

PENGEMBANGAN APLIKASI VIRTUAL TOUR KAMPUS BERBASIS XR MENGUNAKAN UNITY UNTUK META QUEST 2 DENGAN CHATBOT AI LLAMA

Farhan Maulana[✉], Ni Gusti Ayu Putu Harry Saptarini, I Putu Astya Prayudha,
Gde Brahupadhyia Subiksa

Program Studi Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak, Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Bali,
Badung, Indonesia

Email: rho180821@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.46880/jmika.Vol10No1.pp260-268>

ABSTRACT

The development of Extended Reality (XR) technology creates new opportunities in delivering more immersive and interactive digital information, particularly in higher education environments. However, current campus promotion media are still dominated by static visual presentations and have not been able to provide natural two-way interaction for users. This study aims to develop an XR-based campus virtual tour application using Unity for the Meta Quest 2 device integrated with an Artificial Intelligence chatbot based on the Large Language Model (LLaMA). The application enables users to explore the campus environment in a three-dimensional virtual space, interact with campus objects, and ask questions through voice input to obtain real-time responses. The research method used is Research and Development (R&D) with an experimental software engineering approach and Agile iterative incremental development model. System development includes XR environment implementation, speech-to-text integration, prompt delivery to the LLaMA model through REST API using LM Studio as a self-hosted AI server, and text-to-speech response generation. System evaluation was conducted using black box testing, performance testing on AI response latency and frame rate stability, and usability evaluation using the User Acceptance Testing (UAT). The expected result of this research is an interactive, stable, and responsive campus virtual tour application capable of providing a more immersive information experience while functioning as an independent digital promotion medium without dependence on cloud-based AI services.

Keyword: Extended Reality, Virtual Reality, LLaMA, Artificial Intelligence Chatbot, Campus Virtual Tour.

ABSTRAK

Perkembangan teknologi Extended Reality (XR) membuka peluang baru dalam penyampaian informasi digital yang lebih imersif dan interaktif, khususnya pada lingkungan pendidikan tinggi. Namun, media promosi kampus yang tersedia saat ini masih didominasi oleh penyajian visual statis dan belum mampu memberikan interaksi dua arah secara natural kepada pengguna. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi virtual tour kampus berbasis XR menggunakan Unity untuk perangkat Meta Quest 2 yang terintegrasi dengan chatbot Artificial Intelligence berbasis Large Language Model (LLaMA). Aplikasi ini memungkinkan pengguna menjelajahi lingkungan kampus dalam ruang virtual tiga dimensi, berinteraksi dengan objek kampus, serta mengajukan pertanyaan melalui input suara untuk memperoleh jawaban secara langsung. Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan pendekatan rekayasa perangkat lunak eksperimental dan model pengembangan Agile iterative incremental. Proses pengembangan sistem meliputi implementasi lingkungan XR, integrasi speech-to-text, pengiriman prompt ke model LLaMA melalui REST API menggunakan LM Studio sebagai server AI self-hosted, serta pembangunan respons menggunakan text-to-speech. Evaluasi sistem dilakukan melalui black box testing, pengujian performa terhadap latency respons AI dan kestabilan frame rate, serta evaluasi usability menggunakan User Acceptance Test (UAT). Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah aplikasi virtual tour kampus yang interaktif, stabil, dan responsif serta mampu memberikan pengalaman informasi yang lebih imersif sekaligus menjadi media promosi digital mandiri tanpa ketergantungan pada layanan AI berbasis cloud.

Kata Kunci: Extended Reality, Virtual Reality, LLaMA, Chatbot Artificial Intelligence, Virtual Tour Kampus.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi Extended Reality (XR) telah menghadirkan integrasi antara dunia fisik dan dunia virtual yang memungkinkan terciptanya pengalaman digital yang lebih impresif dan interaktif dalam berbagai bidang, termasuk pendidikan. Pada lingkungan perguruan tinggi, pemanfaatan teknologi digital menjadi semakin penting sebagai media promosi dan penyampaian informasi kepada calon mahasiswa maupun masyarakat umum (Thahir et al., 2024; Yusuf et al., 2026). Salah satu implementasi teknologi tersebut adalah virtual tour kampus berbasis Virtual Reality (VR), yang memungkinkan pengguna menjelajahi lingkungan kampus secara virtual tanpa harus datang langsung ke lokasi (Latifah & Antika, 2025). Pendekatan ini dinilai efektif dalam mengatasi keterbatasan jarak, waktu, dan kondisi tertentu dalam proses pengenalan lingkungan kampus.

Meskipun demikian, sebagian besar aplikasi virtual tour kampus yang tersedia saat ini masih bersifat statis dan berfokus pada penyajian visual lingkungan semata. Pengguna hanya dapat melihat representasi bangunan dan fasilitas tanpa memperoleh interaksi dua arah yang mampu memberikan penjelasan secara kontekstual dan dinamis. Kondisi tersebut menyebabkan pengalaman pengguna menjadi kurang komunikatif karena sistem belum mampu merespons pertanyaan pengguna secara langsung mengenai informasi kampus, fasilitas, jurusan, maupun layanan akademik.

