



**Pengembangan Sistem Pembelajaran Arsitektur Berbasis Metaverse dengan
Keterlibatan Komunitas Dosen dan Mahasiswa Arsitektur
Universitas Gunadarma**

KUALIFIKASI

Remigius Hari Susanto
99214937

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

Daftar Isi

Daftar Isi.....	i
BAB I	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
BAB II.....	8
2.1 Tinjauan Pustaka.....	8
2.2 Penelitian Terdahulu	17
BAB III.....	29
3.1 Motivasi Penelitian	29
3.2 Kerangka Penelitian	30
3.3 Pendekatan Penelitian	34
Bibliografi.....	36

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era teknologi informasi dan komunikasi modern saat ini, dunia fisik dan dunia digital semakin menyatu dan bertransformasi menjadi dunia visual di mana para anggota komunitas dari dunia terpadu ini dapat saling berinteraksi satu sama lain. Inilah dunia yang saat ini mulai dikenal sebagai metaverse (Zhao, Jiang, Chen, Liu, Yang, Xue & Chen, 2022). Istilah metaverse berasal dari kata majemuk ‘meta’ dan ‘universe’, yang berarti dunia baru yang mentransendensi realitas sebagai dunia virtual yang bekerja pintar (*smart*) dalam memenuhi harapan pengguna. Istilah ini pertama kali diperkenalkan oleh Neal Stephenson pada 1992, yang mengacu pada makna keterlibatan komunitas yang mendalam dan realitas virtual alternatif sebagai semesta yang terhubung ke dalam jejaring internet menjadi realitas visual (Zhao *et al.*, 2022). Akan tetapi, fiksi berbasis teknologi multimedia memerlukan eksplorasi lebih lanjut dan metaverse perlu mampu menyediakan pengalaman yang jauh lebih realistis dan aktivitas yang kaya kepada pengguna, yang memerlukan teknologi jauh lebih maju untuk mendukung konstruksi metaverse berbasis keterlibatan komunitas (*community engagement*) dan berorientasi pengguna (*user-oriented*).

Perkembangan metaverse saat ini masih berada pada tahap awal, kerangka konstruksi visualnya masih kurang, dan memerlukan proses eksplorasi, baik terkait grafik, interaksi maupun teknik visualisasinya, yang mendukung konstruksi visual metaverse, khususnya berbasis keterlibatan komunitas dan berorientasi pengguna. Di dalam metaverse, beberapa elemen idealnya terlibat dalam teknologi metaverse, terutama tugas interaksi, aksi pengguna, umpan balik, dan berbagai saluran sensor yang membentuk konstruksi metaverse sebagai dunia visual yang berbasis integrasi dunia fisik dan dunia digital (Zhao *et al.*, 2022). Semua elemen ini diperlukan untuk mengembangkan potensi aplikasi di banyak bidang, termasuk

dalam pembelajaran matakuliah di jurusan teknik arsitektur, dan lebih spesifik pada mata kuliah perkembangan arsitektur.

Petrigna dan Musumeci (2022) mengemukakan bahwa penerapan teknologi metaverse bertujuan untuk membentuk jejaring terintegrasi antara dunia fisik dan dunia digital menjadi dunia visual di mana semua pengguna dalam komunitas saling terhubung dan berinteraksi melalui jaringan virtual. Masalahnya adalah penerapan teknologi metaverse potensial bermasalah jika jaringan siber yang dipakai mudah putus dan sering mengalami gangguan. Dalam kasus ini kinerja teknologi metaverse cenderung rendah apabila jaringan siber lambat, khususnya di lingkungan di mana komunitas pengguna masih menggunakan jaringan generasi lama seperti 3G, bukan 4G. Artinya, penerapan teknologi metaverse dapat lebih efektif dalam komunitas di mana para pengguna sudah menikmati layanan akses internet yang diperluas, yang memungkinkan mendalamnya keterlibatan komunitas dalam dunia fisik dan dunia virtual. Teknologi metaverse diterapkan melalui aplikasi populer di dalam realitas augmentasi (*augmented reality*—AR) dan realitas virtual (*virtual reality*—VR), dan yang dikembangkan untuk menghadirkan keterlibatan komunitas mendalam, yang terhubung secara digital melalui pengalaman pengguna melalui koneksi sosial ke metaverse dalam pembelajaran perkembangan arsitektur.

Selain itu, penerapan teknologi metaverse juga terancam akan mengalami masalah keamanan basis data server dan privasi data, khususnya berkaitan dengan pembajakan sinyal gelombang otak, ekspresi wajah, gerakan mata atau tangan, dan keterlibatan komunitas lingkungan. Para penyerang (*hacker*) dapat menyerang dan mengontrol perangkat realitas augmentasi dan realitas virtual untuk melacak lokasi pengguna, fitur biometrik, serta identitas pengguna, yang mengancam keselamatan manusia dan infrastruktur IoT yang penting (Choi *et al.*, 2022). Mempertimbangkan faktor keamanan tersebut, alat pemantauan harus dikembangkan untuk menangani perilaku buruk pengguna dalam pembelajaran mengenai perkembangan arsitektur berbasis metaverse, sementara metaverse juga memerlukan alat untuk mendorong perilaku pengguna yang positif. Desain aplikasi sistem pembelajaran mengenai perkembangan arsitektur berbasis

metaverse perlu dipandu mengikuti tiga aspek, yaitu: privasi, tata kelola, dan pertimbangan etis. Oleh karena itu, diperlukan solusi perlindungan keamanan pada sistem pembelajaran terkait perkembangan arsitektur berbasis metaverse, khususnya manajemen identitas dan data, klon avatar, jejak digital, kesadaran situasional, serta kontrol konten buatan pengguna, yang dibahas terkait persyaratan aplikasi untuk meningkatkan perilaku pengguna yang positif.

Dalam meningkatkan keterlibatan komunitas yang mendalam dalam sistem pembelajaran mengenai perkembangan arsitektur berbasis metaverse, *Internet of Things* (IoT) dimanfaatkan dengan memetakan data *real-time* dari realitas fisik ke dalam realitas digital di dunia virtual. IoT bisa melengkapi antarmuka pengalaman pengguna dalam dunia virtual yang dibuat dengan realitas augmentasi dan realitas virtual, yang memberikan konteks dan kesadaran situasional tentang hal-hal fisik ke aplikasi AR/VR, sambil memicu pertukaran data sebagai dasar untuk mengukur metrik dan kinerja metaverse dunia fisik dan digital. Perangkat AR, misalnya, dapat bereaksi terhadap gerakan jari oleh pengguna atau memicu fungsi siber-fisik yang didorong oleh peristiwa yang terjadi di dunia fisik. Petrigna dan Musumeci (2022) menjelaskan bahwa interaksi yang dibantu dengan IoT membantu menciptakan cerminan digital (*digital twin*) dari keadaan fisik dan keterlibatan komunitas. Untuk itulah, sistem pembelajaran mengenai perkembangan arsitektur 1 berbasis metaverse bertujuan memastikan refleksi sedekat mungkin dengan keadaan fisik *real-time*. Cerminan digital dapat dibangun untuk membuat pertemuan kelompok produktif di mana para pengguna dapat berinteraksi satu sama lain pada saat pembelajaran atau mendemonstrasikan replika prototipe perangkat keras atau lunak serta memakai representasi visual dalam menerapkan sistem pembelajaran terkait perkembangan arsitektur berbasis metaverse dengan melibatkan komunitas dan persepsi pengguna.

Dalam konteks itu, sistem pembelajaran mengenai perkembangan arsitektur berbasis metaverse merupakan dunia virtual tiga dimensi berbasis internet di mana komunitas pengguna dapat melakukan aktivitas sehari-hari menggunakan avatar yang mewakili dirinya sendiri yang nyata atau imajiner. Dengan kata lain, ruang virtual menjadi dunia nyata alternatif di mana avatar atau

profil digital terlibat atau berpartisipasi dalam kegiatan pembelajaran secara virtual. Metaverse menjadi suatu *platform* yang memiliki teknologi dan struktur yang dapat dibagi menjadi kategori berbeda. *Pertama*, realitas augmentasi (*augmented reality*), yang menambahkan secara *real-time* lingkungan grafis digital ke dunia yang ada, fisik, dan nyata dengan *smartphone*. Dalam sistem pembelajaran terkait perkembangan arsitektur berbasis metaverse, realitas ini menempatkan informasi lebih lanjut mengenai lingkungan nyata seperti animasi tiga dimensi. *Kedua*, *lifelogging* sebagai augmentasi dari kata virtual di mana perangkat pintar diadopsi untuk merekam kehidupan sehari-hari di internet, seperti: *Instagram*, *Facebook* dan *Twitter*. *Ketiga*, dunia cermin geografis (*geographical mirror world*) sebagai simulasi dunia nyata di mana penampilan, informasi maupun struktur nyata ditransfer ke ruang virtual dan memungkinkan kegiatan lewat internet atau aplikasi seluler, seperti *Google Maps (Earth)*. *Keempat*, realitas virtual dan dunia campuran (*virtual reality and mixed reality*) di mana dunia fisik dan dunia digital terintegrasi ke dalam dunia visual (Kamel *et al.*, 2008).

Interaksi komunitas dalam metaverse menjadi pendorong banyak pengguna baru memasuki *platform* tersebut. Secara umum, metaverse mempunyai daya tarik yang dapat membangkitkan minat pengguna. Melalui interaksi *real-time*, pengguna dapat merasakan kehadiran serta keterlibatan digital di ruang yang mirip dengan kenyataan, dan pengguna dapat merasakan aktivitas pengalaman virtual di tempat yang sulit dikunjungi. Selain itu, metaverse memiliki elemen komunitas yang kuat di mana hubungan timbal balik terbentuk. Pada saat jumlah pengguna meningkat, jumlah kunjungan dan waktu penggunaan layanan juga dapat digabungkan. Dengan keunggulan tersebut, metaverse sedang diterapkan secara aktif di berbagai bidang, dan lembaga pemerintah juga secara aktif meninjau pengenalan metaverse untuk meningkatkan minat dan partisipasi komunitas.

