

Implementasi *Navigation Meshes* pada Aplikasi Navigasi *Augmented Reality* Berbasis Android

Rinto Herlambang Apriliyanto^{1*}, Sri Wulandari²

^{1,2} Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas Teknologi Yogyakarta

*Email: rinto.herlambang8@gmail.com

Abstrak

Augmented Reality merupakan teknologi yang menggabungkan benda maya dua dimensi maupun tiga dimensi ke dalam sebuah lingkungan nyata lalu memproyeksikan benda-benda maya tersebut dalam waktu nyata (*realtime*). *Navigation Meshes* adalah sebuah teknologi pencarian jalan (*pathfinding*) berbentuk poligon 2D yang digunakan untuk melakukan pencarian jalan secara otomatis dengan menentukan area mana yang boleh atau tidak boleh dilalui oleh agent (*unit*) yang telah ditentukan. *Navigation Meshes* (*NavMesh*) telah menjadi konsep populer yang sering digunakan dalam masalah penelusuran jalan terpendek dari game 3D, karena lingkungan 3D sebagian besar menggunakan struktur poligon. *Navigation Meshes* memang populer digunakan pada sebuah game tepatnya diterapkan pada NPC dan pemain agar bisa melalui area yang sudah ditentukan. Tapi bagaimana jika *NavMesh* ini diterapkan di lingkungan yang nyata dengan memanfaatkan teknologi *Augmented Reality*. Pada penelitian kali ini penulis akan menerapkan *NavMesh* pada sebuah aplikasi navigasi *Augmented Reality* pada *smartphone* berbasis Android untuk membantu navigasi pengguna dalam menemukan ruangan yang terdapat di gedung depan lantai 1 Universitas Teknologi Yogyakarta. Dalam perancangan aplikasi ini penulis menggunakan metode MDLC yang terdiri dari konsep, rancangan, pengumpulan bahan, pembuatan, pengujian dan distribusi.

Kata kunci: Android, *Augmented Reality*, MDLC, Navigasi, *Navigation Meshes*,

Abstract

Augmented Reality is a technology that combines two-dimensional or three-dimensional virtual objects into a real environment and projects them in real time. *Navigation Meshes* is a 2D polygon *pathfinding* technology used to automatically find paths by determining which areas are allowed or not allowed for a designated agent (*unit*) to pass through. . *Navigation Meshes* (*NavMesh*) has become a popular concept often used in 3D game shortest *pathfinding* problems, as most 3D environments use polygon structures. *Navigation Meshes* is indeed popularly used in games, specifically applied to NPCs and players to navigate through designated areas. But what if this *NavMesh* is applied in a real environment using *Augmented Reality* technology. In this research, the author will implement *NavMesh* in an Android-based *Augmented Reality* navigation application for *smartphones* to help users navigate and find rooms on the first floor of the front building of the Universitas Teknologi Yogyakarta. In designing this application, the author uses the MDLC method, which consists of concept, design, material collection, creation, testing, and distribution.

Keywords: Android, *Augmented Reality*, MDLC, Navigation, *Navigation Meshes*,

PENDAHULUAN

Augmented Reality menjadi salah satu teknologi yang semakin populer digunakan pada saat ini. *Augmented Reality* telah diterapkan pada berbagai bidang, seperti kedokteran, hiburan, militer, desain, robotik, dan lain-lain (Mahendra, 2016). *Augmented Reality* merupakan teknologi yang menggabungkan benda maya dua dimensi maupun tiga dimensi ke dalam sebuah

lingkungan nyata lalu memproyeksikan benda-benda maya tersebut dalam waktu nyata (*realtime*) (Apriansyah dkk., 2017). Benda-benda maya tersebut dapat berupa gambar, animasi, teks, video atau model 2D maupun model 3D yang diproyeksikan melalui kamera pada *smartphone*, *webcam*, maupun kacamata yang sudah dimodifikasi (Famukhit, 2018).

Navigation Meshes adalah sebuah teknologi pencarian jalan (*pathfinding*)

berbentuk poligon 2D yang digunakan untuk melakukan pencarian jalan secara otomatis dengan menentukan area mana yang boleh atau tidak boleh dilalui oleh *agent* (unit) yang telah ditentukan. *Navigation Meshes* (*NavMesh*) telah menjadi konsep populer yang sering digunakan dalam masalah penelusuran jalan terpendek dari *game* 3D, karena lingkungan 3D sebagian besar menggunakan struktur poligon (Safira dkk., 2021). *NavMesh* merupakan salah satu fitur dari *Unity Game Engine*. Pada *Unity*, terdapat beberapa komponen yang menerapkan sistem *NavMesh* atau disebut juga *NavMesh library*, yaitu *NavMesh*, *NavMesh obstacle*, *NavMesh agent*, dan *off mesh link* (Lamia, 2022).

