

Panduan Tata Letak Kelas Berbasis Augmented Reality (AR) Untuk Laboratorium Database (Studi Kasus: Jurusan Sistem Komputer Universitas Kristen Maranatha)

Jimmy Agustian Loekito^{*1}, Jonathan Chandra², Felix Eventus Cahyadi³, Karenina Wong⁴
Universitas Kristen Maranatha^{1,2,3,4}

Jalan Surya Sumantri No.65 Bandung

Sur-el : jimmy.al@eng.maranatha.edu¹, Jonathan.chandra@eng.maranatha.edu²,
2127005@maranatha.ac.id³, 2327004@eng.maranatha.edu⁴

^{*)} Corresponden Author

DOI : <https://doi.org/10.33557/jurnalmatrik.v26i2.3168>

Abstract : Augmented Reality (AR) technology has the ability to dramatically change business and education through greater efficiency, competitiveness, and client services. By offering interactive guides, contextual learning modules, and virtual lab tours, AR can increase the efficacy of learning in a database laboratory. Furthermore, gamified learning possibilities and real-time collaboration tools in AR have the potential to boost student comprehension and engagement, especially for new and prospective students. Expanding its application, augmented reality can significantly affect global trade. A PwC estimate suggests that productivity increases in AR might increase global GDP by \$1.5 trillion by 2030. Businesses who employ AR for remote assistance and training have seen up to 40% boosts in productivity, according to Deloitte's research. Furthermore, according to MarketsandMarkets, AR boosts competitiveness by providing immersive customer experiences that raise customer happiness and engagement. These results show how AR is transforming a number of industries.

Keywords: Augmented reality, graphics, promotions, guidebooks.

Abstrak : Teknologi Augmented Reality (AR) dapat mengubah secara drastis bisnis dan pendidikan melalui efisiensi, daya saing, dan layanan pelanggan. Dengan menawarkan panduan interaktif, modul pembelajaran kontekstual, dan tur laboratorium virtual, AR dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran di laboratorium basis data. Selain itu, kemungkinan pembelajaran yang digamifikasi dan alat kolaborasi waktu nyata dalam AR berpotensi meningkatkan pemahaman dan keterlibatan siswa, terutama bagi siswa baru dan calon siswa. Dalam penerapannya yang lebih luas, AR dapat berdampak signifikan pada perdagangan global. Perkiraan dari PwC menunjukkan bahwa peningkatan produktivitas dalam AR dapat meningkatkan PDB global sebesar \$1,5 triliun pada tahun 2030. Bisnis yang menggunakan AR untuk bantuan jarak jauh dan pelatihan telah mengalami peningkatan produktivitas hingga 40%, menurut penelitian Deloitte. Lebih lanjut, menurut MarketsandMarkets, AR meningkatkan daya saing dengan menyediakan pengalaman pelanggan yang imersif yang meningkatkan kepuasan dan keterlibatan pelanggan. Hasil-hasil ini menunjukkan bagaimana AR mengubah sejumlah industri.

Kata kunci: Augmented reality, grafik, promosi, buku panduan

1. PENDAHULUAN

Pada era ini, teknologi terus berkembang seiring berjalannya waktu. Banyak orang terlalu malas untuk melihat buku panduan dalam format teks atau gambar, sehingga kadang-kadang masih membingungkan pembaca. Dengan

kemajuan teknologi saat ini, ada teknologi yang disebut Augmented Reality (AR). Teknologi ini dapat membantu kehidupan nyata yang dikombinasikan dengan teknologi yang berkembang sehingga dapat diterapkan pada buku panduan untuk menyajikan informasi dengan cara yang lebih menarik dan mudah

