



Persepsi Dosen dan Mahasiswa terhadap Efektivitas Penggunaan Teknologi Augmented Reality (AR) Pada Perangkat Seluler dalam industri Arsitektur dan Jasa Konstruksi

Sulistianingsih AS.^{1)✉}, Hakkun Elmunsyah²⁾, Djoko Kustono³⁾

¹⁾Program Studi Doktor Pendidikan Kejuruan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang, Indonesia

²⁾Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang, Indonesia

³⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima: Mei 2022

Direvisi: Juni 2022

Disetujui: Juni 2022

Keywords:

Aplikasi ICT, Augmented Reality, Industri Jasa Konstruksi, Perangkat Seluler, Persepsi.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui persepsi dosen dan mahasiswa terhadap efektivitas penggunaan teknologi AR untuk industri arsitektur dan jasa konstruksi serta tugas-tugas yang terkait, melalui penggunaan perangkat seluler. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan metode survey. Sampel pada penelitian ini adalah dosen dan mahasiswa program studi arsitektur Sekolah Tinggi Teknologi STIKMA Malang. Instrumen penelitian dikembangkan dari hasil studi literatur dan studi pendahuluan untuk membangun basis pengetahuan dan pemahaman tentang teknologi AR. Kuesioner terbagi menjadi: 1) Informasi Umum: untuk mengidentifikasi latar belakang responden; 2) Pengetahuan tentang AR/VR: untuk menilai pemahaman responden tentang AR; 3) AR di industri konstruksi: untuk mengukur pandangan peserta tentang kesesuaian AR untuk tugas konstruksi; dan 4) Fokus Studi: untuk mengukur kelayakan mengadopsi solusi AR di industri konstruksi. Teknik analisis data menggunakan analisis data kuantitatif dengan pendekatan deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persepsi terhadap penerapan teknologi AR untuk konstruksi umumnya positif. Anomali tak terduga di sini tampaknya adalah Pendidikan dan Jejaring Sosial hanya 3 dan 4 orang yang percaya bahwa teknologi VR dan AR akan sangat bermanfaat. Teknologi AR akan berguna untuk tugas-tugas konstruksi tetapi akan membutuhkan lebih banyak pekerjaan di beberapa area tertentu (seperti manajemen proyek/lokasi serta inspeksi dan pemeliharaan), jika cakupannya lebih luas dan lebih detail.

Abstract

This study aims to determine the perceptions of lecturers and students on the effectiveness of using AR technology for the architecture and construction services industry and related tasks, through the use of mobile devices. This research is descriptive research with survey method. The sample in this study were lecturers and students of the architectural study program at the STIKMA Malang Technology College. The research instrument was developed from the results of literature studies and preliminary studies to build a knowledge base and understanding of AR technology. The questionnaire was divided into: 1) General Information: to identify the background of the respondents; 2) Knowledge of AR/VR: to assess respondents' understanding of AR; 3) AR in the construction industry: to measure participants' views on the suitability of AR for construction tasks; and 4) Study Focus: to measure the feasibility of adopting AR solutions in the construction industry. The data analysis technique is quantitative data analysis with a descriptive approach. The results showed that the perception of the application of AR technology for construction was generally positive. The unexpected anomaly here seems to be Education and Social Networking only 3 and 4 people believe that VR and AR technology will be very useful. AR technology would be useful for construction tasks but would require more work in certain areas (such as project/site management and inspection and maintenance), if the scope was broader and more detailed.

PENDAHULUAN

Teknologi digital diadopsi dalam upaya untuk meningkatkan profil keberlanjutan dan produktivitas industri jasa konstruksi, diharapkan dapat mendukung pelaksanaan, pengadaan dan kegiatan-kegiatan konstruksi (Sulistianingsih & Kustono, 2022). Akibatnya, para profesional di bidang jasa konstruksi diharapkan mampu mengkonseptualisasikan dan menerjemahkan desain bangunan dan data menjadi informasi konstruksi terperinci melalui proses dan teknik baru yang tersedia melalui pemodelan informasi bangunan (Nelson & Tamtana, 2019). Representasi digital 3-Dimensi dari sebuah bangunan dan fitur intrinsik karakteristik dalam model yang berbeda seperti desain arsitektur, konstruksi, jadwal, model biaya, fabrikasi dan model operasi yang digunakan dalam penyerahan proyek gedung dan infrastruktur fisik lainnya, saat ini semua tercakup dalam teknologi digital (Han & Kim, 2013; Nelson & Tamtana, 2019; Zaher et al., 2018).