Dalam mengembangkan sistem pembelajaran perkembangan arsitektur di perguruan tinggi berbasis metaverse, keterlibatan komunitas dan persepsi pengguna perlu dipertimbangkan. Atribut keterlibatan komunitas dapat dilihat dari

visualisasi dan pemodelan data interaksi sosial. Dari sisi teknologi, keterlibatan komunitas dapat dibagi menjadi tiga model, yaitu: *fixed model*, untuk mengembangkan data *state model*; *state model*, untuk menampilkan karakter, postur, dan gerakan terkini; dan *live model* untuk membentuk interaksi di antara pengguna melalui pesan instan, selain sebagai sistem peringatan, yang memberikan nasehat bila muncul percakapan yang tidak pantas atau tidak etis. Untuk meningkatkan keterlibatan komunitas, penerapan teknologi metaverse perlu berorientasi pengguna (*user-oriented*).

1.2 Rumusan Masalah

Salah satu tantangan utama dalam mengembangkan model interaksi antara manusia dan komputer adalah bagaimana menangani secara efektif perbedaan individu, preferensi maupun pengalaman (Lavie & Meyer, 2010) serta fleksibilitas kognitif yang mungkin terkait dengan berbagai perilaku pengguna yang berbeda (Gonzalez, 2013). Oleh karena itu, keterlibatan komunitas dan persepsi pengguna perlu dipertimbangkan dalam proses pengembangan sistem pembelajaran berbasis teknologi metaverse, dalam hal ini terkait pembelajaran perkembangan arsitektur di perguruan tinggi. Keterlibatan komunitas menjadi indikasi adanya interaktivitas digital di antara para pengguna, sedangkan persepsi pengguna menjadi indikasi dari adanya relevansi antara sistem pembelajaran mengenai perkembangan arsitektur berbasis metaverse serta harapan para pengguna tentang penyampaian matakuliah tersebut secara lebih baik. Pengembangan sistem pembelajaran ini tidak mudah dan perlu didasarkan pada keterlibatan komunitas dan persepsi pengguna. Oleh karena itu, masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana sistem pembelajaran mengenai perkembangan arsitektur berbasis metaverse dikembangkan dengan keterlibatan komunitas dan persepsi pengguna di Program Studi Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gunadarma.

1.3 Tujuan Penelitian

Dengan masalah penelitian tersebut, maka tujuan penelitian ini ditetapkan sebagai berikut.

1. Menganalisis pengembangan sistem pembelajaran mengenai perkembangan arsitektur berbasis metaverse di Program Studi Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gunadarma.
2. Menganalisis keterlibatan komunitas dan persepsi pengguna dalam sistem pembelajaran mengenai perkembangan arsitektur berbasis metaverse yang dikembangkan di Program Studi Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gunadarma.
3. Menguji sistem pembelajaran mengenai perkembangan arsitektur berbasis metaverse yang melibatkan komunitas dan persepsi pengguna di Program Studi Teknik Arsitektur Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gunadarma.

1.4 Manfaat Penelitian

Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat teoritis maupun praktis sebagai berikut.

1. Manfaat Teoritis

- a. Hasil penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan pengembangan teori dan konsep sistem pembelajaran berbasis metaverse di perguruan tinggi untuk sejumlah matakuliah yang relevan.
- b. Hasil penelitian ini dapat menjadi masukan dalam mempertimbangkan keterlibatan komunitas dan persepsi pengguna dalam mengembangkan sistem pembelajaran berbasis metaverse di perguruan tinggi.

2. Manfaat Praktis

- a. Hasil penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan bagi perguruan tinggi dalam mengembangkan sistem pembelajaran berbasis metaverse di sejumlah fakultas yang relevan.
- b. Hasil penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pengajar dalam mengembangkan sistem pembelajaran berbasis metaverse untuk berbagai matakuliah yang relevan.
- c. Hasil penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pembelajaran untuk mempelajari, memahami, dan terlibat dalam sistem pembelajaran berbasis metaverse yang dikembangkan oleh pengajar sesuai dengan matakuliah yang diminati.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN KERANGKA PEMIKIRAN

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Teknologi Metaverse

Istilah metaverse pertama kali digunakan untuk memenuhi tujuan fiksi di mana pengguna terlihat sebagai avatar untuk menirukan interaksi mereka dengan pengguna lain dalam situasi sehari-hari (Akour, Al-Marroof, Alfaisal, & Salloum, 2022). Metaverse merupakan dunia imersif, 3D, dan virtual di mana pengguna di mana pun berada terlibat di dalam interaksi sosial dan ekonomi berbasis komputer (Díaz *et al.*, 2020). Teknologi metaverse memiliki karakteristik interaktivitas yang berpengaruh di lingkungan pendidikan, di mana pengguna dapat berinteraksi satu sama lain melalui model pembelajaran virtual pada dunia virtual. Ciri interaktivitas ini menjadikan dunia fisik lebih dinamis dengan membentuk skenario pendidikan inovatif berbentuk pembelajaran otonom kolaboratif, yang memungkinkan akses atas semua sumber daya pendidikan yang tersedia. Sistem metaverse bisa berfungsi walau pengguna tidak berpindah di dunia nyata dan mempertahankan koneksi yang kontinyu dengan dunia virtual tanpa batasan waktu (Ando *et al.*, 2013).

Di dalam sistem pembelajaran, metaverse mengintegrasikan aktivitas para pengguna, yang menyediakan layanan berbasis seluler dan konektivitas komunitas (Choi *et al.*, 2022). Teknologi metaverse dapat diklasifikasikan sesuai perangkat keras, perangkat lunak, konten, interaksi pengguna, implementasi, dan aplikasi. Ada tiga karakteristik metaverse, yaitu: dominasi multi-teknologi, termasuk realitas augmentasi; sosialitas, termasuk sistem budaya, hukum, dan ekonomi; dan ruang hiper (*hyperspace*) yang menembus batas dunia maya dan dunia nyata (Kamel *et al.*, 2008). Ada empat teknologi pilar yang mendukung aplikasi dasar metaverse, yaitu: kecerdasan buatan (*artificial intelligence*—AI), komunikasi data kecepatan tinggi, komputasi seluler hemat biaya, dan cermin digital berbasis *Internet of Things* (IoT) (Kamel *et al.*, 2008). Pilar ini mendukung aplikasi

teknologi metaversi yang memungkinkan keterlibatan komunitas dan berorientasi pengguna di dunia virtual.

1. Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence*—AI)

Pada umumnya, teknologi metaverse terdiri dari kecerdasan buatan yang bertanggung jawab (*responsible AI*) yang berfungsi mempelajari data dari pengguna sebagai proses pembelajaran yang diawasi, pembelajaran tanpa pengawasan, dan pembelajaran penguatan di dalam metaverse (Li *et al.*, 2022). Beberapa teknik AI sudah populer, yaitu pengolahan bahasa alami, visi komputer, *blockchain*, jaringan, cermin digital, serta antarmuka saraf, untuk meningkatkan pengalaman virtual dari pengguna dalam aplikasi fisik, misalnya pembelajaran. Selain itu, dalam struktur metaverse, aplikasi AR/VR, cermin digital, AI, dan *blockchain* bisa berupa kegiatan pertukaran data IoT *real-time* untuk memetakan dunia fisik menjadi realitas digital di dunia virtual. Melalui *blockchain*, pemodelan 3D *real-time* dapat menjadi dunia maya yang dapat diskalakan sehingga pengguna dapat terhubung, beroperasi, serta memiliki keseragaman *platform* virtual untuk mengurangi hambatan dunia virtual.

Pada awalnya, sebutan teknologi AR/VR berada di garis depan sebelum ada istilah metaverse. Setelah munculnya AI, AI adalah teknologi penting yang bekerja di belakang layar untuk membuat keajaiban terjadi. AI paling banyak berguna untuk komputasi dan prediksi data, serta membantu meningkatkan algoritma untuk tugas seperti pembuatan avatar, pemrosesan, terjemahan bahasa alami, dan generasi dunia (Li *et al.*, 2022). AI dapat meningkatkan VR, karena AI memantau sensor yang mengukur bioelektrik dan menjadikan pengalaman pengguna lebih inklusif dengan menawarkan layanan seperti pengenalan gambar bagi pengguna. Banyak teknik dan aplikasi AI berkembang dalam teknologi metaverse dan menjadi semakin penting untuk memahami dan menelusuri kembali fungsi teknik AI yang diterapkan dalam metaverse. Agar metaverse dapat bekerja seperti yang diharapkan untuk memenuhi standar, diperlukan AI untuk mengelola kompleksitas metaverse dalam konstruksi sistem pembelajaran,

menggunakan algoritma jejaring saraf tiruan (*artificial neural network*), yang dibuat langsung dari data. Akibatnya, pemrosesan data metaverse dapat mengalami bias, yang dihasilkan dari data populasi, kesalahan pengukuran, lemahnya kualitas data, pengulangan data, dan augmentasi data. Bias data ini dapat mengurangi kualitas, kewajaran, akuntabilitas, transparansi, dan eksplainabilitas data metaverse. Oleh karena itu, diperlukan teknologi AI yang bertanggung jawab berdasarkan signifikansi data yang mempunyai kehandalan, keabsahan, dan privasi dalam pengambilan keputusan berbasis AI sambil mempertimbangkan konsekuensi etis, moral, hukum, budaya, sosial dan ekonomi dalam teknologi metaverse. Hal ini berlaku pula untuk sistem pembelajaran berbasis metaverse.

2. Komunikasi Data Kecepatan Tinggi

Teknologi metaverse bertujuan memberi pengguna realitas augmentasi dan realitas virtual terpadu serta pengalaman dan layanan pengguna *real-time*. Layanan ini tergantung pada pertukaran data dalam jumlah besar dengan latensi ultra-rendah, di mana sifat sinyal haptik dan persepsi manusia membutuhkan latensi maksimum 1 ms. Sebagian besar teknologi 4G tidak dapat menyediakan komunikasi data *real-time* untuk beberapa pengguna seluler, misalnya karena sulit mengurangi latensi sistem nirkabel berbasis LTE di bawah 25 ms. Akan tetapi, dalam beberapa tahun terakhir, teknologi 5G berkembang pesat untuk menyediakan pertukaran data *real-time* ke perangkat IoT. Kecepatan data 5G mengungguli sistem berbasis 4G sambil menyediakan arsitektur komunikasi kecepatan tinggi yang sesuai untuk metaverse. Secara khusus, jaringan 5G memungkinkan beberapa teknologi yang menjanjikan seperti mmWave, NOMA, dan MIMO skala besar. Dengan penyebaran komersial jaringan 5G skala besar, komunikasi personal dapat diperluas untuk mewujudkan paradigma mesin-ke-mesin, yang menghubungkan tidak hanya orang, melainkan juga perangkat IoT (Li *et al.*, 2022). Penambahan unik komunikasi data kecepatan tinggi menjadikan jutaan perangkat terhubung dengan ‘konektivitas kapan saja di mana saja’ dari jaringan seluler nirkabel generasi berikutnya.