Perkembangan Artificial Intelligence (AI), khususnya Large Language Model (LLM), membuka peluang baru dalam pengembangan sistem virtual tour yang lebih interaktif dan responsif. Integrasi teknologi Speech-to-Text (STT), Large Language Model, dan Text-to-Speech (TTS) memungkinkan pengguna melakukan komunikasi secara natural melalui suara di dalam lingkungan virtual. Dengan pendekatan tersebut, pengguna dapat mengajukan pertanyaan menggunakan bahasa alami, kemudian sistem memberikan jawaban secara otomatis dalam bentuk teks maupun audio. Implementasi AI berbasis percakapan pada lingkungan XR diharapkan mampu meningkatkan pengalaman eksplorasi kampus menjadi lebih realistis, komunikatif, dan adaptif terhadap kebutuhan pengguna.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengintegrasikan teknologi Virtual Reality dengan chatbot berbasis AI untuk membangun agen virtual interaktif dalam bidang edukasi dan pelatihan (Aini et al., 2024; Suriyanto et al., 2025). Namun, sebagian besar implementasi tersebut masih bergantung pada layanan AI berbasis cloud yang membutuhkan koneksi internet

stabil serta memiliki keterbatasan dalam aspek kontrol data, privasi, dan biaya operasional jangka panjang. Selain itu, ketergantungan terhadap layanan pihak ketiga menyebabkan fleksibilitas pengembangan sistem menjadi lebih terbatas.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan pengembangan aplikasi virtual tour kampus berbasis XR menggunakan Unity pada perangkat Meta Quest 2 yang diintegrasikan dengan chatbot berbasis Large Language Model (LLaMA) yang dijalankan secara self-hosted melalui LM Studio. Sistem yang dikembangkan menerapkan mekanisme komunikasi REST API untuk menghubungkan lingkungan XR dengan model AI lokal, serta memanfaatkan pipeline berbasis suara yang terdiri dari Speech-to-Text (STT), pemrosesan oleh LLaMA, dan Text-to-Speech (TTS). Pendekatan self-hosted ini diharapkan mampu menghasilkan sistem yang lebih mandiri, fleksibel, dan tidak bergantung pada layanan AI berbasis cloud.

Tujuan penelitian ini adalah merancang dan membangun aplikasi virtual tour kampus berbasis XR yang mampu memberikan pengalaman eksplorasi kampus secara imersif dan interaktif melalui integrasi chatbot AI berbasis LLaMA. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi performa sistem berdasarkan aspek fungsionalitas, latency respons AI, dan usability pengguna menggunakan metode User Acceptance Test (UAT). Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan lingkungan virtual tour kampus berbasis XR yang mengintegrasikan teknologi Speech-to-Text (STT), Large Language Model (LLaMA) yang dijalankan secara self-hosted, dan Text-to-Speech (TTS) ke dalam satu alur interaksi percakapan berbasis suara secara real-time pada perangkat standalone Meta Quest 2. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya berfokus pada visualisasi virtual tour atau memanfaatkan layanan AI berbasis cloud, penelitian ini menghadirkan pendekatan AI lokal yang memungkinkan kontrol data yang lebih baik, pengurangan ketergantungan terhadap layanan pihak ketiga, serta peningkatan fleksibilitas pengelolaan sistem. Selain itu, penelitian ini mengeksplorasi penerapan chatbot berbasis LLM sebagai agen informasi interaktif dalam lingkungan virtual kampus untuk mendukung penyampaian informasi yang lebih komunikatif dan adaptif terhadap kebutuhan pengguna.

TINJAUAN PUSTAKA

Extended Reality (XR) dan Virtual Reality (VR)

Perkembangan teknologi Extended Reality (XR) dan Virtual Reality (VR) telah mendorong

pemanfaatannya dalam bidang pendidikan, pelatihan, dan promosi institusi. Virtual tour berbasis VR menjadi salah satu implementasi yang banyak digunakan karena mampu memberikan pengalaman eksplorasi lingkungan secara imersif dan interaktif tanpa kehadiran fisik pengguna di lokasi tertentu. Teknologi ini memungkinkan pengguna memperoleh gambaran visual dan spasial mengenai suatu lingkungan melalui representasi tiga dimensi yang dapat dijelajahi secara virtual.

Penelitian mengenai virtual campus tour berbasis metaverse menunjukkan bahwa lingkungan kampus virtual mampu meningkatkan keterlibatan (engagement) pengguna serta memberikan alternatif media promosi pendidikan yang lebih interaktif dibandingkan media konvensional (Yusuf et al., 2026). Selain itu, kajian mengenai virtual tour untuk fasilitas pendidikan juga menyatakan bahwa teknologi VR mampu meningkatkan pengalaman pengguna melalui visualisasi ruang yang lebih realistis dan kontekstual (Cardona et al., 2023). Dalam konteks XR, konsep immersion dan presence menjadi faktor penting yang memengaruhi pengalaman pengguna dalam lingkungan virtual. Tingkat immersion yang tinggi memungkinkan pengguna merasakan keterlibatan yang lebih mendalam terhadap lingkungan digital yang ditampilkan (Cheng et al., 2025).