Proyek konstruksi saat ini semakin banyak dan kompleks, menantang untuk dikembangkan dengan memanfaatkan teknologi yang menjadi trend abad 21 (Sulistianingsih & Kustono, 2022; Xu & Zheng, 2021). Perkembangan teknologi informasi yang cepat menyediakan peluang untuk mengadopsi teknologi AR di berbagai sektor industri, salah satunya jasa konstruksi (Elshafey et al., 2020; Sital et al., 2019; Zhou & Hoever, 2014). Augmented reality (AR) telah menemukan momentum dalam industri arsitektur, dan jasa konstruksi (Zaher et al., 2018). Teknologi AR adalah bidang yang muncul dengan berbagai aplikasi (Firdanu et al., 2020; Noghabaei et al., 2020a; Ratajczak et al., 2019; Wang et al., 2013; Xu & Zheng, 2021). Proses ini melibatkan penggabungan komponen virtual dengan objek dunia nyata sehingga pengguna sulit membedakan antara dunia nyata dan dunia virtual (Machado & Vilela, 2020). Komponen virtual yang ditambahkan bersifat interaktif, sehingga memberikan kesan bahwa objek yang nyata hadir dalam tampilan meskipun secara fisik tidak ada (Widodo & Utomo, 2021). Teknologi AR telah menjadi konsep yang semakin layak, peluang penggunaannya semakin luas dan mengarah pada inovasi di berbagai bidang (Radianti et al., 2020). Memiliki sifat dan konteks yang spesifik, penelitian mendalam di bidang industri arsitektur dan jasa konstruksi yang menggunakan aplikasi seluler, sudah banyak dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas penggunaan teknologi AR dalam industri arsitektur dan jasa konstruksi serta solusi potensial

yang dapat diberikan sebagai alat dalam berbagai tugas terkait konstruksi, mengukur manfaat dan keterbatasan yang terkait dengan konsep tersebut.

Studi pendahuluan dilaksanakan dengan melakukan uji coba teknologi AR yang sesuai untuk penelitian ini, langkah awal dalam studi yaitu mencari platform digital yang akan digunakan. Banyak solusi, aplikasi, dan metode berbasis Smartphone dan Tablet diuji coba untuk mengukur seberapa efektif platform tersebut untuk menjadi solusi visualisasi desain yang dapat diterapkan. Sebuah aplikasi yang cocok bernama "LayAR" akhirnya dipilih untuk digunakan dalam penelitian. LayAR pada dasarnya tidak dirancang untuk digunakan dalam industri Arsitektur dan jasa konstruksi melainkan sebagai browser AR untuk android. Pertimbangan pemilihan aplikasi ini dikarenakan LayAR lebih mudah digunakan dan diatur dibandingkan dengan beberapa aplikasi lain yang dirancang dengan tujuan yang sama. LayAR mendukung gambar 2D, model 3D, suara dan video. Eksperimen awal menemukan bahwa proses pembuatan dan penerapan konten AR cukup rumit dan kompleks, tetapi masih jauh lebih mudah daripada beberapa aplikasi lain yang diuji. Pada penelitian ini, solusi berbasis web yang disebut '*Hoppala Augmentation*' dipilih untuk membantu otomatisasi proses integrasi konten AR (gambar, model 3D, dll.) tanpa memerlukan pengkodean komputer yang membuat sistem lebih intuitif. Prosesnya bekerja dengan cara mengunggah file gambar atau model 3D ke database online Hoppala, pengguna kemudian memasukkan data lokasi untuk konten AR dengan memberikan informasi lintang dan bujur, ketinggian dan skala. Hoppala kemudian menghasilkan kode yang dikirim ke LayAR untuk mempublikasikan konten.

Uji coba pertama dari metode ini menggunakan file gambar 2D dari desain perumahan graha merjosari asri di kota malang yang dibuat oleh para peneliti. Konsep itu berhasil tetapi ada masalah dengan kinerja; GPS terus menerus me-refresh sendiri membuat gambar tampak berhamburan, dimana lokasi objek berubah dengan data GPS yang diperbarui. Masalah tersebut diselesaikan dengan memperbaiki (mengatur) lokasi perangkat pada garis lintang/bujur tertentu. Masalah terselesaikan, tetapi koordinat grid dan komponen GPS tidak dapat digunakan. Mengkoneksikan dengan internet dianggap menjadi solusi, mengkombinasikan perangkat keras atau perangkat lunak untuk memungkinkan peningkatan kinerja untuk menautkan ke pelacak GPS eksternal ke penerima IPS (Sistem

Pemosisian Dalam Ruangan) untuk membantu aplikasi menemukan lokasi model pada konteks situs secara real-time. Diputuskan bahwa perbaikan harus dilakukan untuk meningkatkan kejelasan informasi yang ditampilkan. Percobaan ini akan menggunakan model 3D daripada gambar 2D, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1a. Menggunakan model 3D memungkinkan pengguna untuk berjalan di sekitar dan di dalam bangunan/atau struktur (objek 3D), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1b. Hasil uji coba aplikasi ini akan digunakan sebagai pendukung dalam proses penelitian ini. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui persepsi dosen dan mahasiswa terhadap efektivitas penggunaan teknologi AR untuk industri arsitektur dan jasa konstruksi serta tugas-tugas yang terkait, melalui penggunaan perangkat seluler.