Berikut ini beberapa penelitian yang menerapkan *NavMesh* pada sebuah *game* diantaranya, yaitu pada penelitian yang dilakukan oleh Riyadi J. Iskandar, Antonius, dan Edwinyo dengan judul Penggunaan *Unity Engine* pada Perancangan *Game The Cient* dengan *Navigation Meshes* (2021) (Iskandar dkk., 2021). Pada penelitian tersebut *NavMesh* diterapkan pada NPC (*Non-Playable Character*) berupa *monster* untuk melakukan pencarian jalur untuk mengejar pemain. Dan pada penilitan yang dilakukan Rudi Kurniawan dan Rizal Yudha Pradatama dengan judul Pembangunan *Game 3D Real Time Strategy "Bug Invension"* Berbasis Desktop (2021) (Kurniawan dan Pradatama, 2021). Penerapan *NavMesh* pada penelitian tersebut hampir sama dengan penelitian sebelumnya, yaitu *NavMesh* diterapkan agar NPC dan pemain agar bisa melalui area yang sudah ditentukan.

Berdasarkan penelitian yang sebelumnya disebutkan, bahwa *Navigation Meshes* memang populer digunakan pada sebuah *game* tepatnya diterapkan pada NPC dan pemain agar bisa melalui area yang sudah ditentukan. Tapi bagaimana jika *NavMesh* ini diterapkan di lingkungan yang nyata dengan memanfaatkan teknologi *Augmented Reality*. Pada penlitian kali ini sesuai dengan fungsi *NavMesh* yang sudah dijelaskan. Penulis akan menerapkan *NavMesh* untuk membantu navigasi di lingkungan yang nyata dengan merancang sebuah aplikasi navigasi *Augmented Reality* pada *smartphone* berbasis android. Aplikasi navigasi *Augmented Reality* ini hanya bisa dioperasikan di dalam sebuah gedung yang sudah ditentukan. Fungsi dari aplikasi navigasi *Augmented Reality* ini, yaitu untuk membantu

pengguna menemukan ruangan yang dicari dengan cara memperlihatkan sebuah jalur navigasi berbentuk AR yang mengarahkan pengguna ke ruangan yang dicari. Gedung yang akan dipakai untuk pengoprasian aplikasi ini, yaitu gedung bagian depan, lantai 1, kampus 1 Universitas Teknologi Yogyakarta yang berada di Jl. Siliwangi (Ringroad Utara), Jombor, Sleman, D.I. Yogyakarta.

TINJAUAN PUSTAKA

Pada beberapa penelitian sebelumnya menerapkan *Navigation Meshes* hanya berfokus pada dunia *game* saja. Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Riyadi J. Iskandar, Antonius, dan Edwinyo dengan judul Penggunaan *Unity Engine* pada Perancangan *Game The Cient* dengan *Navigation Meshes* (2021) (Iskandar dkk., 2021). Yang menerapkan *NavMesh* untuk melakukan pencarian jalur dan menghindari ringtangan serta mengejar *Player* pada lingkungan 3D yang disematkan pada NPC (*Non-Playable Character*) berupa *monster*.

Pada penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Rudi Kurniawan dan Rizal Yudha Pradatama dengan judul Pembangunan *Game 3D Real Time Strategy "Bug Invension"* Berbasis Desktop (2021) (Kurniawan dan Pradatama, 2021). Penerapan *NavMesh* pada penelitian ini tidak berbeda jauh dengan penelitian sebelumnya, yaitu penerapan *NavMesh* yang disematkan pada NPC dan *Player* agar bisa melalui lingkungan 3D yang telah dibuat.

