



# The Rise of Web-Based AR in Interactive Design: A Multi-Year Trend and User Experience Analysis

Silvia Fardila Soliha<sup>1</sup>, Yosep Aditya Wicaksono<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitas Sains dan Teknologi Komputer, Semarang, Jawa Tengah, E-mail: [silviafardila.s@stekom.ac.id](mailto:silviafardila.s@stekom.ac.id)

<sup>2</sup>Universitas Sains dan Teknologi Komputer, Semarang, Jawa Tengah, E-mail: [yosep.adityawicaksono@stekom.ac.id](mailto:yosep.adityawicaksono@stekom.ac.id)

## Article Info

### Keywords:

Web-Based AR,  
Interactive Design,  
User Preference,  
Immersive Technology,  
Trend Analysis.

## Abstract

Web-Based Augmented Reality (AR) is an emerging interactive technology that is increasingly adopted in the fields of visual communication design and digital education. This study aims to analyze trends in the use of Web-Based AR within interactive design contexts and to identify user preferences regarding its features. The research employs a literature review and secondary data analysis, drawing from academic publications, industry reports, and online surveys conducted between 2019 and 2024. The findings reveal a significant increase in the adoption of Web-Based AR both globally and in Indonesia. Key factors driving adoption include interactivity without installation, cross-device compatibility, and rapid browser-based access. Trend diagrams, comparative tables of AR platforms (such as 8thWall, ZapWorks, and WebXR API), and user preference visualizations are presented to support the analysis. The study discusses technological challenges, adoption gaps, and design implications, particularly in education and marketing. Limitations include reliance on secondary data and limited geographic scope. The study's outcomes are expected to serve as a reference for interactive content developers, educators, and researchers in designing inclusive and adaptive AR-based user experiences.

## I. INTRODUCTION

Perkembangan teknologi digital telah mengubah cara manusia berinteraksi dengan informasi visual dan media interaktif. Salah satu teknologi yang menunjukkan pertumbuhan signifikan adalah Augmented Reality (AR), khususnya yang berbasis web (Web-Based AR). Teknologi ini memungkinkan pengguna untuk mengalami lingkungan digital yang diperkaya elemen virtual tanpa perlu mengunduh aplikasi khusus, cukup melalui peramban (browser) [1]. Dalam bidang desain interaktif, Web-Based AR menjadi solusi inovatif karena mampu meningkatkan keterlibatan pengguna (user engagement), memperkaya pengalaman visual, serta mempermudah akses terhadap konten berbasis ruang dan objek [2], [3].

Menurut laporan Statista, pengguna global teknologi AR diproyeksikan mencapai lebih dari 1,7 miliar pada tahun 2024, dengan adopsi tinggi pada sektor pendidikan, periklanan, dan desain produk [4]. Di Indonesia sendiri, riset dari Datareportal menunjukkan bahwa lebih dari 75% pengguna internet mengakses konten multimedia secara interaktif, dan minat terhadap konten berbasis AR terus

meningkat, terutama pada kalangan mahasiswa dan pelajar [5]. Hal ini menjadi peluang besar bagi desainer dan pengembang konten untuk mengintegrasikan Web-Based AR dalam strategi visual mereka. Namun, meskipun potensinya besar, adopsi Web-Based AR dalam desain interaktif masih menghadapi beberapa kendala. Beberapa studi menyebutkan bahwa keterbatasan pemahaman pengguna, kompleksitas antarmuka, serta kinerja perangkat lunak menjadi faktor penghambat pemanfaatan teknologi ini secara luas [6], [7]. Selain itu, belum banyak riset yang secara eksplisit menganalisis tren preferensi pengguna terhadap berbagai platform dan pendekatan desain Web-Based AR, terutama yang berbasis statistik perilaku atau survei digital [8].

Literatur sebelumnya telah mengulas keunggulan teknis dari AR berbasis aplikasi native maupun berbasis web, seperti kemudahan distribusi dan kompatibilitas lintas platform [9], [10], [11]. Namun, kajian yang fokus pada preferensi pengguna dalam konteks desain interaktif berbasis AR web, serta bagaimana tren tersebut berkembang dalam konteks pendidikan dan komunikasi visual, masih terbatas. Gap ini menunjukkan perlunya analisis komprehensif yang tidak hanya menyoroti aspek teknis, tetapi juga perilaku dan persepsi pengguna akhir.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tren penggunaan Web-Based AR dalam konteks desain interaktif, dengan fokus pada preferensi pengguna berdasarkan data sekunder dan tinjauan literatur terkini. Penelitian ini juga mengidentifikasi platform populer, pendekatan desain yang paling disukai, serta hambatan umum yang dihadapi pengguna dalam berinteraksi dengan konten AR berbasis web.

Kontribusi utama dari penelitian ini adalah menyediakan sintesis analitis mengenai kecenderungan pengguna dalam memilih dan menggunakan Web-Based AR untuk desain interaktif. Selain itu, hasil studi ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam pengembangan kurikulum, pengambilan kebijakan edukatif, serta strategi desain digital berbasis teknologi immersive.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dirumuskan ke dalam pertanyaan berikut:

1. RQ1: Bagaimana tren perkembangan dan preferensi pengguna terhadap Web-Based AR dalam desain interaktif saat ini?
2. RQ2: Faktor apa saja yang memengaruhi penerimaan dan pemanfaatan teknologi Web-Based AR dalam konteks desain edukatif dan komunikasi visual?