Gambar 1. Uji coba AR: a) tampilan area masuk perumahan (atas); b) perspektif internal struktur ruang kantor pemasaran (bawah)

Augmented Reality (AR) pada dasarnya adalah bentuk Mixed Reality (MR) dan dapat didefinisikan sebagai konsep mengintegrasikan elemen virtual (umumnya, yang dihasilkan komputer) ke lingkungan dunia nyata pengguna (Russo, 2021). Beberapa istilah telah digunakan untuk mendefinisikan spektrum antara realitas aktual dan virtual: realitas teramplifikasi, realitas tertambah, virtualitas tertambah, realitas campuran, realitas yang diperkecil, realitas termediasi, realitas campuran, realitas tervirtualisasi, dll (Piroozfar et al., 2018; Radianti

et al., 2020; Russo, 2021; Schickler et al., 2020; Widodo & Utomo, 2021). Ada dua definisi untuk AR yang populer, yaitu: definisi pertama dan paling umum mencakup sistem tampilan seperti Head-Mounted Display (HMD) atau Heads-Up Display (HUD) sedangkan definisi kedua lebih umum tanpa mengacu pada sistem tampilan. Elemen virtual ini dapat berupa objek 2D atau 3D, atau bahkan suara, cahaya, atau aroma (Tahara et al., 2020). Fitur AR memungkinkan pengguna untuk mengikuti sudut pandang mereka melalui sistem pelacakan, menempatkan objek virtual ke pandangan pengguna dari adegan dunia nyata, membuat gambar gabungan dari objek virtual dan adegan dunia nyata secara real time dan mencari lokasi, objek virtual dalam adegan dunia nyata dengan skala, lokasi, dan orientasi yang benar (Sulistianingsih & Kustono, 2022; Tahara et al., 2020; Wang et al., 2013).

Manfaat utama menggunakan aplikasi AR ditemukan untuk meningkatkan komunikasi antara semua pihak yang terlibat, meningkatkan pemahaman proyek dan mempercepat pengambilan keputusan, penjadwalan dan manajemen anggaran yang lebih baik, visualisasi waktu nyata, peningkatan kolaborasi, peningkatan keamanan, dan implementasi BIM yang lebih baik (Hasan et al., 2022; Manzoor et al., 2021; Zaher et al., 2018). Beberapa literatur juga menyoroti perbedaan antar negara dalam hal persepsi dan penggunaan teknologi yang akan menunjukkan bahwa aplikasi VR/AR dapat digunakan lebih sering jika sikap dan popularitas teknologi ini semakin bertambah.

Disarankan bahwa industri konstruksi sangat bergantung pada solusi pencitraan visual untuk menyampaikan informasi bentuk dan kinerja secara akurat, AR terbukti jauh lebih praktis dibandingkan menggunakan prototipe fisik, biaya, potensi risiko, dan logistik menjadi salah satu pertimbangan (Hatmoko et al., 2020). Sebuah studi (Bin et al., 2019) menyoroti delapan area yang mereka anggap cocok untuk aplikasi AR, termasuk: tata letak situs, penggalian, penentuan posisi, inspeksi, koordinasi, pengawasan, komentar, dan penyusunan strategi. Sebaliknya, juga disimpulkan bahwa mungkin ada tugas-tugas tertentu yang tidak akan mendapatkan banyak manfaat dari penggunaan AR.

Namun, yang tidak diperhatikan dalam studi, tetapi memiliki cakupan yang lebih luas, misalnya desain, mulai dari desain arsitektur hingga pengembangan detail dan desain struktural hingga layanan bangunan (Indriyani & Suryanto, 2021). Selain itu, aplikasi AR dapat digunakan untuk kegiatan yang lebih spesifik seperti

perbaikan, pekerjaan restorasi, dan pemeliharaan bangunan untuk memotong biaya dan waktu, dan meningkatkan kualitas, serta kesehatan dan keselamatan kerja yang berkaitan dengan kegiatan tersebut (Machado & Vilela, 2020).

Industri jasa konstruksi merupakan bidang kerja yang membutuhkan perlengkapan perangkat keras yang dikembangkan secara khusus dengan harga yang mahal, namun dengan penerapan AR saat ini, memberikan solusi penghematan biaya dalam skala besar namun dengan kualitas yang sama (Rizqy et al., 2021). Akhir-akhir ini, banyak penelitian yang mengembangkan perakitan sistem AR dalam bidang konstruksi melalui konfigurasi 'tradisional', termasuk penggunaan kerangka perangkat lunak baru yang disesuaikan dan dikembangkan secara khusus untuk tujuan animasi (Xu & Zheng, 2021), namun ditemukan masalah dalam tampilan animasi dalam kombinasi dengan GPS (Machado & Vilela, 2020). Pekerjaan masa depan menyarankan bahwa elemen virtual harus ditampilkan sebagai entitas independen, sehingga posisi, orientasi, dan ukuran masing-masing objek dapat diubah secara independen (Elshafey et al., 2020). Studi lain (Bin et al., 2019; Wang et al., 2013) menyajikan kerangka kerja AR yang memungkinkan interaksi dan visualisasi bangunan dan lingkungan termalnya.

