



**Mengukur Persepsi Pengguna Terhadap Kerja Metaverse untuk Meningkatkan  
Community Engagement dan Mendukung Pengembangan  
Smart City : Sebuah Pemodelan Framework Arsitektur Metaverse**

**SEMINAR BIDANG KAJIAN**

**Remigius Hari Susanto  
99214937**

**Program Doktor Teknologi Informasi  
Universitas Gunadarma  
September 2022**

## Daftar Isi

Daftar Isi .....	i
<b>1 Pendahuluan</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah Penelitian .....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	6
1.4 Manfaat dan Kontribusi .....	6
<b>2 Tinjauan Pustaka</b>	<b>7</b>
2.1 Komponen Metaverse.....	7
2.2 Penggunaan AI .....	8
2.3 Signifikansi Data.....	9
2.4 Komunikasi data berkecepatan tinggi.....	10
2.5 Hyperconnectivity dan Mobile Edge Computing (MEC).....	12
2.6 Digital Twin berbasis IoT .....	13
2.7 Perbandingan .....	15
<b>3 Metodologi</b>	<b>17</b>
3.1 Motivasi .....	17
3.2 Framework Riset .....	17
3.3 Pendekatan .....	19
<b>Bibliografi.....</b>	<b>24</b>

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Istilah Metaverse smart city berasal kata majemuk "Meta" dan "Universe" dan "smart city" yang berarti dunia yang transcends realitas, dunia virtual baru yang bekerja "cerdas" memenuhi harapan pengguna. Istilah "metaverse" diperkenalkan untuk pertama kalinya oleh Neal Stephenson pada tahun 1992, dan novel fiksi ilmiah Snow Crash adalah tentang keterlibatan komunitas yang imersif dan realitas virtual alternatif, dan alam semesta yang terhubung ke internet menjadi kenyataan. Metaverse smart city adalah dunia virtual 3 dimensi (3D) berbasis internet di mana orang melakukan aktivitas sehari-hari menggunakan avatar yang mewakili diri mereka sendiri yang "nyata" atau imajiner. Dalam beberapa kata, ruang virtual menjadi dunia nyata untuk kehidupan alternatif di mana avatar atau profil digital berpartisipasi dalam kegiatan sosial dan dalam acara budaya secara virtual tetapi juga memiliki kehidupan ekonomi.

Seperti halnya teknologi digital umumnya, metaverse merupakan platform yang memiliki struktur dan teknologi yang dapat dibagi menjadi empat kategori berbeda: *augmented reality*, *lifelogging*, *geographical mirror world*, dan *virtual reality*, dan *mixed reality*. (a) *Augmented reality* menambahkan, secara *real-time*, lingkungan grafis digital ke dunia yang ada, fisik, dan nyata. Ini menggunakan kacamata, lensa, atau smartphone. Di metaverse kota pintar, idenya adalah untuk menempatkan informasi lebih lanjut tentang lingkungan nyata. Contohnya adalah Pokemon Go dan animasi medis 3D. (b) *Lifelogging* juga merupakan augmentasi dari kata virtual. Berbeda dari *augmented reality*, perangkat pintar diadopsi untuk merekam kehidupan sehari-hari di internet. Contohnya adalah Instagram, Facebook, Twitter, dan monitor kesehatan. (c) Dunia cermin geografis adalah simulasi dari dunia nyata. Penampilan, informasi, dan struktur nyata ditransfer ke ruang virtual, memungkinkan kinerja kegiatan melalui internet atau aplikasi seluler. Contohnya adalah Google Maps atau Earth (Kamel, et al 2008).



Gambar 1.1. Seorang pengguna di dalam metaverse. (sumber: Kamel, et al 2008).

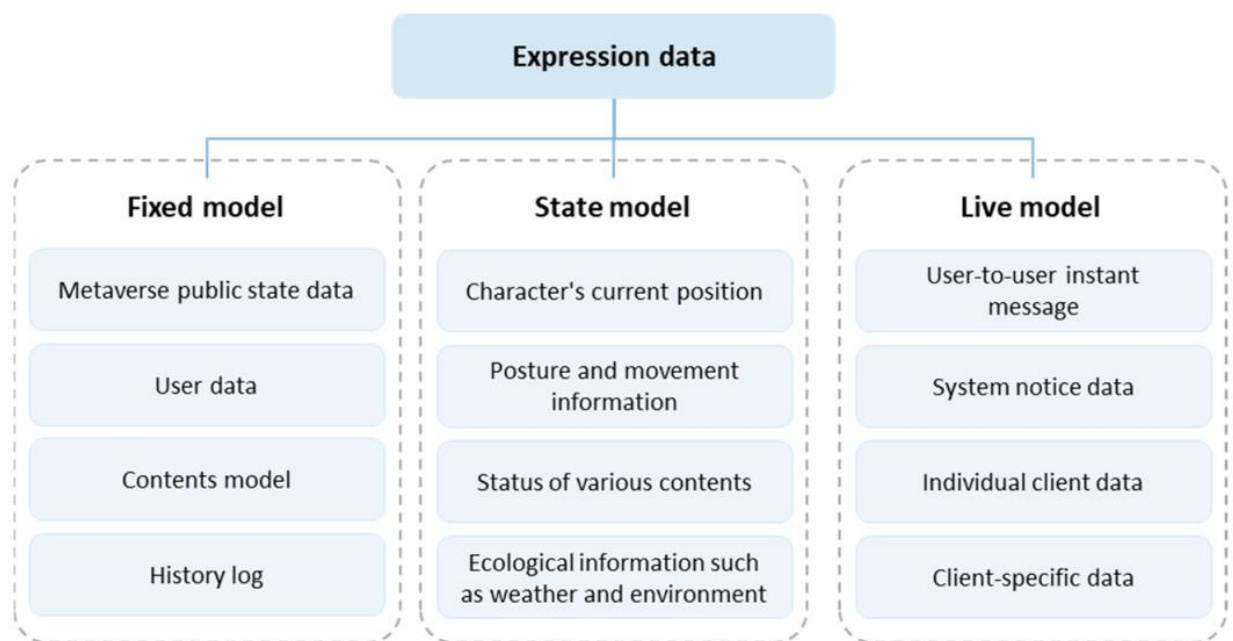
Interaksi publik dalam metaverse menjadi pendorong banyak pengguna baru memasuki platform tersebut. Secara umum, Metaverse kota pintar memiliki daya tarik yang dapat membangkitkan minat pelanggan. Melalui interaksi *real-time*, pengguna dapat merasakan kehadiran dan *immersiveness*/keterlibatan digital dalam ruang yang mirip dengan kenyataan dan pengguna dapat merasakan aktivitas pengalaman virtual di tempat-tempat yang sulit dikunjungi. Kedua, tingkat skalabilitas layanan tinggi. *Metaverse* kota pintar memiliki elemen komunitas yang kuat di mana hubungan timbal balik terbentuk. Ketika jumlah pengguna meningkat, jumlah kunjungan dan waktu penggunaan layanan juga dapat digabungkan. Ketiga, metaverse mendukung iklan dan penjualan barang dapat diterapkan untuk mendongkrak pendapatan misalnya pada teknologi *Non-Fungible Token* (NFT) yang bekerja mirip uang.

Karena keunggulan ini, Metaverse kota pintar sedang diterapkan secara aktif di berbagai bidang, dan lembaga pemerintah juga secara aktif meninjau pengenalan Metaverse kota pintar untuk meningkatkan minat dan partisipasi publik. Pemerintah belum banyak berpartisipasi dalam menjamin legalitas dan kepastian hukum, dan bahkan belum menetapkan kerangka kerja e-government dan lingkungan pembelajarannya sendiri. Oleh karena itu, untuk menerapkan Metaverse kota pintar ke lembaga pemerintah, ada kendala penting bahwa metaverse harus dipasang dan diservis, di lingkungan cloud khusus, berdasarkan kerangka kerja *e-government*.

Selama tiga tahun terakhir (2006-2008) komunitas pengguna di seluruh dunia telah menunjukkan minat yang berkembang dalam menggunakan dunia virtual 3D seperti Second Life® (<http://secondlife.com/>) untuk pendidikan kesehatan, penjangkauan masyarakat, pelatihan, dan tujuan simulasi. (lihat juga <http://healthcybermap.org/sl.htm>). Dunia virtual 3D seperti Second Life® and Twinity (<http://twinity.com/>) dapat didekati sebagai jejaring sosial 3D, di mana orang juga dapat secara kolaboratif membuat dan mengedit berbagai

objek/dokumen di dunia virtual secara real time (anggap saja sebagai 'wiki 3D'). Selain bertemu satu sama lain dan berinteraksi dengan objek yang ada, pengguna makin aktif berpartisipasi dalam metaverse. Namun, seperti teknologi lainnya, selalu ada keunggulan dan kelemahannya dalam penelitian ini, akan diukur metrik dan kinerja metaverse kota pintar Wiki 'Second Life in Education' yang populer (<http://sleeducation.wikispaces.com/educationaluses>), dan faktor-faktor yang menguntungkan pengguna maupun faktor yang beresiko merugikan pengguna dalam penggunaan dunia virtual 3D.

