

ANALISIS KINERJA FITUR AUGMENTED REALITY DI KOTA TUA SURABAYA BERBASIS WEB XR

Muhammad Adi Stiyawan¹⁾, Citra Devi Murdaningtyas²⁾, dan Widi Sarinastiti³⁾

¹Multimedia Kreatif, PENS

²Multimedia Kreatif, PENS

³Multimedia Kreatif, PENS

E-mail: madistiyawan@mail.com

Existing AR-based cultural heritage solutions often rely on platform-specific apps or hardware requirements, limiting accessibility and scalability. This study presents a novel approach by developing an AR navigation system based on WebXR, utilizing marker-based tracking with Immersal SDK and 3D visualization through Mattercraft. The system delivers real-time historical information and directional guidance directly via mobile browsers, eliminating the need for additional installations. While previous research has explored AR for cultural tourism, this work is unique in offering a cross-platform, browser-based solution that enhances user accessibility across both iOS and Android devices. Functional testing revealed that iOS devices, especially older models with lower RAM, showed better performance compared to Android, indicating the significant role of device hardware in AR functionality. The system was effective up to 50 meters and at angles below 50°, with optimal lighting improving display quality. This study fills a critical gap in the AR field by demonstrating how WebXR can offer an accessible, scalable, and immersive solution for cultural heritage navigation without requiring specialized hardware or apps.

Keywords: *Augmented Reality, WebXR, Cultural Heritage, Performance Testing, Navigation System, Immersive Technology*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi Augmented Reality (AR) berbasis WebXR menawarkan solusi inovatif dalam meningkatkan pengalaman wisata budaya, khususnya di situs bersejarah seperti Kota Tua Surabaya. Prasetyo dan Wibowo (2022) menekankan pentingnya optimasi antarmuka dalam aplikasi AR untuk navigasi objek wisata sejarah. Dengan antarmuka yang intuitif dan informatif, pengunjung dapat lebih mudah memahami konteks sejarah dari setiap lokasi yang mereka kunjungi. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem AR berbasis WebXR untuk memberikan informasi sejarah dan memfasilitasi navigasi di situs bersejarah Kota Tua Surabaya, menggunakan teknologi pelacakan marker yang memungkinkan pengunjung mengakses pengalaman AR langsung dari browser tanpa perangkat tambahan (Fajrianti, 2022). Hal ini sangat penting untuk memastikan aksesibilitas yang luas, mengingat pengunjung dapat menggunakannya dengan mudah hanya melalui smartphone yang mereka miliki.

Keunikan penelitian ini terletak pada penggunaan WebXR, yang lebih efisien dan mudah diakses dibandingkan aplikasi AR terpisah, dan mengisi kekurangan penelitian sebelumnya yang lebih banyak berfokus pada aplikasi berbasis platform terpisah. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan nilai edukasi bagi pengunjung dan berkontribusi pada pelestarian budaya melalui desain anotasi POI dalam aplikasi AR berbasis lokasi (Fadli et al., 2022). Penelitian ini juga memperkaya pengalaman pengunjung dengan memahami konten sejarah dan budaya lokal melalui AR (Cao et al., 2023; Kusuma, 2021; Rawis, 2020; Santi, 2021).