Unity sebagai Platform Pengembangan XR Chatbot dan Large Language Model (LLM)

Perkembangan Artificial Intelligence (AI), khususnya Large Language Model (LLM), membuka peluang baru dalam pengembangan sistem percakapan cerdas. Chatbot berbasis LLM memiliki kemampuan memahami konteks percakapan dan menghasilkan respons yang lebih natural dibandingkan sistem berbasis aturan konvensional (Cabezas et al., 2024; Maslych et al., 2025). Integrasi LLM ke dalam lingkungan VR telah diterapkan dalam beberapa penelitian untuk membangun agen virtual percakapan dalam konteks edukasi dan pelatihan (Thahir et al., 2024). Sistem tersebut umumnya menggunakan pipeline berbasis suara yang terdiri dari Speech-to-Text (STT), pemrosesan oleh LLM, dan Text-to-Speech (TTS) untuk menciptakan interaksi berbasis suara secara real-time.

LLaMA dan Pendekatan Self-Hosted

Penelitian mengenai conversational avatar berbasis VR menunjukkan bahwa integrasi LLM lokal mampu menciptakan sistem percakapan yang responsif tanpa ketergantungan penuh terhadap layanan cloud (Maslych et al., 2025). Pendekatan ini dinilai lebih

fleksibel dalam aspek kontrol data, privasi, serta pengelolaan sistem AI secara mandiri. Salah satu model yang banyak digunakan adalah LLaMA (Large Language Model Meta AI), yang dapat dijalankan secara lokal menggunakan platform seperti LM Studio (LM Studio, 2025). Pendekatan self-hosted memungkinkan sistem AI berjalan pada server lokal tanpa memerlukan layanan API eksternal.

Berbagai penelitian sebelumnya umumnya menggunakan layanan AI berbasis cloud seperti OpenAI API atau layanan sejenis karena kemudahan implementasi dan kemampuan model yang tinggi. Namun, pendekatan tersebut memiliki beberapa keterbatasan, seperti ketergantungan terhadap koneksi internet, biaya penggunaan layanan, serta keterbatasan kontrol terhadap data yang diproses. Sebaliknya, pendekatan self-hosted menggunakan LLaMA memungkinkan model dijalankan secara lokal sehingga memberikan fleksibilitas yang lebih tinggi dalam pengelolaan sistem dan privasi data, meskipun memerlukan sumber daya komputasi yang lebih besar pada sisi server.

Selain itu, pendekatan Retrieval-Augmented Generation (RAG) juga mulai diterapkan dalam pengembangan chatbot berbasis LLM untuk meningkatkan relevansi dan akurasi jawaban (El Hajji et al., 2025; Kim et al., 2023). Dengan pendekatan ini, sistem dapat mengambil informasi dari basis pengetahuan tertentu sebelum menghasilkan respons, sehingga dapat mengurangi kemungkinan terjadinya hallucination pada model generatif.

Penelitian Terdahulu dan Research Gap

Berdasarkan kajian penelitian terdahulu, integrasi teknologi VR dan LLM telah banyak diterapkan pada bidang pelatihan bahasa, tutoring virtual, serta agen percakapan edukatif (Maslych et al., 2025; Thahir et al., 2024; Yusuf et al., 2026). Namun, sebagian besar implementasi masih bergantung pada layanan AI berbasis cloud dan belum secara spesifik mengkaji pengembangan virtual tour kampus berbasis XR yang diintegrasikan dengan chatbot LLaMA berbasis self-hosted pada perangkat standalone seperti Meta Quest 2.

Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pengembangan aplikasi virtual tour kampus berbasis XR menggunakan Unity yang diintegrasikan dengan chatbot AI LLaMA melalui mekanisme REST API lokal menggunakan LM Studio sebagai server AI self-hosted. Penelitian ini juga menerapkan sistem percakapan berbasis suara melalui pipeline Speech-to-Text (STT), pemrosesan oleh LLaMA, dan Text-to-Speech (TTS) guna menciptakan interaksi yang lebih

natural dan interaktif dalam lingkungan virtual. Dengan pendekatan tersebut, sistem yang dikembangkan diharapkan mampu memberikan pengalaman eksplorasi kampus yang lebih imersif, komunikatif, dan mandiri tanpa ketergantungan pada layanan AI berbasis cloud. Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada tiga aspek utama. Pertama, integrasi virtual tour kampus berbasis XR dengan chatbot LLaMA yang dijalankan secara lokal (self-hosted) menggunakan LM Studio. Kedua, penerapan pipeline komunikasi suara end-to-end yang terdiri dari Speech-to-Text (STT), pemrosesan LLaMA, dan Text-to-Speech (TTS) pada perangkat Meta Quest 2. Ketiga, evaluasi sistem tidak hanya dilakukan pada aspek fungsionalitas, tetapi juga mencakup kualitas model AI, performa sistem XR, serta pengalaman pengguna. Kombinasi ketiga aspek tersebut belum banyak ditemukan pada penelitian virtual tour kampus sebelumnya.

