

## Sistem Portal Pada *Extended Reality* (XR) Untuk Memperkecil *Size Scene* Pada Implementasi *Metaverse* Fakultas Ilmu Komputer

Marzuki<sup>1\*</sup>, Maria Shusanti Febrianti<sup>1</sup>, Dian Resha Agustina<sup>1</sup>, Syarif Hidayatulloh<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Informatika, Universitas Bandar Lampung, Indonesia.

---

### Artikel Info

#### Kata Kunci:

Extended Reality;  
Metaverse;  
Spatial.io;  
Sistem Portal;  
Unity.

#### Keywords:

*Extended Reality*;  
*Metaverse*;  
*Spatial.io*;  
*Portal System*;  
*Unity*.

---

#### Riwayat Artikel:

Submitted: 19 September 2024  
Accepted: 26 Oktober 2024  
Published: 27 Oktober 2024

**Abstrak:** Salah satu tantangan utama dalam pengembangan lingkungan virtual berskala besar seperti *Metaverse* adalah kinerja sistem yang terbebani oleh scene yang kompleks dan luas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengatasi masalah kinerja di lingkungan virtual yang besar dan kompleks dengan menggunakan sistem portal yang memungkinkan pengguna berpindah antar ruang secara cepat tanpa *re-render* seluruh scene sekaligus. Penelitian ini menggunakan metode *Design Thinking* serta memanfaatkan teknologi *Extended Reality* (XR) dan *3D modeling* untuk mengembangkan ruang virtual yang menyerupai kampus nyata. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan portal mampu mengurangi ukuran scene dan meningkatkan efisiensi sistem secara signifikan, tanpa mengorbankan kualitas pengalaman pengguna. Kesimpulan penelitian ini adalah bahwa integrasi sistem portal dalam *Metaverse* mampu meningkatkan performa dan kenyamanan navigasi, serta membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut dalam menciptakan lingkungan virtual yang lebih kompleks dan interaktif, yang dapat diterapkan di berbagai sektor, termasuk pendidikan, pariwisata dan industri.

**Abstract:** One of the main challenges in developing large-scale virtual environments such as *Metaverse* is system performance that is burdened by complex and large scenes. The goal of this research is to overcome performance problems in large and complex virtual environments by using a portal system that allows users to move between spaces quickly without rendering the entire scene at once. This research uses the *Design Thinking* method and utilizes *Extended Reality* (XR) technology and *3D modeling* to develop a virtual space that resembles a real campus. The research results show that the use of the portal can reduce scene size and increase system efficiency significantly, without sacrificing the quality of the user experience. The conclusion of this research is that the integration of the portal system in the *Metaverse* can improve navigation performance and comfort, as well as open up opportunities for further development in creating more complex and interactive virtual environments, which can be applied in various sectors, including education, tourism and industry.

---

#### Corresponding Author:

Marzuki  
Email: [marzuki@ubl.ac.id](mailto:marzuki@ubl.ac.id)

---

## PENDAHULUAN

Teknologi merupakan sebuah perkembangan perangkat keras (hardware) maupun perangkat lunak (software) yang didasari ilmu pengetahuan dengan seiring perkembangan zaman dan didasari kebutuhan pengguna saat ini (Karim et al., 2020). Perkembangan teknologi digital, khususnya dalam bidang pemodelan 3D dan Extended Reality (XR) yang meliputi AR, VR, dan MR, telah memungkinkan terciptanya lingkungan virtual yang semakin imersif dan mendekati kenyataan (Ning et al., 2021). Imersif adalah sebuah istilah dalam menggambarkan pengalaman yang membuat pengguna merasa terlibat dalam suatu kejadian tertentu dengan cara yang realistis. XR menciptakan pengalaman yang imersif di mana pengguna merasa terlibat secara realistis dalam suatu peristiwa atau lingkungan (Jumiratul Hasanah et al., 2024). Teknologi ini memungkinkan kita memvisualisasikan dunia atau ruangan nyata ke dalam bentuk *virtual* dan bisa berinteraksi dengan objek disekitar maupun dengan pengguna lain melalui interaksi sentuhan dan visual. telah memungkinkan terciptanya lingkungan *virtual* yang semakin mendekati kenyataan (Braud et al., 2022). Memanfaatkan teknologi XR, peneliti membuat sebuah Metaverse Fakultas Ilmu Komputer pada Universitas Bandar Lampung untuk dijadikan sebagai kampus *virtual* yang memungkinkan pengguna untuk menjelajah dan belajar tanpa perlu hadir dalam ruangan fisik.