2.1 Navigasi

Navigasi merupakan suatu kemampuan individu untuk menemukan jalan mereka secara akurat (Nurhaida dkk., 2023). Kemampuan navigasi pada manusia digunakan untuk berpindah dari titik asal ke titik tujuan dengan melewati rute yang sudah ditentukan. Untuk menentukan rute, manusia membutuhkan alat bantu navigasi seperti peta dan kompas (Rosia dkk., 2022). Namun pada era digitalisasi sekarang ini, kebanyakan orang telah beralih menggunakan teknologi GPS (*Global Positioning System*). GPS merupakan sistem satelit navigasi untuk menentukan letak geografis suatu penerima sinyal satelit tersebut, posisi geografis diberikan melalui sistem bujur dan lintang (Malau, 2019).

2.2 Navigation Meshes

Navigation Meshes adalah sebuah teknologi pencarian jalan (*pathfinding*) berbentuk poligon 2D yang digunakan untuk melakukan pencarian jalan secara otomatis dengan menentukan area mana yang boleh atau tidak boleh dilalui oleh *agent* (unit) yang telah ditentukan. *NavMesh* merupakan salah satu fitur dari *Unity Game Engine*. Pada *Unity*, terdapat beberapa komponen yang menerapkan sistem *NavMesh* atau disebut juga *NavMesh library*, yaitu *NavMesh*, *NavMesh obstacle*, *NavMesh agent*, dan *off mesh link* (Lamia, 2022).

2.3 Augmented Reality

Augmented Reality merupakan teknologi yang menggabungkan benda maya dua dimensi maupun tiga dimensi ke dalam sebuah lingkungan nyata lalu memproyeksikan benda-benda maya tersebut dalam waktu nyata (*realtime*) (Mahendra, 2016). Benda-benda maya tersebut dapat berupa gambar, animasi, teks, video atau model 2D maupun model 3D yang diproyeksikan melalui kamera pada *smartphone*, *webcam*, maupun kacamata yang sudah dimodifikasi (Apriansyah dkk., 2017). *Augmented Reality* adalah sistem yang mempunyai tiga karakteristik dan fitur (Fauziyyah, 2019), sebagai berikut:

1. Combining real and virtual object

Teknologi menggabungkan dunia virtual dan dunia nyata dengan menciptakan lingkungan bersama di mana objek dari kedua dunia hidup berdampingan di tempat yang sama.

2. Interactivity in realtime

Memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan objek dan informasi digital secara *realtime*. Pengguna dapat menyentuh, menggeser, atau bahkan memindahkan objek digital.

3. Virtual objects are registered in the physical 3D world

Objek-objek virtual yang diciptakan secara digital diintegrasikan dan dikorelasikan dengan lingkungan fisik nyata di sekitar pengguna. Objek-objek virtual ini kemudian tampak seolah-olah benar-benar ada dan berinteraksi dengan dunia nyata tersebut.

2.4 Unity

Unity atau *Unity 3D* adalah sebuah perangkat lunak yang berfungsi untuk membangun sebuah permainan atau aplikasi.

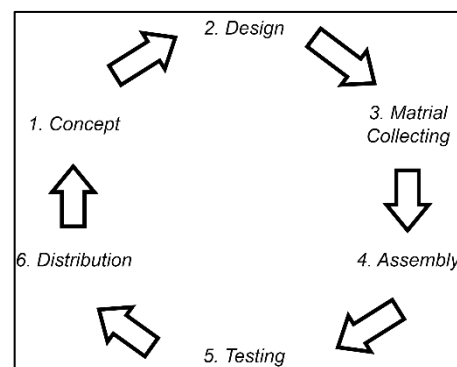
Unity merupakan suatu *game development ecosystem* yang mampu digunakan untuk membuat *game* dan aplikasi dalam berbagai macam platform baik console, desktop, dan mobile. Bahasa pemrograman utama *Unity* adalah *C#* dengan *IDE Mono Develop* (Widyananda, 2016).

2.5 Android

Android secara sederhana bisa diartikan sebagai sebuah *software* yang digunakan pada perangkat *mobile* yang mencakup sistem operasi, *middleware*, dan aplikasi kunci yang dirilis oleh Google (Mustagfirin dan Riyanto, 2021).

METODE PENELITIAN

Metode Multimedia Development Life Cycle (MDLC) akan digunakan pada perancangan aplikasi ini. MDLC merupakan metode pengembangan aplikasi yang terdiri dari enam tahapan diantaranya, yaitu konsep (*concept*), perancangan (*design*), pengumpulan bahan (*material collecting*), pembuatan (*assembly*), pengujian (*testing*), dan distribusi (*distribution*) (Septian dkk., 2021).