dipahami. Fitur-fitur yang akan dibuat dalam buku panduan ini adalah informasi tentang tata letak ruangan atau tata letak objek. Fokus buku panduan ini adalah untuk memberikan informasi tentang desain objek dalam ruangan, seperti meja dan bangku. Dilengkapi dengan teknologi AR, ini akan secara signifikan mengubah banyak bidang ekonomi dalam hal produktivitas dan daya saing serta memberikan layanan baru dan inovatif kepada masyarakat luas. AR adalah teknologi yang meningkatkan kehidupan nyata dengan menambahkan lapisan informasi digital. AR ditampilkan langsung dari lingkungan yang ada dengan menambahkan suara, video, dan grafik [1]. AR adalah teknologi baru dalam domain ini, termasuk arsitektur, pendidikan, ritel, navigasi, dan kecerdasan buatan [2, 3, 4]. AR memiliki potensi besar dalam berbagai bidang pengetahuan dan potensi nyata dalam pengajaran [5]. Penerapan AR dalam arsitektur melibatkan penggunaan AR dalam desain arsitektur dan pendidikan arsitektur untuk membantu mahasiswa arsitektur memahami ruang dan desain bangunan dengan lebih interaktif [6]. Mengintegrasikan AR dengan *Building Information Modeling* (BIM) untuk memvisualisasikan model bangunan dalam lingkungan alami [7]. Hasil integrasi menunjukkan potensi AR untuk membantu arsitek profesional membuat keputusan yang lebih baik. Dalam pendidikan, penggunaan AR dalam ilmu pengetahuan menunjukkan bahwa penggunaan AR dapat meningkatkan minat dan pemahaman siswa terhadap materi pelajaran [8]. Pengujian dampak *Augmented Reality* (AR) dalam pembelajaran bahasa asing menunjukkan

bahwa AR dapat secara signifikan meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran [9]. Misalnya, studi oleh Billingham dan Duenser (2012) [21] menemukan bahwa aplikasi AR dalam pendidikan mengarah pada tingkat keterlibatan siswa yang lebih tinggi karena sifat teknologi yang interaktif dan imersif. Selain itu, penelitian oleh Liu dan Chu (2010) [22] menunjukkan bahwa aktivitas pembelajaran berbasis AR meningkatkan motivasi di kalangan pelajar bahasa dengan memberikan umpan balik kontekstual dan real-time, membuat pengalaman belajar lebih menarik dan efektif. Selain itu, studi yang dilakukan oleh Solak dan Cakir (2015) [23] melaporkan bahwa siswa yang menggunakan AR dalam pembelajaran bahasa menunjukkan peningkatan antusiasme dan partisipasi dibandingkan dengan metode pembelajaran tradisional. Temuan ini secara kolektif menyoroti dampak positif AR terhadap motivasi dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran bahasa asing. Dalam bidang medis, terdapat tinjauan sistematis tentang penggunaan AR dalam pendidikan medis yang membuktikan bahwa AR dapat efektif dalam meningkatkan pemahaman dan keterampilan praktis mahasiswa kedokteran [10]. Tinjauan tentang penggunaan AR dalam warisan budaya menunjukkan potensi AR dalam memperkaya pengalaman wisatawan di situs budaya dan sejarah [11, 12, 13, 14].

Penerapan AR telah terbukti efektif dalam berbagai studi kasus dan semakin dikenal oleh publik saat ini. Peningkatan minat publik terhadap teknologi AR telah terbukti secara signifikan melalui survei pengetahuan dan

keterampilan [15]. Penerapan AR pada toko online dapat meningkatkan daya tarik konsumen untuk membeli produk berdasarkan integrasi antara dunia nyata dan lingkungan virtual [16]. AR dapat menjadi cara yang efektif untuk mengurangi biaya dan meningkatkan efisiensi dalam manajemen *product lifecycle management* (PLM) [17]. Penerapan AR pada museum geologi telah terbukti meminimalkan biaya pembuatan replika fosil dan memberikan alternatif terhadap keterbatasan ruang [18]. Penggunaan AR secara masif di masa depan dapat berkembang pesat seiring dengan kemajuan teknologi perangkat keras, sensor, dan grafis [19]. Melalui tinjauan positif dan hasil penelitian tentang penerapan teknologi AR, latar belakang penelitian ini menghasilkan solusi output berupa buku panduan laboratorium Database dengan fitur *Augmented Reality* untuk Program Studi Sistem Komputer di Fakultas Teknik Universitas Maranatha. Pilihan panduan dengan fitur AR didasarkan pada keunggulan unik AR dalam meningkatkan pengalaman pendidikan dengan mengubah informasi statis menjadi modul pembelajaran yang interaktif dan imersif. Secara khusus, AR dapat membuat konsep yang kompleks lebih mudah diakses dan menarik dengan menampilkan informasi digital di lingkungan laboratorium fisik. Penelitian ini sangat relevan dengan fokus program pada pengalaman pembelajaran praktis dan langsung di laboratorium Database. Buku panduan ini bertujuan untuk meningkatkan keterlibatan belajar, meningkatkan pemahaman tentang konsep yang kompleks, meningkatkan aksesibilitas, dan memberikan bantuan real-time.