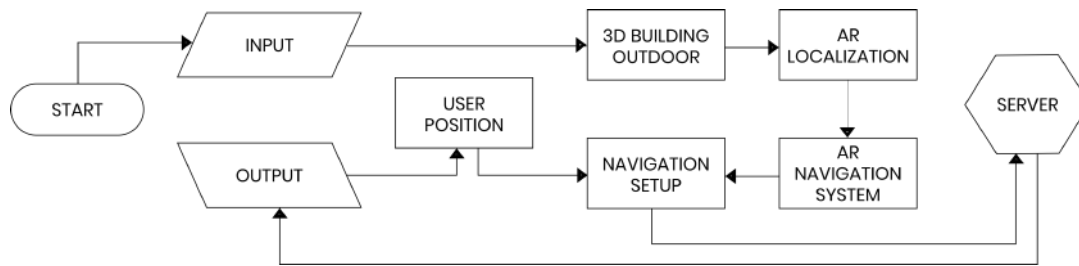
Meskipun penelitian sebelumnya oleh Kusuma (2021), Rawis (2020), dan Santi (2021) telah mengonfirmasi manfaat Augmented Reality (AR) dalam konteks navigasi dan pelestarian budaya, lanskap literatur menunjukkan bahwa sebagian besar solusi yang ada masih bergantung pada aplikasi native yang memerlukan instalasi khusus, sehingga menimbulkan hambatan aksesibilitas dan skalabilitas. Oleh karena itu, research gap yang ditujukan oleh penelitian ini adalah kurangnya eksplorasi terhadap platform AR berbasis web (WebXR) yang dapat diakses secara universal melalui browser, tanpa mengorbankan pengalaman imersif. Keunikan pengembangan ini terletak pada penerapan solusi cross-platform yang mengatasi keterbatasan aplikasi native, sekaligus menguji kinerjanya secara empiris di lingkungan warisan budaya yang nyata.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan sistem pelacakan berbasis penanda yang terintegrasi dalam lingkungan WebXR untuk memberikan informasi yang interaktif dan kontekstual tentang warisan budaya dan situs bersejarah di Kota Tua Surabaya. Dirancang untuk meningkatkan pengalaman wisatawan dan pengunjung, sistem ini memungkinkan pengguna untuk menjelajahi lokasi-lokasi bersejarah yang signifikan melalui antarmuka Augmented Reality (AR) yang imersif dan edukatif. Dengan memanfaatkan teknologi AR, elemen-elemen virtual ditumpangkan pada tampilan dunia nyata, sehingga memungkinkan interpretasi yang lebih baik terhadap narasi sejarah dan fitur-fitur arsitektural. Sistem ini telah diuji dalam berbagai kondisi lingkungan, dengan fokus pada variabel kinerja utama seperti kompatibilitas perangkat, sudut pandang, jarak, dan pencahayaan, untuk memastikan pengalaman AR tetap stabil, akurat, dan menarik di berbagai skenario pengguna.

1) Sistem Pelacakan Berbasis Penanda

Dalam pengembangan sistem ini, pendekatan AR (Augmented Reality) digunakan untuk meningkatkan pengalaman pengunjung di Kota Tua Surabaya.



Gambar 1. Flowchart Perancangan dan Pengembangan.

Sistem ini dirancang pada **Gambar 1**, untuk memudahkan wisatawan dalam menjelajahi dan memperoleh informasi terkait lokasi-lokasi bersejarah, serta memberikan pengalaman yang lebih imersif dan edukatif melalui penggunaan teknologi AR.

A) Input

Data masukan dikumpulkan melalui Immersal Mapper dan kamera, yang digunakan untuk pemetaan spasial dan pelacakan posisi pengguna secara real-time.

B) Perancangan 3D Outdoor Building

Bangunan-bangunan ini dibuat berdasarkan peta 2D dan diintegrasikan dengan pemandangan luar, sehingga memberikan pemahaman yang lebih jelas tentang lokasi yang dikunjungi.

C) AR Lokalisasi

Pemetaan spasial dilakukan menggunakan Immersal Developer Portal, memungkinkan sistem untuk melacak posisi pengguna secara akurat relatif terhadap bangunan dan landmark terdekat.

D) Sistem Navigasi AR

Sistem navigasi AR digunakan untuk memandu pengguna ke tujuan mereka dengan panah arah 3D yang ditampilkan di layar perangkat mereka.

E) Area Navigasi

Pengaturan navigasi merupakan bagian yang sangat penting dalam memastikan efektivitas sistem Augmented Reality (AR) dalam memandu pengguna menjelajahi situs-situs bersejarah di Kawasan Kota Tua Surabaya.

a) Menambahkan Lokasi Tujuan

Penempatan target lokasi ini melibatkan penempatan objek 3D secara tepat, yang berfungsi sebagai penanda visual untuk tujuan pengguna. Penanda ini diposisikan secara strategis di sepanjang jalur navigasi untuk memastikan kejelasan dalam rute yang dilalui.

b) Membuat Antarmuka Pengguna (UI)

Desain antarmuka pengguna (UI) difokuskan pada pembuatan elemen-elemen interaktif seperti tombol lokasi target.

c) Petunjuk Pengaturan

Panah 3D akan menjadi objek dinamis menyesuaikan diri dengan gerakan pengguna, memastikan arah yang konsisten dan akurat meskipun terjadi perubahan posisi.