Menggunakan *Metaverse*, pengguna akan dapat merasa hadir seperti pengguna ada di sana bersama orang-orang tidak peduli seberapa jauh jarak yang sebenarnya (Laeq & Sciences, 2022). Penelitian sebelumnya sudah menunjukkan berbagai implementasi XR di sektor pendidikan, kesehatan, dan industri lainnya. Sebagai contoh, pada 2019, Rumah Sakit SNU Bundang memanfaatkan teknologi XR dalam ruang operasi pintar, memungkinkan visualisasi kelenjar getah bening menggunakan kamera VR yang menangkap gambar 360° (Koo, 2021). Menggunakan teknologi dari kamera laparoskopi, ahli bedah menggunakan kamera 3D dan mengamati gambar 3D beresolusi tinggi. Dengan teknologi ini, para peserta pelatihan dapat melihat proses pembedahan secara luas dari pada melihat seorang ahli bedah membuka perut dan melakukan pembedahan secara langsung atau luring.

Namun, tantangan utama dalam pengembangan lingkungan *virtual* skala besar, seperti *Metaverse*, adalah bagaimana menciptakan pengalaman yang imersif tanpa mengorbankan performa dan efisiensi sistem. Lingkungan *virtual* dengan aset yang kompleks dan luas sering kali menimbulkan masalah kinerja, terutama ketika pengguna mencoba untuk menavigasi ruang-ruang besar ini dengan perangkat keras dan koneksi *internet* yang terbatas (Guan, 2022).

Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini mengusulkan penggunaan sistem portal sebagai solusi inovatif dalam memperkecil skala *scene Metaverse*. Sistem portal memungkinkan pengguna untuk berpindah dari satu ruang *virtual* ke ruang lainnya secara cepat dan efisien, tanpa harus memuat seluruh aset dan lingkungan *virtual* secara bersamaan. Dengan cara ini, beban kinerja dapat dikurangi, sementara tetap memberikan pengalaman yang kaya dan interaktif kepada pengguna. Spatial.io, sebuah *platform* yang memungkinkan pembuatan ruang 3D dalam *Metaverse*, telah mengimplementasikan fitur portal ini, memungkinkan pengguna untuk berpindah antar-ruang dengan mudah, yang pada gilirannya meningkatkan efisiensi dan kenyamanan dalam navigasi (Rosinol et al., 2020).

Sementara penelitian sebelumnya telah membahas implementasi XR untuk visualisasi dan navigasi dalam ruang virtual, penelitian ini menawarkan sesuatu yang baru dengan mengintegrasikan sistem portal dalam skala besar khususnya dalam konteks pendidikan, yaitu kampus virtual Metaverse. Solusi portal ini memungkinkan pembagian ruang besar menjadi segmen-segmen kecil yang hanya dimuat sesuai kebutuhan pengguna. Spatial.io telah meneliti penggunaan portal untuk navigasi antar-ruang, tetapi penelitian ini mengembangkan metode lebih lanjut dalam konteks kampus virtual yang lebih kompleks dan interaktif.

Penelitian ini menawarkan kontribusi baru dengan fokus pada optimalisasi ruang virtual di Metaverse yang memungkinkan pengurangan beban kinerja sambil mempertahankan pengalaman imersif. Studi ini juga memperkenalkan solusi yang dapat diterapkan pada skala ruang yang lebih besar dan lebih interaktif, yang belum sepenuhnya dieksplorasi dalam penelitian sebelumnya. Dengan demikian, penelitian ini memberikan pendekatan baru untuk menghadirkan efisiensi, navigasi yang

lebih nyaman, dan pengelolaan ruang virtual yang lebih baik. Melalui pendekatan sistem portal ini, diharapkan lingkungan virtual dalam Metaverse dapat terus berkembang menjadi lebih kompak, responsif, namun tetap kaya akan interaksi dan pengalaman visual, menjadikannya relevan untuk berbagai sektor, termasuk pendidikan, pariwisata, dan industri lainnya.

## METODE

Metode penelitian adalah suatu proses ilmiah yang bertujuan untuk mengumpulkan data data secara sistematis dan logis agar mencapai tujuan tertentu (Ramdhan, 2021). Penelitian ini menggunakan pendekatan *Design Thinking*, metode interaktif yang mengutamakan pemecahan masalah dengan memahami kebutuhan pengguna, menciptakan sebuah ide, serta menghasilkan solusi yang inovatif (Patrício et al., 2021). *Design Thinking* terdiri dari lima tahapan utama: *Empathize*, *Define*, *Ideate*, *Prototype*, dan *Test*, yang diadaptasi dalam pengembangan Metaverse Fakultas Ilmu Komputer Universitas Bandar Lampung.

### 1. Empathize

Langkah pertama adalah memahami kebutuhan pengguna (Siricharoen, 2021). Dengan mengumpulkan data dari mahasiswa, dosen, dan staf tentang bagaimana lingkungan kampus virtual dapat memfasilitasi interaksi dan pembelajaran jarak jauh. Wawancara, survei, dan observasi dilakukan untuk memahami secara detail kebutuhan penggunaan Metaverse sebagai alat pembelajaran.