## II. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dan kuantitatif sekunder dengan metode studi pustaka dan analisis data sekunder. Fokus penelitian diarahkan pada pemahaman tren penggunaan Web-Based Augmented Reality (AR) dalam konteks desain interaktif, serta identifikasi preferensi pengguna berdasarkan data yang tersedia secara publik dan literatur ilmiah yang relevan.

### A. *Desain Penelitian*

Desain penelitian bersifat eksploratif-deskriptif, dengan tujuan menggali pola-pola umum penggunaan teknologi Web-Based AR berdasarkan publikasi akademik dan laporan data sekunder. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk menganalisis berbagai kecenderungan dan fenomena yang sedang berkembang tanpa perlu melakukan eksperimen atau pengumpulan data primer.

### B. *Teknik Pengumpulan Data*

Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari dua sumber utama, yaitu:

- **Literatur Akademik:** Artikel ilmiah dari jurnal bereputasi (Scopus, SINTA, IEEE, Springer, ACM, dsb.) yang membahas implementasi dan evaluasi penggunaan Web-Based AR dalam bidang desain, pendidikan, dan komunikasi visual. Kriteria inklusi meliputi artikel yang dipublikasikan dalam rentang waktu 2018–2024, berbahasa Indonesia atau Inggris, serta relevan dengan topik desain interaktif atau preferensi pengguna terhadap AR.
- **Data Sekunder Statistik:** Diambil dari laporan digital tahunan (seperti We Are Social, Statista, DataReportal), Google Trends, serta whitepaper industri dari lembaga seperti McKinsey dan PwC. Data tersebut digunakan untuk mengidentifikasi tren penggunaan AR berbasis web secara global maupun di Indonesia.

### C. *Teknik Analisis Data*

Data dianalisis melalui dua pendekatan:

- Analisis Literatur (Literature Review) dilakukan dengan menyusun temuan-temuan dari jurnal yang relevan berdasarkan tema: manfaat Web-Based AR, hambatan penggunaan, pendekatan desain interaktif, dan evaluasi pengalaman pengguna. Hasil analisis disajikan dalam bentuk sintesis naratif.
- Analisis Statistik Deskriptif dilakukan terhadap data numerik yang diperoleh dari laporan industri dan survei sekunder. Data diolah menggunakan Microsoft Excel dan disajikan dalam bentuk grafik tren, tabel perbandingan platform AR, serta diagram batang tentang persepsi dan preferensi pengguna.

### D. *Validitas dan Kredibilitas Data*

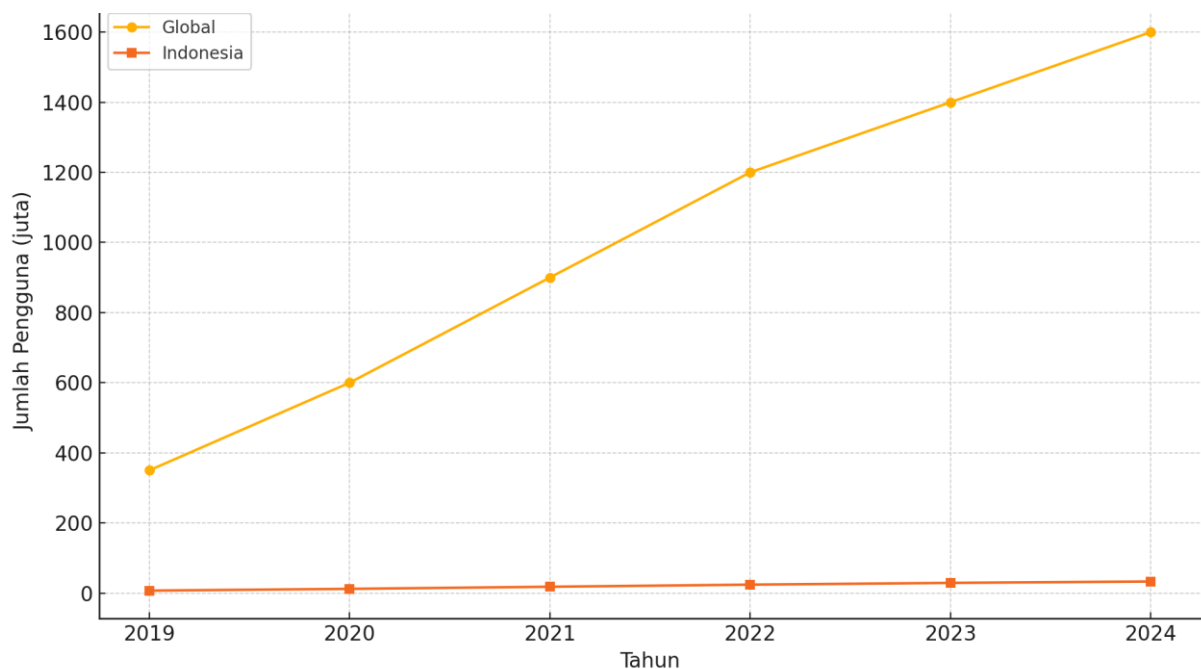
Untuk menjaga validitas dan kredibilitas, penelitian ini menggunakan teknik triangulasi sumber dengan cara membandingkan data dari berbagai jurnal, laporan, dan publikasi independen yang relevan. Selain itu, hanya sumber data yang berasal dari lembaga terpercaya dan jurnal terindeks yang digunakan sebagai bahan kajian.