Kontribusi ilmiah penelitian ini meliputi tiga aspek utama. Pertama, penelitian ini menghasilkan arsitektur integrasi XR dan Large Language Model (LLM) berbasis self-hosted yang dapat diterapkan pada perangkat virtual reality standalone. Kedua, penelitian ini menunjukkan implementasi pipeline percakapan berbasis suara yang mengintegrasikan Speech-to-Text (STT), pemrosesan LLM, dan Text-to-Speech (TTS) dalam lingkungan virtual kampus secara real-time. Ketiga, penelitian ini memberikan evaluasi terhadap performa model LLaMA lokal dalam konteks penyampaian informasi kampus melalui pengukuran kualitas jawaban, waktu respons, dan pengalaman pengguna. Kontribusi tersebut diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembangan sistem virtual tour interaktif berbasis Artificial Intelligence pada lingkungan pendidikan tinggi.

METODE PENELITIAN

Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian terapan (*applied research*) dan penelitian pengembangan (*research and development / R&D*) yang berfokus pada pembangunan aplikasi virtual tour kampus berbasis *Extended Reality* (XR) yang terintegrasi dengan chatbot berbasis Large Language Model (LLaMA). Pendekatan yang digunakan adalah rekayasa perangkat lunak eksperimental dengan dukungan evaluasi kuantitatif untuk mengukur performa sistem dan pengalaman pengguna.

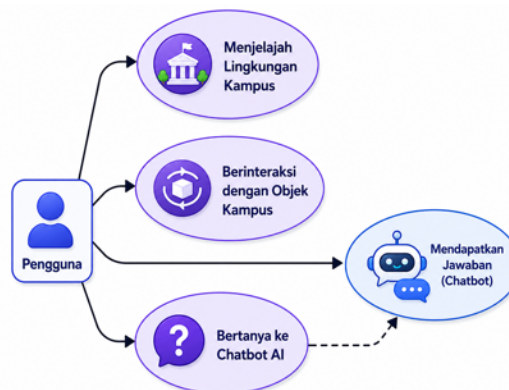
Analisis Kebutuhan Sistem

Sistem yang dikembangkan memiliki kebutuhan fungsional berupa visualisasi lingkungan kampus berbasis XR pada perangkat Meta Quest 2, navigasi dan

interaksi objek virtual, integrasi Speech-to-Text (STT), komunikasi dengan model LLaMA melalui REST API berbasis JSON, serta Text-to-Speech (TTS) untuk menghasilkan jawaban suara secara real-time. Kebutuhan non-fungsional sistem meliputi performa aplikasi minimal 60 FPS pada perangkat VR, waktu respons chatbot kurang dari 3 detik, stabilitas sistem selama penggunaan, serta usability yang diukur menggunakan metode User Acceptance Test (UAT). Sistem juga menerapkan pendekatan self-hosted AI sehingga seluruh proses inferensi dilakukan pada server lokal tanpa layanan cloud eksternal.

Perancangan Sistem

Perancangan sistem dilakukan menggunakan Use Case Diagram dan Activity Diagram untuk menggambarkan interaksi pengguna dengan sistem virtual tour dan chatbot AI. Arsitektur sistem menggunakan pendekatan Client-Server Hybrid Architecture, di mana perangkat Meta Quest 2 berfungsi sebagai client untuk menjalankan aplikasi Unity XR, sedangkan server lokal menjalankan model LLaMA menggunakan LM Studio.



Gambar 1. Use Case Diagram Virtual Tour Kampus

Pengembangan aplikasi dilakukan menggunakan Unity 2022 LTS dengan XR Interaction Toolkit. Sistem percakapan berbasis suara dibangun menggunakan pipeline Speech-to-Text (STT), pemrosesan teks oleh model LLaMA, dan Text-to-Speech (TTS). Komunikasi antara aplikasi Unity dan server AI dilakukan menggunakan REST API berbasis JSON.

Pengujian Sistem

Pengujian penelitian terdiri dari pengujian model, pengujian fungsional sistem, pengujian kinerja, dan pengujian penerimaan pengguna. Pengujian model dilakukan untuk mengevaluasi kualitas jawaban LLaMA menggunakan parameter relevansi jawaban,

ketepatan konteks, serta metrik precision, recall, dan F1-score. Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode Black Box Testing untuk memastikan seluruh fitur berjalan sesuai rancangan. Pengujian kinerja dilakukan dengan mengukur waktu respons sistem, latensi inferensi model, penggunaan memori, frame rate perangkat VR, dan ukuran aplikasi. Selain itu, pengujian penerimaan pengguna dilakukan menggunakan metode User Acceptance Test (UAT) untuk mengevaluasi tingkat kemudahan penggunaan dan pengalaman pengguna terhadap aplikasi yang dikembangkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Model

Pengujian dilakukan terhadap beberapa varian Large Language Model (LLM) yang dijalankan secara lokal menggunakan LM Studio. Dataset pengujian terdiri atas pertanyaan terkait informasi kampus seperti

lokasi gedung, fasilitas, navigasi lingkungan, dan informasi akademik umum.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa model llama-3.2-3b-instruct dengan quantization Q4_K_M memberikan performa terbaik dibandingkan model lainnya. Model tersebut memiliki nilai F1-score yang lebih tinggi serta mampu menghasilkan jawaban yang lebih konsisten dan relevan terhadap konteks pertanyaan.