#### A. Analisis Literatur

Tahap ini dilakukan penulis dengan cara mencari informasi yang berkaitan dengan topik pembahasan yang diteliti. Macam – macam informasi dan referensi yang diperoleh didapat dari sumber seperti halnya buku – buku, informasi di internet, dan jurnal artikel penelitian (Hutagalung, 2022).

#### B. Dokumentasi

Dokumentasi merupakan upaya mencatat dan mengklasifikasikan informasi dalam bentuk teks, foto/gambar, dan video. Untuk menampung informasi tersebut, diperlukan suatu tempat/tempat dimana dokumen tersebut dapat disimpan (Hasan Sistem Informasi & Tidore Mandiri, 2022). Peneliti juga melakukan dokumentasi dengan mengambil foto & video gedung M Fakultas Ilmu Komputer, serta tata letak ruangan pada lantai 1 dan 2 beserta foto asset yang ada pada setiap ruangan untuk menciptakan 3D model yang akurat.

### 2. Define

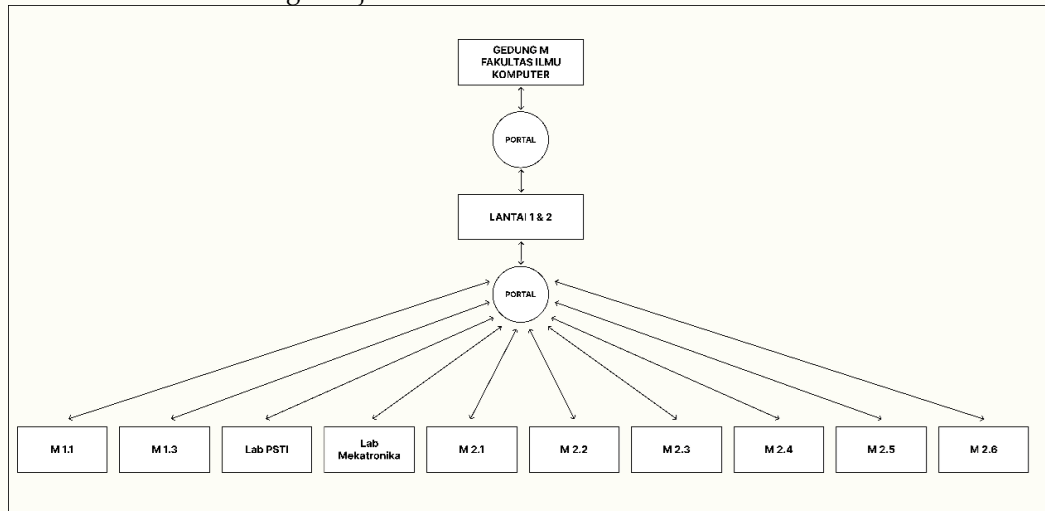
Pada tahap Define, masalah utama yang diidentifikasi adalah besarnya ukuran scene dalam Metaverse Fakultas Ilmu Komputer jika seluruh aset diproses sekaligus, tanpa adanya pemisahan menggunakan sistem portal. Metaverse adalah lingkungan virtual yang kompleks, di mana setiap objek, bangunan, ruangan, dan aset digital lainnya memiliki ukuran yang bervariasi, serta membutuhkan mesh collider dan tekstur untuk dirender secara real-time. Ketika semua aset ini harus dirender secara bersamaan, ukuran file yang dibutuhkan akan sangat besar, yang pada gilirannya memberikan beban berat pada perangkat pengguna.

Masalah ini muncul karena pengguna perlu memproses seluruh aset dari seluruh ruangan dan lingkungan dalam Metaverse pada satu waktu. Tanpa adanya manajemen yang efisien, seperti penggunaan portal untuk membagi scene menjadi bagian-bagian yang lebih kecil, beban kinerja sistem meningkat secara signifikan. Ini tidak hanya memperlambat akses tetapi juga membuat pengalaman pengguna menjadi kurang optimal, dengan frame rate yang rendah dan gangguan visual lainnya.

### 3. Ideate

Desain merupakan proses merencanakan, membuat serta menyusun elemen-elemen dengan tujuan menghasilkan sesuatu dan fungsi tertentu. Desain pada penelitian menggunakan *Scene Graph*, adalah struktur data hierarkis yang digunakan dalam grafika komputer untuk mengatur dan mengelola hubungan antar objek dalam lingkungan 3D (Ost et al., 2021). Dengan mengorganisir objek dalam bentuk hierarki, scene graph memungkinkan pengembang untuk mengelola transformasi, visibilitas,

dan interaksi objek secara efisien, yang sangat penting dalam aplikasi seperti game, simulasi, dan sistem realitas *virtual*. Portal dirancang menjadi 2 arah untuk akses keluar dan masuk.