AR akan diterapkan melalui panduan peralatan interaktif, modul pembelajaran kontekstual, alat kolaborasi *real-time*, dan tur lab yang diperluas, menjadikan pembelajaran lebih menarik, menyenangkan, dan efektif.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini memanfaatkan beberapa aplikasi pembuatan animasi 3D yang akan diintegrasikan dengan bentuk marker. Marker adalah pola yang dibuat dalam bentuk titik-titik hitam yang dapat dikenali oleh kamera [20]. Bentuk marker akan berfungsi sebagai alat pembaca. Kamera akan memindai bentuk marker yang menyerupai simbol seperti Kode QR, menyajikan informasi dalam bentuk visual animasi 3D untuk pembuatan konten buku panduan.

2.1 Data Retrieval

Data primer dikumpulkan melalui eksperimen dengan mengatur beberapa skenario. Selisih waktu antara hasil tes ini akan dicatat dan digunakan sebagai tolak ukur keberhasilan penelitian ini. Tolak ukur keberhasilan akan ditentukan melalui metrik yang spesifik dan terukur, termasuk tingkat keterlibatan siswa yang diukur berdasarkan frekuensi dan durasi penggunaan fitur AR, hasil belajar yang dinilai melalui peningkatan skor sebelum dan sesudah test, dan tingkat retensi konsep basis data. Selain itu, umpan balik dan kepuasan siswa akan diukur melalui survei, tingkat penyelesaian, dan efisiensi akan dievaluasi berdasarkan waktu yang dihabiskan dan ketepatan latihan laboratorium,

serta analitik penggunaan akan melacak bagaimana dan kapan siswa berinteraksi dengan konten AR. Indikator-indikator ini akan memberikan ukuran yang jelas dan kuantitatif tentang keberhasilan integrasi teknologi AR ke dalam buku panduan laboratorium Database, memastikan hasil penelitian yang objektif dan dapat ditindaklanjuti.

Pada bagian ini, penulis memberikan penjelasan yang jelas tentang kegiatan mereka selama setiap bagian dari *System Development Life Cycle* (SDLC) untuk buku panduan laboratorium Database dengan fitur Augmented Reality, sebagai berikut :

2.1.1 Analisis

- a. Pengumpulan Data: Meninjau literatur dan melakukan survei serta wawancara dengan mahasiswa dan dosen untuk memahami kebutuhan mereka.
- b. Penjadwalan: Membuat timeline rinci untuk semua fase proyek.
- c. Pemilihan Alat: Mengevaluasi dan memilih alat dan platform pengembangan AR yang sesuai.

2.1.2 Desain

- a. Pengumpulan Data: Meninjau literatur dan melakukan survei serta wawancara dengan mahasiswa dan dosen untuk memahami kebutuhan mereka.
- b. Penjadwalan: Membuat timeline rinci untuk semua fase proyek.

- c. Pemilihan Alat: Mengevaluasi dan memilih alat dan platform pengembangan AR yang sesuai.

2.1.3 Pengodean:

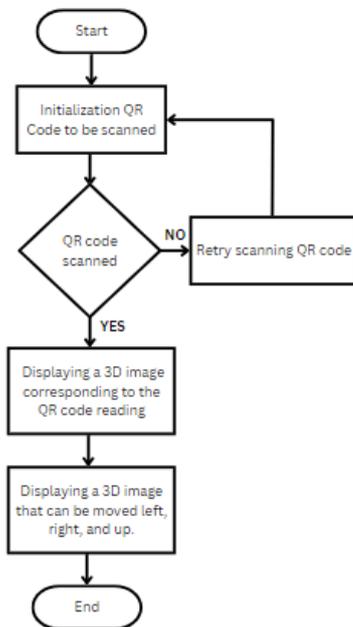
- a. Pengumpulan Data: Meninjau literatur dan melakukan survei serta wawancara dengan mahasiswa dan dosen untuk memahami kebutuhan mereka.
- b. Penjadwalan: Membuat timeline rinci untuk semua fase proyek.
- c. Pemilihan Alat: Mengevaluasi dan memilih alat dan platform pengembangan AR yang sesuai.