F) Server

Komponen server mengelola komunikasi antara aplikasi dan layanan eksternal melalui Rest API, memfasilitasi pertukaran data dan interaksi dengan platform seperti Zapworks.

G) Visualisasi Output

Menampilkan posisi pengguna dalam bentuk 3D, panah navigasi arah, dan antarmuka pengguna yang interaktif untuk perangkat Android dan iOS.

2) Uji Kinerja

Metodologi Uji Kinerja difokuskan pada tiga variabel penting: kompatibilitas perangkat, sudut dan jarak AR, dan kondisi pencahayaan.

A) Lokasi Target



Gambar 2. Lokasi Uji Kinerja

Eksperimen ini difokuskan pada satu situs bersejarah di Kota Tua Surabaya tertera dalam **Gambar 2**. Lokasi ini dipilih karena aksesibilitas dan kesesuaiannya untuk pengujian AR yang optimal serta memiliki ruang terbuka sepanjang 50 meter dengan sudut pengamatan 90 derajat memastikan pengujian yang tepat.

B) Pengujian Perangkat

Sebanyak 10 perangkat termasuk model Android dan iOS, uji Perangkat dinilai berdasarkan metrik kinerja seperti kompatibilitas sistem operasi, kapasitas RAM, dan konektivitas internet.

C) Pengujian Sudut dan Jarak AR

Pengujian dilakukan pada berbagai sudut dan jarak, dengan fokus pada kemampuan sistem untuk mempertahankan akurasi dan stabilitas ketika pengguna mengubah posisi.

D) Pengujian Pencahayaan

Pencahayaan yang optimal memastikan objek AR yang jelas dan stabil, sementara pencahayaan yang buruk menyebabkan kekaburan dan ketidakstabilan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

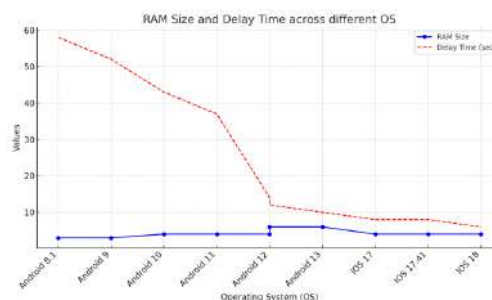
Penelitian ini sejalan dengan Prasetyo dan Wibowo (2022) dalam penggunaan AR untuk navigasi objek wisata sejarah, namun berbeda dalam implementasi teknologi yang digunakan; sementara penelitian sebelumnya mengandalkan aplikasi native, penelitian ini mengembangkan solusi berbasis WebXR yang lebih mudah diakses dan tidak memerlukan instalasi khusus, sehingga mengisi celah dalam literatur mengenai AR berbasis web untuk warisan budaya.

A. Pengujian Perangkat

Tabel 1. Hasil Pengujian Perangkat

Sistem Operasi	Kecepatan Internet	RAM	Waktu
IOS 18	45 Mbps	4GB LPDDR4X	6 detik
IOS 17.41	41 Mbps	4GB LPDDR4X	8 detik
IOS 17	44 Mbps	4GB LPDDR4X	8 detik
Android 13	45 Mbps	6GB LPDDR5	10 detik
Android 12	42 Mbps	6GB LPDDR5	12 detik
Android 12	40 Mbps	4GB LPDDR4X	14 detik
Android 11	45 Mbps	4GB LPDDR4X	37 detik
Android 10	43 Mbps	4GB LPDDR4X	43 detik
Android 9	42 Mbps	3GB LPDDR4	52 detik
Android 8.1	45 Mbps	3GB LPDDR4	58 detik

Hasil Berdasarkan **Tabel 1**, iOS 18 dengan RAM LPDDR4X menunjukkan waktu tunda terendah (6 detik), sementara Android 8.1 dengan RAM LPDDR4 tertinggi (58 detik). Hasil ini membuktikan bahwa kombinasi sistem operasi modern dan teknologi RAM yang lebih canggih (seperti LPDDR5) sangat penting untuk meminimalkan latensi.