Gambar 1. MDLC (Septian dkk., 2021)

3.1 Konsep (Concept)

Pada tahapan ini merupakan tahapan awal untuk penentuan tujuan dan siapa saja pengguna dari aplikasi ini (Borman dan Purwanto, 2019). Tujuan dari perancangan aplikasi ini adalah untuk membangun aplikasi navigasi pada *smartphone* berbasis android dengan menggunakan teknologi *Augmented Reality* dan menerapkan *NavMesh* untuk menentukan area mana yang bisa dilewati oleh pengguna. Fungsi dari aplikasi ini yaitu untuk membantu pengguna menemukan ruangan yang dicari dengan cara menampilkan arah navigasi berbentuk AR pada layar *smartphone* dan

mengarahkan pengguna ke ruangan yang dicari. Aplikasi ini hanya bisa dioperasikan pada gedung yang sudah ditentukan. Gedung yang akan dipakai untuk pengoprasian aplikasi ini, yaitu gedung bagian depan, lantai 1, kampus 1 Universitas Teknologi Yogyakarta yang berada di Jl. Siliwangi (Ringroad Utara), Jombor, Sleman, D.I. Yogyakarta.

3.2 Perancangan (Design)

Perancangan pada multimedia merupakan tahap dimana spesifikasi dibuat yang berisi beberapa aspek diantaranya arsitektur aplikasi, gaya, tampilan, dan kebutuhan meterial/bahan untuk aplikasi yang akan dibuat (Borman dan Purwanto, 2019). Pada tahapan ini, untuk mempermudah membangun aplikasi navigasi *augmented reality* pada *smartphone* berbasis android, penulis terlebih dahulu merancang sebuah *storyboard*, *flowchart* dari sistem, serta merancang antarmuka.

1. Membuat *storyboard*

Storyboard berfungsi untuk memberikan gambaran dari aplikasi yang akan dihasilkan (Dikananda, 2021). Berikut ini adalah *storyboard* yang dapat dilihat untuk aplikasi ini pada Tabel 1.

Tabel 1. *Storyboard*

Scene	Nama Scene
Scene 0	Tampilan <i>Splash Screen</i>
Scene 1	Tampilan Menu Navigasi

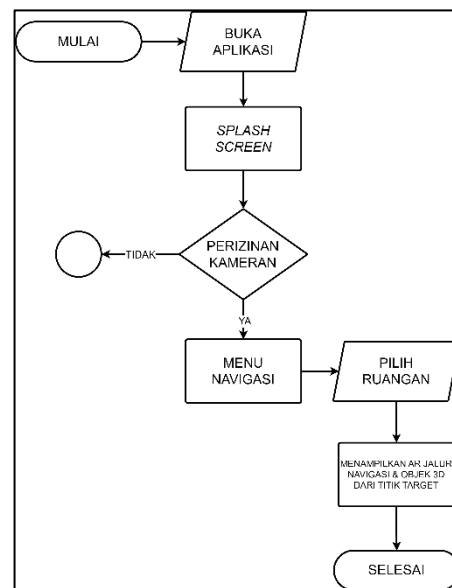
2. Merancang *flowchart*

Flowchart adalah cara untuk menjelaskan dan menggambarkan tahap-tahap pemecahan masalah secara sederhana, teratur dan rapih dengan mempresentasikan simbol-simbol tertentu yang mudah dipahami, mudah digunakan dan standar (Syamsiah, 2019). *Flowchart* untuk aplikasi ini seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

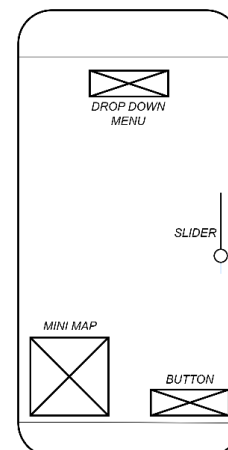
3. Merancang antarmuka

Antarmuka atau *User Interface* (UI) adalah elemen visual yang digunakan sebagai jembatan penghubung antara sistem dengan pengguna. UI dapat berupa bentuk, warna, icon, dan tulisan yang di desain semenarik mungkin (Putra dkk., 2021). Pada aplikasi ini hanya memiliki satu halaman antarmuka yaitu menu navigasi. Berikut ini adalah rancangan

antarmuka berbentuk *wireframe* yang dapat dilihat pada Gambar 3.