2.1.4 Pengujian:

- a. Pengujian Modul: Melakukan pengujian unit pada modul individu untuk memastikan fungsionalitas.
- b. Perbaikan Bug: Mengidentifikasi dan menyelesaikan masalah, membuat penyesuaian yang diperlukan pada desain dan kode.
- c. Umpan Balik Pengguna: Melibatkan mahasiswa dan dosen dalam pengujian beta untuk mengumpulkan umpan balik dan meningkatkan buku panduan.

Gambar 1 menunjukkan diagram alir dari aplikasi AR yang telah dirancang. *Flowchart* berikut menjelaskan penggunaan aplikasi AR yang dirancang untuk memfasilitasi mahasiswa dalam melihat kondisi laboratorium yang ada dan mengelola sumber daya.

2.2 Flowchart Application



Gambar 1. Flowchart berbasis kode QR 3D Image Display

Mahasiswa memindai kode QR, dan setelah pemindaian berhasil, sistem menampilkan gambar 3D laboratorium yang sesuai dengan kode QR tersebut. Fitur ini menunjukkan tata letak laboratorium dan peralatan secara rinci serta mencakup fungsi interaktif seperti reservasi tempat duduk dan operasi CRUD. Mahasiswa dapat meminta dan memesan posisi duduk di dalam laboratorium, dan aplikasi memungkinkan mereka untuk membuat, membaca, memperbarui, dan menghapus informasi terkait jadwal dan sumber daya laboratorium. Aplikasi AR yang komprehensif ini meningkatkan pengalaman mahasiswa dengan menyediakan cara yang imersif dan interaktif untuk berinteraksi dengan kondisi laboratorium dan mengelola sumber daya laboratorium secara efisien.

Seperti terlihat pada *flowchart*, langkah awal dimulai dengan pemindaian kode QR. Kode QR akan terdeteksi dan dicocokkan dengan file 3D yang ada di database hingga tampilan laboratorium dalam bentuk 3D akan ditampilkan di layar smartphone atau tablet yang terpasang dengan aplikasi tersebut.

2.3 Database Laboratory Scope

Persyaratan untuk laboratorium Database mencakup penataan komputer dan papan tulis kelas untuk meningkatkan estetika dan kenyamanan di dalam sekolah, yang akan menguntungkan baik bagi instruktur maupun mahasiswa. Oleh karena itu, item-item yang melambangkan kebutuhan ini meliputi.

Tabel 1. Keperluan Laboratorium Database

No.	Item	Unit
1	Papan Tulis	1
2	Meja Guru	1
3	Meja mahasiswa	16
4	Bangku Guru	1
5	Bangku Mahasiswa	32
6	Komputer Guru	1
7	Komputer Mahasiswa	32

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian aplikasi AR ini dilakukan menggunakan metode pengujian *blackbox*, yang menekankan hasil yang diperoleh berdasarkan persyaratan yang telah dirumuskan sebelumnya. Metode ini memverifikasi apakah fungsi sistem, seperti menampilkan model 3D dan berinteraksi dengan fitur AR, memenuhi persyaratan yang ditentukan. Tabel berikut menunjukkan hasil pengujian untuk setiap ruangan AR dan objek model 3D yang diperlukan dijelaskan. Namun, untuk memastikan evaluasi yang komprehensif

terhadap aplikasi AR, termasuk umpan balik pengguna dalam proses pengujian sangat penting.

Sesi pengujian pengguna diselenggarakan untuk mengumpulkan umpan balik pengguna yang melibatkan mahasiswa dan anggota fakultas. Sesi ini bertujuan untuk mengevaluasi kegunaan, efektivitas, dan pengalaman pengguna secara keseluruhan dari aplikasi AR.

1. Persiapan

Aplikasi AR diinstal pada perangkat mobile, dan peserta diberi instruksi tentang cara menggunakan aplikasi untuk memindai kode QR dan berinteraksi dengan model 3D.

2. Pelaksanaan Tugas

Peserta diminta untuk melakukan tugas-tugas umum seperti: memindai kode QR untuk melihat model 3D peralatan laboratorium dan tata letak, memesan posisi tempat duduk di dalam laboratorium, dan menggunakan fungsi CRUD untuk mengelola jadwal dan sumber daya laboratorium.