Gambar 1. Scene Graph Metaverse Fakultas Ilmu Komputer

#### 4. Prototype

Tahap pengembangan bertujuan menciptakan dan mengembangkan semua konsep, desain dan rencana pada tahap sebelumnya (Widyastuti, 2019). Tahapan dilakukan mulai dari melakukan pemodelan 3D, finishing dan konfigurasi dengan Spatial Creator Toolkit dengan menggunakan game engine Unity 3D sehingga bisa di implementasikan menjadi Metaverse.

##### A. 3D Modeling

Proses pemodelan secara digital dari bentuk nyata maupun fiktif yang dilakukan atau direkayasa melalui perangkat lunak khusus dengan merepresentasikannya menjadi bentuk 3D disebut sebagai pemodelan digital atau 3D Modeling (Temkin et al., 2021). Pembuatan permodelan 3D Fakultas Ilmu Komputer menggunakan aplikasi Blender 3D yaitu sebuah aplikasi pemodelan 3D yang bersifat *open source* yang memungkinkan pengguna membuat objek dan animasi 3D secara gratis (Aromadon Wamepa et al., 2022). Pemodelan dibuat sesuai dengan dokumentasi, mulai dari tampak luar setiap ruangan lantai 1 & 2, tampak dalam dalam ruangan serta aset-aset pendukung seperti meja, kursi, lemari, jendela, pintu, dll. Semua bagian dibuat semirip mungkin agar pengguna dapat merasakan berada dalam kampus meskipun tidak datang ke kampus secara langsung.

##### 1) Pemodelan Gedung M Pascasarjana UBL

Pemodelan Gedung M Pascasarjana UBL dilakukan setelah melakukan dokumentasi berupa foto dan video. Corak bangunan semirip mungkin dengan aslinya agak menciptakan kesan berada di kampus walaupun dalam bentuk *virtual*. Agar menambah kesan realistis, ditambahkan aset pendukung seperti yang ada pada Gedung M Fakultas Ilmu Komputer.



Gambar 2. 3D model gedung M Fakultas Ilmu Komputer UBL

## 2) Pemodelan Tampak Luar Lantai 1 & 2

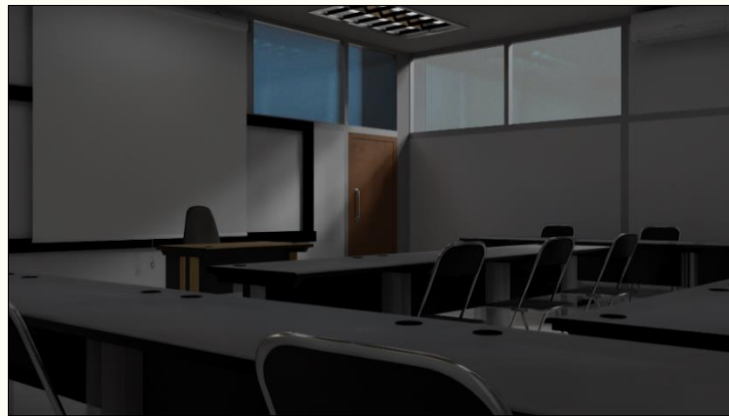
Pemodelan tampak luar lantai 1 & 2 Fakultas Ilmu Komputer dilakukan setelah melakukan dokumentasi berupa foto dan video. tata letak ruangan dibuat semirip mungkin dengan aslinya agak menciptakan kesan berada di kampus walaupun dalam bentuk *virtual*. Agar menambah kesan realistis, ditambahkan aset pendukung seperti yang ada pada lantai 1 & 2 Fakultas Ilmu Komputer.



Gambar 3. 3D Model tampak luar lantai 1 gedung M

## 3) Pemodelan Tampak Dalam Lantai 1 & 2

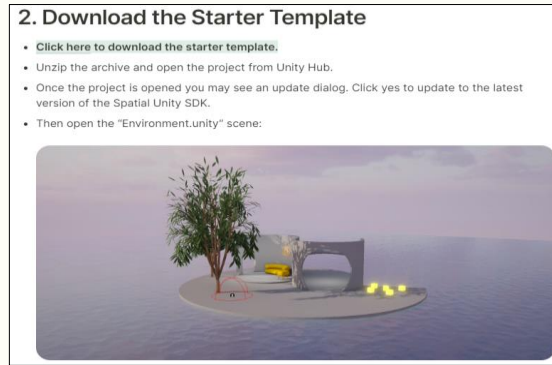
Tampak dalam dari lantai 1 & 2 adalah ruangan kelas, ruang rapat, dan laboratorium. Pemodelan tampak dalam lantai 1 & 2 Fakultas Ilmu Komputer dilakukan setelah melakukan dokumentasi berupa foto dan video. tata letak ruangan dibuat semirip mungkin dengan aslinya agak menciptakan kesan berada di kampus walaupun dalam bentuk *virtual*. Agar menambah kesan realistis, ditambahkan aset pendukung seperti yang ada pada lantai 1 & 2 Fakultas Ilmu Komputer.