Komunikasi data kecepatan tinggi dapat meningkatkan kehandalan layanan dengan kapasitas jaringan dan kepadatan metaverse. Secara khusus, teknologi 5G dapat meningkatkan kecepatan data perangkat IoT atau pengguna seluler hingga 100 Mbps dalam distribusi spasial yang seragam, sedangkan kecepatan data puncak dapat mencapai 10-20 Gbps. Kecepatan data yang tinggi mendukung peningkatan *broadband* seluler untuk layanan seluler pribadi dan komunikasi mesin-ke-mesin skala besar (Li *et al.*, 2022). Selain itu, teknologi 5G juga menawarkan kehandalan layanan penting, di mana latensi *end-to-end* dipertahankan serendah satu milidetik dan kehandalannya setinggi 99,99%. Jaringan 5G memberikan peningkatan 10 kali di seluruh jaringan, 10 kali penurunan latensi komunikasi, peningkatan 100 kali kapasitas lalu lintas, dan pertumbuhan 100 kali efisiensi jaringan. Komunikasi kecepatan tinggi membentuk hiperkonektivitas, yaitu kemampuan jaringan dalam mengirimkan data dan menghasilkan desain virtual dengan teknologi komunikasi kecepatan tinggi untuk aplikasi metaverse.

3. Komputasi Seluler Hemat Biaya

Dalam meningkatkan keterlibatan pengguna dengan komunikasi kecepatan tinggi, *Mobile Edge Computing* (MEC) dikembangkan sebagai teknologi baru yang memberikan waktu respons cepat dengan cara menghosting kombinasi infrastruktur komunikasi dan sumber daya komputasi yang dekat dengan pengguna. Keterlibatan komunitas yang dinamis dan mendalam serta persyaratan pengalaman pengguna dalam metaverse dapat dicapai dengan mengadopsi MEC (Li *et al.*, 2022). MEC menyediakan metaverse dengan sumber daya server sangat besar untuk ranah 3D virtual sambil menyediakan jaringan komunikasi latensi rendah dan waktu respons tidak terlihat. MEC menawarkan waktu respons cepat terhadap permintaan sumber daya komputasi dari aplikasi metaverse. Dalam hal ini, data pengguna yang diminta bisa diambil langsung dari *cache cloud/server* sumber video AR/VR atau disintesis oleh server MEC dari pengalaman pengguna seperti realitasnya. Dalam konteks ini, waktu respons terhadap tindakan pengguna

harus dikurangi secara signifikan ke tingkat di bawah batas yang terlihat oleh manusia.

4. Cermin Digital Berbasis IoT

Cermin digital membuat replika virtual dari objek atau layanan fisik seperti fasilitas bangunan, proses pembelajaran, interaksi manusia-komputer, dan layanan sosial. Dalam metaverse, cermin digital digunakan untuk menimbulkan keterlibatan komunitas yang mendalam serta pengalaman pengguna di dunia fisik. Memadukan replika digital dengan produk dan layanan fisik juga dapat mendukung analisa data dan memungkinkan pengguna komersial dapat memanfaatkan skenario dunia fisik. Cermin digital menghasilkan representasi digital produk atau layanan dunia fisik. Ketika mengambil objek dari 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 serta memprediksi gerakan dan reaksi mereka. Cermin digital memungkinkan pengembangan produk strategis sambil menghindari potensi kesalahan, sehingga teknologi ini menjadi salah satu bangunan inti dari metaverse. Metaverse merupakan tempat IoT dan cermin digital berkumpul di mana pengguna berharap dapat menggunakan aplikasi AR/VR keren serta mengalami keterlibatan komunitas secara mendalam. Fokus diberikan pada objek pemindaian virtual, yaitu cermin digital metaverse, di mana objek yang dipindai dapat menjadi pandangan cermin digital. Mengaitkan objek fisik berbentuk digital dan data *overlay* ini sangat penting dalam simulasi yang kompleks.

Dari beberapa pendapat tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa teknologi metaverse sangat penting untuk meningkatkan keterlibatan komunitas ke dalam interaksi di antara pengguna satu sama lain melalui integrasi dunia fisik dan dunia digital ke dunia virtual. Ciri interaktivitas ini menjadikan dunia fisik lebih dinamis dengan memadukan aktivitas sosial-ekonomi, yang menyediakan layanan seluler dan konektivitas dengan dukungan empat teknologi pilar aplikasi dasar metaverse, yaitu: kecerdasan buatan (*artificial intelligence*—AI), komunikasi data kecepatan tinggi, komputasi seluler hemat biaya, dan cermin

digital berbasis IoT, yang dapat mempermudah keterlibatan komunitas dan berorientasi pada pengguna dalam dunia virtual. Teknologi metaverse dikembangkan dengan mempertimbangkan berbagai aspek, yang nantinya diintegrasikan antara dunia fisik dan dunia digital menjadi realitas virtual. Di dalam realitas virtual inilah, interaktivitas dengan komunikasi kecepatan tinggi terjadi di mana komunitas dapat terlibat dalam interaksi intensif dan dinamis karena teknologi metaverse ini dapat dikembangkan sejak awal dengan orientasi dasar pada pengguna.

2.1.2 Sistem Pembelajaran Arsitektur Berbasis Metaverse

Dari perspektif pendidikan, para pemangku kepentingan memerlukan ruang kerja kolaboratif yang mempertemukan berbagai tantangan dalam menyelesaikan masalah berbasis teknologi metaverse. Teknologi ini memungkinkan terbentuknya sistem pembelajaran, di mana perilaku komunitas pengguna menentukan perilaku yang berbeda dari perilaku di dunia nyata. Teknologi ini memungkinkan komunitas pengguna berkomunikasi secara interaktif di lingkungan digital dengan multimedia. Teknologi ini memiliki fungsi mengubah dunia fisik pembelajaran menjadi dunia digital menuju suatu dunia virtual di mana komunitas pengguna dapat berinteraksi dalam ruang kolaboratif (Tarouco *et al.*, 2013).

Metaverse memiliki potensi besar membawa pergeseran paradigma dalam pendidikan online. Karakteristik utama dari sistem pembelajaran online berbasis metaverse adalah interaktivitas, kualitas fisik, dan persistensi (Teng *et al.*, 2022). Dalam metaverse, para pengguna berinteraksi satu sama lain di lingkungan online virtual tanpa batasan ruang dan waktu, yang menjadikan kegiatan pembelajaran lebih kolaboratif walau pembelajaran mandiri juga mungkin dilakukan di sana. Di lingkungan metaverse, konstruksi identitas online dicapai dengan avatar, entitas-entitas virtual yang merepresentasikan para pengguna. Meskipun merupakan dunia virtual, metaverse juga tunduk pada hukum-hukum fisik dan memiliki sumber daya terbatas. Aspek ini mengacu pada elemen kualitas fisik. Dalam metaverse, dunia virtual terus ada dan berfungsi saat para pengguna keluar dari

platform metaverse dan informasi yang tersimpan dapat diambil kembali ketika mereka terhubung lagi. Ini adalah elemen persistensi.

Metaverse dapat membantu pembelajaran berbasis masalah (*problem-based learning*) dan pengajaran berpusat pembelajar (*learner-centered teaching*). Pada dasarnya pendekatan pembelajaran berbasis masalah sangat efektif dalam mencapai tujuan pembelajaran ketika para pembelajar, yang diwakili oleh avatar, memberikan solusi bagi berbagai masalah. Dalam metaverse, para pendidik menghadapi banyak pertanyaan menantang yang harus diuji dan dijawab oleh para pembelajar sebagai avatar dalam kolaborasi dengan mahasiswa lain, yang dapat memperkuat berbagai keterampilan kerja tim mereka dan meningkatkan minat mereka pada pembelajaran (Teng *et al.*, 2022). Dalam konteks itu, subjek pembelajaran adalah para pembelajar sendiri daripada pengetahuan yang diajarkan. Teknologi metaverse memungkinkan terwujudnya proses pengajaran yang berpusat pada pembelajar dengan mendorong pembelajaran kolaboratif dan mandiri. Penggunaan teknologi metaverse untuk pendekatan berbasis-masalah dan pengajaran berpusat-pembelajar menyediakan manfaat pendidikan, khususnya dalam konteks pendidikan pada umumnya dan matakuliah yang bervariasi pada khususnya.

Teknologi metaverse berhubungan erat dengan teknologi kecerdasan buatan dan sistem pembelajaran kolaboratif yang digunakan untuk meningkatkan berbagai metode pendidikan dan sistem pembelajaran (Akour *et al.*, 2022). Fokus diberikan pada realitas virtual sebagai indikator bahwa teknologi metaverse akan mempunyai pengaruh besar di masa depan karena realitas virtual sudah mulai banyak digunakan untuk tujuan pendidikan (Chen *et al.*, 2022). Lingkungan pendidikan tidak efektif apabila tujuan pembelajaran tidak tercapai, dan salah satu cara untuk mencapainya adalah menerapkan pendekatan pengajaran yang tepat seperti melalui penerapan teknologi metaverse. Sesuai dengan itu, pembelajaran dengan teknologi metaverse menjadi konkrit seperti dalam dunia fisik dan dapat disertai pula dengan pendekatan berbasis masalah (*problem-based approach*). Pendekatan ini dipandang merupakan alat yang kuat dalam membentuk

lingkungan pembelajaran yang berhasil di mana ruang virtual dan avatar menggantikan lingkungan pembelajaran fisik (Han, 2020).