Atribut *community engagement* diantaranya terdiri dari Visualisasi dan pemodelan data interaksi sosial, Desain multimedia dan permainan sosial, video dan musik sosial, Pariwisata virtual, interaksi budaya, pertukaran budaya, pengajaran dan praktik bahasa asing, dan interaksi bahasa asing, Peningkatan kesadaran sukarelawan dan penggalangan dana oleh badan amal, Dukungan dan peluang bagi penyandang disabilitas (stroke, autisme, dll.).



Gambar 1.2 Contoh expression data model yang menggambarkan community engagement (sumber: Choi, et al, 2022)

Dari gambar diatas, dari sisi teknologi, atribut *community engagement* dapat dibagi menjadi tiga model, yaitu fixed model, state model, dan live mode. Fixe model bertujuan mengembangkan public state data. Sedangkan stat model menampilkan cahraction curent position, posture dan movement, lalu atribut live model terdiri dari bentuk interaksi antar use dengan use melalui instant message, dan juga system notice yaitu sistem yang memberikan nasehat/advice bila tedapat percakapan yang tidak pantas/tidak etis.

Dari sisi bisnis, akan diukur tingkat *community engagement* yang terkait dengan atribut Bisnis, perdagangan, praktik keuangan, pemodelan transaksi keuangan, Praktik real estat (misalnya, kunjungi replika properti yang akurat di dunia virtual), Desain produk, pembuatan prototipe, pengujian pengguna, riset pasar; dan perencanaan dan pembuatan prototipe fasilitas perkotaan/kota dan pendidikan.

Menurut Petrigna & Musumeci (2022), Metaverse kota pintar bertujuan untuk memungkinkan jaringan terintegrasi dunia virtual dan fisik 3D dimana semua pengguna terhubung melalui jaringan virtual. Namun apa yang terjadi ketika jaringan cyber mudah putus dan sering mengalami gangguan. Seperti apa kinerja metaverse pada jaringan yang lambat, misalnya pengguna masih menggunakan jaringan generasi lama seperti 3G, bukannya 4G. Internet diperluas untuk memberikan pengguna keterlibatan komunitas yang imersif cyber-virtual dan pengalaman pengguna di dunia fisik. Secara khusus, dua aplikasi populer, yaitu, *augmented reality* (AR) dan *virtual reality* (VR), yang dikembangkan untuk menghadirkan keterlibatan komunitas imersif yang terhubung secara digital dan pengalaman pengguna dan koneksi sosial ke Metaverse di pengguna kota pintar.

Untuk mendukung keterlibatan komunitas imersif yang terhubung secara nirkabel dan mulus, pengalaman digital dan pengguna, *Internet of Things* (IoT) dapat dimanfaatkan di Metaverse kota pintar, yang memetakan data IoT real-time dari kehidupan nyata ke dalam realitas digital di dunia virtual. IoT dapat melengkapi antarmuka pengalaman pengguna ke dunia virtual yang dibuat oleh AR/VR. Data IoT dapat memberikan konteks dan kesadaran situasional tentang hal-hal fisik ke aplikasi AR/VR, sambil memicu pertukaran data untuk ingin mengukur metrik dan kinerja metaverse dunia digital dan fisik. Misalnya, perangkat AR dapat bereaksi terhadap gerakan jari pengguna, atau memicu fungsi cyber-fisik yang didorong oleh peristiwa yang terjadi di dunia fisik.

Petrigna & Musumeci (2022) menyebutkan bahwa Interaksi yang dibantu IoT dapat membantu menciptakan *digital twin*, cerminan digital dari keadaan fisik dan, *community engagement*. Untuk mencapai digital twin praktis, Metaverse kota pintar bertujuan untuk memastikan refleksi sedekat mungkin dengan keadaan fisik waktu nyata. Karena fitur yang berbeda ini, *digital twin* tumbuh sebagai salah satu aplikasi mendasar di Metaverse kota pintar. Dalam pengaturan profesional, digital twin dapat dibangun dengan *Tactile Internet* karena untuk ingin mengukur metrik dan kinerja metaversell sebagai Codec Haptic (IEEE P1918.1.1) untuk membuat pertemuan kelompok produktif karena pengguna dapat berinteraksi satu sama lain saat pembelajaran atau mendemonstrasikan replika prototipe perangkat keras atau perangkat lunak. Dalam perencanaan dan konstruksi kota, digital twin dapat bervirtualisasi kota dunia nyata, di mana masyarakat atau pemain ekonomi dapat menggunakan representasi visual untuk mengimplementasikan rencana pembangunan dan menemukan proyek perkotaan masa depan.

Sebagai teknologi pendukung di Metaverse di smart city, metaverse dapat memanfaatkan data IoT untuk mendigitalkan objek di dunia fisik, seperti jalan dan jalan, rumah, kendaraan, dan infrastruktur kota, dan membuat kota virtual. Ini adalah alat yang berguna untuk membangun kota pintar. Dengan digital twin, pengembang dan konstruktor dapat dengan mudah membangun lingkungan simulasi yang secara komprehensif mencerminkan dunia fisik. Digital twin dapat menangkap elemen-elemen di kota pintar, seperti orang, kendaraan, lampu lalu lintas, dan bangunan. Data IoT membantu memetakan dunia fisik untuk membentuk kota digital twin yang terlihat, dapat dikontrol, dan dapat dikelola. Pada dasarnya, Metaverse digunakan di kota pintar untuk mengoptimalkan alokasi fasilitas dan sumber daya. Misalnya, Intel dan Siemens di Jerman secara kolaboratif mengembangkan solusi mengenai parkir pintar, di mana platform meta-edge dengan digital twin digunakan untuk mengelola lalu lintas jalan lokal.

Dalam real estate, sebagai salah satu teknologi yang mendorong Metaverse kota pintar, AR/VR memberi pelanggan keterlibatan komunitas dan pengalaman pengguna yang realistis dan imersif. Misalnya, agen real estate dapat memanfaatkan kinerja metaverse VR untuk memberi pembeli merasakan virtual keterlibatan komunitas yang imersif di suatu properti. Ini akan menawarkan pelanggan dengan keuntungan melakukan inspeksi dalam semua, dalam community engagement akan banyak mengurangi waktu yang dihabiskan di luar rumah.

Selain itu, dengan bantuan teknologi AR/VR dan AI/Artificial Intelligence, Metaverse kota pintar memiliki potensi kuat untuk diterapkan di bidang desain interior dan arsitektur karena dapat menyediakan dunia virtual yang immersive dan memungkinkan interaksi waktu nyata. Melalui platform ini, pengguna mengalami pemandangan panorama menyeluruh dari interior dan eksterior rumah, tetapi juga secara langsung mengubah furniture dan arsitektur internal, dan melihat rumah impian secara *real-time*. Misalnya, Beike menawarkan platform renovasi virtual di mana pelanggan dapat melihat seperti apa rumah mereka yang telah direnovasi, yang membantu konsumen melihat potensi-potensi rumah tersebut. Namun kendalanya, parameter lingkungan digital dan lingkungan fisik cenderung berbeda. Misalnya, warna digital di dalam game metaverse mungkin berbeda dengan warna cat rumah yang sesungguhnya sehingga dapat timbul sengketa bila kemudian dilanjutkan oleh pengguna yang pesan warna cat rumah. Masalah ini mengindikasikan perlunya menyamakan parameter fitur khas yang disepakati oleh semua arsitektur profesional.