Bernama Human-Building Interaction (HBI) Model, sistem AR yang diusulkan, terdiri dari empat komponen, menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan baik dalam memungkinkan pengguna untuk melihat lingkungan termal bangunan dan komponen HCI meningkatkan penggunaan sistem ini secara signifikan (Piroozfar et al., 2018). Penelitian lain menjelaskan perkembangan penggunaan teknologi AR yang berhasil diintegrasikan ke dalam sistem dan meningkatkan ergonomi teknologi AR. Salah satu hambatan paling signifikan untuk keberhasilan penggunaan teknologi AR, terjadi ketika posisi objek virtual gagal ditampilkan di lokasi yang benar di dunia nyata (Ratajczak et al., 2019). Untuk mengatasi masalah ini sistem AR dapat menggunakan 'penanda', isyarat visual yang ditempatkan di situs untuk meningkatkan pengenalan perangkat lunak/perangkat keras dan berfungsi sebagai target lokasi untuk menentukan di mana objek virtual harus ditampilkan (Piroozfar et al., 2018). Penggunaan penanda dapat meningkatkan ketahanan dan mengurangi kebutuhan komputasi (Machado & Vilela, 2020).

Namun, kerugian dari sistem berbasis penanda adalah sering mengganggu atau tidak menarik secara visual. Sebuah alternatif hibrida untuk sistem penanda biasa diusulkan untuk

mengatasi masalah ini, yaitu dengan menggunakan spidol tak terlihat dengan aplikasi tinta UV (Russo, 2021). Sistem AR juga dapat menggunakan smartphone, tablet, atau perangkat genggam sebagai opsi alternatif (Zaher et al., 2018). Kemajuan modern dalam perangkat seluler (genggam) memungkinkan penggunaan AR tertentu menjadi layak untuk aplikasi bidang jasa konstruksi (Russo, 2021). Penelitian tentang penggunaan aplikasi seluler ini masih terbatas. Sebuah tinjauan studi arus utama (Chi et al., 2013; Wang et al., 2013) menunjukkan bahwa ada 38 makalah jurnal dan 82 makalah konferensi lainnya disaring dari 154 makalah yang diidentifikasi awalnya diterbitkan pada AR di industri arsitektur dan jasa konstruksi antara 2015 dan 2021, hanya 14,8% (N =9) dilakukan dengan menggunakan perangkat seluler sebagai 'Unit Komputasi' di bawah 'Kategori Implementasi' atau 'Teknologi Pengaktifan' seperti yang disarankan dalam makalah ini. Peluang Konstruksi untuk Teknologi Informasi Seluler memberikan beberapa preseden dalam hal ini. Salah satu proyek terbaru COMIT melakukan penelitian tentang penggunaan augmented reality dalam konstruksi, di mana HoloLens telah digunakan untuk mengimplementasikan Augmented Reality untuk memvisualisasikan 3D/4D di lokasi dan dalam skala 1:1 dalam proyek Balfour Beatty.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan metode survey. Sampel dalam penelitian ini berjumlah 65 orang yang terdiri dari dosen dan mahasiswa program studi arsitektur Sekolah Tinggi Teknologi STIKMA Malang. Sampel dipilih menggunakan teknik Purposive Sampling, responden yang dipilih adalah yang memiliki latar belakang akademis (Dosen dan mahasiswa), untuk memastikan tingkat pemahaman dan pengetahuan yang sama tentang bidang teknologi, ada di antara peserta survey yang tidak perlu memiliki pengalaman AR sebelumnya di industri arsitektur dan konstruksi atau lainnya. Pengambilan sampel sengaja ditujukan untuk audiens di lingkungan universitas karena sebagian besar peserta diharapkan menjadi profesional muda masa depan sebagai pengguna yang lebih paham teknologi dan lebih potensial memanfaatkan teknologi modern dalam karir profesional mereka. Kuesioner menganalisis pendapat peserta tentang seberapa intuitif aplikasi yang digunakan dan tingkat nilai yang dapat ditawarkan untuk faktor-faktor seperti produktivitas dan efektifitas. Sebelum kuesioner

disajikan kepada responden untuk pengumpulan data, studi percobaan dilakukan untuk mencegah kemungkinan masalah/kesalahan yang terjadi.

Instrumen penelitian dikembangkan dari hasil studi literatur dan studi pendahuluan untuk membangun basis pengetahuan dan pemahaman tentang teknologi AR.

