D	E	F	G	H
<i>H cost</i>	224	139	209	211	77	70	242	0

Node awal adalah node A. Dari node A dapat menuju tiga node, yaitu node B, node C dan node E. Pada Tabel IV ditunjukkan *open list* pertama.

TABEL IV
OPEN LIST PERTAMA

Melalui	<i>F Cost</i>	Tujuan
A	$152 + 77 = 229$	E
A	$91 + 139 = 230$	B
A	$151 + 209 = 360$	C

Karena node A adalah node awal, maka node A hanya dihitung *H cost* saja. Pada Tabel V ditunjukkan *closed list* pertama.

TABEL V
CLOSED LIST PERTAMA

Melalui	F Cost	Tujuan
A	224	A

Node E merupakan node yang memiliki *F cost* terendah. Oleh sebab itu, node E dipindahkan ke *closed list*. Pada Tabel VI ditunjukkan *open list* kedua.

TABEL VI
OPEN LIST KEDUA

Melalui	F Cost	Tujuan
A	$91 + 139 = 230$	B
A	$151 + 209 = 360$	C

Pada Tabel VII ditunjukkan *closed list* kedua.

TABEL VII
CLOSED LIST KEDUA

Melalui	F Cost	Tujuan
A	224	A
A	229	E

Dari node E dapat menuju lima node, yaitu node B, node C, node D, node F dan node G. *F cost* A-E-B = $152 + 80 + 139 = 371$ lebih besar dari pada A-B dan *F cost* A-E-C = $152 + 143 + 209 = 504$ lebih besar dari pada A-C maka tetap memakai jalur A-B dan A-C. Pada tabel VIII ditunjukkan *open list* ketiga.

TABEL VIII
OPEN LIST BAGIAN KETIGA

Melalui	F Cost	Tujuan
E	$152+6+70 = 228$	F
A	$91 + 139 = 230$	B
A	$151 + 209 = 360$	C
E	$152+145+211 = 508$	D
E	$152+279+242 = 673$	G

Node F merupakan node yang memiliki *F cost* terendah. Oleh sebab itu, node E dipindahkan ke *closed list*. Pada Tabel IX ditunjukkan *open list* keempat.

TABEL IX
OPEN LIST KEEMPAT

Melalui	F Cost	Tujuan
A	$91 + 139 = 230$	B
A	$151 + 209 = 360$	C
E	$152+145+211 = 508$	D
E	$152+279+242 = 673$	G

Pada Tabel X ditunjukkan *closed list* ketiga.

TABEL X
CLOSED LIST KETIGA

Melalui	F Cost	Tujuan
A	224	A
A	229	E
E	228	F

Dari node F dapat menuju dua node, yaitu node G dan node H. Karena node H adalah node tujuan sehingga rute terbaik dari perhitungan algoritma A* ini yaitu A-E-F-H dengan total *F(n) cost* $152+6+70+0 = 228$.

C. Pengujian Aplikasi

Pada tahapan pengujian aplikasi, penulis menggunakan dua metode pengujian untuk menguji apakah aplikasi dapat berfungsi sesuai dengan yang penulis harapkan atau tidak, kedua metode yang penulis gunakan adalah pengujian blackbox testing dan pengujian menggunakan variabel uji.

1) Pengujian Blackbox

TABEL XI
HASIL PENGUJIAN BLACK BOX

No	Skenario Pengujian	Hasil yang diharapkan	Kesimpulan
1	Scan QR Kode Marker	Menuju halaman tampilan AR dengan lokasi awal sesuai dengan kode QR	Diterima
2	Klik dropdown pilih lokasi	Muncul list lokasi	Diterima
3	Klik item dropdown lokasi	Menampilkan rute ke lokasi yang telah dipilih	Diterima

4	Klik Ganti tampilan	Mengganti tampilan AR atau tampilan peta	Diterima
5	Ganti tampilan AR	Menampilkan objek AR berdasarkan rute	Diterima
6	Ganti tampilan peta	Menampilkan jalur rute	Diterima

Berdasarkan hasil dari uji coba blackbox testing yang telah dilaksanakan dapat dilihat bahwa aplikasi indoor navigasi yang dibuat telah mencapai hasil yang diharapkan secara keseluruhan sehingga aplikasi ini dapat berfungsi dengan baik.

2) Pengujian Algoritma A* berdasarkan variabel uji

Pengujian uji algoritma A* menggunakan unity navmesh berdasarkan variabel ketepatan pencarian rute dan waktu yang dibutuhkan untuk mencari rute. Pengujian dilakukan 56 skenario dengan titik awal dan titik akhir berbeda.