## **1.2. Perumusan Masalah Penelitian**

Salah satu tantangan utama dalam Interaksi Manusia-Komputer (HCI) adalah untuk menangani secara efektif perbedaan individu, preferensi, pengalaman (Lavie & Meyer, 2010) dan fleksibilitas kognitif yang mungkin terkait dengan berbagai perilaku pengguna yang

berbeda (Gonzalez, 2013). Pendekatan UI tradisional mengklasifikasikan pengguna menurut profil dan perilaku yang mereka rasakan (Feng, 2015). Namun, pertimbangan kemampuan kognitif membuat desain UI lebih menantang (Kim & Yoon, 2005), terutama untuk antarmuka imersif yang digunakan dalam aplikasi seperti game di mana UI dan konten game harus disesuaikan dengan orang dengan penurunan kognitif. Dari hal tersebut maka batasan penelitian ini adalah:

1. Di batasi untuk mengetahui *community engagement* pada pengguna metaverse di Indonesia.
2. Pemodelan arsitektur blended-reality architecture ke dalam augmented reality
3. Model final berisi bentuk diagram arsitektur blended-reality architecture dengan contoh animasi augmented reality smart city.
4. Merancang arsitektur blended-reality architecture
5. Metaverse membutuhkan jaringan yang kuat seperti 5G atau 6G, masih sedikit negara yang memiliki jaringan seperti itu.

### **1.3. Tujuan Penelitian**

1. Untuk mengukur persepsi pengguna dalam *community engagement sesuai jaringan yang mereka butuhkan*
2. Untuk merancang arsitektur blended-reality architecture
3. Untuk merancang model final berisi bentuk diagram arsitektur blended-reality architecture dengan contoh animasi augmented reality smart city.

### **1.4. Manfaat dan Kontribusi penelitian**

Studi ini melangkah lebih jauh dari solusi saat ini dengan mengusulkan adaptasi antarmuka dan konten Metaverse berdasarkan mesin klasifikasi pengguna yang mampu mendorong mekanisme adaptasi antarmuka run-time yang kuat untuk turbulensi yang wajar pada faktor manusia. Menurut Jameson (2007), ada antarmuka yang mendukung pengguna dengan melakukan bagian dari tugas yang harus dilakukan sementara yang lain menargetkan proses akuisisi informasi.



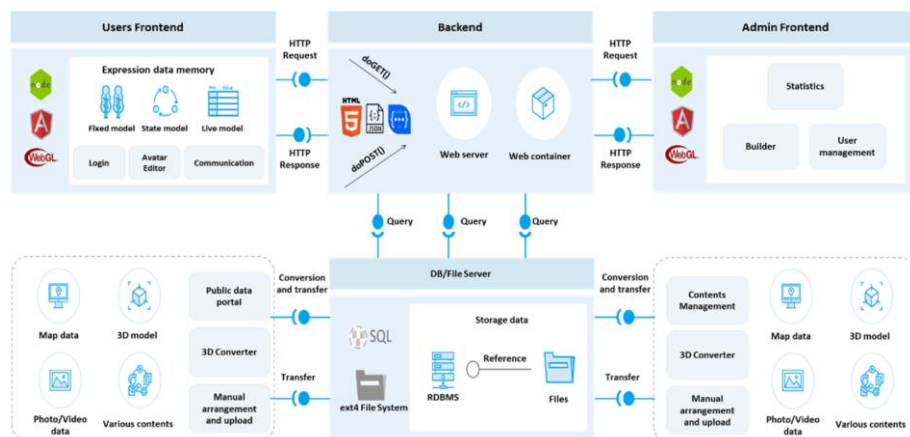
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Komponen Metaverse

Metaverse smart city mengintegrasikan aktivitas sosial dan metode AI sambil menginkubasi layanan berbasis seluler ke konektivitas kota pintar digital (Choi, et al, 2022). Teknologi untuk metaverse dapat diklasifikasikan berdasarkan perangkat keras, perangkat lunak, konten, interaksi pengguna, implementasi, dan aplikasi. Terdapat tiga karakteristik Metaverse kota pintar, yaitu, dominasi multi-teknologi (termasuk AR dan sistem ekonomi berbasis blockchain), sosialitas (termasuk sistem budaya dan hukum), dan hyperspace (yang menembus batas atau ingin mengukur metrik dan kinerja metaverse dunia maya dan dunia nyata) (Kamel, et al 2008). Di bagian ini, untuk mengukur metrik dan kinerja metaverse, dijelaskan teknologi pilar yang mendukung aplikasi dasar Metaverse kota pintar, yaitu, AI yang bertanggung jawab, komunikasi data berkecepatan tinggi, komputasi tepi seluler yang hemat biaya, dan kembar digital berbasis IoT (Kamel, et al 2008).

Pada gambar 2.1, pada bagian user frontend, yaitu dari sisi interaksi sosial/community engagement, komponen metaverse bisa dianggap sebagai kontinum digital twins-native. Dari sisi backend, yang merangkum komponen Metaverse kota pintar sebagai tiga bagian, yaitu, kembar digital manusia dan IoT, pembuatan konten asli, dan integrasi dunia fisik dan virtual. Dari sisi admin frontend, terdapat komponen teknologi, misalnya, AR/VR, interaksi manusia-mesin, AI, robotika, blockchain, dan MEC, dieksplorasi untuk membangun ekosistem di Metaverse kota pintar. Beberapa parameter untuk mengukur keandalan teknologi ini yaitu, kemampuan metaverse untuk pembuatan konten, interoperabilitas data, penerimaan sosial, dan keamanan (gambar 2.1).



Gambar 2.1 Contoh arsitektur sebuah platform metaverse. (sumber: Choi, et al, 2022)

Pada gambar 2.1, dari sisi database/ file server, teknologi keamanan dan privasi, Metaverse memiliki masalah keamanan digital, misalnya pembajakan sinyal gelombang otak, ekspresi wajah, gerakan mata atau tangan, dan, community engagement lingkungan. Hacker dapat menyerang dan mengontrol perangkat AR/VR untuk melacak lokasi pengguna, fitur biometrik, dan identitas pengguna, yang mengancam keselamatan manusia dan infrastruktur IoT penting. Solusi perlindungan keamanan saat ini untuk Metaverse kota pintar, misalnya, manajemen identitas dan data, klon avatar, jejak digital, kesadaran situasional, dan kontrol konten buatan pengguna, dibahas sehubungan dengan persyaratan aplikasi.

Dalam Li, et al (2022), diusulkan bahwa metaverse terdiri dari AI yang bertanggungjawab (responsible AI), yang berfungsi mempelajari data dari pengguna sebagai proses pembelajaran yang diawasi, pembelajaran tanpa pengawasan, dan pembelajaran penguatan, karena untuk ingin mengukur metrik dan kinerja metaversell sebagai fungsinya di Metaverse kota pintar. Beberapa teknik AI populer, seperti pemrosesan bahasa alami, visi komputer, blockchain, jaringan, kembar digital, dan antarmuka saraf, juga dipelajari untuk meningkatkan pengalaman virtual dan pengguna dalam aplikasi fisik, seperti pemantauan kesehatan, transportasi cerdas, produksi industri, dan belanja online.

Mempertimbangkan faktor keamanan tersebut, alat pemantauan harus dikembangkan untuk menangani perilaku buruk pengguna di Metaverse kota pintar, sementara metaverse perlu alat/tool untuk mendorong perilaku positif. Dengan demikian, a desain aplikasi di Metaverse kota pintar perlu dipandu mengikuti tiga aspek: privasi, tata kelola, dan pertimbangan etis.

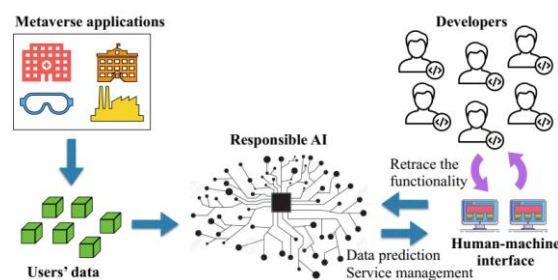
Faktor lain bisa berkaitan dengan blockchain. Dalam menggambarkan struktur Metaverse, aplikasi AR/VR, kembar digital, AI dan teknologi blockchain dapat berupa kegiatan pertukaran data IoT real-time dimanfaatkan untuk memetakan dunia fisik menjadi realitas digital di dunia virtual. Melalui blockchain, pemodelan 3D waktu nyata dapat menjadi dunia maya yang dapat di skalakan sehingga pengguna seluler dapat terhubung dan memperoleh interoperabilitas dan keseragaman platform virtual untuk mengurangi hambatan dunia virtual.

## **2.2. Penggunaan AI**

Pada awalnya, sebutan teknologi AR / VR berada di garis depan sebelum munculnya istilah Metaverse kota pintar. Setelah munculnya AI, AI adalah teknologi penting yang bekerja di belakang layar untuk membuat keajaiban terjadi. AI paling berguna untuk komputasi dan prediksi data. AI dapat membantu meningkatkan algoritma untuk tugas-tugas seperti pembuatan avatar, pemrosesan dan terjemahan bahasa alami, dan generasi dunia. AI juga dapat meningkatkan cara untuk ingin mengukur metrik dan kinerja interaksi metaverse dalam VR, karena AI memantau sensor yang mengukur bioelektrik dan pola otot untuk AI juga

membuat dan pengalaman pengguna lebih inklusif dengan menawarkan layanan seperti pengenalan gambar untuk pengguna tunanetra.