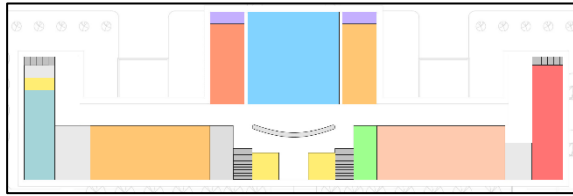
Gambar 2. *Flowchart*



Gambar 3. Tampilan Menu Navigasi (*wireframe*)

3.3 Pengumpulan Bahan (Material Collecting)

Pada tahapan ini merupakan tahapan melakukan pengumpulan bahan sesuai dengan yang dibutuhkan (Borman dan Purwanto, 2019). Bahan yang dibutuhkan pada pembuatan aplikasi ini, diantaranya adalah objek 2D (gambar denah gedung UTY bagian depan lantai 1) dan objek 3D (*sphere* dan *cube*) yang dapat dilihat pada Gambar 4. Gambar 5, dan Gambar 6.



Gambar 4. Denah Gedung UTY Bagian Depan Lantai 1



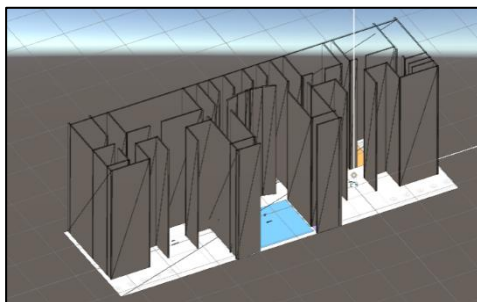
Gambar 5. Sphere



Gambar 6. Cube

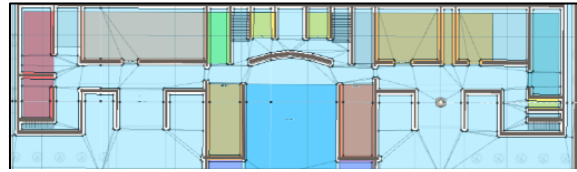
3.4 Pembuatan (Assembly)

Tahapan *assembly* merupakan tahapan perakitan objek dan bahan-bahan yang telah dikumpulkan dibuat menjadi sebuah aplikasi (Borman dan Purwanto, 2019). Bahan-bahan yang telah dikumpulkan pada tahap *material collecting* diolah menggunakan *unity*. Proses pertama yaitu membuat lingkungan 3D dari gambar denah gedung UTY bagian depan lantai 1, seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Lingkungan 3D Gedung UTY Bagian Depan Lantai 1

Proses kedua adalah pengimplementasian *NavMesh* pada lingkungan 3D yang telah dibuat dengan cara menggunakan fitur *NavMesh Bake* serta mengatur *Agent Radius* agar mendapatkan area yang dibutuhkan, seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Penerapan *NavMesh* pada Lingkungan 3D

Proses ketiga adalah menentukan ruangan yang berada di gedung depan lantai 1 sebagai titik awal maupun titik tujuan. Penggunaan objek 3D (*cube*) sebagai visualisasi dari titik target ruangan yang dipilih. Ruangan yang sudah ditentukan terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nama Ruangan

No	Nama Ruangan	Lantai
1	Ruangan PMB	Lantai 1
2	Ruangan Rektok	Lantai 1
3	Ruangan Wakil Rektor	Lantai 1

Proses keempat adalah membuat *mini map* atau peta mini sebagai indikator posisi pengguna berada. Pada proses ini bahan yang digunakan adalah gambar denah gedung UTY bagian depan lantai 1 sebagai peta dan objek 3D (*sphere*) sebagai indikator pengguna, seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. *Mini Map*

3.5 Pengujian (Testing)

Pada tahapan ini merupakan tahapan yang bertujuan untuk memastikan aplikasi yang dibangun bebas dari kesalahan-kesalahan (Borman dan Purwanto, 2019). Pengujian yang digunakan adalah *Blackbox Testing*. *Blackbox Testing* adalah sebuah pengujian sistem tanpa memperhatikan struktur logika internal perangkat lunak (Septian dkk., 2021).