Gambar 3. Grafik hasil pengujian perangkat

Grafik **Gambar 3** ini secara efektif memvisualisasikan hubungan antara ukuran RAM dan waktu tunda di berbagai sistem operasi. Sumbu X mewakili berbagai sistem operasi, dimulai dari Android 8.1 di sebelah kiri dan berlanjut ke versi iOS terbaru. Pada sumbu Y, dua ukuran yang berbeda diplot: ukuran RAM (dalam gigabyte) diwakili oleh garis biru, dan waktu tunda (dalam detik) digambarkan oleh garis putus-putus merah

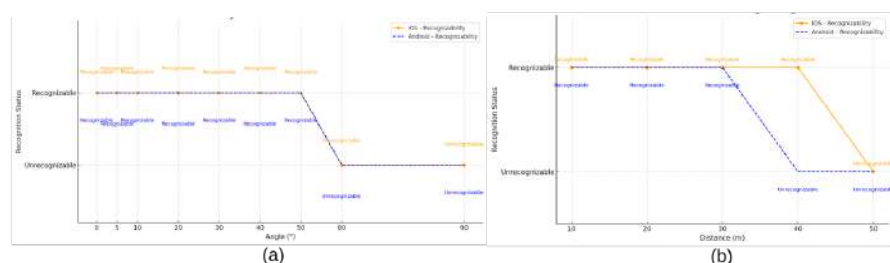
B. Pengujian Sudut dan Jarak AR

Tabel 2. Hasil Pengujian Sudut dan Jarak AR

		0°	5°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	90°
IOS	10m	○	○	○	○	○	○	○	×	×
Android	10m	○	○	○	○	○	○	○	×	×
IOS	20m	○	-	-	-	-	-	-	-	-
Android	20m	○	-	-	-	-	-	-	-	-
IOS	30m	○	-	-	-	-	-	-	-	-
Android	30m	○	-	-	-	-	-	-	-	-
IOS	40m	○	-	-	-	-	-	-	-	-
Android	40m	×	-	-	-	-	-	-	-	-
IOS	50m	×	-	-	-	-	-	-	-	-
Android	50m	×	-	-	-	-	-	-	-	-

○: Dapat dikenali ×: Tidak dapat dikenali

Hasil yang disajikan pada **Tabel 2** memberikan wawasan tentang kinerja pengenalan perangkat iOS dan Android di berbagai sudut (0° hingga 80°) dan jarak (10m hingga 50m). Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi bagaimana dua faktor penting ini, sudut dan jarak, mempengaruhi kemampuan kedua platform untuk mengenali input atau sinyal. Khususnya, pada jarak lebih dari 20 meter, tidak ada output yang dapat dikenali untuk sudut yang lebih besar dari 0° karena keterbatasan area pengujian.



Gambar 4. (a) Grafik Pengujian Jarak AR (b) Grafik Pengujian Sudut AR

Pada Gambar 4 a dan b, pengenalan objek AR pada perangkat iOS dan Android hanya efektif pada sudut $\leq 50^\circ$ dan jarak ≤ 30 meter. Kinerja menurun signifikan dan gagal pada sudut $> 50^\circ$ atau jarak > 30 meter.

C. Pengujian Pencahayaan

Tabel 3. Hasil Pengujian Pencahayaan

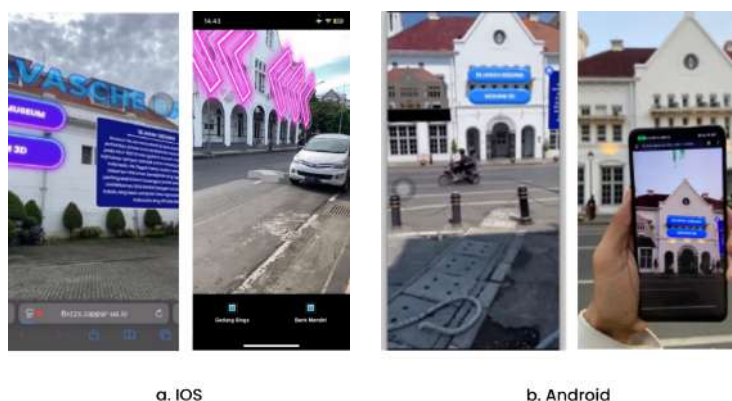
Device	Time	Luminance (lux)	Running
IOS	08.10	30.000	Yes
Android			Yes
IOS	13.30	150.000	Yes
Android			Yes
IOS	17.00	17.000	Yes
Android			Yes
IOS	21.00	37	No
Android			No