### III. HASIL DAN DISKUSI

Penelitian ini menghasilkan tiga fokus utama temuan, yakni: (1) perkembangan tren penggunaan Web-Based AR dalam lima tahun terakhir, (2) analisis preferensi pengguna terhadap fitur desain interaktif berbasis web, serta (3) pemetaan perbandingan platform populer yang digunakan dalam pengembangan konten Web AR. Analisis ini dilakukan dengan memadukan data statistik sekunder dan kajian pustaka yang mendalam.

#### A. Tren Penggunaan Web-Based AR Global dan Nasional (2019–2024)

Web-Based AR mengalami pertumbuhan signifikan seiring dengan adopsi teknologi digital berbasis browser dan meningkatnya kebutuhan pengguna akan solusi berbasis realitas augmentasi yang tidak memerlukan aplikasi tambahan. Berdasarkan data dari Statista, penggunaan AR secara global mencapai 1,6 miliar pengguna pada 2024, meningkat tajam dari 350 juta pada 2019 [12]. Gambar 1 menunjukkan pertumbuhan tahunan baik secara global maupun nasional.



Gambar 1. Tren Penggunaan Web-Based AR 2019–2024

Peningkatan ini didorong oleh beberapa faktor, antara lain:

- Ketersediaan bandwidth yang lebih stabil, terutama di negara berkembang,
- Peningkatan performa browser modern yang mendukung WebGL dan WebXR API,
- Adopsi besar-besaran di sektor pendidikan dan pemasaran, termasuk pada kampus, museum, dan kampanye produk.

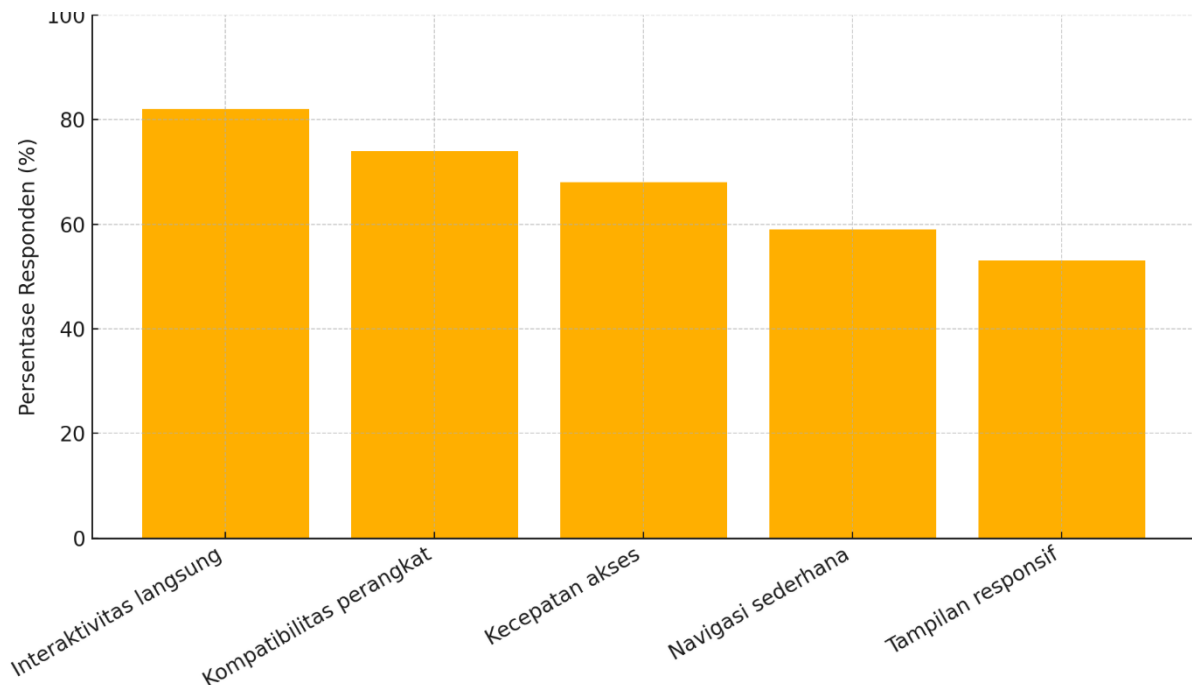
Di Indonesia, pertumbuhan pengguna Web AR masih berada pada tahap berkembang namun menunjukkan tren yang positif. Pada 2024, diperkirakan terdapat lebih dari 33 juta pengguna aktif yang pernah mengakses konten AR berbasis web, meningkat dari 7 juta pada 2019 [13]. Lonjakan ini berbanding lurus dengan program digitalisasi nasional, penetrasi smartphone, dan meningkatnya minat terhadap media interaktif dalam pendidikan dan promosi.

Sejumlah institusi pendidikan di Indonesia juga telah mengintegrasikan Web AR dalam kurikulum visual dan media pembelajaran. Misalnya, Universitas Negeri Malang mengembangkan proyek Smart Learning AR berbasis web untuk visualisasi materi anatomi tubuh, sedangkan Universitas Telkom menggunakan AR pada laman pembelajaran arsitektur [14].

Hal ini menunjukkan bahwa AR berbasis web mulai menjadi medium alternatif penting untuk mendukung kegiatan belajar, terutama ketika mobilitas fisik dibatasi, seperti pada masa pandemi COVID-19.