TABEL XII
HASIL PENGUJIAN ALGORITMA A* BERDASARKAN VARIABEL

No	Lokasi Awal	Lokasi Tujuan yang Diharapkan	Hasil Lokasi Tujuan	Margin Kesalahan Navigasi (meter)	Kecepatan (mS)
1	Taman	Teras	Teras	0.28	18
2	Taman	Garasi	Garasi	0.41	19
3	Taman	Ruang Tamu	Ruang Tamu	0.26	34
4	Taman	Ruang Makan	Ruang Makan	0.31	32
5	Taman	Kamar Tidur	Kamar Tidur	0.41	18
6	Taman	Kamar Mandi	Kamar Mandi	0.45	18
7	Taman	Dapur	Dapur	0.28	19
8	Teras	Taman	Taman	0.44	29
9	Teras	Garasi	Garasi	0.24	29
10	Teras	Ruang Tamu	Ruang Tamu	0.19	35
11	Teras	Ruang Makan	Ruang Makan	0.33	23
12	Teras	Kamar Tidur	Kamar Tidur	0.18	16

13	Teras	Kamar Mandi	Kamar Mandi	0.20	35
14	Teras	Dapur	Dapur	0.19	21
15	Garasi	Taman	Taman	0.14	24
16	Garasi	Teras	Teras	0.07	26
17	Garasi	Ruang Tamu	Ruang Tamu	0.16	35
18	Garasi	Ruang Makan	Ruang Makan	0.16	25
19	Garasi	Kamar Tidur	Kamar Tidur	0.31	24
20	Garasi	Kamar Mandi	Kamar Mandi	0.21	18
21	Garasi	Dapur	Dapur	0.28	16
22	Ruang Tamu	Taman	Taman	0.17	21
23	Ruang Tamu	Teras	Teras	0.21	17
24	Ruang Tamu	Garasi	Garasi	0.17	21
25	Ruang Tamu	Ruang Makan	Ruang Makan	0.22	26
26	Ruang Tamu	Kamar Tidur	Kamar Tidur	0.21	37
27	Ruang Tamu	Kamar Mandi	Kamar Mandi	0.27	21
28	Ruang Tamu	Dapur	Dapur	0.25	20
29	Ruang Makan	Taman	Taman	0.22	18
30	Ruang Makan	Teras	Teras	0.23	33
31	Ruang Makan	Garasi	Garasi	0.11	28
32	Ruang Makan	Ruang Tamu	Ruang Tamu	0.18	24
33	Ruang Makan	Kamar Tidur	Kamar Tidur	0.21	13
34	Ruang Makan	Kamar Mandi	Kamar Mandi	0.16	14
35	Ruang Makan	Dapur	Dapur	0.14	33
36	Kamar Tidur	Taman	Taman	0.19	27
37	Kamar Tidur	Teras	Teras	0.26	31
38	Kamar Tidur	Garasi	Garasi	0.17	23
39	Kamar Tidur	Ruang Tamu	Ruang Tamu	0.21	29
40	Kamar Tidur	Ruang Makan	Ruang Makan	0.15	35
41	Kamar Tidur	Kamar Mandi	Kamar Mandi	0.25	21
42	Kamar Tidur	Dapur	Dapur	0.19	34
43	Kamar Mandi	Taman	Taman	0.24	13
44	Kamar Mandi	Teras	Teras	0.17	19
45	Kamar Mandi	Garasi	Garasi	0.20	35

46	Kamar Mandi	Ruang Tamu	Ruang Tamu	0.13	28
47	Kamar Mandi	Ruang Makan	Ruang Makan	0.19	33
48	Kamar Mandi	Kamar Tidur	Kamar Tidur	0.23	21
49	Kamar Mandi	Dapur	Dapur	0.18	20
50	Dapur	Taman	Taman	0.27	25
51	Dapur	Teras	Teras	0.24	13
52	Dapur	Garasi	Garasi	0.25	29
53	Dapur	Ruang Tamu	Ruang Tamu	0.28	23
54	Dapur	Ruang Makan	Ruang Makan	0.30	28
55	Dapur	Kamar Tidur	Kamar Tidur	0.16	30
56	Dapur	Kamar Mandi	Kamar Mandi	0.15	35

Berdasarkan 56 skenario data uji diatas hasil uji penggunaan algoritma A* yang didapatkan yaitu ketepatan 100% dengan margin kesalahan rata-rata 0.226 meter dan kecepatan pencarian rute rata-rata 24,857 mS. Ketepatan dihitung berdasarkan posisi titik navigasi berada di lokasi tujuan yang diharapkan. Sedangkan margin kesalahan diperoleh dari jarak antara tempat titik navigasi yang sudah ditentukan dan titik navigasi yang di munculkan oleh aplikasi.