Dalam praktik, pengembangan metaverse sangat tergantung pada kemajuan teknologi yang mendasari, seperti *virtual reality* (VR), *augmented reality* (AR), dan *mixed reality* (MR) (Teng *et al.*, 2022). Dalam menciptakan pengalaman yang lebih imersif, metaverse memerlukan teknologi yang dapat menjamin pengalaman yang disimulasi sepenuhnya dan dapat dijalankan dengan teknologi VR, AR, dan MR (Choi, Yoon, Song, & Choi, 2022). Teknologi VR dan AR sama-sama mempunyai tiga ciri utama, yaitu: imersi (*immersion*), presensi (*presence*) maupun keterlibatan (*engagement*) (Mutterlein, 2018). Imersi mengacu pada deskripsi kuantitatif dari kapabilitas teknis sebuah sistem, yang berarti tingkat sejauh mana teknologi VR/AR /MR dapat membentuk suatu lingkungan di mana seorang pengguna dapat memiliki rasa tentang realitas (*sense of reality*) (Rasimah, Nurazeen, Salwani, Norziha, & Roslina, 2015). Presensi mengacu pada rasa tentang kehadiran (*sense of being*) pengguna dalam realitas yang disimulasi dan hal ini lebih mengacu pada bagaimana pengguna memahami realitas (Allcoat, Hatchard, Azmat, Stansfield, Watson, & Muhlenen, 2021). Keterlibatan mengacu pada keterlibatan perilaku, emosional, dan kognitif serta kombinasi konsentrasi, minat, dan kenikmatan yang meningkat yang pembelajar alami (Maas & Hughes, 2020).

Dalam metaverse, penerapan karakteristik VR/AR/MR dalam pendidikan dipandang mempunyai efek positif terhadap peningkatan hasil pembelajaran (Teng *et al.*, 2022). Ciri imersi dari VR/AR/MR dapat membantu meningkatkan efisiensi pembelajaran karena ciri tersebut memungkinkan pembelajar untuk terlibat secara mental dan emosional di dalam situasi kehidupan riil yang disimulasi. Selain itu, skenario Pembelajaran VR/AR/MR memungkinkan pengulangan sesuai keinginan, di mana pengalaman imersif dapat meningkatkan penyerapan dan pemahaman atas pengetahuan di kalangan mahasiswa. Ciri presensi dari VR/AR dapat meningkatkan pembelajaran berbasis pengalaman dengan melibatkan banyak interaksi sensorik-motorik, yang sulit diperoleh dalam kehidupan nyata karena tingginya biaya atau risiko. Akhirnya ciri keterlibatan dari

VR/AR/MR di mana pembelajar memberikan perhatian dan keingintahuan pada situasi untuk mencapai hasil yang diinginkan bisa meningkatkan kebahagiaan, motivasi, dan dedikasi jangka panjang.

Salah satu penerapan teknologi metaverse ditemukan dalam pengembangan sistem pembelajaran arsitektur, dalam hal ini mengenai perkembangan arsitektur. Dalam pembelajaran perkembangan arsitektur berbasis metaverse, pembelajaran berbasis masalah dapat dipakai sebagai pendekatan yang efektif dalam pendidikan untuk mencapai tujuan pembelajaran seperti rekayasa, teknologi, dan sains material (AlQudah *et al.*, 2021). Pendekatan ini diintegrasikan ke lingkungan metaverse di mana komunitas terlibat secara mendalam dan pengguna berinteraksi satu sama lain dalam memecahkan masalah dan dalam menyediakan solusi yang efektif untuk masalah tersebut. Komunitas pengguna ini berada di suatu ruang di mana avatar melakukan apa pun atas nama mereka, di mana para pengguna perlu menerapkan pengetahuan mereka terhadap situasi virtual. Menerapkan teknologi metaverse ini memungkinkan proses pembelajaran terjadi secara interaktif sesuai dengan situasi kehidupan nyata. Para pengguna sebagai avatar menguji masalah yang ada dalam menemukan solusi yang cocok dan hasil kerja mereka biasanya dievaluasi dengan diskusi atau kuesioner untuk menilai efektivitas dari solusi yang diberikan.

Pembelajaran berbasis metaverse cenderung efektif jika pengguna memiliki kesiapan yang cukup dalam memecahkan masalah yang diberikan serta memiliki pemahaman memadai mengenai sistem metaverse. Penerapan teknologi metaverse dalam pembelajaran memiliki hasil yang baik di daerah yang berbeda sesuai dengan kesiapan dan pemahaman tersebut. Pentingnya realitas virtual yang dikembangkan menggunakan teknologi metaverse menekankan pentingnya realitas augmentasi dan realitas virtual. Pembelajaran ini dilakukan dalam realitas virtual sebagaimana komunitas pengguna menggunakan sumber daya perpustakaan, mengunjungi suatu museum, mengadakan pertemuan, dan serupa itu. Diskusi atau kuesioner diterapkan agar dapat menilai efektivitas pembelajaran berbasis metaverse, yang dilihat dari keterlibatan komunitas berorientasi pengguna. Efektivitas penerapan metaverse ini juga dapat dilihat dari ciri-ciri

interaktivitas dan pengalaman pengguna yang sudah dipersonalisasi. Akhirnya, efektivitas penerapan metaverse juga dapat dilihat dari minimalisasi kesulitan dan biaya, yang bermuara pada meningkatnya pemahaman dan semakin banyaknya solusi bagi masalah yang dialami pengguna. Namun, dalam praktik, teknologi VR/AR/MR sendiri pada dasarnya tidak otomatis menjamin hasil pembelajaran yang positif, melainkan sesuai dengan situasi berbeda yang dihadapi dalam penerapan sistem pembelajaran yang berbasis metaverse (Marks & Thomas, 2022). Jensen dan Konradsen (2018) mengemukakan bahwa kurangnya konten dan tidak memadainya kapabilitas perangkat keras juga menjadi kendala, yang potensial menyebabkan tidak efektivitasnya sistem pembelajaran berbasis metaverse serta mengurangi penerimaan pengguna.

Berdasarkan penjelasan tersebut, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran berbasis metaverse dapat memberikan manfaat bervariasi sesuai dengan bidang pendidikan yang digeluti, salah satunya mengenai perkembangan arsitektur. Dalam penerapan teknologi metaverse ini, efektivitas ditingkatkan dengan memanfaatkan konektivitas komunikasi kecepatan tinggi yang dapat meningkatkan kesesuaian aplikasi metaverse (Kefalis & Drigas, 2019). Komunitas pengguna perlu menyadari bidang metaverse, dalam konteks ini terkait pembelajaran mengenai perkembangan arsitektur berbasis metaverse sebagai alat untuk memperbaiki hasil pembelajaran.

2.2 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian pernah dilakukan sebelumnya mengenai pembelajaran berbasis metaverse dengan keterlibatan komunitas dan berorientasi pada pengguna. Namun, fokus penelitian terdahulu ini berbeda dari fokus penelitian sekarang.

1. Akour *et al.* (2022) melakukan penelitian mengenai kerangka konseptual untuk menentukan adopsi metaverse pada lembaga pendidikan tinggi seperti universitas dari wilayah Teluk Timur Tengah. Tujuan penelitian ini

adalah menyelidiki persepsi mahasiswa mengenai sistem metaverse untuk tujuan pendidikan di wilayah Teluk Timur Tengah serta menguji adopsi metaverse pada lembaga-lembaga pendidikan tinggi (universitas) di wilayah tersebut. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya tendensi umum bahwa metaverse adalah jenis dunia bayangan (*imagined world*) dengan banyak ruang digital yang imersif, yang meningkatkan dan memungkinkan adanya lingkungan yang lebih interaktif di latar pendidikan. Metaverse adalah perluasan dari komunikasi sinkronis yang melibatkan sejumlah pengguna yang efektif untuk berbagi pengalaman berbeda. Model konseptual penelitian ini dapat menunjukkan adanya korelasi antara karakteristik pengguna pribadi dan ciri teknologi dalam metaverse di lingkungan pendidikan. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa persepsi kegunaan (*perceived usefulness*) adalah prediktor utama dari faktor intensi pengguna dalam menggunakan sistem metaverse dalam lingkungan pendidikan. Hasil penelitian ini penting bagi pihak berwenang di bidang pendidikan dalam memahami tiap faktor dalam proses perencanaan dan implementasi metaverse di lingkungan pendidikan.

2. Talan dan Kalinkara (2022) melakukan penelitian tentang pendapat dari para mahasiswa tentang penggunaan metaverse di lingkungan pendidikan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan pendapat dari mahasiswa di beberapa universitas tentang urgensi penggunaan metaverse di lingkungan pendidikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebanyakan mahasiswa tidak pernah menggunakan metaverse sebelumnya, tetapi mereka juga ingin menggunakan teknologi metaverse di ruang kelas. Mahasiswa menunjukkan bahwa metaverse sebenarnya dapat dipakai di banyak bidang dan disiplin, tetapi mereka enggan menerapkan metaverse di semua mata kuliah. Selain itu, mahasiswa menganggap bahwa metaverse dapat membuat konten mata kuliah lebih dapat dinikmati dan meningkatkan motivasi mereka untuk terus mengikuti mata kuliah tersebut. Mereka percaya bahwa metaverse memang memiliki banyak keunggulan pedagogis dan akan digunakan di ruang-ruang kelas di masa

mendatang. Namun, sebagian mahasiswa memandang bahwa metaverse menjadikan pembelajaran lebih sulit dan terganggu, mahasiswa tidak terhubung dengan dunia nyata, dan rentan melanggar disiplin kelas.