3. Pengamatan

Pengamat memantau peserta yang berinteraksi dengan aplikasi, mencatat kesulitan atau masalah yang dihadapi.

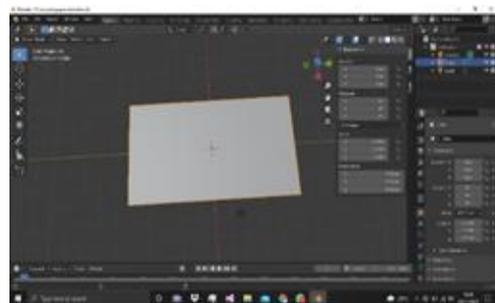
4. Pengumpulan Umpan Balik

Setelah menyelesaikan tugas, peserta mengisi survei dan kuesioner untuk memberikan umpan balik tentang berbagai aspek sistem, termasuk kemudahan penggunaan, keterlibatan, dan kepuasan. Sesi pengujian pengguna menghasilkan hasil yang positif, menunjukkan bahwa peserta menerima aplikasi AR dengan baik. Temuan utama meliputi:

1. Kemudahan Penggunaan: 90% peserta menemukan aplikasi mudah dinavigasi dan digunakan. Mereka menghargai antarmuka yang intuitif dan instruksi yang jelas.
2. Keterlibatan: 85% peserta melaporkan bahwa fitur AR membuat pembelajaran lebih menarik dan menyenangkan. Berinteraksi dengan model 3D dan memesan tempat duduk secara real time dianggap sangat bermanfaat.
3. Kepuasan: 88% peserta menyatakan kepuasan dengan aplikasi, mencatat bahwa aplikasi ini meningkatkan pemahaman mereka tentang kondisi laboratorium dan membuat manajemen sumber daya lebih efisien.
4. Efektivitas: Peserta menunjukkan bahwa aplikasi AR secara efektif menampilkan informasi yang diperlukan dan memenuhi harapan mereka berdasarkan persyaratan.

Tabel 2. Hasil Tes pada Laboratorium Database

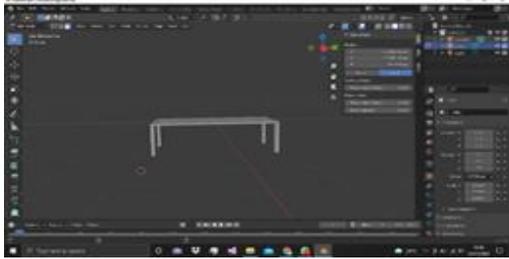
No	Item	Unit	Hasil Test
1	Papan Tulis	1	Yes
2	Meja Guru	1	Yes
3	Meja Mahasiswa	16	Yes
4	Bangku Guru	1	Yes
5	Bangku Mahasiswa	32	Yes
6	Komputer Guru	1	Yes
7	Komputer Mahasiswa	32	Yes



Gambar 2. 3D Model dari Papan Tulis

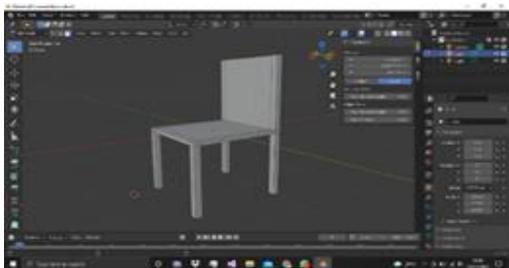
Pada Gambar 2, hasil akhir pembuatan papan tulis ditampilkan, yang kemudian akan dikombinasikan dengan gambar lainnya untuk

membentuk gambar lengkap yang menunjukkan hasil visual 3D akhir di laboratorium Database.



Gambar 3. 3D Model dari Meja

Pada Gambar 3, hasil akhir pembuatan meja ditampilkan, yang kemudian akan dikombinasikan dengan gambar lainnya untuk membentuk gambar lengkap yang menunjukkan hasil visual 3D akhir di laboratorium Database.