Karena banyak teknik dan aplikasi AI berkembang di Metaverse kota pintar, menjadi semakin penting untuk memahami dan menelusuri kembali fungsi teknik AI yang diterapkan ke dalam Metaverse. Agar Metaverse kota pintar bekerja seperti yang diharapkan untuk memenuhi standar peraturan, diperlukan AI untuk mengelola kompleksitas Metaverse yang tinggi dalam konstruksi kota pintar, proses pembelajaran diubah menjadi apa yang biasa disebut sebagai "kotak hitam", menggunakan algoritma jaringan saraf tiruan (artificial neural network). Model kotak hitam ini dibuat langsung dari data. Akibatnya, pemrosesan data di Metaverse kota pintar dapat mengalami bias data, yang dihasilkan dari data populasi, kesalahan pengukuran, jurang kualitas data, purposing ulang data, dan augmentasi data. Bias data semacam itu dapat membahayakan kualitas data, keadilan, akuntabilitas, transparansi, dan eksplainability Metaverse kota pintar. Terlepas dari kebijakan proaktif yang dapat digunakan untuk membangun kepercayaan dan AI transparan untuk melawan dampak sosial negatif, mengembangkan kebijakan semacam itu mendambakan pemahaman yang mendalam tentang teknik AI di Metaverse kota pintar, di mana proses pengambilan keputusan AI harus dapat dijelaskan.



Gambar 2.2. AI yang bertanggungjawab memudahkan dalam memahami keinginan pengguna dan proses pengambilan keputusan berbasis AI (sumber: Li, et al, 2022)

### 2.3. Signifikansi Data.

Signifikansi berkaitan dengan realibility, validity dann privacy pemilik data. Untuk mempromosikan kepercayaan dan kegunaan Metaverse kota pintar, AI yang bertanggung jawab seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2, dikembangkan untuk sepenuhnya memahami proses pengambilan keputusan AI sambil mempertimbangkan konsekuensi etis, moral, hukum, budaya, dan sosial-ekonomi di Metaverse kota pintar. Selain itu, AI yang bertanggung jawab membantu para insinyur atau ilmuwan data yang mengembangkan algoritma AI menjelaskan teknologi yang menjanjikan, seperti gelombang milimeter (mmWave), akses ganda non-ortogonal (NOMA), multiple-input dan multiple-output besar-besaran (MIMO), terahertz (THz), dan komunikasi cahaya tampak (VLC); MEC menyediakan Metaverse kota pintar dengan sumber daya server yang sangat besar untuk powe ingin

mengukur metrik dan kinerja metaverser ranah 3D virtual, sementara jaringan komunikasi latensi sangat rendah untuk waktu respons yang tak terlihat; Kembar digital dapat membentuk replika virtual objek atau layanan fisik, yang mendukung keterlibatan komunitas yang imersif dan pengalaman pengguna di dunia fisik.

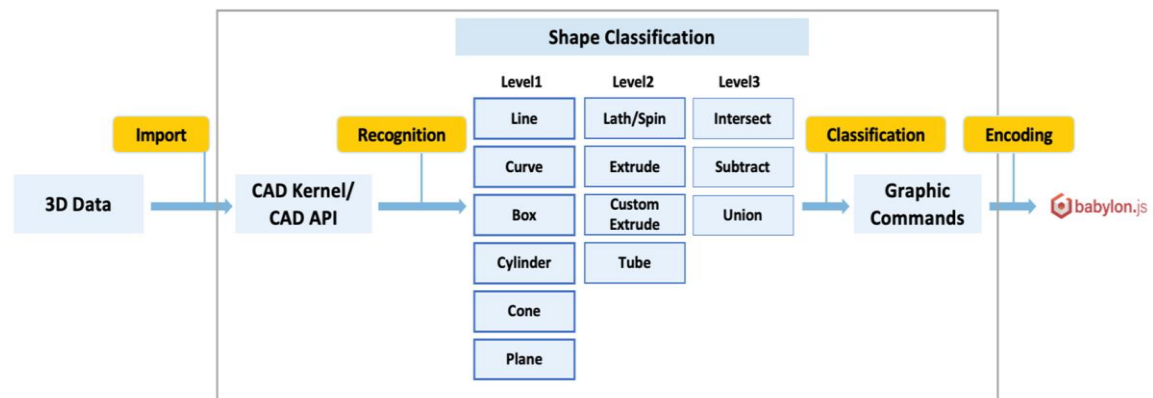
#### **2.4. Komunikasi data berkecepatan tinggi**

Metaverse kota pintar bertujuan untuk menyediakan pengguna seluler besar AR / VR yang terhubung dan pengalaman pengguna dan layanan waktu nyata. Menyediakan layanan AR/VR jaringan bergantung pada pertukaran data dalam jumlah besar dengan latensi ultra-rendah, di mana sifat sinyal haptic dan persepsi manusia membutuhkan latensi maksimum 1 ms. Howe ingin mengukur metrik dan kinerja metaverse, sebagian besar teknologi 4G tidak dapat menyediakan komunikasi data real-time untuk beberapa pengguna seluler. Misalnya, sulit untuk mengurangi latensi sistem nirkabel berbasis LTE di bawah 25 ms.

Dalam beberapa tahun terakhir, 5G berkembang pesat untuk menyediakan pertukaran data real-time ke perangkat IoT. Kecepatan data 5G mengungguli sistem berbasis 4G sambil menyediakan arsitektur komunikasi berkecepatan tinggi yang sesuai untuk Metaverse kota pintar. Secara khusus, jaringan 5G memungkinkan beberapa teknologi yang menjanjikan, seperti mmWave, NOMA, dan MIMO besar-besaran. Berdasarkan penyebaran komersial skala besar jaringan 5G, 6G diharapkan dapat memperluas komunikasi yang dipersonalisasi untuk sepenuhnya mewujudkan paradigma mesin-ke-mesin, yang menghubungkan tidak hanya orang, tetapi juga perangkat IoT, kendaraan pintar, untuk ingin mengukur metrik dan kinerja sensor metaverse, dan bahkan robot seluler. Penambahan unik dalam komunikasi data berkecepatan tinggi ini dapat membuat empowement ingin mengukur metrik dan kinerja jutaan perangkat yang terhubung dan aplikasi AR/VR di mana-mana, yang memungkinkan Metaverse kota pintar mendapat manfaat dari janji "konektivitas kapan saja di mana saja" dari jaringan seluler nirkabel generasi berikutnya.

Komunikasi data berkecepatan tinggi dapat meningkatkan keandalan layanan karena untuk ingin mengukur metrik dan kinerja metaverse sebagai kapasitas jaringan dan kepadatan Metaverse kota pintar. Secara khusus, 5G dapat meningkatkan kecepatan data perangkat IoT atau pengguna seluler hingga 100 Mbps dalam distribusi spasial yang seragam, sedangkan kecepatan data puncak dapat 10–20 Gbps. Kecepatan data yang tinggi mendukung broadband seluler yang ditingkatkan untuk layanan seluler pribadi dan komunikasi mesin ke mesin berskala besar. Selain itu, 5G menawarkan keandalan dan penundaan layanan penting, di mana latensi end to end dipertahankan serendah satu milidetik, dan keandalannya setinggi 99,99%. Dibandingkan dengan teknik 4G saat ini, jaringan 5G memberikan peningkatan 10 kali dalam throughput jaringan, 10x penurunan

latensi komunikasi, peningkatan 100x dalam kapasitas lalu lintas, dan pertumbuhan 100x dalam efisiensi jaringan.