Kuesioner dirancang dan dibagi menjadi empat bagian sebagai berikut: 1) Informasi Umum: untuk mengidentifikasi latar belakang responden; 2) Pengetahuan tentang AR/VR: untuk menilai pemahaman responden tentang AR; 3) AR di industri konstruksi: untuk mengukur pandangan peserta tentang kesesuaian AR untuk tugas konstruksi; dan 4) Fokus Studi: untuk mengukur kelayakan mengadopsi solusi AR di industri konstruksi. Sebagian besar pertanyaan bersifat pilihan ganda atau skala Likert. Namun, para peserta diberi kesempatan untuk memperluas tanggapan mereka yang dianggap perlu. Sebelum kuesioner diselesaikan, uji coba dilakukan untuk memastikan kejelasan, integritas dan alur pertanyaan dan juga untuk menghindari terjadinya kemungkinan bias. Teknik analisis data yang digunakan yaitu teknik analisis data kuantitatif dengan pendekatan deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil survey yang telah dilakukan terhadap dosen dan mahasiswa di lingkungan perguruan tinggi, maka diperoleh hasil sebagai berikut: Bagian 1 - Informasi Umum: Responden ditanya tentang karir atau bidang studi mereka. Informasi ini diperlukan untuk mengukur tingkat pengetahuan tentang topik studi pada khususnya dan industri konstruksi pada umumnya. Sebagian besar peserta (79%) memiliki latar belakang di bidang konstruksi. Hasil studi (Willar et al., 2019) menjelaskan bahwa Sektor konstruksi memiliki peran strategis di semua negara maju dan berkembang. Mempekerjakan lebih dari 7% tenaga kerja Eropa, sektor konstruksi merupakan bidang kerja industri terbesar di benua tersebut. Di Indonesia, industri konstruksi menyumbang 9,94% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) nasional. Hal itu diungkapkan Kepala Pusat Pengembangan Infrastruktur Wilayah Nasional, BPIW, Benny Hermawan. Serupa dengan hasil penelitian (Kazaz et al., 2008) sektor di Turki memiliki pangsa 4,6% dalam produk nasional bruto dan 5,3% dalam total lapangan kerja. Berdasarkan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa industri jasa konstruksi memiliki struktur yang kuat dan khusus di seluruh dunia dibandingkan dengan industri manufaktur.

Variasi dalam produktivitas tenaga kerja konstruksi secara alami dapat memberikan dampak yang besar pada perekonomian dan produktivitas nasional (Ervianto, 2018).

Bagian 2 - Pengetahuan tentang VR/AR: Ketika ditanya apakah mereka pernah mendengar tentang VR/AR dan jika ya dalam kapasitas apa, 73% peserta menyatakan bahwa mereka pernah mendengar tentang VR dengan hanya 67% untuk AR. Bagi mereka yang menjawab "Ya", aplikasi VR paling populer digunakan untuk bermain game dan menonton film. Ketika ditanya 'Jika diterapkan, di area mana menurut Anda VR atau AR akan paling berguna?', hasilnya (N=27) menjawab penerapan konsep-konsep ini tidak hanya untuk konstruksi; untuk industri lain dan hiburan (N= 13); Pelatihan Militer dan pekerjaan Risiko Tinggi, masing-masing N=9 dan N=12; untuk Manufaktur, Pendidikan dan Jaringan Sosial (N=7, N=3, N=4). Hasil tersebut menunjukkan bahwa persepsi terhadap penerapan AR untuk konstruksi umumnya positif. Sejalan dengan hasil penelitian (Noghabaei et al., 2020b) mengungkapkan bahwa dengan kemajuan dalam Building Information Modeling (BIM), teknologi Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR) memiliki banyak aplikasi potensial dalam industri Architecture, Engineering, and Construction (AEC). Anomali tak terduga dari Pendidikan dan Jejaring Sosial hanya 3 dan 4 orang yang percaya bahwa VR dan AR akan sangat bermanfaat. Hal tersebut bertentangan dengan hasil temuan (Sulistianingsih & Kustono, 2022) yang mengungkapkan bahwa VR dan AR menawarkan solusi inovatif untuk meningkatkan minat mahasiswa arsitektur dan meningkatkan efisiensi proses pembelajaran. Penggunaan VR dan AR sebagai alat dalam proses pengajaran sejarah arsitektur untuk membuat pelajaran lebih menarik.

Bagian 3 - Penggunaan AR dalam Industri Konstruksi: Hasil eksperimental AR diperkenalkan kepada peserta untuk mengukur pendapat mereka tentang penggunaan dan analisis sistem perangkat AR dalam industri konstruksi. Bagian 3 dirancang, dengan mempertimbangkan rencana kerja, untuk membenarkan penggunaan AR melalui fase pra-konstruksi, konstruksi, dan pasca konstruksi. Fase ini berfokus pada tahapan untuk menilai penerapan secara keseluruhan. Para peserta ditanya di area mana yang menurut mereka penggunaan AR paling aplikatif, dalam industri konstruksi.

Pertanyaan ini mengacu pada pengalaman pengguna dalam eksperimen AR yang disajikan

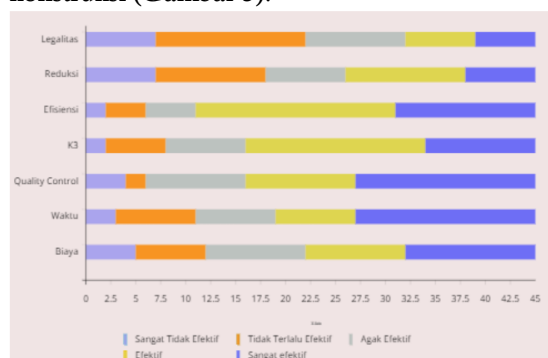
untuk mengukur pendapat peserta tentang penerapan yang berkaitan dengan tugas yang terdaftar. Skala Likert digunakan untuk mengklasifikasikan tingkat penerapan. Pengguna diminta untuk memberikan penilaian mereka tentang manfaat yang dirasakan dari sistem AR untuk tahap pekerjaan pra-konstruksi seperti desain, manajemen proyek dan manajemen situs. Hasil yang diperoleh beragam sehubungan dengan tugas-tugas pra-konstruksi, dengan sudut pandang umum bahwa konsep tersebut cocok untuk tugas-tugas desain dan lebih baik dibandingkan aplikasi yang lain (Gambar 2). Secara ringkas, AR tampaknya dapat diterapkan pada berbagai tahapan pekerjaan yang ditetapkan di bawah rencana kerja, menurut pandangan responden kuesioner. Pandangan ini didukung oleh hasil penelitian (Raajana et al., 2012) yang menyatakan bahwa AR akan berguna untuk tugas-tugas konstruksi tetapi akan membutuhkan lebih banyak pekerjaan di beberapa area tertentu (seperti manajemen proyek/lokasi serta inspeksi dan pemeliharaan), jika cakupannya lebih luas dan lebih detail.