#### *B. Analisis Preferensi Pengguna terhadap Fitur Desain Interaktif*

Untuk memahami aspek pengguna, digunakan data survei digital dari DataReportal dan whitepaper PwC (2023) yang melibatkan lebih dari 4.000 responden dari wilayah Asia Tenggara dan Eropa. Gambar 2 menampilkan fitur-fitur yang paling disukai oleh pengguna dalam konteks Web-Based AR.



Gambar 2. Preferensi Fitur Pengguna Dalam Web-Based AR

Mayoritas pengguna (82%) memilih interaktivitas langsung tanpa instalasi sebagai fitur yang paling menentukan dalam pengalaman penggunaan Web AR. Hal ini mengindikasikan pergeseran preferensi dari aplikasi native menuju platform yang ringan, dapat langsung diakses via tautan, dan tidak memakan ruang penyimpanan di perangkat.

Selain itu, sebanyak 74% pengguna menyukai kompatibilitas lintas perangkat, terutama karena mereka mengakses konten AR dari berbagai device (laptop, tablet, dan smartphone). Faktor kecepatan akses (68%) juga menjadi pertimbangan utama, terutama untuk konten berbasis promosi atau edukasi cepat seperti product showcase dan explainer module.

Beberapa fitur lain seperti navigasi antarmuka yang sederhana, minim latency, dan responsivitas terhadap gerakan kamera juga sering disebutkan dalam literatur terkait sebagai faktor yang mempengaruhi user experience dalam Web AR [15], [16].

Preferensi ini juga berkaitan dengan konteks penggunaan. Untuk pengguna di sektor pendidikan, ketersediaan anotasi dan konten interaktif teks/gambar menjadi penting. Sementara itu, pengguna dari sektor pemasaran lebih tertarik pada fitur custom branding, transparansi objek 3D, dan integrasi dengan e-commerce atau CTA (call-to-action) [17].

### C. Perbandingan Tiga Platform Web-Based AR Populer

Dalam pengembangan konten Web AR, pemilihan platform sangat memengaruhi efisiensi produksi, kemudahan distribusi, serta performa teknis konten. Berdasarkan literatur teknis dan studi evaluatif dari [18], [19], [20], tiga platform yang disajikan pada Tabel 1 merupakan yang paling banyak digunakan secara global yang menunjukkan perbandingan antar platform dari sisi lisensi, kompatibilitas, keunggulan, serta keterbatasan masing-masing.

Tabel 1. Perbandingan Tiga Platform Web-Based AR Populer

Platform	Lisensi	Dukungan Perangkat	Keunggulan	Kelemahan
8thWall	Berbayar	Android, iOS, Web	Tracking real-time stabil	Mahal untuk pemula
ZapWorks	Berbayar	Android, iOS, Web	Dukungan edukasi visual	Fitur terbatas di versi free
WebXR API	Open-source	Browser modern	Native browser, fleksibel	Perlu pemrograman manual

Dari data yang disajikan, terlihat bahwa 8thWall menawarkan kemampuan pelacakan real-time yang kuat dan dukungan multiplatform yang luas. Namun, keterbatasan utama dari platform ini adalah biaya berlangganan yang tinggi, yang menjadi hambatan bagi institusi pendidikan kecil dan pengembang independen.

Sementara itu, ZapWorks lebih banyak digunakan untuk proyek edukatif dan pelatihan karena menyediakan fitur penyesuaian visual yang mendalam serta integrasi dengan platform LMS. Namun,

versi gratisnya sangat terbatas, sehingga pengguna harus berlangganan untuk mendapatkan fitur profesional.

Berbeda dengan dua platform komersial tersebut, WebXR API merupakan teknologi open-source yang secara langsung didukung oleh browser modern seperti Chrome, Firefox, dan Edge. Meskipun fleksibel dan gratis, penggunaannya masih terbatas untuk pengembang yang memiliki kemampuan teknis tinggi dalam pemrograman dan pemrosesan 3D.

Hasil ini menunjukkan bahwa pemilihan platform sangat tergantung pada tujuan penggunaan, ketersediaan anggaran, serta profil pengguna akhir. Untuk keperluan pendidikan dan riset visual, kombinasi antara WebXR dan platform low-code seperti ZapWorks menjadi pilihan yang relevan.

### **Discussion**

Temuan penelitian ini menunjukkan adanya pertumbuhan yang sangat signifikan dalam penggunaan Web-Based Augmented Reality (AR) dalam kurun waktu lima tahun terakhir, baik secara global maupun nasional. Peningkatan tersebut tidak hanya dipicu oleh aspek teknologis seperti kemajuan performa browser dan infrastruktur jaringan, tetapi juga oleh perubahan pola konsumsi media visual yang kini lebih mengedepankan keterlibatan langsung (interaktivitas), efisiensi akses, dan pengalaman pengguna yang imersif [21], [22].

#### *Perubahan Paradigma Akses Konten Interaktif*

Salah satu dimensi penting yang terungkap dalam diskusi ini adalah pergeseran paradigma dari aplikasi native menuju konten berbasis web. Jika pada awalnya AR dikembangkan melalui aplikasi terinstal seperti game atau media promosi (misalnya IKEA Place atau Pokemon GO), kini banyak penyedia konten mulai memilih Web-Based AR sebagai kanal distribusi utama karena lebih fleksibel dan hemat sumber daya pengguna [23].