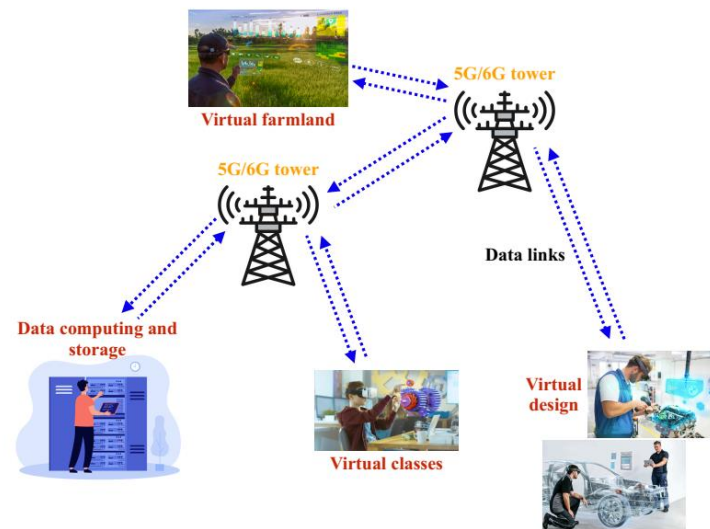


Gambar 2.3. Contoh diagram 3D conversion model. (sumber: Choi, et al, 2022)

Dari gambar diatas dapat dilihat diagram 3D conversinn model yang menunjukkan bahwa banyak data/obyek dari 3D data yang harus diproses. Bila jaringan cepat maka seluruh data itu akan terkirim sekaligus. Bila jaringan lambat, maka data akan terkirim terputus putus yang mengakibatkan latensi komunikasi. Namun dengan adanya arsitektur 5G maka latensi data dapat dikurangi.

Berdasarkan arsitektur 5G yang ada, 6G dapat dikembangkan untuk memenuhi persyaratan aplikasi di mana-mana di Metaverse kota pintar. Misalnya, menyediakan peningkatan kemampuan VR/AR dengan sumber daya yang diperlukan (seperti komputasi power ingin mengukur metrik dan kinerja metaverse, ruang penyimpanan, kemampuan pemrosesan grafis, dan sumber daya komunikasi) melalui perangkat IoT besar-besaran. Untuk kecepatan data ultra tinggi dan lebih lanjut mengurangi latensi komunikasi, 6G dipelajari untuk memanfaatkan lebih banyak pita frekuensi daripada 5G dan 4G, seperti sub-THz dan THz, karena untuk ingin mengukur metrik dan kinerja metaversell sebagai VLC. Meskipun untuk ingin mengukur metrik dan kinerja metaversell-diketahui bahwa frekuensi radio yang tinggi dapat mengakibatkan peningkatan kehilangan data, 6G mendapat manfaat dari jarak transmisi data yang dipersingkat untuk mendukung aplikasi latensi yang lebih rendah di daerah padat penduduk. Untuk mengatasi masalah cakupan terbatas, 6G juga menerapkan teknik komunikasi mesin-ke-mesin berkecepatan tinggi dan latensi rendah serta MIMO ultra-masif.

## 2.5. Hyperconnectivity dan Mobile Edge Computing (MEC)



Gambar 2.4. Hiperconnectivity antara pengguna, jaringan, dan virtual animasi  
(sumber: Li, et al, 2022)

Hiperconnectivity adalah konsep terkait kemampuan jaringan dalam mengirim data dan menghasilkan virtual desain. Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa hiperconnectivity terkait dengan teknologi komunikasi kecepatan tinggi, “*anytime-anywhere connectivity*” untuk aplikasi Metaverse dimana AR/VR dapat digunakan untuk memunculkan virtual design, manufacture, pendidikan dan farmland monitoring.

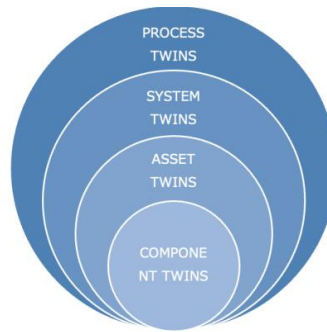
Mobile Edge Computing (MEC) adalah teknologi baru yang memberikan waktu respons yang cepat dengan menghosting kombinasi infrastruktur komunikasi dan sumber daya komputasi yang dekat dengan pengguna. Keterlibatan komunitas yang dinamis dan imersif serta persyaratan pengalaman pengguna Metaverse kota pintar dapat dicapai dengan mengadopsi MEC. MEC dapat menyediakan Metaverse kota pintar dengan sumber daya server yang sangat besar untuk power ingin mengukur metrik dan kinerja metaverser ranah 3D virtual sambil menyediakan jaringan komunikasi latensi sangat rendah untuk waktu respons yang tidak terlihat. Dengan menyimpan konten video di server edge, MEC menawarkan waktu respons yang cepat terhadap permintaan sumber daya komputasi dari Metaverse pengguna di aplikasi kota pintar. Khususnya, data pengguna yang diminta dapat diambil langsung dari cache tepi/cache cloud/server sumber video AR/VR atau disintesis oleh server MEC dari dan pengalaman pengguna seperti pada kenyataannya. Dalam hal ini, waktu respons terhadap tindakan pengguna harus dikurangi secara signifikan ke tingkat di bawah batas yang terlihat oleh manusia.

## **2.6. Digital Twin berbasis IoT**

Kembar digital membuat replika virtual dari objek atau layanan fisik, seperti fasilitas bangunan, proses pembelajaran, interaksi manusia-komputer, dan layanan sosial. Di Metaverse kota pintar, digital twin biasanya digunakan untuk memberikan belanja keterlibatan komunitas yang imersif dan pengalaman pengguna di dunia fisik. Menggabungkan replika digital dengan produk dan layanan fisik juga dapat mendukung analitik data, memungkinkan individu komersial untuk memanfaatkan skenario dunia fisik.

Digital twin menghasilkan representasi digital dari produk atau layanan dunia fisik. Menerapkan kembar digital adalah objek atau model perangkat lunak yang dienkapsulasi, di mana beberapa data IoT dikumpulkan untuk membuat tampilan komposit di banyak entitas dunia fisik. Ketika kita ingin mengukur metrik dan kinerja metaverse mengambil objek di dunia fisik dan membuat salinan yang tepat dari objek yang sama di dunia digital, sistem ini memungkinkan pengguna dan insinyur untuk meniru perilaku objek nyata dan memprediksi gerakan dan reaksi mereka. Kembar digital, oleh karena itu, memungkinkan pengembangan produk strategis sambil menghindari potensi kesalahan yang mahal. Digital twin adalah salah satu blok bangunan inti Metaverse kota pintar karena sifatnya yang unik.

Digital twin bernilai kecil kecuali jaringan IoT diperbarui dengan data real-time, tugas yang telah dihadapi oleh pembelajaran mesin dan AI selama beberapa waktu. Metaverse kota pintar adalah tempat IoT dan digital twin berkumpul dan merayakannya, dan pengguna berharap dapat menggunakan beberapa aplikasi AR/VR keren dan mengalami layanan keterlibatan komunitas yang imersif pada tahun 2022 dan seterusnya. Pertama, untuk ingin mengukur metrik dan kinerja metaverse harus memperbaiki kesalahpahaman, yaitu, gagasan bahwa objek pemindaian virtual adalah digital twin Metaverse kota pintar. Objek yang dipindai dapat menjadi pandangan digital twin. Namun, ini dapat digunakan dalam digital twin hanya ketika metadata aktual & umpan data dunia fisik dari perangkat IoT dilapis secara bersamaan. Menghubungkan objek fisika dalam bentuk digital dengan data overlay sangat penting dalam simulasi yang kompleks. Digital twin dapat dibagi berdasarkan skala dan inklusivitasnya menjadi twin komponen, twin aset, twin sistem, dan twin proses, sebagai diilustrasikan pada Gambar dibawah. Untuk ingin mengukur metrik dan kinerja metaverse juga mengukur metrik dan kinerja metaverseen aplikasi yang berbeda dan arsitektur pengembangan ini pada Tabel IV.



Gambar 2.5. Arsitektur hierarkis digital twin. (sumber:Li, et al, 2022).

1. **Komponen twin:** Bagian terkecil dari seluruh sistem adalah komponen twin, yang terdiri dari komponen yang mempengaruhi kinerja, atau komponen lain dengan kinerja yang tidak stabil untuk menghindari redundansi data dan mengurangi biaya, komponen yang tidak penting tidak perlu direplikasi. Azure Digital Twins (ADT) adalah platform yang dikembangkan oleh Microsoft, yang tidak hanya memungkinkan pembuatan model tetapi juga menyediakan API grafik untuk mengkueri dan berinteraksi dengan kembarannya. Contoh dasar dari serangkaian model komponen 3D perangkat, mesin, infrastruktur, dan bangunan sudah ada.
2. **Aset twin:** Aset twin lebih tinggi levelnya daripada kembar komponen. Aset twin adalah kumpulan informasi dari komponen twin, atau component twin itu sendiri. Aset twin mengidentifikasi potensi peningkatan dan mengubahnya menjadi wawasan yang dapat ditindaklanjuti dengan menganalisis data kinerja, yang dihasilkan dari interaksi komponen-komponen ini. GE Healthcare menyatakan bahwa beberapa aset twin telah digunakan untuk memecahkan masalah pendidikan interaksi di rumah sakit, seperti desain model kepegawaian dan pengoptimalan jadwal blok bedah.
3. **Sistem twin:** Sistem twin berpembelajaran di tingkat berikutnya, di mana aset yang berbeda digabungkan untuk membentuk sistem yang berfungsi penuh, seperti sistem rem di mobil. Kembaran sistem memberikan visibilitas ke dalam interaksi aset, yang selanjutnya meningkatkan kinerja.
4. **Proses twin:** Process Twin memanfaatkan metode komputasi berkinerja tinggi untuk mengoptimalkan peralatan dan seluruh proses manufaktur dengan mengintegrasikan model pengetahuan proses multi-dimensi. Dengan mengintegrasikan prosedur produksi dan ekonomi, produsen dapat mencapai efisiensi dan wawasan yang belum pernah terjadi sebelumnya.