3. Srisawat dan Piriyasurawong (2022) melakukan penelitian mengenai proses pengelolaan pembelajaran virtual metaverse berdasarkan teknik gamifikasi untuk meningkatkan pengalaman total mahasiswa. Penelitian ini bertujuan mengembangkan pengelolaan pembelajaran virtual metaverse berdasarkan model teknik gamifikasi (*metaverse virtual learning management based on gamification techniques model*—MVLM-Gt model) serta menilai ketepatan model tersebut. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model MVLM-Gt yang diuji dalam penelitian ini mempunyai empat komponen utama, yaitu: input, proses pembelajaran, evaluasi, dan umpan balik. Proses pembelajaran ini terdiri dari empat tahap, yaitu: motivasi dan penetapan tujuan, konstruksi konten, pembahasan dan interaksi, praktik dan misi, serta meringkaskan dan umpan balik. Setelah evaluasi atas ketepatan model MVLM-Gt, para ahli menyatakan bahwa model tersebut sangat bagus (Mean=4,82, S.D.=0,38) dan setelah mempertimbangkan setiap komponen, komponen umpan balik dipandang memiliki nilai ketepatan paling tinggi (Mean=5,00, S.D.=0,00), yang diikuti oleh komponen proses pembelajaran (Mean= 4,86, S.D.=0,38), serta komponen evaluasi (Mean=4,71, S.D.=0,49). Jadi, model MVLM-Gt dapat diadopsi untuk meningkatkan pengalaman total dari mahasiswa dalam pembelajaran berbasis metaverse.
4. Teng, Cai, Gao, Zhang, dan Li (2022) melakukan penelitian tentang faktor-faktor yang mempengaruhi adopsi pembelajaran atas platform metaverse di bidang pendidikan di China. Penelitian ini bertujuan menguji faktor-faktor yang mempengaruhi adopsi pembelajar atas platform metaverse pendidikan menggunakan teori terpadu mengenai model penerimaan dan penggunaan teknologi (*united theory of acceptance and use of technology*—UTAUT) yang diperluas dengan memasukkan faktor persepsi risiko. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa harapan kinerja,

harapan usaha, pengaruh sosial, dan kondisi fasilitasi mempunyai pengaruh positif dan signifikan terhadap kepuasan pembelajar terhadap metaverse pendidikan (*Eduverse*). Kepuasan pembelajar ini mempunyai pengaruh positif terhadap keberlanjutan intensi penggunaan metaverse pendidikan. Akan tetapi, intensi pembelajar untuk menggunakan metaverse pendidikan berkurang setelah mereka memahami adanya risiko. Penelitian ini juga sudah menyediakan bukti empiris tentang validitas model UTAUT dalam menjelaskan adopsi pembelajar terhadap metaverse pendidikan (*Eduverse*).

5. Guo dan Gao (2022) melakukan penelitian mengenai rancangan pengajaran bahasa Inggris situasional berbasis pengalaman yang didukung metaverse. Penelitian ini bertujuan mengkonstruksi skenario pengajaran bahasa Inggris berbasis pengalaman serta model paduan antara jejaring syaraf konvosional (*convolutional neural networks*—CNNs) dengan jejaring syaraf berulang (*recurrent neural networks*—RNNs) untuk mengenali elektroensefalogram emosi (*emotion electroencephalogram*—(EEG) dari para mahasiswa dalam model pengajaran bahasa Inggris berbasis pengalaman. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metaverse diterapkan untuk membangun dunia virtual yang dipetakan maupun bebas dari dunia nyata di ruang siber menggunakan berbagai teknologi digital, khususnya realitas virtual (*virtual reality*—VR), realitas augmentasi (*augmented reality*—AR), *big data*, dan 5G yang sangat penting bagi pengembangan berbagai profesi, termasuk pendidikan, di masa depan. Metaverse menunjukkan tahap akhir perkembangan teknologi imersi visual, yang intinya adalah ruang digital online yang setara dengan dunia nyata, yang sedang menjadi bidang praktis bagi inovasi dan pengembangan masyarakat manusia. Keunggulan utama dari metaverse pengajaran bahasa Inggris adalah bahwa teknologi metaverse ini ternyata dapat menyediakan bidang pengajaran yang imersif dan interaktif bagi pengajar dan mahasiswa, yang bersama-sama memenuhi kebutuhan pengajaran dan pembelajaran dari pengajar dan mahasiswa, baik dalam

dunia fisik maupun dunia virtual. Analisis data berbasis pengalaman terkait tiga jenis kegiatan pembelajaran menunjukkan bahwa model pengajaran bahasa Inggris situasional berbasis pengalaman yang didukung metaverse dapat mendorong rasa interaktivitas, imersi, dan kognisi mahasiswa. Selain itu, keakurasian dan waktu analisis dari model paduan CNN–RNN ternyata lebih tinggi daripada model standar.

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu tersebut, dapat diketahui bahwa fokus penelitian sekarang berbeda dari penelitian serupa sebelumnya. Akour *et al.* (2022) berfokus pada kerangka konseptual untuk menentukan adopsi metaverse di lembaga pendidikan tinggi seperti universitas wilayah Teluk Timur Tengah. Talan dan Kalinkara (2022) berfokus pada pendapat mahasiswa mengenai penggunaan metaverse di lingkungan pendidikan. Srisawat dan Piriyasurawong (2022) berfokus pada pengelolaan pembelajaran virtual metaverse berdasarkan teknik gamifikasi untuk meningkatkan pengalaman total mahasiswa. Teng, Cai, Gao, Zhang, dan Li (2022) berfokus pada faktor-faktor yang mempengaruhi adopsi pembelajaran atas platform metaverse di bidang pendidikan di China. Guo dan Gao (2022) berfokus pada desain pengajaran bahasa Inggris situasional berbasis pengalaman didukung metaverse. Jadi, dapat disimpulkan bahwa sepengetahuan peneliti, penelitian terkait pengembangan sistem pembelajaran mengenai perkembangan arsitektur berbasis metaverse yang dilakukan sekarang memang sifatnya baru, orisinal, dan belum pernah dilakukan sebelumnya.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti (Tahun)	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	Persamaan & Perbedaan
1.	Akour <i>et al.</i> (2022)	Menyelidiki persepsi mahasiswa mengenai sistem metaverse untuk tujuan pendidikan di wilayah Teluk Timur Tengah serta menguji adopsi metaverse pada lembaga-lembaga pendidikan tinggi (universitas) di wilayah tersebut	<ul style="list-style-type: none"> - Pada dasarnya, metaverse adalah jenis dunia bayangan (<i>imagined world</i>) dengan banyak ruang digital yang imersif, yang meningkatkan dan memungkinkan adanya lingkungan yang interaktif di latar pendidikan. - Metaverse adalah perluasan dari komunikasi sinkronis yang melibatkan sejumlah pengguna yang efektif untuk berbagi pengalaman yang berbeda. Model konseptual yang digunakan dalam penelitian ini dapat menunjukkan adanya korelasi antara karakteristik pengguna pribadi dan ciri teknologi yang dikembangkan dalam metaverse di lingkungan pendidikan. - Persepsi kegunaan (<i>perceived usefulness</i>) merupakan prediktor utama dari faktor intensi pengguna dalam menggunakan sistem metaverse di lingkungan 	<ul style="list-style-type: none"> - Persamaan Mengkaji sistem metaverse untuk tujuan pendidikan - Perbedaan Menguji persepsi mahasiswa tentang sistem metaverse untuk tujuan pendidikan <u>Penelitian sekarang</u>: Mengembangkan sistem pembelajaran arsitektur berbasis metaverse dengan melibatkan komunitas.

			pendidikan.	
2.	Talan dan Kalinkara (2022)	Menentukan pendapat dari mahasiswa di beberapa universitas tentang urgensi penggunaan metaverse di lingkungan pendidikan	<ul style="list-style-type: none"> - Kebanyakan mahasiswa tidak pernah menggunakan metaverse sebelumnya, tetapi mereka juga ingin menggunakan teknologi metaverse di ruang kelas. - Mahasiswa menunjukkan bahwa metaverse sebenarnya dapat dipakai di banyak bidang dan disiplin, tetapi mereka enggan menerapkan metaverse di semua mata kuliah. - Mahasiswa menganggap bahwa metaverse dapat membuat konten mata kuliah lebih dapat dinikmati dan meningkatkan motivasi mereka untuk terus mengikuti mata kuliah tersebut. - Mereka percaya bahwa metaverse memang memiliki banyak keunggulan pedagogis dan akan digunakan di ruang-ruang kelas di masa mendatang. - Namun, sebagian mahasiswa memandang bahwa metaverse menjadikan pembelajaran lebih sulit dan terganggu, mahasiswa tidak terhubung dengan dunia nyata, dan rentan melanggar disiplin kelas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Persamaan Mengkaji urgensi penggunaan metaversi di lingkungan pendidikan - Perbedaan Menentukan pendapat mahasiswa universitas tentang urgensi penggunaan metaverse di lingkungan pendidikan. <u>Penelitian sekarang:</u> Mengembangkan sistem pembelajaran arsitektur berbasis metaverse dengan melibatkan komunitas.
3.	Srisawat dan	Mengembangkan	- Model MVLM-Gt yang diuji dalam penelitian ini	- Persamaan