Berdasarkan hasil pengujian, model lmstudio-community/llama-3.2-3b-instruct dengan quantization Q4_K_M dipilih sebagai model implementasi karena memiliki nilai F1-score tertinggi dan mampu memberikan jawaban yang lebih konsisten dibandingkan model lainnya. Selain itu, model ini mampu menjawab “tidak tahu” ketika informasi tidak tersedia pada basis pengetahuan, sehingga dapat mengurangi potensi halusinasi.

Tabel 1 Hasil Pengujian Model

ID Eksperimen	Model	Dataset	Model Size	Quantization	Inference Time (ms)	Precision	Recall	F1-Score	Keterangan	Deploy
EXP-001	llama-3.2-1b-instruct	CampusQ A-v1	807 MB	Q4_K_M	2870.75	0.375	1.00	0.545	Inferensi cepat namun sering mengalami halusinasi	No
EXP-002	hermes-3-llama-3.2-3b	CampusQ A-v1	2020 MB	Q4_K_M	3781.22	0.55	1.00	0.70	Akurasi lebih baik namun masih kurang stabil	No
EXP-003	bartowski/llama-3.2-3b-instruct	CampusQ A-v1	1920 MB	Q4_0	4622.33	0.965	0.93	0.947	Akurat namun waktu inferensi cukup tinggi	No
EXP-004	lmstudio-community/llama-3.2-3b-instruct	CampusQ A-v1	2020 MB	Q4_K_M	4647.57	0.94	1.00	0.966	Stabil dan mampu mengurangi halusinasi	Yes

Hasil Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode Black Box Testing untuk memastikan seluruh fitur utama berjalan sesuai kebutuhan fungsional

sistem. Fitur yang diuji meliputi navigasi VR, interaksi chatbot, Speech-to-Text (STT), komunikasi REST API, dan Text-to-Speech (TTS).

Tabel 2. Hasil Pengujian Fungsional Sistem

No	Fitur yang Diuji	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Status
1	Interaksi Chatbot	Pengguna menanyakan lokasi ruangan	Sistem memberikan jawaban relevan	Berhasil	Valid
2	Navigasi VR	Pengguna melakukan teleportasi	Sistem memindahkan pengguna ke lokasi tujuan	Berhasil	Valid
3	Speech-to-Text	Pengguna memberikan input suara	Sistem mengubah suara menjadi teks	Berhasil	Valid
4	REST API	Sistem mengirim pertanyaan ke server AI	Server mengembalikan respons	Berhasil	Valid
5	Text-to-Speech	Sistem membacakan jawaban chatbot	Audio jawaban diputar	Berhasil	Valid

Berdasarkan hasil pengujian, seluruh fitur utama sistem berhasil dijalankan dengan baik sesuai skenario pengujian yang telah dirancang.

Hasil Pengujian Kinerja Sistem

Pengujian kinerja dilakukan untuk mengukur performa aplikasi pada perangkat Meta Quest 2 dan server lokal yang menjalankan model LLaMA. Parameter yang diuji meliputi waktu respons chatbot, penggunaan memori, *frame rate*, ukuran aplikasi, serta latensi komunikasi API lokal.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi mampu berjalan secara stabil pada perangkat Meta Quest 2 dengan *frame rate* rata-rata sekitar 30 FPS. Penggunaan memori sistem juga masih berada pada batas optimal sehingga aplikasi dapat dijalankan tanpa gangguan signifikan.

Meskipun waktu respons chatbot masih berada pada kisaran 5 detik, interaksi yang dihasilkan masih dapat dikategorikan *real-time* dalam konteks aplikasi XR berbasis AI lokal.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kinerja Sistem

Parameter	Hasil	Interpretasi
Waktu Respons Chatbot	5,3 detik	Real-time
Penggunaan Memori	460 MB	Optimal
Frame Rate VR	±30 FPS	Stabil
Ukuran Aplikasi	816 MB	Optimal
Latensi API Lokal	4647.57 ms	Dapat diterima

Aplikasi dikembangkan menggunakan Unity 2022 LTS dengan XR Interaction Toolkit sebagai framework utama pengembangan XR. Sistem menggunakan arsitektur client-server hybrid yang memisahkan proses rendering XR dan inferensi AI.

Hasil User Acceptance Test (UAT)

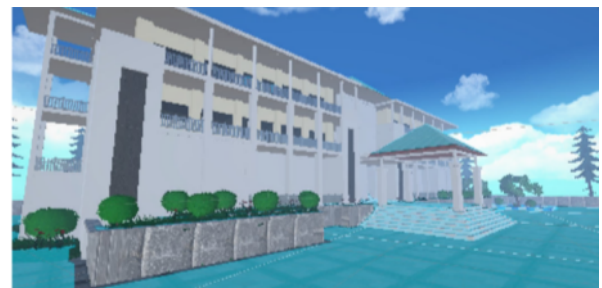
Pengujian User Acceptance Test (UAT) dilakukan untuk mengetahui tingkat penerimaan pengguna terhadap aplikasi virtual tour kampus berbasis XR yang dikembangkan. Pengujian melibatkan sejumlah responden yang diminta menggunakan seluruh fitur utama aplikasi, termasuk navigasi virtual, interaksi chatbot AI, Speech-to-Text (STT), dan Text-to-Speech (TTS).