Gambar 2. Penerapan AR untuk berbagai tahapan pada fase pra, dalam, dan pasca konstruksi

Bagian 4 - Fokus Studi: Bagian 4 bertujuan untuk mengukur potensi manfaat yang dapat dibawa AR ke industri konstruksi dan keseluruhan kelayakan dari pengenalannya. Pertanyaan mencakup faktor-faktor seperti biaya, waktu, dan hambatan yang terkait dengan pengintegrasian AR dalam konstruksi. Para peserta ditanya seberapa efektif menurut mereka penerapan AR dalam tugas/tujuan konstruksi mengenai serangkaian masalah seperti yang tercantum dalam pertanyaan. Di sini, pengalaman peserta saat menggunakan teknologi AR digunakan untuk mengukur pendapat mereka tentang kemandirian sistem AR yang diterapkan. Secara keseluruhan, temuan

menunjukkan bahwa responden percaya AR dapat memberikan manfaat untuk tugas konstruksi (Gambar 3).



Gambar 3. Efektivitas AR untuk berbagai tugas/tujuan yang berkaitan dengan proyek konstruksi

Jawaban atas pertanyaan: Menurut Anda, seberapa efektif alat ini dalam mendorong partisipasi klien dalam proses desain dan konstruksi?" menunjukkan bahwa mayoritas responden (90,5%, N=48) setuju bahwa aplikasi akan menjadi efektif atau alat yang sangat efektif untuk mendorong partisipasi pengguna dan klien dalam tugas konstruksi. Hal ini menunjukkan potensi teknologi tersebut untuk mengubah cara dan masalah antara profesional dan klien dapat dinegosiasikan dan diselesaikan, dengan bantuan komunikasi visual yang lebih baik. Memperkenalkan aplikasi semacam itu ke dalam proyek konstruksi untuk mengukur kelayakan, para peserta kemudian ditanya apakah mereka menggunakan solusi tersebut jika mereka bertanggung jawab atas sebuah proyek. 74% (N=32) menyatakan bahwa mereka akan melakukannya, 19% (N=8) ragu-ragu dan hanya 7% (N=3) mengatakan mereka tidak akan menggunakan teknologi tersebut jika mereka yang bertanggung jawab, sebagian besar karena waktu dan biaya.

Pertanyaan lain diajukan untuk mencari tahu dengan semua potensi dan hambatan realistis dalam cara menggunakan teknologi tersebut, jika para peserta berpikir ini adalah masa depan dalam industri konstruksi. Hasil menunjukkan bahwa 93% (N=54) peserta percaya, terlepas dari potensi masalah dan kendala, bahwa integrasi solusi AR akan menjadi masa depan untuk industri konstruksi. Hasil ini menunjukkan sedikit keraguan bahwa AR memiliki potensi untuk digunakan dalam tugas konstruksi. Para peserta kemudian ditanya apakah menurut mereka ini adalah masa depan, berapa lama mereka membayangkan waktu yang dibutuhkan industri konstruksi untuk

mengadopsi teknologi tersebut. 45% (N=22) percaya bahwa dibutuhkan sekitar 5-10 tahun bagi industri konstruksi untuk menggunakan teknologi tersebut, sementara jumlah yang sama berpikir akan memakan waktu hingga 5 tahun. Hanya satu responden (2%) yang percaya bahwa dibutuhkan lebih dari 10 tahun untuk menerapkan teknologi tersebut dan 7% (N=3) tidak menjawab pertanyaan.

Untuk menyelidiki lebih lanjut apa yang mungkin dianggap sebagai hambatan, para peserta ditanya tentang pendapat mereka, yang mungkin menjadi penghalang paling signifikan untuk penerapan teknologi semacam itu secara lebih luas. Pertanyaan ini menilai faktor kunci mana yang terdaftar, yang dirasakan sebagai penghalang paling signifikan yang mencegah solusi penggunaan teknologi AR diimplementasikan di industri konstruksi. Responden juga diberi kesempatan untuk menyebutkan alasan lain. Responden mengidentifikasi biaya sebagai faktor utama (25%, N=17). Faktor teratas lainnya yang dipilih adalah kebutuhan akan perubahan (18%, N=11), waktu (15%, N=8) dan sikap (15%, N=8). Isu mengenai sikap terhadap teknologi bisa menjadi yang paling sulit untuk diselesaikan; karena industri mungkin menjunjung tinggi nilai-nilai tradisional, sebaliknya mungkin sulit untuk meyakinkan perspektif yang teguh. Namun, sebagian besar faktor yang dominan dan saling terkait mampu saling menutupi, dan faktor yang lain dapat menyesuaikan.