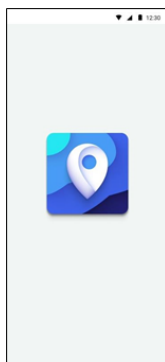
3.6 Distribusi (Distribution)

Pada tahapan ini merupakan tahapan terakhir dari metode MDLC. Pendistribusian dilakukan untuk penyebaran dan penyampaian produk ke pengguna dari aplikasi yang selesai

dibuat dan telah melalui pengujian (Borman dan Purwanto, 2019). Tahap ini juga dapat disebut tahap evaluasi untuk pengembangan produk yang sudah jadi supaya menjadi lebih baik. Hasil evaluasi ini dapat digunakan sebagai masukan untuk tahap concept pada produk selanjutnya (Mustagfirin dan Riyanto, 2021).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahapan ini menjelaskan hasil dari rancangan pembuatan aplikasi navigasi *Augmented Reality* pada *smartphone* berbasis android dengan mengimplementasikan *NavMesh*.



Gambar 10. *Splash Screen*

Pada Gambar 10 merupakan tampilan awal atau halaman pembuka saat aplikasi baru dijalankan. Pada halaman *splash screen* ini akan menampilkan logo aplikasi navigasi *Augmented Reality* selama 2 detik dan selanjutnya akan dialihkan ke halaman utama yaitu halaman menu navigasi yang dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Halaman Menu Navigasi

Pada Gambar 11 merupakan halaman menu navigasi yang terdapat menu *dropdown* berfungsi untuk menampilkan list ruangan yang dapat dipilih, *mini map* berfungsi sebagai indikator posisi pengguna berada, kemudian *slider* berfungsi untuk menaik turunkan AR jalur navigasi, dan tombol “Tampilkan Jalur” yang berfungsi untuk menampilkan dan tidak menampilkan AR jalur navigasi.

Pada tahapan Pengujian (*Testing*), pengujian aplikasi dilakukan menggunakan *device smartphone* android dengan spesifikasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi

No.	Spesifikasi	Keterangan
1	Merek <i>Device</i>	Xiaomi Redmi Note 10
2	Chipset	Snapdragon 678
4	Sistem Operasi	Android 12
5	RAM	4GB
6	ROM	64GB

Hasil dari pengujian aplikasi navigasi AR berbasis android menggunakan *Blackbox Testing* yang dapat dilihat pada Tabel 4., Tabel 5., dan Tabel 6.

Tabel 4. Pengujian Instalasi Aplikasi

No.	Kelas Uji	Pengujian	Hasil
1	Instalasi	Pemasangan aplikasi pada perangkat <i>smartphone</i> Android	Berhasil
2	<i>Splash Screen</i>	Menampilkan logo aplikasi selama 2 detik	Berhasil
3	Halaman Menu Navigasi	Menampilkan <i>user interface</i>	Berhasil

Tabel 5. Pengujian Fitur Aplikasi

No.	Kelas Uji	Pengujian	Hasil
1	Tombol menu <i>dropdown</i> (<i>list ruangan</i>)	Menampilkan <i>list</i> ruangan dan dapat dipilih	Berhasil
2	Tombol “Tampilkan Jalur”	Menampilkan dan tidak menampilkan Jalur AR navigasi	Berhasil
3	Tombol <i>Slider</i>	Menaik turunkan Jalur AR navigasi	Berhasil
4	<i>Mini Map</i>	Menampilkan indikator posisi pengguna berada	Berhasil

Tabel 6. Pengujian Titik Target

No.	Nama Ruangan	Lantai	Hasil
1	Ruangan PMB	Lantai 1	Berhasil
2	Ruangan Rektor	Lantai 1	Berhasil
3	Ruangan Wakil Rektor	Lantai 1	Berhasil

SIMPULAN

Penerapan *Navigation Meshes* memanfaatkan teknologi *Augmented Reality* untuk membantu navigasi di lingkungan nyata pada rancangan aplikasi navigasi *Augmented Reality* berbasis android, berhasil menampilkan jalur navigasi berbentuk AR yang mengikuti arah titik tujuan ruangan yang sudah dipilih. Penerapan *Navigation Meshes* pada lingkungan nyata ini tak luput dari beberapa tantangan diantaranya, yaitu proses pembuatan lingkungan 3D secara manual bisa menjadi proses yang sulit dan akan memakan banyak waktu, keakuratan akurasi yang disajikan oleh *NavMesh* kadang tidak selalu akurat. Hal tersebut disebabkan bila saat pembuatan lingkungan 3D skalanya tidak sesuai dengan lingkungan nyata, dan terakhir melakukan pemeliharaan *NavMesh* secara berkala akibat perubahan yang terjadi di lingkungan nyata agar tidak memengaruhi kinerja *NavMesh*.