Tabel 4. Hasil User Acceptance Test (UAT)

Aspek	Responden 1	Responden 2
Navigasi VR mudah digunakan	Ya	Ya
Chatbot menjawab dengan baik	Ya	Ya
STT berfungsi	Ya	Ya
TTS berfungsi	Ya	Ya
Sistem mudah digunakan	Ya	Ya

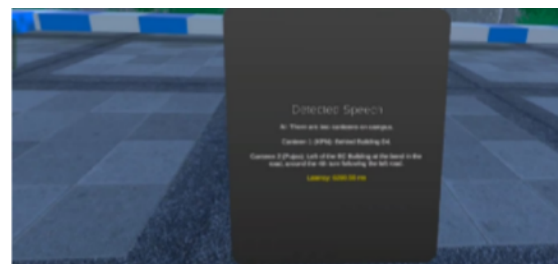
Berdasarkan hasil pengujian UAT, mayoritas responden menyatakan bahwa sistem telah memenuhi kebutuhan fungsional yang diharapkan. Seluruh fitur utama dapat digunakan dengan baik dan mendukung proses eksplorasi lingkungan kampus secara interaktif. Hasil tersebut menunjukkan bahwa aplikasi dapat diterima oleh pengguna sebagai media virtual tour kampus berbasis XR.

Lingkungan virtual kampus dikembangkan dalam bentuk representasi tiga dimensi yang memungkinkan pengguna menjelajahi area kampus secara imersif menggunakan perangkat Meta Quest 2.



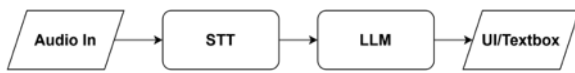
Gambar 2. Implementasi Lingkungan Virtual Kampus

Sistem chatbot diintegrasikan menggunakan model LLaMA yang dijalankan secara lokal melalui LM Studio. Pengguna dapat mengajukan pertanyaan menggunakan suara maupun teks terkait informasi kampus.



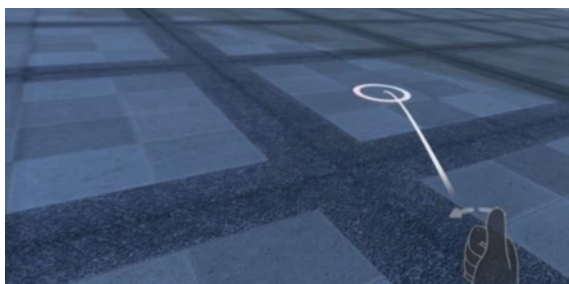
Gambar 3 Implementasi Chatbot AI

Pipeline percakapan pada sistem terdiri dari Speech-to-Text (STT), dan pemrosesan oleh model LLaMA, sehingga memungkinkan interaksi berbasis suara secara natural di dalam lingkungan virtual.



Gambar 4. Pipeline STT-LLM

Navigasi virtual dikembangkan menggunakan XR Interaction Toolkit dengan mekanisme teleportasi dan smooth locomotion untuk meningkatkan kenyamanan pengguna selama eksplorasi lingkungan virtual.



Gambar 5 Implementasi Navigasi Virtual Reality

Analisis Hasil

Jika dibandingkan dengan penelitian virtual tour konvensional yang hanya menyediakan visualisasi lingkungan kampus, sistem yang dikembangkan pada penelitian ini menawarkan interaksi dua arah melalui chatbot berbasis Large Language Model. Selain itu, dibandingkan pendekatan cloud-based AI yang banyak digunakan pada penelitian sebelumnya, pendekatan self-hosted yang diterapkan mampu memberikan fleksibilitas pengelolaan data dan model secara mandiri. Hasil ini menunjukkan bahwa integrasi XR dan LLM lokal dapat menjadi alternatif yang layak untuk membangun sistem virtual tour yang lebih interaktif tanpa ketergantungan penuh terhadap layanan AI eksternal.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa model dengan jumlah parameter lebih besar memiliki performa yang lebih baik dalam memahami konteks pertanyaan dan menghasilkan jawaban yang relevan. Namun, peningkatan kualitas jawaban juga diikuti dengan peningkatan waktu inferensi.

Quantization Q4_K_M memberikan hasil yang lebih stabil dibandingkan metode quantization lainnya dalam menjaga konsistensi jawaban dan mengurangi hallucination. Pendekatan quantization juga membantu mengurangi ukuran model sehingga dapat dijalankan pada perangkat lokal dengan keterbatasan GPU.

Jika dibandingkan dengan pendekatan cloud-based AI, penggunaan model LLaMA berbasis self-hosted

pada penelitian ini memiliki kelebihan pada aspek kemandirian sistem dan kontrol data. Seluruh proses inferensi dilakukan pada server lokal sehingga sistem tidak bergantung pada layanan pihak ketiga maupun biaya penggunaan API eksternal. Namun demikian, pendekatan ini juga memiliki keterbatasan berupa waktu inferensi yang relatif lebih tinggi dibandingkan layanan cloud yang umumnya didukung oleh infrastruktur komputasi berskala besar.