Gambar 4. 3D model tampak dalam lantai 1 gedung M

### B. SDK Spatial Creator Toolkit

*Spatial* memungkinkan pengguna *Spatial* memanfaatkan ruang yang indah untuk berbagi konten yang menarik, membangun komunitas yang erat, dan mendorong penjualan karya dan produk kreatif (Yuniansyah & Handayani, 2023). *Spatial* juga memungkinkan pengguna untuk membuat ruang 3D yang indah dan fungsional.



Gambar 5. Spatial Creator Toolkit

### 1) Installing SDK Spatial Creator Toolkit

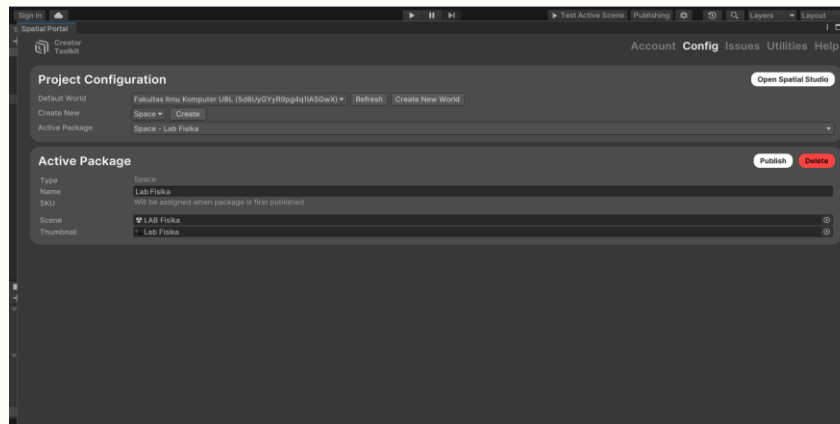
Spatial memiliki sebuah SDK (Software Development Kit) yang memungkinkan pengembang melakukan kustom pada ruangan virtual yang akan dibuat melalui perantara Unity yaitu game engine open source yang memungkinkan pengguna membuat dan mengembangkan game multi-platform (Wang & Zeng, 2019).



Gambar 6. SDK Spatial Creator Toolkit

### 2) Publish Scene ke Server Spatial

Pada kolom nama diisi sesuai nama ruangan yang dibuat. Pada kolom Scene masukan Scene yang telah dibuat untuk melakukan finishing terhadap objek 3D. dan pada Thumbnail bisa memasukan foto dari hasil rendering ruangan tersebut. Ketika publish berhasil akan ada pemberitahuan dari Spatial melalui email.



Gambar 7. Publish Scene

## 5. Test

Portal dapat menjadi navigasi dan penghubung antar ruang. Pemberian portal dilakukan pada setiap pintu untuk berpindah dari scene satu ke scene lainnya. Perpindahan scene tidak hanya bisa dilakukan 1 arah tetapi bisa dilakukan dari 2 arah atau bolak balik, yaitu portal menuju kedalam dan portal menuju keluar.



Gambar 8. Pemberian portal pada Spatial

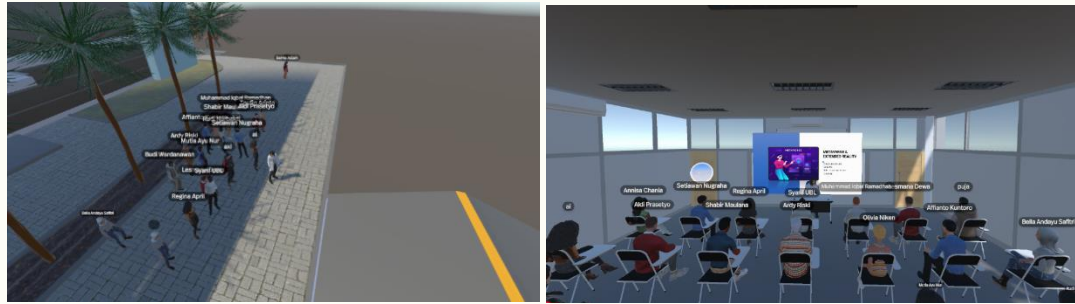
Saat menggunakan VR Headset Meta Quest 2 yaitu sebuah perangkat keras berbentuk ikat kepala yang memungkinkan kita merealisasikan sebuah realitas maya (Hillmann, 2019). Oculus Quest diproduksi & dikembangkan oleh perusahaan Meta. Oculus Quest memiliki 2 perangkat. Pertama, sebuah kacamata berbentuk box serta dilengkapi dengan ikat kepala dan Headset yang dipakai di kepala dan yang kedua, Hand Controller atau Hand Grip yang dipakai di tangan kanan dan kiri. sudut pandang atau POV adalah sudut pandang orang pertama. Sebab, Headset atau kacamata pada VR Headset adalah representasi atau perwakilan dari mata kita di dunia *virtual*. Sedangkan hand controller adalah representasi atau perwakilan tangan kita pada dunia *virtual*.