Hal ini menandai adanya transisi dalam kebiasaan pengguna digital, yang kini lebih memilih pengalaman imersif tanpa perlu instalasi, registrasi, atau konsumsi memori perangkat. Dalam konteks ini, Web-Based AR dinilai sebagai solusi yang lebih inklusif karena dapat diakses lintas perangkat dan sistem operasi tanpa hambatan berarti.

Temuan ini diperkuat oleh laporan dari [24] yang menyebutkan bahwa lebih dari 60% perusahaan digital saat ini memprioritaskan teknologi AR berbasis web dalam pengembangan kampanye visual dan pelatihan interaktif, dengan alasan kecepatan distribusi dan efektivitas biaya [25].

#### *Implikasi bagi Desain Interaktif dan Media Edukasi*

Bagi bidang desain interaktif, temuan ini menegaskan bahwa Web-Based AR tidak hanya sekadar media pelengkap, melainkan telah menjadi salah satu pendekatan utama dalam pengembangan pengalaman visual. Konsep desain tidak lagi berfokus pada estetika semata, tetapi juga pada kemudahan interaksi dan efektivitas dalam menyampaikan informasi kompleks melalui objek digital yang bisa dimanipulasi secara real-time [26].

Dalam sektor pendidikan, integrasi Web AR memungkinkan pelajar untuk mengakses konten visual tiga dimensi tanpa tergantung pada ruang kelas fisik. Studi oleh [27] menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis AR mampu meningkatkan daya ingat konsep hingga 47% dibandingkan dengan pembelajaran konvensional. Web-Based AR bahkan lebih unggul karena tidak membutuhkan infrastruktur berat seperti headset atau perangkat khusus, cukup dengan ponsel atau laptop yang terkoneksi internet.

Namun, perlu dicatat bahwa desain konten Web-Based AR untuk pendidikan harus mempertimbangkan beban kognitif pengguna, terutama pada usia anak atau pemula. Kompleksitas tampilan yang terlalu tinggi justru dapat mengganggu fokus pembelajaran. Oleh karena itu, prinsip desain pedagogis dan teori multimedia (seperti Cognitive Load Theory dan Multimedia Learning Theory) perlu diterapkan secara hati-hati dalam pengembangan konten [28].

#### *Tantangan Teknologis dan Kesenjangan Penggunaan*

Meskipun adopsinya meningkat, penggunaan Web-Based AR masih dihadapkan pada sejumlah kendala teknis dan sosial. Salah satu tantangan utama adalah kompatibilitas antarbrowser, di mana tidak semua fitur WebXR dapat berjalan mulus pada browser versi lama atau pada perangkat dengan spesifikasi rendah [29]. Selain itu, latensi jaringan, keterbatasan prosesor perangkat, serta performa kamera juga memengaruhi pengalaman pengguna secara signifikan.

Dari sisi sosial, masih terdapat kesenjangan digital yang cukup besar, terutama di wilayah pedesaan atau kalangan pengguna yang belum terbiasa dengan teknologi berbasis web. Ini mengindikasikan perlunya pelatihan pengguna (user onboarding) serta desain konten yang adaptif terhadap berbagai profil pengguna.

Tantangan lain adalah terkait dengan aspek keamanan dan privasi, terutama pada penggunaan Web AR yang mengakses kamera perangkat pengguna secara langsung. Menurut studi [30], kepercayaan pengguna terhadap platform AR sangat dipengaruhi oleh transparansi sistem dalam menjelaskan bagaimana data visual diproses dan disimpan. Hal ini relevan dengan regulasi seperti GDPR (di Eropa) dan UU Perlindungan Data Pribadi (di Indonesia) yang mengatur pengelolaan data biometrik dan interaksi digital.

#### *Evaluasi Platform: Memilih Berdasarkan Konteks*

Diskusi pada bagian sebelumnya menunjukkan bahwa tidak ada satu platform Web-Based AR yang ideal untuk semua kebutuhan. 8thWall cocok untuk proyek komersial dan profesional karena performa pelacakan dan stabilitas visualnya sangat tinggi, namun biayanya cukup tinggi. Di sisi lain, ZapWorks dapat dijadikan alternatif untuk pendidikan karena memiliki interface yang bersahabat dan dokumentasi lengkap. Sementara itu, WebXR API sangat cocok bagi institusi riset atau komunitas open-source yang ingin membangun sistem kustom tanpa biaya lisensi [31].

Dengan demikian, pemilihan platform perlu mempertimbangkan tiga aspek utama:

- Tujuan pengembangan (edukatif, promosi, interaktif),
- Profil pengguna (pelajar, konsumen umum, komunitas teknis),
- Sumber daya teknis dan finansial.

Pendekatan yang fleksibel, inklusif, dan kontekstual menjadi kunci keberhasilan dalam merancang pengalaman Web AR yang efektif.

#### *Kontribusi Teoritis dan Praktis*

Kontribusi utama dari diskusi ini adalah penyajian sintesis mendalam atas berbagai studi yang mendukung argumentasi bahwa Web-Based AR bukan hanya inovasi teknologi, tetapi juga transformasi cara manusia berinteraksi dengan visual dan informasi. Dalam konteks pendidikan, Web AR berperan sebagai jembatan antara konten abstrak dan pengalaman konkret yang dapat divisualisasikan. Dalam dunia desain, ia memperkuat paradigma human-centered design dengan memberikan pengalaman yang lebih alami dan responsif [32], [33].