Selain dibandingkan dengan arsitektur cloud-based AI, pendekatan yang digunakan pada penelitian ini juga berbeda dengan sistem Retrieval-Augmented Generation (RAG). Pada arsitektur RAG, model bahasa memperoleh informasi tambahan dari basis pengetahuan eksternal sebelum menghasilkan jawaban sehingga mampu meningkatkan akurasi informasi yang bersifat spesifik dan dinamis. Penelitian ini belum menerapkan mekanisme RAG dan masih mengandalkan kemampuan model LLaMA serta informasi yang telah disediakan selama proses konfigurasi sistem. Oleh karena itu, penerapan RAG pada penelitian selanjutnya berpotensi meningkatkan kualitas jawaban serta mengurangi kemungkinan terjadinya halusinasi pada model.

Tabel 5. Perbandingan Pendekatan AI pada Virtual Tour XR

Aspek	Cloud-Based AI	LLaMA Self-Hosted (Penelitian Ini)	RAG+ LLaMA
Koneksi Internet	Wajib	Tidak wajib	Tidak wajib
Biaya Operasional	Bergantung penggunaan API	Relatif rendah setelah implementasi	Relatif rendah setelah implementasi
Kontrol Data	Terbatas	Tinggi	Tinggi
Akurasi Informasi Spesifik	Tinggi	Sedang	Tinggi
Risiko Halusinasi	Sedang	Sedang	Lebih rendah
Kompleksitas Implementasi	Rendah	Sedang	Tinggi

Berdasarkan perbandingan tersebut, pendekatan self-hosted yang digunakan pada penelitian ini memberikan keseimbangan antara fleksibilitas implementasi, kontrol data, dan biaya operasional. Meskipun demikian, integrasi mekanisme Retrieval-Augmented Generation (RAG) masih berpotensi meningkatkan kualitas sistem pada penelitian selanjutnya.

Meskipun demikian, penggunaan chatbot LLaMA pada lingkungan XR masih memiliki beberapa keterbatasan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa waktu inferensi masih berada pada kisaran beberapa detik untuk setiap permintaan, sehingga respons sistem belum

sepenuhnya instan seperti layanan AI berbasis cloud yang menggunakan infrastruktur komputasi berskala besar. Keterbatasan ini terutama dipengaruhi oleh sumber daya perangkat keras yang digunakan untuk menjalankan model secara lokal. Selain itu, kualitas jawaban yang dihasilkan tetap bergantung pada informasi yang tersedia pada basis pengetahuan yang digunakan selama proses konfigurasi sistem.

Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi Large Language Model dengan teknologi XR memiliki potensi untuk diterapkan tidak hanya pada virtual tour kampus, tetapi juga pada berbagai bidang lain seperti pelatihan, edukasi, museum virtual, layanan informasi publik, dan simulasi pembelajaran interaktif. Kemampuan sistem untuk menyediakan informasi secara kontekstual melalui percakapan alami dapat meningkatkan pengalaman pengguna dibandingkan pendekatan virtual tour yang hanya mengandalkan navigasi dan penyajian informasi statis. Dengan perkembangan perangkat XR dan model AI yang semakin efisien, pendekatan ini berpotensi menjadi salah satu bentuk interaksi utama dalam lingkungan virtual pada masa mendatang.

Secara keseluruhan, integrasi Unity XR dengan model LLaMA berbasis self-hosted berhasil menghasilkan sistem virtual tour kampus yang imersif dan interaktif. Pendekatan ini memberikan beberapa kelebihan dibandingkan virtual tour konvensional yang hanya menampilkan visualisasi lingkungan kampus tanpa kemampuan interaksi dua arah. Melalui integrasi Speech-to-Text (STT), Large Language Model (LLaMA), dan Text-to-Speech (TTS), pengguna dapat memperoleh informasi kampus secara lebih natural melalui percakapan berbasis suara di dalam lingkungan virtual.

Selain meningkatkan interaktivitas, penggunaan model LLaMA yang dijalankan secara lokal juga memberikan keuntungan pada aspek kontrol data, privasi, dan fleksibilitas pengelolaan sistem. Seluruh proses inferensi dilakukan pada server lokal sehingga informasi yang diproses tidak perlu dikirim ke layanan pihak ketiga. Pendekatan ini berpotensi menjadi solusi yang lebih mandiri bagi institusi pendidikan yang memiliki kebutuhan pengelolaan data secara internal.

Meskipun demikian, sistem masih memiliki beberapa keterbatasan, seperti waktu inferensi yang relatif tinggi dan belum diterapkannya mekanisme Retrieval-Augmented Generation (RAG) untuk pengambilan informasi secara dinamis.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan aplikasi virtual tour kampus berbasis Extended Reality (XR)

yang terintegrasi dengan chatbot berbasis Large Language Model (LLaMA) menggunakan Unity dan perangkat Meta Quest 2. Sistem yang dikembangkan mampu menampilkan lingkungan kampus secara imersif, mendukung navigasi virtual, serta menyediakan interaksi percakapan berbasis suara melalui pipeline Speech-to-Text (STT), dan LLaMA.