Gambar 9. Tampilan scene melalui VR Headset Meta Quest 2

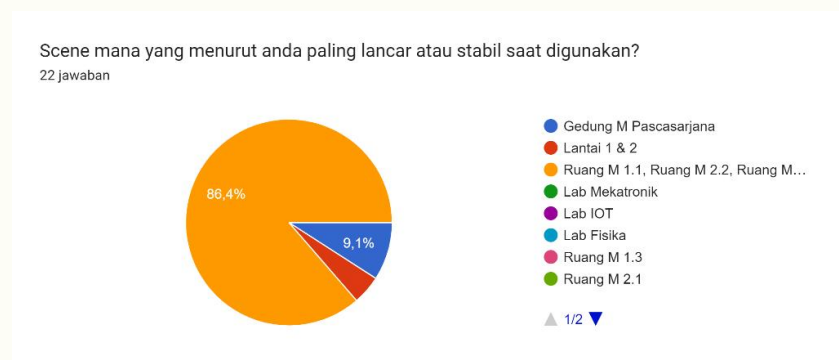
### A. Pengujian Dengan 21 Pengguna

Sebanyak 21 pengguna yang ditandai dengan 21 avatar berbeda atau jika avatar sama, yang membedakannya adalah nama yang terdapat di atas kepala avatar pengguna. Pertama, semua pengguna yang akan spawn atau muncul pada scene Gedung M Fakultas Ilmu Komputer dan memasuki setiap ruangan menggunakan portal.



Gambar 10. A) Pengujian pada Gedung M, B) Pengujian pada ruang M 2.3

Sebanyak 86,4% memilih *scene* "Ruang M 1.1, Ruang M 2.2, Ruang M 2.3" sebagai *scene* yang paling lancar dan stabil saat digunakan. 9,1% memilih *scene* "Gedung M Fakultas Ilmu Komputer" dan sisanya memilih *scene* "Lantai 1 & 2".



Gambar 11. Hasil Kuisoner 1

Pada Gambar 4.86 sebanyak 90,9% memilih *scene* "Lantai 1 & 2" sebagai *scene* yang paling *lag* dan tidak stabil saat digunakan. 4,5% memilih *scene* "Gedung M Fakultas Ilmu Komputer" dan sisanya memilih *scene* "Lab Fisika".



Gambar 12. Hasil Kuisoner 2

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tabel menunjukkan jika *scene* dibuat tanpa portal maka didapat hasil 626.2 MB. Tentu hal ini mustahil dilakukan selain dari *platform* Spatial yang membatasi *scene* hanya sebesar 200 MB. Pengguna juga tentu kesulitan untuk masuk ke dalam *scene* berukuran 626.2 MB. Faktor yang menyebabkan *Package Size* bisa berbeda antara lain, ukuran atau size dari 3D model yang digunakan, banyaknya aset 3D yang dibuat sehingga *mesh collider* harus banyak dibuat juga dan yang terakhir adalah banyaknya fitur *Seat Hotspot*, *Projector Surface* dan *Entrance Point* yang digunakan.



Table 1. Besar masing-masing scene

NO	Nama Scene	Scene Size
1	Lantai 1 & 2	69.9 MB
2	M 1.1, M 2.2, M 2.3	21.6 MB
3	M 1.3	36.4 MB
4	Lab IOT	89.4 MB
5	Lab Fisika	87.1 MB
6	Lab Mekatronik	61.3 MB
7	M 2.1	82.4 MB
8	M 2.4	46.5 MB
9	M 2.6	60 MB
10	Gedung M Pascasarjana	71.6 MB
	Total	626.2 MB

## 1. Hasil Pengujian

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, seluruh scene berjalan stabil dan optimal saat dimasuki oleh 20 pengguna, tanpa lag yang signifikan. Pengguna sebagian besar menggunakan perangkat dengan spesifikasi RAM 8 GB (laptop) dan RAM 6 GB (handphone), yang berkontribusi pada kelancaran pengalaman. Scene Metaverse membutuhkan jaringan internet yang stabil karena berjalan secara real-time.

### a. Masalah Scene Lantai 1 & 2 Gedung M

Scene ini mencatat adanya sedikit lag karena memiliki banyak vertek dari model 3D, aset, dan tekstur yang kompleks, serta area yang luas. Ini menunjukkan bahwa scene dengan banyak detail visual memerlukan lebih banyak daya komputasi, sehingga berpotensi menurunkan performa jika perangkat pengguna kurang memadai.