Secara praktis, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar pengembangan strategi pembelajaran berbasis teknologi imersif, serta sebagai referensi bagi pengambil keputusan dalam mengintegrasikan AR ke dalam kurikulum desain interaktif, visualisasi produk, maupun pelatihan industri.

#### *Keterbatasan Penelitian*

Meskipun penelitian ini telah memberikan gambaran yang komprehensif mengenai tren dan preferensi pengguna terhadap Web-Based AR dalam konteks desain interaktif, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu dicatat:

- Sumber data bersifat sekunder, sehingga validitas dan kekiniannya sangat bergantung pada akurasi laporan dan publikasi pihak ketiga. Tidak dilakukan pengumpulan data primer seperti survei langsung atau wawancara pengguna, yang sebetulnya dapat memperkuat keakuratan interpretasi.

- Ruang lingkup geografis terbatas, khususnya dalam konteks Indonesia. Sebagian besar laporan dan data tren bersifat global atau regional (Asia Tenggara), sehingga belum mencerminkan secara detail kondisi di setiap daerah atau kota dengan tingkat penetrasi teknologi berbeda.
- Analisis bersifat deskriptif, belum menjangkau pendekatan prediktif atau eksperimental. Penelitian ini belum mengeksplorasi secara mendalam korelasi atau pengaruh kausal antara fitur Web-Based AR dan tingkat kepuasan pengguna secara kuantitatif.
- Platform yang dianalisis terbatas pada tiga entitas utama, sementara ekosistem Web AR terus berkembang dan mencakup platform-platform alternatif lain seperti A-Frame, 3D.io, atau Unity WebXR yang tidak dibahas dalam studi ini karena keterbatasan ruang dan literatur yang relevan.
- Fokus topik pada desain interaktif, sehingga temuan belum mencakup bidang penggunaan lain dari Web AR seperti industri manufaktur, medis, atau game berbasis web yang juga memiliki karakteristik pengguna berbeda.

Keterbatasan-keterbatasan ini menjadi dasar pertimbangan untuk penelitian selanjutnya, yang disarankan untuk melibatkan pendekatan campuran antara data primer dan sekunder, memperluas ruang lingkup platform dan konteks penggunaan, serta mengintegrasikan alat analisis statistik inferensial guna menguatkan temuan.

#### **IV. KESIMPULAN DAN SARAN**

Penelitian ini menyajikan analisis mendalam mengenai tren penggunaan Web-Based Augmented Reality (AR) dalam konteks desain interaktif, dengan fokus pada preferensi pengguna serta perbandingan platform yang umum digunakan. Berdasarkan hasil studi pustaka dan analisis data sekunder, ditemukan bahwa Web-Based AR mengalami pertumbuhan signifikan dari tahun 2019 hingga 2024, baik secara global maupun nasional.

Faktor-faktor utama yang mendorong adopsi teknologi ini antara lain adalah interaktivitas langsung tanpa instalasi, kompatibilitas lintas perangkat, serta aksesibilitas melalui browser modern. Temuan juga menunjukkan bahwa sektor pendidikan dan pemasaran menjadi dua domain utama yang paling aktif mengadopsi pendekatan visual berbasis AR, terutama untuk meningkatkan keterlibatan pengguna dan efektivitas penyampaian informasi.

Analisis terhadap tiga platform Web AR utama (8thWall, ZapWorks, dan WebXR API) memperlihatkan bahwa setiap platform memiliki karakteristik unik yang harus dipertimbangkan sesuai konteks penggunaan, sumber daya teknis, dan kebutuhan pengguna akhir. Platform berbayar unggul dalam kestabilan performa dan fitur siap pakai, sementara platform open-source memberikan fleksibilitas lebih tinggi namun memerlukan keahlian teknis tambahan.

Penelitian ini memberikan kontribusi teoritis berupa pemetaan preferensi pengguna dalam pengalaman Web AR, serta kontribusi praktis dalam bentuk panduan awal pemilihan platform dan pendekatan desain untuk pengembang konten edukatif maupun komersial.

Berdasarkan hasil dan keterbatasan yang telah diidentifikasi, berikut beberapa saran yang dapat dijadikan arahan lanjutan:

1. Untuk peneliti selanjutnya, disarankan untuk menggabungkan pendekatan kuantitatif primer seperti survei atau observasi langsung terhadap pengguna Web AR, guna menguji secara empiris hubungan antara fitur desain dan kepuasan pengguna.
2. Bagi pengembang konten, penting untuk mempertimbangkan aspek aksesibilitas dan desain antarmuka yang sederhana, agar teknologi ini benar-benar inklusif dan dapat digunakan oleh berbagai kelompok pengguna, termasuk pelajar, masyarakat umum, dan pelaku usaha kecil.
3. Untuk institusi pendidikan dan pelatihan, integrasi Web-Based AR dapat menjadi strategi efektif dalam menyampaikan materi visual dan konsep abstrak. Oleh karena itu, perlu disusun panduan teknis dan pedagogis yang mendukung pemanfaatan AR secara optimal dalam pembelajaran.
4. Bagi pembuat kebijakan, perlu disusun regulasi teknis dan etika yang mengatur penggunaan kamera dan data pribadi dalam teknologi AR berbasis web, agar privasi dan keamanan pengguna tetap terlindungi.