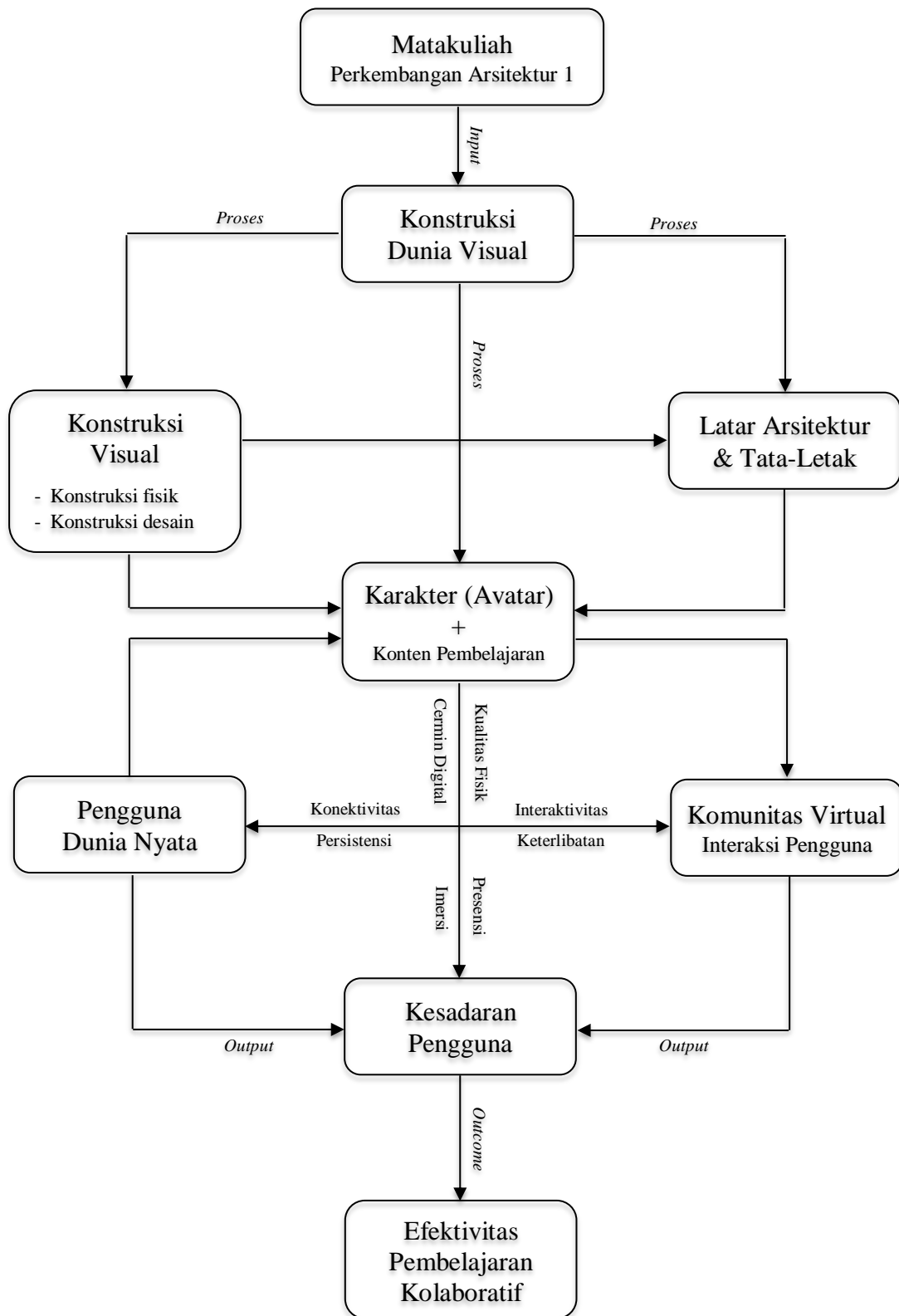
	Piriyasurawong (2022)	pengelolaan pembelajaran virtual metaverse berdasarkan model teknik gamifikasi (<i>metaverse virtual learning management based on gamification techniques model</i> —MVLM-Gt model) serta menilai ketepatan model tersebut.	<p>mempunyai empat komponen utama, yaitu: input, proses pembelajaran, evaluasi, dan umpan balik.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Proses pembelajaran terdiri dari empat tahap, yaitu: motivasi dan penetapan tujuan, konstruksi konten, pembahasan dan interaksi, praktik dan misi, serta meringkaskan dan umpan balik. - Setelah evaluasi atas ketepatan model MVLM-Gt, para ahli menyatakan bahwa model tersebut sangat bagus (Mean=4,82, S.D.=0,38) dan setelah mempertimbangkan setiap komponen, komponen umpan balik dipandang memiliki nilai ketepatan paling tinggi (Mean=5,00, S.D.=0,00), yang diikuti oleh komponen proses pembelajaran (Mean= 4,86, S.D.=0,38), serta komponen evaluasi (Mean=4,71, S.D.=0,49). - Model MVLM-Gt dapat diadopsi untuk meningkatkan pengalaman total dari mahasiswa dalam pembelajaran yang berbasis metaverse. 	<p>Mengkaji pembelajaran virtual metaverse</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perbedaan <p>Mengembangkan pengelolaan pembelajaran virtual metaverse berdasarkan model teknik gamifikasi.</p> <p><u>Penelitian sekarang:</u> Mengembangkan sistem pembelajaran arsitektur berbasis metaverse dengan melibatkan komunitas.</p>
4.	Teng, Cai, Gao, Zhang, dan Li	Menguji faktor-faktor yang mempengaruhi	<ul style="list-style-type: none"> - Harapan kinerja, harapan usaha, pengaruh sosial, dan kondisi fasilitasi mempunyai pengaruh positif dan 	<ul style="list-style-type: none"> - Persamaan <p>Mengkaji adopsi platform metaverse</p>

	(2022)	adopsi pembelajar atas platform metaverse pendidikan menggunakan teori terpadu mengenai model penerimaan dan penggunaan teknologi (<i>united theory of acceptance and use of technology—UTAUT</i>) yang diperluas dengan memasukkan faktor persepsi risiko	<p>signifikan terhadap kepuasan pembelajar terhadap metaverse pendidikan (<i>Eduverse</i>).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kepuasan pembelajar ini mempunyai pengaruh positif terhadap keberlanjutan intensi penggunaan metaverse pendidikan. - Akan tetapi, intensi pembelajar untuk menggunakan metaverse pendidikan berkurang setelah mereka memahami adanya risiko. - Penelitian ini menyediakan bukti empiris tentang validitas model UTAUT dalam menjelaskan adopsi pembelajar atas metaverse pendidikan (<i>Eduverse</i>). 	<p>pendidikan</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perbedaan <p>Menguji faktor-faktor yang mempengaruhi adopsi pembelajar atas platform metaverse pendidikan.</p> <p><u>Penelitian sekarang:</u> Mengembangkan sistem pembelajaran arsitektur berbasis metaverse dengan melibatkan komunitas.</p>
5.	Guo dan Gao (2022)	Mengkonstruksi skenario pengajaran bahasa Inggris berbasis pengalaman serta model paduan antara jejaring syaraf konvosional (<i>convolutional neural</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Metaverse diterapkan untuk membangun dunia virtual yang dipetakan maupun bebas dari dunia nyata di ruang siber menggunakan berbagai teknologi digital, khususnya realitas virtual (<i>virtual reality—VR</i>), realitas augmentasi (<i>augmented reality—AR</i>), <i>big data</i>, dan 5G, yang jelas sangat penting bagi pengembangan berbagai profesi, 	<ul style="list-style-type: none"> - Persamaan <p>Mengkaji skenario pengajaran model metaverse</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perbedaan <p>Mengkonstruksi skenario pengajaran bahasa Inggris berbasis pengalaman.</p> <p><u>Penelitian sekarang:</u> Mengembangkan</p>

		<p><i>networks—CNNs</i>) dengan jejaring syaraf berulang (<i>recurrent neural networks—RNNs</i>) untuk mengenali elektroensefalogram emosi (<i>emotion electroencephalogram—(EEG)</i>) mahasiswa dalam program pengajaran bahasa Inggris yang berbasis pengalaman.</p>	<p>termasuk pendidikan, di masa mendatang.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Metaverse menunjukkan tahap terakhir dari perkembangan teknologi imersi visual, dan intinya adalah ruang digital online yang setara dengan dunia nyata, yang sedang menjadi bidang praktis bagi inovasi dan pengembangan masyarakat manusia. - Keunggulan utama dari metaverse pengajaran bahasa Inggris adalah bahwa teknologi metaverse ini dapat menyediakan pengajaran yang imersif dan interaktif bagi guru maupun mahasiswa, yang secara bersama-sama dapat memenuhi kebutuhan pengajaran dan pembelajaran dari para guru maupun mahasiswa, baik dalam dunia fisik maupun dunia virtual. - Analisis data berbasis pengalaman terkait tiga jenis kegiatan pembelajaran menunjukkan bahwa pengajaran bahasa Inggris situasional berbasis pengalaman yang didukung dengan metaverse dapat mendorong rasa interaktivitas, imersi, dan kognisi mahasiswa. Selain itu, keakurasian dan waktu analisis dari model paduan CNN–RNN ternyata jauh 	<p>sistem pembelajaran arsitektur berbasis metaverse dengan melibatkan komunitas.</p>
--	--	--	--	---

			lebih tinggi daripada model standar.	
--	--	--	--------------------------------------	--

Sumber: Diolah dari kajian pustaka atas penelitian terdahulu (2022)



Gambar 2.1
Kerangka Pemikiran

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Motivasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan motivasi mengenalkan pentingnya sistem pembelajaran bidang arsitektur menggunakan teknologi metaverse. Dalam proses pengembangan sistem pembelajaran arsitektur berbasis metaverse ini, peneliti juga ingin menunjukkan perlunya keterlibatan komunitas dan persepsi pengguna bidang arsitektur agar sistem pembelajaran yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan dan harapan mereka dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran arsitektur itu sendiri. Diharapkan, sistem pembelajaran arsitektur berbasis metaverse ini dapat memberi kemudahan kepada komunitas dosen dan mahasiswa dalam mempelajari berbagai sisi arsitektur dengan memasuki dunia virtual dan mereka dapat memahami materi yang diajarkan serta memecahkan permasalahan arsitektur yang dihadapi secara interaktif, kolaboratif, dan imersif dengan solusi tepat tanpa harus mencari berbagai referensi wujud nyata arsitektur di dunia fisik atau dunia nyata.

Studi literatur Yose Indarta, Ambiyar, Agariadne Dwinggo Samala, Ronal Watrianthos (2022) berjudul “Metaverse: Tantangan dan Peluang dalam Pendidikan” menyimpulkan bahwa implementasi Metaverse di dunia pendidikan memiliki peluang besar dalam menunjang proses pelaksanaan pendidikan menjadi lebih baik. Pendidikan berbasis audiovisual merupakan aplikasi Metaverse paling populer dan banyak digunakan dalam pembelajaran. Berdasar penelitian, pendidikan berbasis pengalaman menjadi lebih baik, apakah melalui belajar secara langsung maupun simulasi didukung teknologi.

Dengan konsep pembelajaran matakuliah Perkembangan Arsitektur 1 yang dilakukan dengan metode metaverse, pembelajaran secara online ini dapat dilakukan dengan lebih interaktif. Dalam proses metaverse menyediakan banyak dukungan-dukungan pada proses pembelajaran online dengan tidak menghilangkan pengalaman belajar di kampus. Metode belajar di mana saja dan kapan saja menjadi konsep menarik yang disenangi banyak pihak. Seharusnya

waktu, ruang dan biaya dan lainnya dapat dipangkas dengan kehadiran teknologi metaverse.