Temuan tersebut sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Machado & Vilela, 2020) bahwa penerapan pemodelan AR memiliki potensi yang tinggi untuk terintegrasi membantu dalam inspeksi operasi, pemeliharaan gedung, infrastruktur, dan perakitan instalasi. Platform visualisasi paling intuitif dalam memperbarui perencanaan konstruksi dengan cepat melalui informasi yang dihasilkan di lokasi pembangunan (as-built). Potensi penggunaan integrasi antara BIM dan AR meningkat, karena evolusi kinerja komputer portabel, perangkat seluler, dan solusi perangkat visualisasi lainnya di lingkungan virtual.

SIMPULAN

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa teknologi AR efektif digunakan dalam bidang industri arsitektur dan jasa konstruksi. Penerapan teknologi AR dapat memberikan solusi fungsional ke berbagai aspek industri konstruksi. Konsensus terhadap AR menunjukkan bahwa

teknologi dapat menjadi masa depan untuk industri arsitektur dan jasa konstruksi, dengan respon positif para pengguna. Terlepas dari ada persepsi tentang ketidakjelasan tentang AR; hal tersebut dikarenakan banyak yang belum terbiasa dengan aplikasi AR dan perbedaannya dengan VR. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi tersebut dan penerapannya perlu diperkenalkan lebih baik dan dipromosikan lebih mendalam, mungkin jauh lebih awal dan sebagai bagian dari kurikulum formal di pendidikan tinggi dan lebih lanjut.

Faktor terbesar yang mempengaruhi implementasi teknologi AR di industri jasa konstruksi adalah: 1) Waktu yang dibutuhkan untuk mengimplementasikan teknologi /teknologi; 2) Biaya keuangan untuk mengadopsi sistem perangkat keras dan perangkat lunak yang terkait; dan 3) Kebutuhan yang jelas akan perubahan dan sikap terhadap teknologi. Temuan penelitian ini dapat digunakan untuk membantu menginformasikan penelitian masa depan dan praktik teknologi AR di industri jasa konstruksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bin, F., Xi, Z., Yi, C., & Ping, W. G. (2019). Construction safety education system based on virtual reality. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 563(4). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/563/4/042011>
- Chi, H. L., Kang, S. C., & Wang, X. (2013). Research trends and opportunities of augmented reality applications in architecture, engineering, and construction. *Automation in Construction*, 33(August), 116–122. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.12.017>
- Elshafey, A., Saar, C. C., Aminudin, E. B., Gheisari, M., & Usmani, A. (2020). Technology acceptance model for augmented reality and building information modeling integration in the construction industry. *Journal of Information Technology in Construction*, 25(August 2018), 161–172. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2020.010>
- Ervianto, W. I. (2018). Studi Tentang Daya Saing Penyedia Jasa Konstruksi Dalam Perspektif Konstruksi Berkelanjutan Di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 7–15.
- Firdanu, R., Achmadi, S., & Adi Wibowo, S. (2020). Pemanfaatan Augmented Reality sebagai Media Pembelajaran mengenai Peralatan Konstruksi dalam Dunia