### b. Scene Stabil

Ruang M 1.1, M 2.2, dan M 2.3 dinilai paling stabil karena lebih sedikit aset dan vertek yang digunakan, membuatnya lebih optimal dalam hal performa dan responsivitas, bahkan dengan jumlah pengguna yang sama.

## 2. Pembahasan

Secara teoritis, stabilitas performa dari scene Metaverse ini menunjukkan hubungan yang erat antara kompleksitas aset 3D dan spesifikasi perangkat pengguna. Pengguna dengan perangkat berspesifikasi rendah akan lebih rentan terhadap lag jika scene memiliki vertek, tekstur, dan aset yang padat, sebagaimana diindikasikan oleh (Zhu et al., 2021), yang menyatakan bahwa banyaknya detail visual dalam dunia virtual mempengaruhi performa rendering. Oleh karena itu, penting untuk melakukan optimasi aset dan tekstur dalam platform seperti Spatial, guna mempertahankan pengalaman pengguna yang lancar, terutama untuk perangkat dengan keterbatasan sumber daya.

Di sisi lain, hasil empiris menunjukkan bahwa penggunaan sistem portal berhasil mengatasi batasan ukuran scene sebesar 200 MB pada platform Spatial. Sebagaimana terlihat dalam tabel, penggunaan portal memungkinkan segmentasi scene yang lebih kecil, sehingga tidak ada scene yang melebihi batas yang ditetapkan. Hal ini juga sejalan dengan teori yang dikemukakan oleh (Guan, 2022), yang menyatakan bahwa penggunaan sistem portal dapat membantu mengurangi beban performa pada lingkungan virtual yang besar dengan membagi ruang menjadi beberapa bagian lebih kecil yang hanya dimuat saat diperlukan.

Penelitian ini memperlihatkan bahwa meskipun platform Spatial membatasi ukuran scene hingga 200 MB, penggunaan portal memungkinkan penciptaan lingkungan yang lebih besar dan

kompleks secara optimal. Hal ini membuka peluang bagi pengembang untuk merancang scene Metaverse yang kaya dengan interaksi tanpa mengorbankan performa.

Studi ini menambahkan wawasan tentang pentingnya penggunaan portal untuk navigasi dan optimalisasi ruang virtual di Metaverse, terutama dalam konteks platform dengan keterbatasan ukuran. Selain itu, pentingnya spesifikasi perangkat dan jaringan dalam menentukan pengalaman pengguna juga menjadi temuan penting yang mendukung literatur sebelumnya mengenai kebutuhan komputasi dunia virtual.

## KESIMPULAN

Penelitian ini berfokus pada pengembangan teknologi metaverse yang mengintegrasikan XR (*Extended Reality*) seperti AR, VR, dan MR untuk menciptakan pengalaman belajar yang imersif dan interaktif di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Bandar Lampung. Penggunaan sistem portal di Metaverse telah terbukti efektif dalam menyelesaikan masalah kinerja, memungkinkan pengguna berpindah antar ruangan secara efisien dan mencegah masalah yang biasanya disebabkan oleh ukuran adegan yang besar berkurang. Ini menunjukkan pentingnya mendesain dengan mempertimbangkan pengalaman pengguna. Analisis data menunjukkan bahwa sebagian besar adegan berfungsi paling baik pada perangkat yang memenuhi spesifikasi minimum. Beberapa area mengalami beberapa kelambatan, terutama area dengan kompleksitas tinggi, namun hal ini menyoroti perlunya pengelolaan dan optimalisasi aset yang lebih baik untuk meningkatkan pengalaman pengguna Masu secara keseluruhan. Kontribusi empiris dan teoritis dari penelitian ini memberikan wawasan baru ke dalam desain sistem interaktif di ruang virtual dan melengkapi literatur yang ada tentang pengalaman pengguna di metaverse. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembangan teknologi digital yang lebih imersif dan efektif di masa depan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Braud, T., Lee, L. H., Alhilar, A., Fernández, C. B., & Hui, P. (2022). DiOS – An extended reality operating system for the metaverse. *IEEE multimedia*, 30(2), 70-80. <https://doi.org/10.1109/MMUL.2022.3211351>
- Guan, J. (2022). *Extending the metaverse: Exploring generative objects with extended reality environments and adaptive context awareness* (Doctoral dissertation, Thesis. OCAD University). [http://openresearch.ocadu.ca/id/eprint/3735/1/GUAN\\_JIE-2022\\_MFA\\_DIGF.pdf](http://openresearch.ocadu.ca/id/eprint/3735/1/GUAN_JIE-2022_MFA_DIGF.pdf)
- Hasan, H. (2022). Pengembangan sistem informasi dokumentasi terpusat pada stmik tidore mandiri. *Jurasik (Jurnal Sistem Informasi Dan Komputer)*, 2(1), 23-30.
- Hasanah, J., Miranda, D., & Perdina, S. (2024). Pengembangan Pembelajaran Immersive Virtual Reality Untuk Anak Usia Dini Dalam Mengenal Rumah Ibadah Agama Hindu. *Decode: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 4(2), 489-501. <https://doi.org/10.51454/decode.v4i2.570>
- Hillmann, C. (2019). Unreal for Mobile and Standalone VR. *Unreal for Mobile and Standalone VR*, 141–167. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-4360-2>
- Hutagalung, B. A. (2022). Analisa Faktor–Faktor Yang Mempengaruhi Kinerja Pegawai: Kompetensi, Motivasi Dan Lingkungan Kerja (Penelitian Literature Review Manajemen Sumber Daya Manusia). *Jurnal Manajemen Pendidikan Dan Ilmu Sosial*, 3(1), 201–210.
- Karim, A., Bangun, B., Purnama, I., Harahap, S. Z., Irmayani, D., Nasution, M., Haris, M., & Munthe, I. R. (2020). *Pengantar teknologi informasi*. Yayasan Labuhanbatu Berbagi Gemilang.
- Koo, H. (2021). Training in lung cancer surgery through the metaverse, including extended reality, in the smart operating room of Seoul National University Bundang Hospital, Korea. *Journal of Educational Evaluation for Health Professions*, 18, 1–4. <https://doi.org/10.3352/JEEHP.2021.18.33>