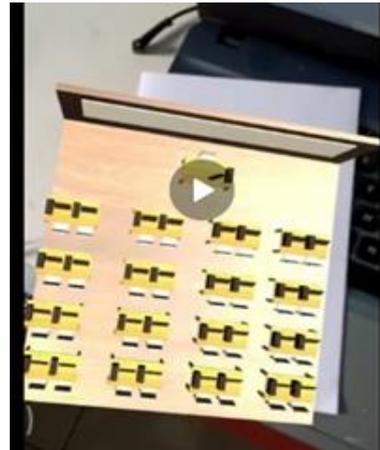
Gambar 4. 3D Model dari Kursi

Pada Gambar 4, hasil akhir pembuatan kursi ditampilkan, yang kemudian akan dikombinasikan dengan gambar lainnya untuk membentuk gambar lengkap yang ditampilkan dalam hasil gambar 3D akhir di laboratorium Database.



Gambar 5. Display Kamera saat scan QR

Pada Gambar 5, hasil akhir pembuatan kode QR untuk Laboratorium Database ditampilkan, yang nantinya akan menampilkan gambar 3D di laboratorium Database. Kode QR ini akan menunjukkan gambar lengkap yang telah dikombinasikan dan akan menampilkan semua item yang dibutuhkan di laboratorium ini.



Gambar 6. Hasil akhir dari Database Display Camera



Gambar 7. Hasil akhir dari Database Display Camera

Hasil dari Gambar 6 dan Gambar 7 menunjukkan pencapaian akhir dalam pembacaan kode QR, yaitu tampilan akhir yang disajikan setelah kode QR dibaca melalui bantuan perangkat tablet dan menunjukkan tata letak kursi dan bangku yang terdapat dalam buku panduan laboratorium Database menggunakan *augmented reality*.

Penelitian ini secara signifikan berkontribusi pada pengembangan panduan tata letak laboratorium berbasis *Augmented Reality* (AR) untuk Laboratorium Database di Jurusan Sistem Komputer, Universitas Kristen Maranatha. Teknologi AR dalam panduan ini meningkatkan keterlibatan mahasiswa dengan menyediakan panduan peralatan interaktif, modul pembelajaran kontekstual, dan alat kolaborasi real-time. Fitur-fitur ini membuat proses pembelajaran lebih imersif dan menyenangkan. Pengalaman belajar yang digamifikasi dan tur virtual laboratorium menawarkan cara unik bagi mahasiswa untuk mengenal tata letak dan peralatan laboratorium sebelum berinteraksi langsung dengan mereka.

Selain itu, penggunaan AR dalam konteks pendidikan ini telah terbukti secara signifikan meningkatkan produktivitas. Penelitian menunjukkan bahwa AR dapat meningkatkan produktivitas hingga 40% dengan meningkatkan keterlibatan dan motivasi mahasiswa. Visualisasi interaktif dan umpan balik real-time yang disediakan oleh aplikasi AR memungkinkan mahasiswa untuk memahami konsep yang kompleks dengan lebih baik dan segera memperbaiki kesalahan. Siklus umpan balik langsung ini memastikan bahwa pembelajaran menjadi lebih efektif dan efisien.

Penerapan teknologi AR di laboratorium Database menandai kemajuan signifikan dalam teknologi pendidikan. Proyek ini tidak hanya menyediakan pengalaman belajar yang imersif dan interaktif, tetapi juga menjadi model untuk penerapan teknologi serupa di bidang akademik lainnya. Dengan mengubah informasi statis menjadi modul dinamis dan interaktif, AR meningkatkan pengalaman pendidikan, membuatnya lebih relevan dan menarik bagi mahasiswa.

Pengujian empiris menggunakan metode *Black-box* dan umpan balik dari mahasiswa serta dosen memastikan bahwa aplikasi AR memenuhi kebutuhan pengguna dan berfungsi sebagaimana mestinya. Umpan balik positif menyoroti keberhasilan aplikasi dalam meningkatkan pemahaman dan keterlibatan mahasiswa. Berdasarkan umpan balik ini, penyesuaian yang diperlukan dilakukan untuk meningkatkan antarmuka pengguna dan menambahkan fitur-fitur penting. Penelitian ini menawarkan solusi inovatif untuk manajemen laboratorium dan membuka jalan bagi penerapan teknologi AR yang lebih luas dalam pendidikan dan bidang lainnya.

4. KESIMPULAN

Metode AR berhasil diimplementasikan dalam merancang perangkat lunak untuk panduan tata letak ruang kelas di Jurusan Teknik Komputer Fakultas Teknik Universitas Kristen Maranatha.