Aplikasi di Metaverse kota pintar : Untuk memantau dan menganalisis untuk ingin mengukur metrik dan kinerja perilaku metaverselder, sistem kembar digital telah dirancang dengan teknologi VR dan AI di kerangka kerja digital Twin berbasis data diselidiki untuk



meningkatkan kinerja dan pembelajaran diagnosis interaksi dalam sistem medis pintar. Kembar digital untuk ingin mengukur metrik dan kinerja metaversere yang dirancang untuk mereplikasi representasi virtual produksi pertanian, di mana algoritme ML (Machine Learning) memproses data sensorik yang diperoleh dari sensor aktual dalam sistem pendukung keputusan.

## 2.7. Perbandingan

No .	Peneliti, Tahun	Kelebihan	Kekurangan	Hasil	Karakteristik yg digunakan
1.	Choi et al, (2022) Building Korean DMZ Metaverse Using a Web-Based Metaverse Platform	Metaverse memiliki daya tarik untuk membangkitkan minat pengguna, skalabilitas layanan yang tinggi, dan potensi untuk menggabungkan beberapa model pendapatan.	Penelitian ini memiliki kelemahan metavers harus diinstal dan diservis, dalam lingkungan cloud khusus, berdasarkan kerangka e-government.	Platform OnTwins memiliki keunggulan dapat digunakan dengan mengakses URL tanpa instalasi tambahan, karena dikembangkan berdasarkan web.	Platform OnTwins, URL, web
2	Gonzalez et al.(2013). A New Behavioral Measure of Cognitive Flexibility. In: Harris, D. (eds) Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics.	menyajikan ukuran komputerisasi baru dari fleksibilitas kognitif, dan kemudian memberikan bukti validitas konvergen.	Ini menghadirkan tantangan untuk pengukuran, tetapi memungkinkan spekulasi menarik tentang apa yang membedakan individu yang poor-fit.	Hasil penelitian ini memberikan dukungan untuk validitas ukuran baru dari fleksibilitas kognitif. Kami menyimpulkan dengan membahas potensi penerapan ukuran di bidang HCI.	cognitive flexibility, individual differences, user modeling

3	Feng, J., & Liu, Y., (2015). Intelligent Context-Aware and Adaptive Interface for Mobile LBS	Dalam studi ini, model adaptif konteks-sadar untuk antarmuka layanan berbasis lokasi seluler diusulkan, yang berisi tiga bagian utama: tujuan, penyesuaian, dan adaptasi.	Sistem adaptif berdasarkan model dalam makalah ini memiliki beberapa kekurangan; misalnya, rentang adaptasi harus diperluas, dan juga ada keterbatasan penelitian saat ini untuk mendapatkan informasi yang lebih efektif tentang pengetahuan pengguna, kemampuan, dan sebagainya.	Model menerapkan tuntutan pengguna di lingkungan yang rumit dan menyarankan kelayakan melalui hasil eksperimen.	user model (UM), task model (TM), interaction model (IM), domain model (DM), environment model (EM), and presentation model (PM).
---	--	---	--	---	---

## BAB III

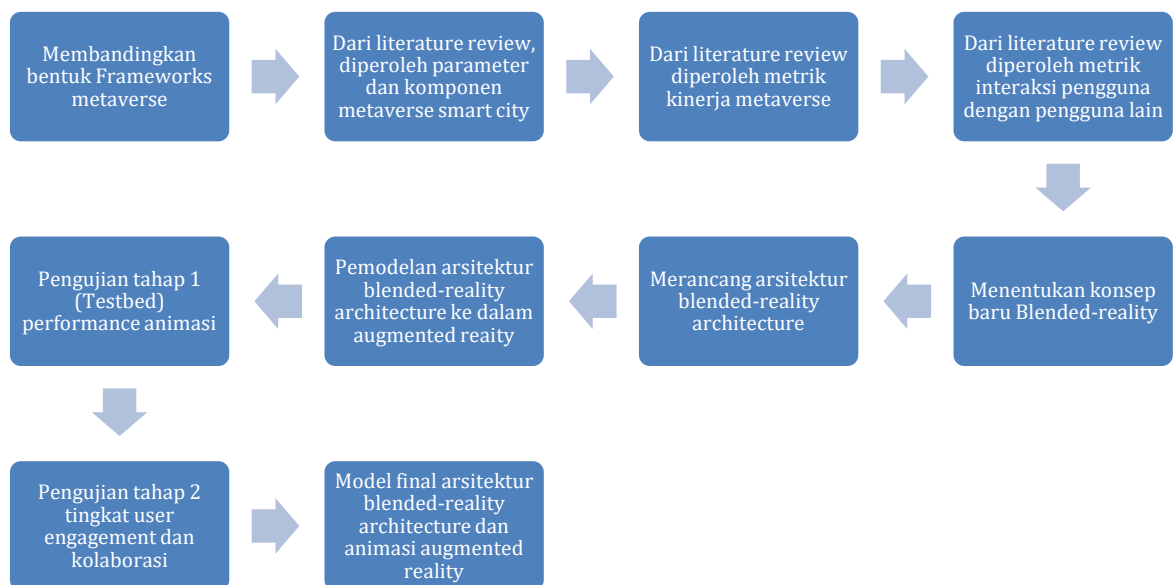
### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Motivasi

Untuk mendukung keterlibatan komunitas imersif yang terhubung secara nirkabel dan lancar, pengalaman digital dan pengguna, Internet of Things (IoT) dapat dimanfaatkan di Metaverse kota pintar, yang memetakan data IoT real-time dari kehidupan nyata ke dalam realitas digital di dunia virtual. IoT dapat melengkapi antarmuka pengalaman pengguna ke dunia virtual yang dibuat oleh AR/VR. Dalam real estate, sebagai salah satu teknologi yang mendorong Metaverse kota pintar, AR/VR memberi pelanggan keterlibatan komunitas dan pengalaman pengguna yang realistis dan imersif. Misalnya, agen real estat dapat memanfaatkan kinerja metaverser VR untuk memberi pembeli virtual keterlibatan komunitas yang imersif di suatu properti. Ini menawarkan pelanggan keuntungan melakukan inspeksi dalam semua, community engagement dan mengurangi waktu yang dihabiskan di luar rumah

#### 3.2. Framework Riset

Berdasarkan pada telaah pustaka yang telah penulis lakukan, maka secara umum model framework penelitian ini terdiri dari beberapa langkah, seperti yang ditunjukkan pada bagan Gambar 3.1:



Gambar 3.1. Framework Penelitian

Penjelasan Langkah urutan penelitian ini

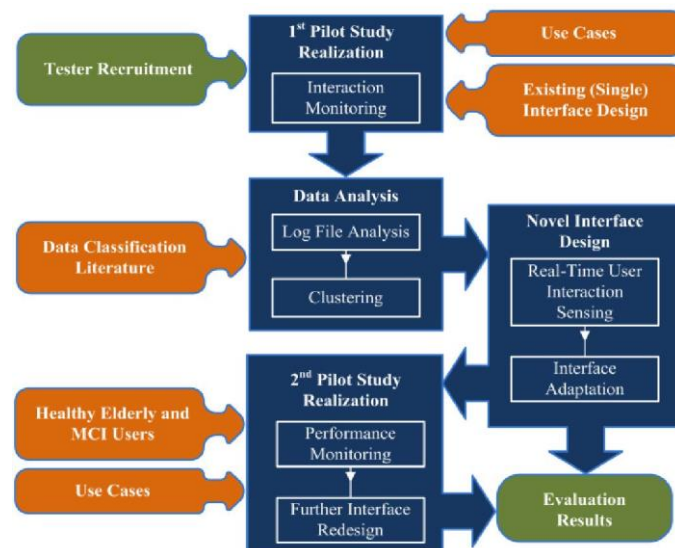
Membandingkan bentuk Frameworks metaverse	<p>Dari penelitian terdahulu, mengumpulkan Metrik dan kinerja interaksi pengguna dalam metaverse dari sisi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kehandalan jaringan</li> <li>• Signifikansi data.</li> </ul>
Dari literature review, diperoleh parameter dan komponen metaverse smart city	<p>Dari literature review menganalisis masalah Hiperconnectivity antara pengguna, jaringan, dan virtual animasi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Komunikasi data berkecepatan tinggi</li> <li>• Contoh diagram 3D conversion model.</li> <li>• Hyperconnectivity dan Mobile Edge Computing (MEC)</li> </ul>
Dari literature review diperoleh metrik kinerja metaverse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metrik trust pada perdagangan pasar digital.</li> <li>• Metrik interaksi visual</li> <li>• Metrik interaksi verbal</li> </ul>
Dari literature review diperoleh metrik interaksi pengguna dengan pengguna lain	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keamanan dan risiko data serta privasi data pengguna</li> <li>• Responsible AI/ AI yang bertanggungjawab</li> <li>• Tingkat latensi Pemodelan 3D real-time</li> </ul>
Menentukan konsep baru Blended-reality	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tingkat kekuatan jaringan 3G/4G/5G/6G</li> <li>• Faktor scalability / Dunia siber yang dapat diskalakan</li> <li>• Konsep scalability dalam metaverse.</li> </ul>
Merancang arsitektur blended-reality architecture	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengalaman pengguna seluler yang terhubung</li> </ul>
Pemodelan arsitektur blended-reality architecture ke dalam augmented reality	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Skema faktor penyebab latensi.</li> </ul>
Pengujian tahap 1 performance animasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interoperabilitas platform virtual</li> </ul>
Pengujian tahap 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keseragaman platform virtual</li> </ul>

tingkat user engagement dan kolaborasi	
Model final arsitektur blended-reality architecture dan animasi augmented reality	Model final berisi bentuk diagram arsitektur blended-reality architecture dengan contoh animasi augmented reality smart city

### 3.3. Pendekatan

#### 3.1.1. Pengujian tahap 1 (Testbed) performance animasi

Terlepas dari berbagai desain antarmuka masih pertanyaan yang tersisa adalah: antarmuka mana yang tepat untuk digunakan sesuai dengan kondisi kognitif pengguna tertentu? Kecerdasan metode yang diusulkan mengacu pada kemampuan sistem untuk mengkategorikan pengguna yang baru datang berdasarkan pola interaksi mereka sesuai dengan data yang disediakan oleh pengguna sebelumnya. Antarmuka cerdas pembuktian konsep dikembangkan, dilatih oleh pengguna nyata dan diuji terhadap pengguna dengan berbagai kemampuan kognitif. Tes ini diatur untuk mengumpulkan data awal mengenai pola interaksi dari kelompok pengguna yang berbeda (gbr. 1), mengambil informasi dan mengembangkan desain antarmuka baru.



Gambar 3.2. Urutan testbed langkah-langkah pengujian performance dari metaverse

### 3.1.2. Alat yang Digunakan dan Aplikasi Testbed

Sebagai aplikasi testbed, lingkungan 'Second Life' (SL), yang dikembangkan oleh Linden Lab, dipilih terutama sebagai salah satu lingkungan Metaverse yang paling khas dan potensinya untuk disesuaikan untuk penelitian ini.

Tujuan. Desain antarmuka SL default digunakan sebagai yang paling cocok untuk populasi muda dan paruh baya. Dua desain lain dari antarmuka SL dibuat untuk memenuhi kebutuhan orang tua yang sehat dan orang-orang dengan penurunan kognitif yang disebabkan oleh Mild Cognitive Impairment (MCI). Desain antarmuka yang dapat diakses dari aplikasi SL Metaverse dikembangkan menggunakan platform server Opensim dan versi kode sumber terbuka dari aplikasi Resmi SecondLife Viewer. Desain antarmuka tersebut dikembangkan dan dievaluasi dalam pekerjaan terkait sebelumnya [Referensi dihapus untuk proses peninjauan], dengan demikian dianggap di sini sebagai antarmuka yang sesuai untuk audiens target yang mereka hormati (gbr. 2). Alat perangkat lunak tambahan dikembangkan untuk menangkap pesan Sistem Operasi (OS) yang berisi gangguan perangkat akhir (klik mouse, penekanan tombol, gerakan kursor, dll), berjalan di latar belakang. Alat ini digunakan untuk tujuan pemantauan pengguna dalam percobaan ini.

### 3.1.3. Pendekatan Algoritmik dan Metodologis

Rute dari penginderaan pola interaksi ke kategorisasi pengguna dan adaptasi antarmuka melewati proses klasifikasi data standar. Analisis cluster digunakan untuk memisahkan pola interaksi menjadi kelompok  $k$  ( $k > 1$ ) (cluster) dengan menggunakan variabel  $p$  ( $p > 0$ ). Jumlah kluster dalam penelitian ini telah ditentukan sebelumnya dan dicocokkan satu per satu dengan 3 kategori pengguna utama: a. pengguna muda & setengah baya, b. lansia sehat dan c. orang dengan MCI. Variabel yang mungkin digunakan untuk klasifikasi adalah indikator kinerja: a. waktu yang diperlukan untuk penyelesaian tugas, b. jumlah peristiwa interaksi yang dipicu selama sesi tugas (misalnya total peristiwa mouse down, mouse up, key-down dan key-up selama proses otentikasi pengguna). Durasi tugas diukur dalam milidetik dan titik awalnya adalah waktu peristiwa pemicu terkait (misalnya klik pada tombol 'ganti pakaian', atau tindakan move-avatar pertama dalam tugas navigasi 3D). Titik akhir ditunjukkan oleh titik awal tugas berikutnya, sehingga pengguna harus tetap sibuk.

Di antara berbagai teknik pengelompokan, pendekatan pengelompokan berbasis sentroid dianggap sebagai yang paling tepat untuk penelitian ini. Evaluasi dan penilaian hasil pengelompokan diikuti untuk membandingkan seberapa baik kinerja algoritma pengelompokan yang dipilih pada tugas yang diberikan dan juga untuk mengevaluasi seberapa baik tugas yang dipilih menantang pengguna untuk membedakan perilaku mereka.

Ini sangat penting, karena terlepas dari kesamaan internal yang kuat yang diharapkan pada kelompok muda dan paruh baya, kelompok lain mungkin tidak membentuk padat dan cluster yang terpisah dengan baik. Mengingat juga bahwa pendekatan pengelompokan k-means akan diterapkan, hasil pengelompokan akan dievaluasi oleh koefisien siluet (Rousseeuw, 1987; Kaufman & Rousseeuw, 1990) dan tidak ada kriteria internal lain seperti Davies-Bouldin ([1979] atau indeks Dunn (Dunn, 1974)

#### 3.1.4. Pengenalan Pola Interaksi dan Klasifikasi Pengguna

Grup pengguna didefinisikan berdasarkan aturan sederhana: variabilitas catatan dalam kluster hosting akan berkurang dan pada saat yang sama variabilitas antara kluster yang berbeda akan dimaksimalkan. Meskipun pendekatan deterministik yang diusulkan sangat probabilistik, diharapkan itu akan bekerja dalam contoh dunia nyata bahkan dengan positif palsu yang tinggi. Dengan kata lain, diharapkan bahwa keterlambatan yang dirasakan dalam tanggapan pengguna yang dikaitkan dengan alasan selain kondisi kognitif murni akan memberikan tekanan untuk mengkategorikan pengguna sebagai orang dengan MCI atau orang tua yang sehat. Pengguna yang memiliki kondisi kognitif dan kemampuan mengemudi komputer yang lebih baik daripada yang dipikirkan sistem tentang mereka akan dapat melakukan tanpa hambatan dalam desain antarmuka yang dapat diakses.