Tabel 3 menunjukkan bahwa kinerja perangkat iOS dan Android sangat dipengaruhi oleh tingkat pencahayaan. Kedua platform hanya dapat mempertahankan status "Berjalan" pada kondisi pencahayaan yang tinggi.



Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Pencahayaan

Berdasarkan grafik **Gambar 5**, kedua perangkat (iOS dan Android) hanya dapat beroperasi dengan baik pada kondisi pencahayaan tinggi (contoh: 150.000 lux). Ketika intensitas cahaya turun (contoh: 17.000 lux), ini menunjukkan adanya ambang batas pencahayaan minimum agar sistem AR dapat berfungsi.



Gambar 6. Hasil Running pada OS IOS dan Android

Gambar 6 a dan b, memperlihatkan tampilan antarmuka hasil *running* aplikasi pada sistem operasi *IOS* dan *Android* yang sudah dirancang untuk kedua *Operating System*.

SIMPULAN

Penelitian ini mengimplementasikan sistem AR berbasis WebXR menggunakan pelacakan marker dengan Immersal SDK dan visualisasi 3D dengan Mattercraft untuk meningkatkan navigasi warisan budaya di Kota Tua Surabaya. Pengujian menunjukkan bahwa perangkat iOS berkinerja lebih baik dibandingkan Android, terutama yang menggunakan versi OS lama dan RAM rendah. Pengenalan AR stabil hingga jarak 50 meter dan sudut di bawah 50°, dengan pencahayaan optimal meningkatkan kualitas tampilan. Pencahayaan buruk dan sudut ekstrem mengurangi stabilitas sistem. Temuan ini menekankan pentingnya perangkat keras dan faktor lingkungan dalam mencapai kinerja AR yang andal.

DAFTAR PUSTAKA

- Prasetyo and R. Wibowo, (2022) "Optimization of User Interface in AR Application for Navigation of Historical Tourism Objects," *Journal of Interactive Technology and Design*, vol. 6, no. 2, pp. 121-130.
- B. E. Kusuma, (2021) "Utilization of Augmented Reality for Building Navigation at Pelita Harapan University Medan," *Journal of Information and Communication Technology*, vol. 10, no. 2, pp. 45-52.
- D. Anggraini and M. Faris, (2022) "Using AR to Visualize Historical Buildings in Bandung," *Proceedings of the National Conference on Informatics and Information Technology (KNITI)*, pp. 145-150.
- E. D. Fajrianti, (2022) "Development of WebXR-Based Collaborative Platform for Medical Education Using Augmented Reality," *Journal of Information Systems and Educational Technology*, vol. 5, no. 1, pp. 23-30.
- H. Fadli, M. Iqbal, and R. Saputra, (2022) "Design of POI Annotations in Location-Based AR Applications for Cultural Heritage Preservation," *Journal of Informatics Media Technology*, vol. 11, no. 2, pp. 89-97.
- N. Santi, (2021) "Markerless Augmented Reality Application at the Geology Museum for Visitor Interaction," *Journal of Informatics and Software Engineering*, vol. 8, no. 3, pp. 67-75.
- Y. Cao, L. Zhang, and T. Wang, (2023) "Real-Time Edge-Based Object Detection in WebXR for Enhanced Augmented Reality Experience," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 123456-123465.
- Z. C. Rawis, (2020) "The Use of Augmented Reality in Preserving Local Culture through the Representation of Traditional Clothing," *Proceedings of the National Seminar on Information and Communication Technology (SEMANTIK)*, pp. 112-117.