Melalui pengujian yang ketat yang dilakukan di lingkungan yang terkendali dengan pencahayaan yang dapat disesuaikan untuk menyempurnakan algoritma pencahayaan adaptif dan marker kontras tinggi, ditentukan bahwa skema warna yang paling efektif untuk menampilkan gambar 3D dengan cepat dan efektif terbatas pada nuansa hitam dan putih. Pendekatan minimalis ini memastikan kontras tinggi dan kejelasan, membuat konten AR lebih terlihat dan lebih mudah diinterpretasikan.

Keterbacaan marker AR sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya dan kompleksitas lingkungan ruangan. Variabel-

variabel ini dipertimbangkan dengan cermat selama fase desain dan pengujian perangkat lunak. Perangkat lunak ini mengintegrasikan algoritma pencahayaan adaptif yang menyesuaikan pengaturan tampilan AR berdasarkan cahaya sekitar yang terdeteksi oleh kamera. Hal ini memastikan bahwa marker tetap terbaca bahkan dalam kondisi pencahayaan yang bervariasi.

Marker kontras tinggi dirancang agar mudah terdeteksi dalam skenario pencahayaan terang dan redup. Dengan mengoptimalkan warna dan ketebalan garis marker, perangkat lunak ini memastikan kinerja yang konsisten terlepas dari intensitas cahaya. Selama penyiapan awal, perangkat lunak melakukan kalibrasi lingkungan untuk memetakan kompleksitas ruangan. Ini melibatkan pemindaian ruangan untuk mengidentifikasi potensi hambatan dan menyesuaikan algoritma pengenalan marker sesuai kebutuhan.

Teknik pengenalan gambar canggih juga meningkatkan deteksi marker dalam lingkungan yang kompleks. Ini termasuk menyaring kebisingan latar belakang dan fokus pada fitur marker yang khas.

Perangkat lunak secara dinamis menyesuaikan sensitivitas deteksi marker berdasarkan tingkat detail ruangan. Misalnya, dalam lingkungan yang berantakan, sistem meningkatkan ambang batas untuk mengenali marker guna menghindari positif palsu.

Rekomendasi yang dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut dari perangkat lunak yang dibuat agar lebih maju adalah 1) Proses pembacaan kode QR harus dilakukan secara

efektif oleh perangkat dengan kamera beresolusi tinggi untuk meningkatkan keterbacaan, 2) Pemilihan model 3D harus diintegrasikan dengan produk nyata untuk potensi tujuan pemasaran, dan 3) Perangkat lunak harus menyertakan opsi untuk menambahkan pilihan model 3D baru, memungkinkan pembaruan perangkat lunak tanpa harus membangun ulang secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Y. Endra, D. R. Agustina., Media Pembelajaran Pengenalan Perangkat Keras Komputer Menggunakan Augmented Reality, *Jurnal Manajemen Sistem Informasi dan Teknologi (Expert)*, No. 2, Vol. 9, 63–69, 2019. : <http://jurnal.ubl.ac.id/index.php/expert/article/view/1311/1503>.
- [2] Michel, T., Genevès, P., Fourati, H., Layaïda, N., Attitude estimation for indoor navigation and augmented reality with smartphones, *Pervasive and Mobile Computing*, Vol. 46, 96-121, 2018. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574119217303371>
- [3] Ronald T. Azuma., A Survey of Augmented Reality, Presence: *Teleoperators and Virtual Environments*, Vol. 6, 355-385, 1997. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:469744>
- [4] Prasetyo, S.A., Sudarmilah, E., *Augmented Reality Tata Surya Sebagai Sarana Pembelajaran Interaktif Bagi Siswa Sekolah Dasar Berbasis Android*, Tesis, Fakultas Komunikasi dan Informatika, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta. 2014.
- [5] Andújar, J. M., Mejías, A., Márquez, M.A., Augmented Reality for the Improvement of Remote Laboratories: An Augmented Remote Laboratory IEEE Transactions on Education, *Education, IEEE Transactions on*, No. 3, Vol. 54, 492–500, 2011. <https://ieeexplore.ieee.org/document/5607>