- Laeq, K., & Sciences, E. (2022). *Metaverse : Why , How and What. February.*
- Muhson, A. (2006). Teknik analisis kuantitatif. *Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta*, 183-196.
- Ning, H., Wang, H., Lin, Y., Wang, W., Dhelim, S., Farha, F., Ding, J., & Daneshmand, M. (2021). *A Survey on Metaverse: the State-of-the-art, Technologies, Applications, and Challenges.* <http://arxiv.org/abs/2111.09673>
- Ost, J., Mannan, F., Thuerey, N., Knodt, J., & Heide, F. (2021). Neural scene graphs for dynamic scenes. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 2856-2865).
- Patrício, R., Moreira, A. C., & Zurlo, F. (2021). Enhancing design thinking approaches to innovation through gamification. *European Journal of Innovation Management*, 24(5), 1569–1594.
- Ramdhan, M. (2021). *Metode penelitian.* Cipta Media Nusantara.
- Rosinol, A., Gupta, A., Abate, M., Shi, J., & Carlone, L. (2020). 3D Dynamic Scene Graphs: Actionable Spatial Perception with Places, Objects, and Humans. *Robotics: Science and Systems.* <https://doi.org/10.15607/RSS.2020.XVI.079>
- Safitri, M., & Aziz, M. R. (2022). ADDIE, Sebuah Model Untuk Pengembangan Multimedia Learning. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 3(2), 51-59.
- Siricharoen, W. V. (2021). Using empathy mapping in design thinking process for personas discovering. *Context-Aware Systems and Applications, and Nature of Computation and Communication: 9th EAI International Conference, ICCASA 2020, and 6th EAI International Conference, ICTCC 2020, Thai Nguyen, Vietnam, November 26–27, 2020, Proceedings 9*, 182–191.
- Temkin, I., Myaskov, A., Deryabin, S., Konov, I., & Ivannikov, A. (2021). Design of a digital 3D model of transport–technological environment of open-pit mines based on the common use of telemetric and geospatial information. *Sensors*, 21(18). <https://doi.org/10.3390/s21186277>
- Wamepa, A., Siregar, E., & Sagala, M. K. (2022). Pengembangan Augmented Reality Sebagai Media Pendukung Praktikum Mekanika Dan Termodinamika Dasar: Development of Augmented Reality as a Support Media for Basic Mechanics And Thermodynamic Practices. *Decode: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 2(1), 8-14. <https://doi.org/10.51454/decode.v2i1.38>
- Wang, J., & Zeng, W. (2019). Research on the realization method of augmented reality based on unity3d. *Journal of Robotics, Networking and Artificial Life*, 6(3), 195–198. <https://doi.org/10.2991/jrnal.k.191203.004>
- Widyastuti, E. (2019). Using the ADDIE model to develop learning material for actuarial mathematics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1188(1), 012052.
- Yuniansyah, Y., & Handayani, F. S. (2023). Analisis User Experience Terhadap Ruang Kelas Berbasis Metaverse Menggunakan Spatial. IO. *JSR: Jaringan Sistem Informasi Robotik*, 7(2), 263–269.
- Zhu, P., Xu, J., Wang, Y., & Zhao, C. (2021). Loss of Ift74 leads to slow photoreceptor degeneration and ciliogenesis defects in zebrafish. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(17), 9329.