Integrasi model LLaMA secara self-hosted menggunakan LM Studio berhasil diterapkan melalui mekanisme REST API lokal tanpa ketergantungan pada layanan cloud eksternal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fitur utama sistem berjalan sesuai kebutuhan fungsional dan aplikasi mampu beroperasi secara stabil pada perangkat Meta Quest 2.

Model llama-3.2-3b-instruct dengan quantization Q4_K_M memberikan performa terbaik berdasarkan hasil evaluasi precision, recall, dan F1-score, serta mampu mengurangi potensi hallucination dengan memberikan respons “tidak tahu” pada pertanyaan di luar basis pengetahuan. Selain itu, sistem mampu memberikan pengalaman eksplorasi kampus yang lebih interaktif dan komunikatif sehingga berpotensi digunakan sebagai media promosi dan penyampaian informasi kampus berbasis XR.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fitur utama sistem berjalan sesuai kebutuhan fungsional dan aplikasi mampu beroperasi secara stabil pada perangkat Meta Quest 2. Selain itu, hasil User Acceptance Test (UAT) menunjukkan bahwa sistem dapat diterima dengan baik oleh pengguna.

Meskipun memberikan pengalaman interaktif yang lebih baik dibandingkan virtual tour konvensional, implementasi chatbot LLaMA berbasis self-hosted masih menghadapi tantangan pada aspek waktu inferensi dan kebutuhan sumber daya komputasi. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat mengeksplorasi optimasi model, penerapan Retrieval-Augmented Generation (RAG), maupun penggunaan perangkat keras yang lebih tinggi untuk meningkatkan kualitas dan kecepatan respons sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, R. P., Yuliati, Y., Febriyanto, B., & Safira, R. F. (2024). Meretas paradigma baru: Artificial Intelligence (AI) dalam pembelajaran IPA di sekolah dasar. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*, 91–104.
- Cabezas, D., Fonseca-Delgado, R., Reyes-Chacón, I., Vizcaino-Imacaña, P., & Morocho-Cayamcela, M. (2024). Integrating a LLaMa-based Chatbot with Augmented Retrieval Generation as a Complementary Educational Tool for High School and College Students. *Proceedings of the*

- 19th International Conference on Software Technologies*, 395–402.
<https://doi.org/10.5220/0012763000003753>
- Cardona, H., Lara-Alvarez, C., Parra, E., & Villalba-Condori, K. (2023). Virtual tours to facilities for educational purposes: A review. *TEM Journal*, 12(3), 1725.
- Cheng, L., Gisler, J., Lao, K., & Kunz, A. (2025). Generative Artificial Intelligence Chatbot Integration for Virtual Reality Language Learning. *2025 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, 137–142.
<https://doi.org/10.1109/VRW66409.2025.00035>
- El Hajji, M., Ait Baha, T., Berka, A., Ait Nacer, H., El Aoufi, H., & Es-Saady, Y. (2025). An Architecture for Intelligent Tutoring in Virtual Reality: Integrating LLMs and Multimodal Interaction for Immersive Learning. *Information*, 16(7), 556.
<https://doi.org/10.3390/info16070556>
- Kim, J. K., Chua, M., Rickard, M., & Lorenzo, A. (2023). ChatGPT and large language model (LLM) chatbots: The current state of acceptability and a proposal for guidelines on utilization in academic medicine. *Journal of Pediatric Urology*, 19(5), 598–604.
<https://doi.org/10.1016/j.jpurol.2023.05.018>
- Latifah, A., & Antika, D. (2025). Penerapan Virtual Tour 360 Derajat Sebagai Media Informasi Yayasan Al-Musaddadiyah Garut. *Jurnal Algoritma*, 22(1), 701–712.
<https://doi.org/10.33364/algoritma/v.22-1.1925>
- LM Studio. (2025). LM Studio – Local AI on your computer. <https://lmstudio.ai/>
- Maslych, M., Pumarada, C., Ghasemaghaci, A., & LaViola, J. J. (2025). *Takeaways from Applying LLM Capabilities to Multiple Conversational Avatars in a VR Pilot Study*.
- Suriyanto, D. F., Zulfikar, M. I., Hasnining, A., Agusyana, N., Nirmala, P., & Awalia, A. D. N. (2025). Pemberdayaan Masyarakat Sekolah melalui Penguatan Literasi Digital Berbasis AI dan AR dalam Eksplorasi Sains di SMAN 4 Barru. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Riset Pendidikan*, 4(2), 7186–7196.
<https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i2.2795>
- Thahir, A., Dharanesh, B., & Chithrakumar, T. (2024). Virtual campus tour using VR. *International Research Journal on Advanced Engineering Hub (IRJAEH)*, 2(3), 01–406.
- Yusuf, A., Fitri, R., & Prasetyo, P. W. (2026). Metaverse-Based Virtual Campus Tour for Higher Education: Insights from Development to User Experience Validation. *Journal of Metaverse*, (6), 1–25.
<https://doi.org/10.57019/jmv.1770621>