3.2 Kerangka Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam mencapai tujuan utama, yaitu pengembangan sistem pembelajaran arsitektur berbasis metaverse, terutama terkait perkembangan arsitektur. Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap, antara lain:

Tabel 3.2
Tahapan Pengembangan Sistem Pembelajaran
Perkembangan Arsitektur 1 Berbasis Metaverse

No.	Tahapan	Proses	Hasil
1.	Identifikasi topik pembelajaran	- Menghimpun materi pembelajaran Perkembangan Arsitektur selama satu semester	- Himpunan materi pembelajaran Perkembangan Arsitektur selama satu semester
2.	Konstruksi dunia visual	- Melakukan konstruksi visual (konstruksi fisik dan desain)	- Dunia fisik dan desain visual
		- Menyiapkan latar arsitektur dan tata-letak	- Dunia digital
		- Konstruksi avatar dan konten pembelajaran Perkembangan Arsitektur di dunia digital	- Dunia virtual berbasis konten pembelajaran Perkembangan Arsitektur
3.	Penggunaan Dunia Nyata	- Koneksi dunia virtual	- Persistensi interaksi
		- Interaksi dunia virtual	- Keterlibatan komunitas

4.	Efektivitas Pembelajaran Kolaboratif	- Presensi - Imersi	- Kehadiran dalam realitas yang disimulasi - Kapabilitas metaverse dalam membentuk lingkungan pengguna untuk memahami realitas
		- Pemahaman materi pembelajaran	- Kemampuan memahami materi pembelajaran Perkembangan Arsitektur berbasis metaverse

Penelitian mengenai pengembangan sistem pembelajaran Perkembangan Arsitektur 1 berbasis metaverse ini dilakukan dengan melibatkan komunitas, yang terdiri dari dosen dan mahasiswa, di Program Studi S1 Arsitektur, Jurusan Teknik Arsitektur. Peneliti melibatkan dosen matakuliah Perkembangan Arsitektur 1 dan 200 mahasiswa semester 3 yang mengambil matakuliah Perkembangan Arsitektur, yaitu sekitar 200 mahasiswa, yang terdiri dari 40 mahasiswa per kelas dari empat kelas.

1. Identifikasi Topik Pembelajaran

Peneliti melakukan identifikasi topik pembelajaran tentang arsitektur dalam matakuliah Perkembangan Arsitektur. Pembelajaran ini dilakukan pada mahasiswa dari semester III dalam Program Studi S1 Arsitektur, Jurusan Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gunadarma. Pada tahap ini, peneliti menghimpun materi pembelajaran Perkembangan Arsitektur 1 selama satu semester, sehingga terbentuk suatu himpunan materi pembelajaran Perkembangan Arsitektur selama satu semester yang siap dimasukkan dalam

sistem pembelajaran Perkembangan Arsitektur berbasis metaverse. Dalam penelitian ini, beberapa topik pembelajaran ditemukan dalam matakuliah Perkembangan Arsitektur 1.

- a. Perkembangan arsitektur di Indonesia dan latar belakang pembentukannya.
- b. Pengaruh kebudayaan Hindu, Budha, Islam, serta kolonial belanda dan arsitek-arsitek yang terlibat aktif di dalamnya.
- c. Arsitektur tradisional di Daerah Sumatera yang diwakili rumah tradisional di Aceh, Riau, Minangkabau, Batak.
- d. Arsitektur tradisional di Kalimantan yang diwakili rumah Panjang/ Lamin.
- e. Arsitektur tradisional di Daerah Sulawesi yang diwakili rumah Makasar/ Minahasa/ Toraja.
- f. Arsitektur tradisional di Daerah Jawa dan Bali yang diwakili rumah Jawa/ Sunda dan Bali.
- g. Arsitektur tradisional di Daerah Bali yang diwakili rumah tradisional Bali.
- h. Perkembangan arsitektur di Indonesia setelah masa kemerdekaan sampai sekarang termasuk gejala-gejala yang mendasarinya.

Tabel 3.1

**Bahan Ajar dalam Sistem Pembelajaran Perkembangan Arsitektur 1 Berbasis Metaverse
di Jurusan Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gunadarma (2022)**

No.	Topik	Bahan Kajian	Efektivitas Pembelajaran
1.	Perkembangan arsitektur di Indonesia dan latar belakang pembentukannya	<ul style="list-style-type: none"> - Pengantar - Perkembangan Arsitektur - Awal perkembangan arsitektur dan kebudayaan sebagai dasar pembentukannya 	<p><u>Mahasiswa mampu menguraikan</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Awal perkembangan arsitektur dan kebudayaan sebagai dasar pembentukannya Dasar Kebudayaan Timur dan Barat <p><u>Mahasiswa dapat menjelaskan</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Perkembangan umum arsitektur dan kebudayaan sebagai dasar pembentukan arsitektur tersebut
2.	Pengaruh kebudayaan Hindu, Budha, Islam, serta kolonial belanda dan arsitek-arsitek yang terlibat aktif di dalamnya	<ul style="list-style-type: none"> - Arsitektur pengaruh kebudayaan Hindu, Budha, Islam, Barat (kolonial) 	<p><u>Mahasiswa mampu menguraikan</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Pengaruh kebudayaan Hindu, Budha pada arsitektur di Indonesia - Pengaruh kebudayaan islam pada arsitektur di Indonesia - Pengaruh kolonial belanda pada arsitektur di Indonesia dan arsitek- arsitek Belanda yang terlibat aktif dalam perkembangan arsitektur di Indonesia

3.	Arsitektur tradisional di Daerah Sumatera yang diwakili rumah tradisional di Aceh, Riau, Minangkabau, Batak	<ul style="list-style-type: none"> - Arsitektur tradisional Aceh, Riau, Minangkabau, Batak 	<u>Mahasiswa dapat menguraikan secara umum</u> <ul style="list-style-type: none"> - Pengaruh sistem kekerabatan dan kepercayaan masyarakat pada arsitektur tradisional - Pola-pola kampung tradisional secara konseptual beserta konsep ruang dalam arsitektur tradisional
4.	Arsitektur tradisional di Daerah Kalimantan yang diwakili rumah Panjang/ Lamin.	<ul style="list-style-type: none"> - Arsitektur tradisional dayak - Pengenalan sistem kekerabatan dan kepercayaan masyarakat tradisional daerah setempat - Pengenalan pola kampung tradisional, letak dan orientasinya - Pengenalan rumah tradisional Rumah Panjang/Lamin sebagai rumah tradisional dayak 	<u>Mahasiswa dapat menguraikan secara umum</u> <ul style="list-style-type: none"> - Pengaruh sistem kekerabatan dan kepercayaan masyarakat pada arsitektur tradisional - Pola-pola kampung tradisional secara konseptual beserta konsep ruang dalam arsitektur tradisional
5.	Arsitektur tradisional di Daerah Sulawesi yang diwakili rumah Makasar/ Minahasa/ Toraja	<ul style="list-style-type: none"> - Arsitektur tradisional Makasar, Minahasa, Toraja - Pengenalan sistem kekerabatan dan kepercayaan masyarakat tradisional daerah setempat - Pengenalan pola kampung tradisional, letak dan orientasinya - Pengenalan rumah tradisional 	<u>Mahasiswa dapat menguraikan secara umum</u> <ul style="list-style-type: none"> - Pengaruh sistem kekerabatan dan kepercayaan masyarakat pada arsitektur tradisional

6.	Arsitektur tradisional di Daerah Jawa dan Bali yang diwakili rumah Jawa/Sunda dan Bali	<ul style="list-style-type: none"> - Arsitektur tradisional Jawa, Sunda. - Pola orientasi alam pada arsitektur tradisional - Fungsi ruang dalam rumah tradisional Jawa, Sunda - Keterkaitan antara sistem kekerabatan dan sistem religi setempat 	<p><u>Mahasiswa dapat menguraikan</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Pola desa dan bentuk arsitektur yang lahir (umum) <p><u>Mahasiswa dapat menerapkan</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Konsep dan pola orientasi arsitektur tradisional terhadap fungsi-fungsi baru yang ada sekarang
7.	Arsitektur tradisional di Daerah Bali yang diwakili rumah tradisional Bali	<ul style="list-style-type: none"> - Arsitektur tradisional Bali - Fungsi Undagi dalam arsitektur tradisional Bali - Konsep Nawa Sangah - Pola orientasi alam pada arsitektur tradisional - Fungsi ruang dalam rumah tradisional Bali - Keterkaitan antara sistem kekerabatan dan sistem religi setempat 	<p><u>Mahasiswa dapat menguraikan</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Pola desa dan bentuk arsitektur yang lahir (umum) <p><u>Mahasiswa dapat menerapkan</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Konsep dan pola orientasi arsitektur tradisional terhadap fungsi-fungsi baru yang ada sekarang
8.	Perkembangan arsitektur di Indonesia setelah masa kemerdekaan sampai sekarang termasuk gejala-gejala yang mendasarinya	<ul style="list-style-type: none"> - Arsitektur di Indonesia setelah masa kemerdekaan sampai sekarang 	<p><u>Mahasiswa dapat menjelaskan</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Perkembangan arsitektur di Indonesia setelah masa kemerdekaan sampai sekarang termasuk gejala-gejala yang mendasarinya

2. Konstruksi Dunia Visual

Pada tahap ini, peneliti melakukan konstruksi dunia visual atas dasar materi pembelajaran Perkembangan Arsitektur, baik konstruksi fisik maupun konstruksi desain. Tujuannya adalah membentuk dunia fisik dan desain visual sebagai dasar terbentuknya dunia digital menuju dunia virtual terkait Perkembangan Arsitektur. Setelah itu, peneliti menyiapkan latar arsitektur dan tata-letak sesuai dengan materi pembelajaran yang sudah dipersiapkan terkait Perkembangan Arsitektur. Dalam mewujudkan sistem pembelajaran Perkembangan Arsitektur 1 berbasis metaverse ini, peneliti juga melakukan konstruksi avatar dan konten pembelajaran Perkembangan Arsitektur 1 di dalam dunia digital, sehingga terbentuk dunia virtual berbasis konten pembelajaran Perkembangan Arsitektur.