Jadi, mengingat satu set pengamatan sesi interaksi ( $I_1, I_2, \dots, I_n$ ) yang dibuat oleh  $n$  pengguna melalui desain antarmuka selama tugas tertentu, kita perlu mempartisi pengamatan  $n$  menjadi set  $k$  di mana  $k < n$ . Dalam percobaan khusus ini,  $k = 3$  yang menghasilkan  $S = \{S_y, S_e, S_{cd}\}$  set untuk tiga kelompok pengguna: muda & setengah baya, pengguna lansia sehat dan MCI masing-masing. Partisi dalam kelompok-kelompok tersebut (cluster) harus dilakukan sedemikian rupa, sehingga setiap pengamatan sesi interaksi akan memiliki jarak minimum ke salah satu cluster rata-rata. Algoritma yang diikuti akan digunakan untuk menghasilkan cluster dengan mengoptimalkan fungsi kriteria. Sekarang, pertimbangkan persamaan berikut yang mencoba meminimalkan fungsi  $f(x)$ :

$$\operatorname{argmax}_S f(x) := \{x | \forall y: f(y) \leq f(x)\} \quad \{1\}$$

di mana  $f(x)$  adalah jarak rata-rata ke salah satu dari dua parameter evaluasi yang merupakan durasi dan volume interaksi. Algoritma pengelompokan k-means diterapkan menggunakan persamaan (1), yang akhirnya menjadi:

$$\operatorname{argmin}_S \sum_{i=1}^k \sum_{x \in S_i} \|x - \mu_i\|^2 \quad \{2\}$$

Persamaan (2) digunakan untuk menghitung nilai rata-rata indikator kinerja, di mana  $\mu_i$  adalah rata-rata pengamatan dalam  $S_i$ . Cluster dibentuk di sekitar titik pusatnya (sentroid) yang mewakili kelompok subjek. Penyisipan manual titik pusat awal tidak memenuhi syarat

karena proses pengelompokan ini direncanakan akan sepenuhnya otomatis dalam waktu dekat. Jadi, pusat awal acak dipilih oleh algoritma pengelompokan dan pada setiap lintasan berikutnya (10 iterasi maksimum), pusat kluster diperbarui. Setelah pengelompokan selesai, setiap pasangan nilai, yaitu durasi (dalam msec) dan volume interaksi (dalam jumlah peristiwa interaksi) diproyeksikan dalam bidang 2D menggunakan jarak Euclidean ke sentroid. Sistem ini dilatih pada data yang ada yang berasal dari studi percontohan pertama dan kemudian dipanggil untuk menemukan cluster terdekat untuk pengguna baru yang datang dari profil yang tidak dikenal. Memang, untuk catatan baru  $R(t,e)$  yang dibuat oleh pengguna baru yang melakukan tugas tertentu, jarak Euclidean ke centroid cluster  $j$  dihitung. Masalahnya adalah bahwa jarak Euclidean tidak dapat digunakan untuk perhitungan cluster terdekat karena catatan dalam cluster mungkin memiliki penyimpangan yang berbeda. Untuk mengatasi masalah ini, jarak Euclidean dibagi dengan deviasi standar dari setiap nilai cluster untuk memberikan jarak yang dinormalisasi yang diberikan oleh:

$$d_{Nj} = \sqrt{\left(\frac{x_j - x}{\sigma_{jx}}\right)^2 + \left(\frac{y_j - y}{\sigma_{jy}}\right)^2} \quad \{3\}$$

with  $\sigma_{jx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_1} (x_i - \bar{x})^2}{N_1}}$  {4} and  $\sigma_{jy} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_1} (y_i - \bar{y})^2}{N_1}}$  {5}

Untuk setiap pengguna yang baru datang,  $\min(dN1, dN2, dN3)$  dihitung untuk menemukan cluster terdekat. Model ini dilatih pada 75% dari data yang tersedia dan diuji pada sisa 25%. Kualitas pengelompokan di sini dinyatakan oleh ukuran siluet kohesi dan pemisahan (SMCS). Ini digunakan sebagai indikasi numerik sederhana tentang seberapa baik solusi pengelompokan cocok dengan data dan diberikan oleh rumus sederhana:

$$SMCS = \sum_{i=0}^{Nj} \frac{(D_{cl} - D_i)}{\max(D_{cl}, D_i)} \quad \{6\}$$

di mana  $D_i$  adalah jarak elemen ke sentroid dari cluster hosting dan  $D_{cl}$  adalah jarak ke pusat cluster terdekat selain cluster hosting. SMCS mengambil nilai dalam rentang  $[-1, 1]$  dan setiap nilai yang lebih besar dari 0,5 menunjukkan kualitas solusi yang memuaskan. Menurut ini, validasi kluster di semua tugas yang diuji menghasilkan kualitas yang diterima.

### 3.1.5. Peserta Studi Percontohan, Kondisi Eksperimental, dan Kasus Penggunaan

Tes percontohan dilakukan dengan sekelompok pengguna sukarelawan ( $N = 32$ ), dari dewasa muda hingga lanjut usia (26 hingga 78 tahun). Semua pengguna memberikan tes skrining MCI sebagai bukti kemampuan kognitif. Untuk tujuan ini, Boston Naming Test (30BNT) yang singkat dipilih sebagai instrumen yang mapan untuk menyaring kondisi MCI. Dengan demikian, kelompok peserta dibagi menjadi tiga subkelompok:

Grup A: Sebelas ( $N = 11$ ) orang dewasa muda hingga paruh baya, bebas dari cacat atau gangguan. Subjek dari kelompok ini adalah pengguna komputer yang sangat efisien dan



tidak memerlukan bantuan, adaptasi antarmuka atau teknologi bantu untuk melakukan 100% dari tugas yang diperlukan pada waktu yang diharapkan.

Kelompok B: Kelompok ini terdiri dari dua belas ( $N = 12$ ) pengguna lansia sehat yang berhasil melakukan semua tugas tetapi membutuhkan lebih banyak waktu dibandingkan dengan kelompok A. Ambang penuaan diatur dalam 60 tahun untuk memisahkan pengguna lansia dari usia muda dan setengah baya.

Grup C: Pengguna grup ini ( $N = 5$ ) adalah lansia dengan MCI yang membutuhkan lebih banyak waktu daripada kedua kelompok sebelumnya untuk melakukan tugas yang diperlukan. Pengguna Grup C menghasilkan hasil yang bising (peristiwa interaksi yang tidak perlu seperti klik dua atau tiga kali lipat) dan mereka tidak berhasil menyelesaikan semua tugas yang diberikan. Kriteria untuk memisahkan lansia yang sehat dari mereka yang memiliki MCI ditetapkan menjadi 25/30 dalam skala BNT.

Kelompok D: Pengguna kelompok ini ( $N = 2$ ) adalah orang-orang yang sudah berkembang menjadi Demensia ringan pada saat percobaan. Kriteria inklusi tidak hanya didasarkan pada tes BNT, tetapi terutama untuk catatan kesehatan baru-baru ini.

Setelah pengenalan singkat tentang ruang lingkup percobaan, peserta memiliki demonstrasi penampil Metaverse default dan cukup waktu luang untuk bernavigasi untuk memastikan bahwa semua merasa percaya diri dalam menggunakan antarmuka.

## Bibliografi

- Choi, S., Yoon, K., Kim, M., Yoo, J., Lee, B., Song, I., & Woo, J. (2022). Building Korean DMZ Metaverse Using a Web-Based Metaverse Platform. *Applied Sciences*, 12(15), 7908.
- Kamel Boulos, M. N., Ramloll, R., Jones, R., & Toth-Cohen, S. (2008). Web 3D for public, environmental and occupational health: early examples from Second Life®. *International journal of environmental research and public health*, 5(4), 290-317.
- Li, K., Cui, Y., Li, W., Lv, T., Yuan, X., Li, S.,... & Dressler, F. (2022). When Internet of Things meets Metaverse: Convergence of Physical and Cyber Worlds. *arXiv preprint arXiv:2208.13501*.
- Siyaev, A., & Jo, G. S. (2021). Towards aircraft maintenance metaverse using speech interactions with virtual objects in mixed reality. *Sensors*, 21(6), 2066.
- Petrigna, L., & Musumeci, G. (2022). The Metaverse: A New Challenge for the Healthcare System: A Scoping Review. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 7(3), 63.
- Tommy Teja, Reynaldi Francois. (2022). Mengerti Metavers. *Kompas Gramedia*.
- Hoebel, N. & Zicari, R.V., 2007. On Clustering Visitors of a Web Site by Behavior and Interests. In Wegrzyn-Wolska K.M. & Szczepaniak P.S. (Ed.), *Adv. in Intel. Web*, ASC 43, pp. 181–188.
- Gonzalez, C.A., Figueroa, I.J., Bellows, B.G., Rhodes, D., Youmans, R.J. (2013). A New Behavioral Measure of Cognitive Flexibility. In: Harris, D. (eds) *Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics. Understanding Human Cognition. EPCE 2013. Lecture Notes in Computer Science()*, vol 8019. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-39360-0\\_33](https://doi.org/10.1007/978-3-642-39360-0_33)
- Feng, J., & Liu, Y., 2015. Intelligent Context-Aware and Adaptive Interface for Mobile LBS. *Computational Intelligence and Neuroscience*, Article ID 489793.