- 327.
- [6] Hajirasouli, A., Banihashemi, S., Augmented reality in architecture and construction education: state of the field and opportunities, *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, Vol. 19, 2022. <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00343-9>.
- [7] Dudhee, V., Vukovic, V., Building information model visualization in augmented reality, *Smart and Sustainable Built Environment*, No. 4, Vol. 12, 919-934. 2023. <https://doi.org/10.1108/SASBE-02-2021-0021>.
- [8] Yilmaz, Ozkan., Augmented Reality in Science Education: An Application in Higher Education, *Shanlax International Journal of Education*, No. 3, Vol. 9, 136-148, 2021. <https://doi.org/10.34293/education.v9i3.3907>.
- [9] Cai, Y., Pan, Z., Liu, M., Augmented reality technology in language learning: A meta-analysis, *Journal of Computer Assisted Learning*, Vol. 38, 929-945, 2022. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:247307366>.
- [10] Tang, K.S., Cheng, D.L., Mi, E., Greenberg, P.B., Augmented reality in medical education: a systematic review, *Canadian medical education journal*, Vol. 11, 81-96, 2020. <https://doi.org/10.36834/cmej.61705>.
- [11] Challenor, J., Ma, M., A review of augmented reality applications for history education and heritage visualization, *Multimodal Technologies and Interaction*, Vol. 3, 39, 2019. <https://doi.org/10.3390/mti3020039>.
- [12] Praseyta, D. A., Nuruzzaman, M., Menerapkan Aplikasi Augmented Reality Pada Obyek-Obyek di Museum Radya Pustaka, *Simposium Nasional Teknologi Terapan*, Surakarta, November 2013.
- [13] Saputra, Y. A., *Implementasi Augmented Reality pada Fosil Purbakala di Museum Geologi Bandung*, Tesis, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Komputer Indonesia, Bandung, 2014.
- [14] Grodotzki, J., Müller, B. T., Tekkaya, A. E., Enhancing manufacturing education based on controller-free augmented reality learning, *Manufacturing Letters*, Vol. 35, 1246-1254, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2023.08.068>
- [15] Noghabaei, M., Heydarian, A., Balali, V., Han, K. K., Trend analysis on virtual and augmented reality adoption in the architecture, engineering, and construction industry. *International Conference on Data Technologies and Applications*, Vol. 5, 26, 2019. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:210847640>.
- [16] Nikhashemi, S. R., Knight, H. H., Nusair, K., Liat, C. B., Augmented reality in smart retailing: A (n)(A) Symmetric Approach to continuous intention to use retail brands' mobile AR apps, *Journal of Retailing and Consumer Services*, Vol. 60, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2021.102464>.
- [17] Sahu, C. K., Young, C., Rai, R., Artificial intelligence (AI) in augmented reality (AR)-assisted manufacturing applications: a review, *International Journal of Production Research*, Vol. 59, 1-57, 2021. <https://10.1080/00207543.2020.1859636>
- [18] Antara, I. H., Darmawiguna, I. G. M., Sunarya, I. M. G., Pengembangan Aplikasi Markerless Augmented Reality Pengenalan Keris dan Proses Pembuatan Keris, *Kumpulan Artikel Mahasiswa Pendidikan Teknik Informatika*, No. 5, Vol. 4, 453-461, 2015.
- [19] Joshi, R., Hiwale, A., Birajdar, S., Gound, R. S., Indoor navigation with augmented reality. In *ICE 2019: Proceedings of the 2nd International Conference on Communications and Cyber Physical Engineering*, Vol. 570, 159-165, 2020. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8715-9_20.
- [20] Wardani, S., Pemanfaatan Teknologi Augmented Reality (AR) Untuk Pengenalan Aksara Jawa Pada Anak, *Jurnal Teknologi*, No. 2, Vol. 8, 104-111, 2015 : <https://ejournal.akprind.ac.id/index.php/jurtek/article/view/1119>.
- [21] Billingham, M., & Duenser, A., Augmented Reality in the Classroom. *Computer*, 45(7), 56-63. doi:10.1109/MC.2012.111, 2012.
- [22] Liu, T. Y., & Chu, Y. L. Using ubiquitous

games in an English listening and speaking course impacts learning outcomes and motivation. *Computers & Education*, 55(2), 630-643. 2010. doi:10.1016/j.compedu.2010.02.023.

- [23] Solak, E., & Cakir, R., Exploring the Effect of Augmented Reality on EFL Learners' Reading Comprehension. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 176, 619-624, 2015. doi:10.1016/j.sbspro.2015.01.521