3. Penggunaan Dunia Nyata

Pada tahap ini, peneliti menerapkan sistem pembelajaran Perkembangan Arsitektur berbasis metaverse yang sudah dikembangkan untuk digunakan dalam dunia nyata. Penerapan sistem pembelajaran berbasis metaverse ini dilakukan pada komunitas dosen dan mahasiswa semester 3 Jurusan Teknik Arsitektur, Program Studi S1 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Gunadarma. Dalam hal ini, komunitas dosen dan mahasiswa ini melakukan koneksi ke dunia virtual berupa sistem pembelajaran Perkembangan Arsitektur berbasis metaverse dan semua jenis kegiatan yang dilakukan dalam menyelesaikan masalah dan menyediakan solusi yang diperlukan dapat tersimpan dalam basis data server, sehingga dapat diambil kembali setiap kali mereka masuk dan terlibat kembali dalam sistem pembelajaran virtual kolaboratif ini. Dalam sistem pembelajaran virtual kolaboratif ini, komunitas dosen dan mahasiswa dapat berinteraksi satu sama lain dalam penyelesaian masalah yang ada dan mencari solusi yang diperlukan, sehingga mereka benar-benar dapat hadir dan terlibat di dalam sistem pembelajaran Perkembangan Arsitektur 1 berbasis metaverse secara intensif, interaktif, dan imersif.

4. Efektivitas Pembelajaran Kolaboratif

Pada tahap ini, peneliti menguji efektivitas pembelajaran kolaboratif yang didasarkan pada persepsi pengguna mengenai sistem pembelajaran Perkembangan Arsitektur 1 berbasis metaverse. Persepsi pengguna ini berkaitan dengan aspek *input*, *proses*, *output*, dan *outcome* dari sistem pembelajaran berbasis metaverse tersebut. *Pertama*, pada aspek input, persepsi pengguna dieksplorasi dan dievaluasi tentang kelengkapan dan kememadaian dari materi pembelajaran Perkembangan Arsitektur selama satu semester, baik narasi, grafik, interaksi maupun teknik visualisasinya. *Kedua*, pada aspek proses, persepsi pengguna dieksplorasi dan dievaluasi tentang ketepatan konstruksi fisik dan konstruksi desain, ketepatan latar arsitektur dan tata letak dunia digital, serta ketepatan karakter avatar yang merepresentasi pengguna dalam dunia virtual beserta konten pembelajaran yang dimasukkan ke dalam sistem pembelajaran Perkembangan Arsitektur berbasis metaverse. *Ketiga*, pada aspek output, persepsi pengguna dieksplorasi dan dievaluasi mengenai konektivitas dan persistensi pengguna ke dunia virtual, interaktivitas dan keterlibatan pengguna di dunia virtual, dan presensi serta imersi pengguna dalam komunitas dunia virtual. *Keempat*, pada aspek *outcome*, persepsi pengguna juga dieksplorasi dan dievaluasi tentang ketercapaian tujuan dari pembelajaran Perkembangan Arsitektur 1 berbasis metaverse sesuai dengan kriteria dan indikator yang ditetapkan dosen pengampu.

3.3 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental terhadap sistem pembelajaran Perkembangan Arsitektur berbasis metaverse yang dikembangkan dalam komunitas dosen dan mahasiswa Jurusan Teknik Arsitektur, Program Studi S1 Arsitektur Universitas Gunadarma. Sistem pembelajaran berbasis metaverse ini dikembangkan sesuai dengan materi pembelajaran Perkembangan Arsitektur 1 di kalangan mahasiswa Jurusan Teknik Arsitektur semester 3. Apabila pengembangan sistem pembelajaran ini sudah selesai, model pembelajaran berbasis metaverse tersebut diuji validitas dan reliabilitasnya dengan melibatkan penilaian objektif dan otoritatif dari para ahli,

baik ahli materi maupun media pembelajaran. Jika model sistem pembelajaran berbasis metaverse ini sudah dinyatakan valid dan reliabel, model tersebut diujicobakan kepada komunitas pengguna yang terdiri dari dosen dan mahasiswa dari Jurusan Teknik Arsitektur semester 3, sehingga akhirnya dapat diketahui efektivitas pembelajaran kolaboratif berbasis metaverse tersebut sesuai dengan kriteria dan indikator yang ditetapkan oleh dosen pengampu.

Efektivitas pembelajaran kolaboratif berbasis metaverse dalam penelitian ini dievaluasi dengan melihat peningkatan pemahaman mahasiswa mengenai materi pembelajaran Perkembangan Arsitektur sesuai dengan kriteria dan indikator yang ditetapkan oleh dosen pengampu. Dari hasil uji efektivitas sistem pembelajaran ini, diharapkan dapat diketahui sejumlah kelebihan dan kekurangannya, sehingga dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan rekomendasi dalam meningkatkan kualitas sistem pembelajaran Perkembangan Arsitektur berbasis metaverse tersebut.

Bibliografi

- Akour, I.A., Al-Marroof, R.S., Alfaisal, R. and Salloum, S.A/ (2022), A conceptual framework for determining metaverse adoption in higher institutions of gulf area: An empirical study using hybrid SEM-ANN approach, *Computers and Education: Artificial Intelligence* 3 DOI <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100052>
- Allcoat, D., Hatchard, T., Azmat, F., Stansfield, K., Watson, D., and von Muhlenen, A., (2021), Education in the digital age: learning experience in virtual and mixed realities, *Journal of Educational Computing Research*, Vol. 59, No. 5, pp. 795–816.
- AlQudah, A.A., Salloum, S.A., and Shaalan, K. (2021). The role of technology acceptance in healthcare to mitigate COVID-19 outbreak. *Emerging Technologies During the Era of COVID-19 Pandemic*, 348, 223.
- Amato, C., Bevilacqua, G., and Uras, S. (2018), Smart Heritage Strategy: a new intelligence for resilient historical centers, *World Heritage and Knowledge: Representation, Restoration, Redesign, Resilience*, XVI International Forum 16 June.
- Ando, Y., Thawonmas, R., and Rinaldo, F. (2013). Inference of viewed exhibits in a metaverse museum. In 2013 International Conference on Culture and Computing (pp. 218–219).
- Chen, X., Zou, Di, & Haoran Xie, G. C. (2022). Two decades of artificial intelligence in education: Contributors, collaborations, research topics, challenges, and future directions. *Educational Technology & Society*, 25(1), 28–47.
- Choi, S., Yoon, K., Kim, M., Yoo, J., Lee, B., Song, I., and Woo, J. (2022), Building Korean DMZ Metaverse Using a Web-based Metaverse Platform. *Applied Science*, 12, 7908. DOI <https://doi.org/10.3390/app12157908>
- Choi, K., Yoon, Y.J., Song, O.Y., and Choi, S.M. (2018), Interactive and immersive learning using 360 virtual reality contents on mobile platforms, *Mobile Information Systems*, vol. 2018, Article ID 2306031.

- Díaz, J., Saldana, C., and Avila, C. (2020), Virtual world as a resource for hybrid education, *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 15(15), 94–109.
- Gonzalez, C.A., Figueroa, I.J., Bellows, B.G., Rhodes, D, and Youmans, R.J. (2008), A New Behavioral Measure of Cognitive Flexibility, DOI https://doi.org/10.1007/978-3-642-39360-0_33
- Guo, H. and Gao, W. (2022). Metaverse-Powered Experiential Situational English-Teaching Design: An Emotion-Based Analysis Method, *Frontiers in Psychology* 13, DOI <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.859159>
- Han, H.C. (2020), From visual culture in the immersive metaverse to visual cognition in education. In *Cognitive and affective perspectives on immersive technology in education* (pp. 67–84). IGI Global.
- Jensen, L. and Konradsen, F., (2018), A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training, *Education and Information Technologies*, vol. 23, no. 4, pp. 1515–1529.
- 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.
- Kefalis, C., and Drigas, A. (2019), Web based and online applications in STEM education, *International Journal of Engineering Pedagogy*, 9(4), 76–85.
- Maas, M.J. and Hughes, J.M., Virtual, augmented and mixed reality in K–12 education: a review of the literature, *Technology, Pedagogy and Education*, Vol. 29, No. 2, pp. 231–249.
- Marks, B. and Thomas, J. (2022), Adoption of virtual reality technology in higher education: an evaluation of five teaching semesters in a purpose-designed laboratory, *Education and Information Technologies*, Vol. 27, No. 1, pp. 1287–1305.
- Mutterlein, The three pillars of virtual reality? Investigating the roles of immersion, presence, and interactivity,” in *Proceeding of the presented at*

the 51st Hawaii international conference on system sciences, Hawaii, January 2018.

Lavie T. and Meyer, J. (2010), Benefits and costs of adaptive user interfaces, *International Journal of Human-Computer Studies* 68(8):508-524, DOI:10.1016/j.ijhcs.2010.01.004

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.

Petrigna, L. and Musumeci, G. (2022), The Metaverse: A New Challenge for the Healthcare System: A Scoping Review. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 7, 63. <https://doi.org/10.3390/jfmk7030063>

Rasimah, C., M. Nurazean, M. Salwani, M. Norziha, and I. Roslina, “A systematic literature review of factors influencing acceptance on Mixed Reality technology,” *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 10, no. 23, Article ID 18239, 2015.

Srisawat, S. and Piriyasurawong, P. (2022), Metaverse Virtual Learning Management Based on Gamification Techniques Model to Enhance Total Experience, *International Education Studies*, Vol. 15, No. 5, DOI URL: <https://doi.org/10.5539/ies.v15n5p153>

Talan, T., & Kalinkara, Y. (2022). Students' opinions about the educational use of the metaverse. *International Journal of Technology in Education and Science (IJTES)*, 6(2), 333-346. DOI <https://doi.org/10.46328/ijtes.385>

Tarouco, L., Gorziza, B., Correa, Y., Amaral, E. M. H., and Müller, T. (2013). Virtual laboratory for teaching Calculus: An immersive experience. In 2013 *IEEE global engineering education conference (EDUCON)* (pp. 774–781).

Teng, Z., Cai, Y., Gao, Y., Zhang, X., and Li, X. (2022), Factors Affecting Learners’ Adoption of an Educational Metaverse Platform: An Empirical Study Based on an Extended UTAUT Model, *Mobile Information Systems*, Volume 2022, DOI <https://doi.org/10.1155/2022/5479215>

Zhao, Y., Jiang, J., Chen, Y., Liu, R., Yang, Y., Xue, X., and Chen, S. (2022),
Metaverse: Perspectives from graphics, interactions and visualization,
Visual Informatics 6 (2022) 56–67, DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.visinf.2022.03.002>