I. KESIMPULAN

Melihat hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Algoritma A* menggunakan unity navmesh dapat digunakan untuk mencari rute terbaik pada aplikasi indoor navigation berbasis augmented reality. Serta aplikasi berjalan dengan baik terbukti dari hasil pengujian blackbox didapatkan hasil sempurna dengan semua hasil akhir sesuai dengan harapan penulis. Mulai dari scan QR Code, klik dropdown pilih lokasi, klik item dropdown lokasi, klik ganti tampilan AR, ganti tampilan AR dan ganti tampilan peta semua diterima sesuai dengan harapan yang dihasilkan.
2. Hasil uji algoritma A* berdasarkan variabel ketepatan dan kecepatan pencarian rute adalah ketepatan 100% dengan margin kesalahan rata-rata 0.226 meter dan kecepatan pencarian rute rata-rata 24,857 mS.

II. SARAN

Berdasarkan perancangan dan implementasi program yang telah dibuat aplikasi indoor navigation perlu pengembangan lebih lanjut, oleh sebab itu penulis menyarankan penelitian lanjutan dengan metode yang berbeda sehingga nantinya aplikasi indoor navigation dapat memiliki fitur yang lebih optimal.

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur atas rahmat dan ridha Allah SWT yang telah diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Terimakasih juga penulis ucapkan kepada kedua orang tua dan orang-orang di samping penulis yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada penulis. Serta terimakasih kepada dosen pembimbing yang sudah membimbing penelitian ini hingga akhir.

REFERENSI

- [1] Cranmer, E. E., Dieck, M. C., & Fountoulak, P. (2020). Exploring the value of augmented reality for tourism. *Tourism Management Perspectives* 35, 1-9.
- [2] Erniyati, & Mulyati. (2019). Pencarian Jalur Terdekat Menuju Rumah Sakit di Kota Bogor Dengan Menggunakan Algoritma A*. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer dan Matematika Vol.16 No.1*, 245-253.
- [3] Fernando, Y., Mutsaqov, M. A., & Megawaty, D. A. (2020). Penerapan Algoritma A-Star pada Aplikasi Pencarian Lokasi Fotografi di Bandar Lampung Berbasis Android. *Jurnal TEKNOINFO Vol. 14 No. 1*, 27-34.
- [4] Hermawan, H., & Setiyani, H. (2019). Implementasi Algoritma A-Star pada Permainan Komputer Roguelike Berbasis Unity. *Jurnal Algoritma, Logika dan Komputasi Vol.II (No. 1)*, 111-120.
- [5] Metha, P., Shah, H., Shukla, S., & Verma, S. (2015). A Review on Algorithms for Pathfinding in Computer Games. *IEEE Sponsored 2nd International Conference on Innovations in Information Embedded and Communication Systems ICIECS'15*.
- [6] Muntahanah, Toyib, R., & Ansyori, M. (2017). Penerapan Teknologi Augmented Reality pada Katalog Rumah Berbasis Android (Studi Kasus PT. Jashando Han Saputra). *Jurnal Pseudocode, Volume IV Nomor 1*, 81-89.
- [7] Musthafa, A. R., Ginardi, R. H., & Arumanto, F. X. (2016). Sistem Navigasi Indoor Menggunakan Sinyal Wi-fi dan Kompas Digital Berbasis Integrasi dengan Smartphone untuk Studi Kasus pada Gedung Bertingkat. *JURNAL TEKNIK ITS Vol. 5, No. 2*, A448-A452.

- [8] Nikander, J., Järvi, J., Usman, M., & Verrantaus, K. (2012). Indoor and Outdoor Mobile Navigation by Using a Combination of Floor Plans and Street Maps. *Conference: 9th Symposium on Location Based Services LBS2012*, 233-249.
- [9] Oktanugraha, R. F., & Nudin, S. R. (2020). Implementasi Algoritma A* (A Star) Dalam Penentuan Rute Terpendek Yang Dapat Dilalui Non Player Character Pada Game Good Thief. *JINACS: Volume 02 Nomor 01*, 74-85.
- [10] Purnama, S., Megawaty, D. A., & Fernando, Y. (2018). Penerapan Algoritma A Star (A*) Untuk Penentuan Jarak Terdekat Wisata Kuliner di Kota Bandar Lampung. *Jurnal TEKNOINFO Vol. 12 No. 1*, 28-32.
- [11] Zikky, M. (2016). Review of A (A Star) Navigation Mesh Pathfinding as the Alternative of Artificial Intelligent for Ghosts Agent on the Pacman Game. *EMITTER International Journal of Engineering Technology Vol. 4 No. 1*, 141-149.