Dengan memperhatikan berbagai aspek tersebut, diharapkan teknologi Web-Based AR dapat terus berkembang sebagai medium desain interaktif yang tidak hanya canggih secara teknis, tetapi juga berdampak positif secara sosial dan edukatif.

## REFERENCES

- [1] H. Jamaludin, U. Achlison, and N. Rokhman, "Enhancing AI Model Accuracy and Scalability Through Big Data and Cloud Computing," *Journal of Technology Informatics and Engineering*, vol. 3, no. 3, pp. 296–307, Dec. 2024, doi: 10.51903/jtie.v3i3.203.
- [2] J. D. Susatyono, I. S. Suasana, and K. Rozikin, "Integrating Big Data and Edge Computing for Enhancing AI Efficiency in Real-Time Applications," *Journal of Technology Informatics and Engineering*, vol. 3, no. 3, pp. 337–349, Dec. 2024, doi: 10.51903/jtie.v3i3.204.
- [3] S. A. Nugroho, S. Sumaryanto, and A. P. Hadi, "The Enhancing Cybersecurity with AI Algorithms and Big Data Analytics: Challenges and Solutions," *Journal of Technology Informatics and Engineering*, vol. 3, no. 3, pp. 279–295, Dec. 2024, doi: 10.51903/jtie.v3i3.200.
- [4] P. Priyadi, M. Migunani, and D. Sasmoko, "Enhancing Big Data Processing Efficiency in AI-Based Healthcare Systems: A Comparative Analysis of Random Forest and Deep," *Journal of Technology Informatics and Engineering*, vol. 3, no. 3, pp. 263–278, Dec. 2024, doi: 10.51903/jtie.v3i3.205.

- [5] N. Nikhlis, M. Jamal, and U. Ghofur, “Deteksi Dini Pencurian Data pada Perangkat Seluler Menggunakan Machine Learning,” *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi*, vol. 4, no. 2, pp. 110–129, May 2025, doi: 10.51903/fz0xzt26.
- [6] T. Sumarlin and N. Qosidah, “Optimizing Sales and Inventory Management with Machine Learning: Applications of Neural Networks and Random Forests,” *Journal of Management and Informatics*, vol. 3, no. 2, pp. 312–327, Aug. 2024, doi: 10.51903/jmi.v3i2.35.
- [7] S. FakhrHosseini *et al.*, “User Adoption of Intelligent Environments: A Review of Technology Adoption Models, Challenges, and Prospects,” *International Journal of Human–Computer Interaction*, vol. 40, no. 4, pp. 986–998, 2024, doi: 10.1080/10447318.2022.2118851.
- [8] M. Pergantis, I. Varlamis, N. G. Kanellopoulos, and A. Giannakouloupoulos, “Searching Online for Art and Culture: User Behavior Analysis,” *Future Internet*, vol. 15, no. 6, p. 211, 2023, doi: 10.3390/fi15060211.
- [9] S. K. Henge, G. U. Maheswari, R. Ramalingam, S. S. Alshamrani, M. Rashid, and J. Murugan, “Dependable and Non-Dependable Multi-Authentication Access Constraints to Regulate Third-Party Libraries and Plug-Ins across Platforms,” *Systems*, vol. 11, no. 5, p. 262, 2023, doi: 10.3390/systems11050262.
- [10] H. A. Hussein, M. H. Ali, M. Al-Hashimi, N. T. Majeed, Q. A. Hameed, and R. D. Ismael, “The Effect of Web Augmented Reality on Primary Pupils’ Achievement in English,” *Applied System Innovation*, vol. 6, no. 1, pp. 1–20, 2023, doi: 10.3390/asi6010018.
- [11] T. Kaarlela *et al.*, “Towards Metaverse: Utilizing Extended Reality and Digital Twins to Control Robotic Systems,” *Actuators*, vol. 12, no. 6, pp. 1–20, 2023, doi: 10.3390/act12060219.
- [12] F. Zare Ebrahimabad, H. Yazdani, A. Hakim, and M. Asarian, “Augmented Reality Versus Web-Based Shopping: How Does AR Improve User Experience and Online Purchase Intention,” *Telematics and Informatics Reports*, vol. 15, p. 100152, Sep. 2024, doi: 10.1016/j.teler.2024.100152.
- [13] L. Davis and U. Aslam, “Analyzing Consumer Expectations and Experiences of Augmented Reality (AR) Apps in the Fashion Retail Sector,” *Journal of Retailing and Consumer Services*, vol. 76, p. 103577, Jan. 2024, doi: 10.1016/j.jretconser.2023.103577.
- [14] A. S. Nurwicaksono and G. Swalaganata, “Analisis dan Perancangan Aplikasi Augmented Reality Anatomi Tubuh Manusia Berbasis Android,” *Journal of Information System and Application Development*, vol. 1, no. 1, pp. 49–59, Mar. 2023, doi: 10.26905/jisad.v1i1.9866.
- [15] C. Zammit, J. Calleja-Agius, and E. Azzopardi, “Augmented Reality for Teaching Anatomy,” *Clinical Anatomy*, vol. 35, no. 6, pp. 824–827, Sep. 2022, doi: 10.1002/ca.23920.
- [16] A. Hajirasouli and S. Banihashemi, “Augmented Reality in Architecture and Construction Education: State of the Field and Opportunities,” *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 19, no. 1, pp. 1–28, Dec. 2022, doi: 10.1186/s41239-022-00343-9.
- [17] M. Mendez-Lopez, M. C. Juan, R. Molla, and C. Fidalgo, “Evaluation of an Augmented Reality Application for Learning Neuroanatomy in Psychology,” *Anatomical Sciences Education*, vol. 15, no. 3, pp. 535–551, May 2022, doi: 10.1002/ase.2089.
- [18] M. Crew, S. Hasibuan, C. Azmin, M. F. A. Nasution, and M. Chairad, “Development of Anatomy Web-Based Assessment based Augmented Reality (AR),” *Journal of Education, Health and Sport*, vol. 12, no. 9, pp. 68–74, Aug. 2022, doi: 10.12775/jehs.2022.12.09.009.