Dari hasil yang telah dilakukan pada penelitian ini, diharapkan dapat dijadikan sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya dalam pengimplementasian *NavMesh* dengan memanfaatkan teknologi *Augmented Reality* di lingkungan nyata yang tak hanya digunakan sebagai pembantu navigasi saja tetapi dapat digabungkan dengan hal yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

Apriansyah, A. *et al.* (2017) 'Aplikasi Pengenalan Hewan dengan Teknologi Marker Less Augmented Reality Berbasis Android', *Journal of Computer and Information Technology*, 1(1).

Borman, R.I. and Purwanto, Y. (2019) 'JEPIN (Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika)', *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika*, 5(2).

Dikananda, A.R., Nurdiawan, O. and Subandi, H. (2021) 'Augmented Reality dalam Mendeteksi Produk Rotan menggunakan Metode Multimedia Development Life Cycle

(MDLC)', *MEANS (Media Informasi Analisa dan Sistem)*, 6(2).

Famukhit, M.L. (2018) 'ANALISIS PERBANDINGAN MEDIA MARKER AUGMENTED REALITY MENGGUNAKAN SOFTWARE UNITY 3D', *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 10(2).

Fauziyyah, N. (2019) 'THE POTENTIAL OF AUGMENTED REALITY TO TRANSFORM EDUCATION INTO SMART EDUCATION', *Jurnal PAJAR (Pendidikan dan Pengajaran)*, 3(4).

Iskandar, R.J., Antonius and Edwinyo (2021) 'PENGUNAAN UNITY ENGINE PADA PERANCANGAN GAME THE CIENT DENGAN NAVIGATION MESH', *Jurnal InTekSis*, 8(2).

Kurniawan, R. and Pradatama, R.Y. (2021) "'BUG INVASION" BERBASIS DESKTOP', *JOINT (Journal of Information Technology)*, 3(2).

Lamia, K.C., Lumenta, A.S.M. and Sugiarto, B.A. (2022) 'Implementasi Algoritma A (A Star) Pada Game 3D Kebudayaan Suku Minahasa', *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer* [Preprint].

Mahendra, I.B.M. (2016) 'IMPLEMENTASI AUGMENTED REALITY (AR) MENGGUNAKAN UNITY 3D DAN VUPORIA SDK', *Jurnal Ilmiah ILMU KOMPUTER Universitas Udayana*, 9(1).

Malau, Y. (2019) 'Automasi Picking List dan Display Outlet Berbasis Web Menggunakan Teknologi Google Maps dan GPS', *Jurnal SISFOKOM*, 08(01).

Mustagfirin and Riyanto, I. (2021) 'Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak', *Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak*, 3(1).

Nurhaida *et al.* (2023) 'PERILAKU KAWIN, KOMUNIKASI, MIGRASI DAN NAVIGASI PADA HEWAN'.

Putra, D.H., Asfi, M. and Fahrudin, R. (2021) 'PERANCANGAN UI/UX MENGGUNAKAN METODE DESIGN THINKING BERBASIS WEB PADA LAPORTEA COMPANY', *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*, 8(1).

Rosia, I. *et al.* (2022) 'MPA JAMARSINGSIA IAIN BUKITTINGGI', *Jurnal Multidisiplin Ilmu*, 1(3).

Safira, L., Harsadi, P. and Harjanto, S. (2021) 'Penerapan Navmesh Dengan Algoritma A Star Pathfinding Pada Game Edukasi 3d Go Green', *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIKomSiN)*, 9(1).

Septian, D., Fatman, Y. and Nur, S. (2021) 'IMPLEMENTASI MDLC (MULTIMEDIA DEVELOPMENT LIFE CYCLE) DALAM PEMBUATAN MULTIMEDIA PEMBELAJARAN KITAB SAFINAH SUNDA', *Jurnal Computech & Bisnis*, 15(1).

Syamsiah (2019) 'PERANCANGAN FLOWCHART DAN PSEUDOCODE PEMBELAJARAN MENGENAL ANGKA DENGAN ANIMASI UNTUK ANAK PAUD RAMBUTAN', *STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi)*, 4(1).

Widyananda, W. (2016) *Realitas Virtual Sistem Navigasi Pada Lingkungan Virtual Mall Dengan Menggunakan NAVMESH dan GOOGLE CARDBOARD*. Surabaya.