- Pendidikan Berbasis Android. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 4(2), 276–282.
<https://doi.org/10.36040/jati.v4i2.2657>
- Han, J., & Kim, G. (2013). *Virtual Constructions Design using 3ds Max*. 1–6.
- Hasan, S. M., Lee, K., Moon, D., Kwon, S., Jinwoo, S., & Lee, S. (2022). Augmented reality and digital twin system for interaction with construction machinery. In *Journal of Asian Architecture and Building Engineering* (Vol. 21, Issue 2, pp. 564–574).
<https://doi.org/10.1080/13467581.2020.1869557>
- Hatmoko, J. U. D., Wibowo, M. A., Kristiani, F., Khasani, R. R., Hermawan, F., RizkiFatmawati, & Sihaloho, G. D. (2020). Edukasi Building Information Modeling (BIM) pada Kontraktor Kecil. *Jurnal Pasopati*, 2(3), 198–202.
<http://ejournal2.undip.ac.id/index.php/pasopati>
- Indriyani, T. W., & Suryanto, A. (2021). Markerless Augmented Reality (AR) pada Media Pembelajaran Pengenalan Komponen Transmisi Manual Mobil. *Edu Komputika Journal*, 8(1), 57–67.
- Kazaz, A., Manisali, E., & Ulubeyli, S. (2008). Effect of basic motivational factors on construction workforce productivity in Turkey. *Journal of Civil Engineering and Management*, 14(2), 95–106.
<https://doi.org/10.3846/1392-3730.2008.14.4>
- Machado, R. L., & Vilela, C. (2020). Conceptual framework for integrating bim and augmented reality in construction management. *Journal of Civil Engineering and Management*, 26(1), 83–94.
<https://doi.org/10.3846/jcem.2020.11803>
- Manzoor, B., Othman, I., & Pomares, J. C. (2021). Digital technologies in the architecture, engineering and construction (Aec) industry—a bibliometric—qualitative literature review of research activities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(11).
<https://doi.org/10.3390/ijerph18116135>
- Nelson, N., & Tamtana, J. S. (2019). Faktor Yang Memengaruhi Penerapan Building Information Modeling (Bim) Dalam Tahapan Pra Konstruksi Gedung Bertingkat. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2(4), 241.
<https://doi.org/10.24912/jmts.v2i4.6305>
- Noghabaei, M., Heydarian, A., Balali, V., & Han, K. (2020a). Trend analysis on adoption of virtual and augmented reality in the architecture, engineering, and construction industry. In *Data* (Vol. 5, Issue 1).
<https://doi.org/10.3390/data5010026>
- Noghabaei, M., Heydarian, A., Balali, V., & Han, K. (2020b). Trend analysis on adoption of virtual and augmented reality in the architecture, engineering, and construction industry. *Data*, 5(1).
<https://doi.org/10.3390/data5010026>
- Piroozfar, A., Farr, E. R. P., Boseley, S., Essa, A., & Jin, R. (2018). The application of Augmented Reality (AR) in the Architecture Engineering and Construction (AEC) industry. *The Tenth International Conference on Construction in the 21st Century (CITC-10)*, 1997. <http://eprints.brighton.ac.uk/18289/>
- Raajana, N. R., Suganya, S., Hemanand, R., Janani, S., Sarada Nandini, N., & Ramanan, S. V. (2012). Augmented reality for 3D construction. *Procedia Engineering*, 38, 66–72.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.06.010>
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers and Education*, 147(July 2019), 103778.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Ratajczak, J., Riedl, M., & Matt, D. T. (2019). BIM-based and AR application combined with location-based management system for the improvement of the construction performance. *Buildings*, 9(5).
<https://doi.org/10.3390/buildings9050118>
- Rizqy, R. M., Martina, N., & Purwanto, H. (2021). Perbandingan Metode Konvensional Dengan Bim Terhadap Efisiensi Biaya, Waktu. *Construction and Material Journal*, 3(1), 15–24.
<https://doi.org/10.32722/cmj.v3i1.3506>
- Russo, M. (2021). AR in the architecture domain: State of the art. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(15).
<https://doi.org/10.3390/app11156800>
- Schickler, M., Reichert, M., Geiger, P., Winkler, J., Funk, T., Weilbach, M., & Pryss, R. (2020). Flexible development of location-based mobile augmented reality applications with AREA: Implementation of a serious game shows the flexibility of AREA. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 11(12), 5809–5824.

- <https://doi.org/10.1007/s12652-020-02094-9>
- Sulistianingsih, & Kustono, D. (2022). *Potensi Penggunaan Teknologi Augmented Reality (AR) dan Virtual Reality (VR) dalam Pembelajaran Sejarah Arsitektur di Era Pandemi Covid-19*. 07(4), 10–18.
- Sutal, Y., Pingak, R. K., Ahab, A. S., & Baunsele, S. D. (2019). BUILDING INFORMATIONMODELING (BIM) SOFTWARE PADA PERANCANGAN GEDUNG BETON BERTULANG UNTUKMENDUKUNG INDUSTRI 4.0 DALAM BIDANG JASA KONSTRUKSI Partogi. *SEMINAR NASIONAL SAINS DAN TEKNIK FST UNDANA (SAINSTEK)*, June, 278–289.
- Tahara, T., Seno, T., Narita, G., & Ishikawa, T. (2020). Retargetable AR: Context-Aware Augmented Reality in Indoor Scenes based on 3D Scene Graph. *Adjunct Proceedings of the 2020 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, ISMAR-Adjunct 2020*, 249–255. <https://doi.org/10.1109/ISMAR-Adjunct51615.2020.00072>
- Wang, X., Kim, M. J., Love, P. E. D., & Kang, S. C. (2013). Augmented reality in built environment: Classification and implications for future research. *Automation in Construction*, 32(August 2021), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.11.021>
- Widodo, A., & Utomo, A. B. (2021). Media Pembelajaran Taksonomi Hewan Berbasis Augmented Reality dengan Fitur Multi Target. *Edu Komputika*, 8(1), 1–8. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/edukom>
- Willar, D., Waney, E. V. Y., Pangemanan, D., & Mait, R. (2019). Penerapan Konstruksi Berkelanjutan Pada Pembangunan Infrastruktur. *Polimdo Press*, 1–99.
- Xu, Z., & Zheng, N. (2021). Incorporating virtual reality technology in safety training solution for construction site of urban cities. *Sustainability (Switzerland)*, 13(1), 1–19. <https://doi.org/10.3390/su13010243>
- Zaher, M., Greenwood, D., & Marzouk, M. (2018). Mobile Augmented Reality Applications for construction projects. *Construction Innovation: Information, Process, Management*, 18, 152–166. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/CI-02-2017-0013/full/html>
- Zhou, J., & Hoever, I. J. (2014). Research on Workplace Creativity: A Review and Redirection. *Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior*, 1, 333–359. <https://doi.org/10.1146/annurev-orgpsych-031413-091226>