- [19] A. Boomgaard *et al.*, “A Novel Immersive Anatomy Education System (Anat\_Hub): Redefining Blended Learning for the Musculoskeletal System,” *Applied Sciences*, vol. 12, no. 11, p. 5694, Jun. 2022, doi: 10.3390/app12115694.
- [20] P. García-Robles, I. Cortés-Pérez, F. A. Nieto-Escámez, H. García-López, E. Obrero-Gaitán, and M. C. Osuna-Pérez, “Immersive virtual reality and augmented reality in anatomy education: A systematic review and meta-analysis,” *Anatomical Sciences Education*, vol. 17, no. 3, pp. 514–528, Apr. 2024, doi: 10.1002/ase.2397.
- [21] P. Liu, Z. Yang, J. Huang, and T. K. Wang, “The Effect of Augmented Reality Applied to Learning Process with Different Learning Styles in Structural Engineering Education,” *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol. 32, no. 6, pp. 3727–3759, Jun. 2024, doi: 10.1108/ecam-06-2023-0596.
- [22] N. Partarakis and X. Zabulis, “A Review of Immersive Technologies, Knowledge Representation, and AI for Human-Centered Digital Experiences,” *Electronics*, vol. 13, no. 2, p. 269, 2024, doi: 10.3390/electronics13020269.
- [23] T. Kumar *et al.*, “Cloud-Based Video Streaming Services: Trends, Challenges, and Opportunities,” *CAAI Transactions on Intelligence Technology*, vol. 9, no. 2, pp. 265–285, Apr. 2024, doi: /10.1049/cit2.12299.
- [24] D. D. & S. Inc., “The Augmented Reality Playbook: Research, Insights, and Use Cases for Marketers,” Global, 2023.
- [25] K. I. Putra, P. J. L. Dawa, Y. D. Burgos, and F. I. Maulana, “Implementation of Augmented Reality in Study for Human Anatomy,” *Procedia Computer Science*, vol. 227, pp. 709–717, 2023, doi: 10.1016/j.procs.2023.10.575.
- [26] L. Schwenderling *et al.*, “Toward Structured Abdominal Examination Training Using Augmented Reality,” *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, vol. 20, no. 5, pp. 949–958, May 2025, doi: 10.1007/s11548-024-03311-y.
- [27] M. Noghabaei, A. Heydarian, V. Balali, and K. Han, “Trend Analysis on Adoption of Virtual and Augmented Reality in the Architecture, Engineering, and Construction Industry,” *Data*, vol. 5, no. 1, p. 26, Mar. 2020, doi: 10.3390/data5010026.
- [28] A. V. Oje, N. J. Hunsu, and D. May, “Virtual Reality Assisted Engineering Education: A Multimedia Learning Perspective,” *Computers & Education: X Reality*, vol. 3, p. 100033, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.cexr.2023.100033.
- [29] R. Pozharliev, M. De Angelis, and D. Rossi, “The Effect of Augmented Reality Versus Traditional Advertising: A Comparison Between Neurophysiological and Self-Reported Measures,” *Marketing Letters*, vol. 33, no. 1, pp. 113–128, Mar. 2022, doi: 10.1007/s11002-021-09573-9.
- [30] C. Söderström, P. Mikalef, A. Dypvik Landmark, and S. Gupta, “Augmented Reality (AR) Marketing and Consumer Responses: A Study of Cue-Utilization and Habituation,” *Journal of Business Research*, vol. 182, p. 114813, Sep. 2024, doi: 10.1016/j.jbusres.2024.114813.
- [31] P. A. Rauschnabel, B. J. Babin, M. C. tom Dieck, N. Krey, and T. Jung, “What is Augmented Reality Marketing? Its Definition, Complexity, and Future,” *Journal of Business Research*, vol. 142, pp. 1140–1150, Mar. 2022, doi: 10.1016/j.jbusres.2021.12.084.
- [32] E. Sung, D. I. D. Han, and Y. K. Choi, “Augmented Reality Advertising via a Mobile App,” *Psychology & Marketing*, vol. 39, no. 3, pp. 543–558, Mar. 2022, doi: 10.1002/mar.21632.
- [33] D. C. Villagran-Vizcarra, D. Luviano-Cruz, L. A. Pérez-Domínguez, L. C. Méndez-González, and F. Garcia-Luna, “Applications Analyses, Challenges and Development of Augmented

Reality in Education, Industry, Marketing, Medicine, and Entertainment,” *Applied Sciences*, vol. 13, no. 5, p. 2766, Mar. 2023, doi: 10.3390/app13052766.