

IMPLEMENTASI TEKNOLOGI AUGMENTED REALITY SEBAGAI INFORMASI GEDUNG BERBASIS ARDUINO

Bakti Dwi Waluyo *

Pendidikan Teknik Elektro,
Universitas Negeri Medan,
Indonesia

Info Artikel

Catatan Artikel:

Diterima: 06 November 2024

Revisi: 15 November 2024

Disetujui:

DOI: 10.21009/jvote.v7i2.54681



Kata Kunci:

Android

Augmented Reality

Marker Based Tracking

3Dimensi

Abstrak

Augmented Reality (AR) dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang, salah satunya dapat digunakan sebagai informasi gedung pada suatu institusi pendidikan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan media berbasis android informasi gedung menggunakan teknologi Augmented Reality dengan metode marker-based tracking. Dalam pengembangan media ini menggunakan metode MDLC, serta menggunakan Unity dengan Vuforia SDK. Penelitian ini menghasilkan aplikasi media informasi gedung, teknologi Augmented Reality untuk menampilkan informasi ruangan yang ada pada gedung yang layak digunakan. Media ini mempermudah pengguna dalam mengenali fungsi dan lokasi ruangan secara interaktif hanya dengan memindai marker. Dengan demikian, teknologi ini memberikan pengalaman baru yang menarik sekaligus mendukung digitalisasi layanan informasi di lingkungan institusi pendidikan.

Artikel: Bakti Dwi Waluyo. (2024). Implementasi Teknologi Augmented Reality Sebagai Informasi Gedung Berbasis Arduino. *Jurnal Pendidikan Vokasional Teknik Elektronika*, 7(2), 64-72

PENDAHULUAN

Perkembangan pesat teknologi informasi saat ini banyak memberikan pengaruh dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini juga bukti nyata munculnya berbagai inovasi yang memberikan pengaruh pada aktivitas atau kegiatan, seperti media penunjuk jalan dan peta yang memberikan kemudahan proses pencarian lokasi atau tempat. Universitas Negeri Medan (UNIMED) merupakan universitas negeri yang berada di Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara, Indonesia. UNIMED memiliki tujuh fakultas, termasuk Fakultas Teknik. Pada Fakultas Teknik memiliki gedung perkuliahan yaitu gedung 89 Jurusan Pendidikan Teknik Elektro (PTE) yang terdiri dari tiga lantai dan digunakan sebagai pusat administrasi serta perkuliahan. Peningkatan jumlah mahasiswa baru pada tiap program studi jurusan mahasiswa yang baru perlu memperhatikan fasilitas- fasilitas yang tersedia untuk proses belajar mengajar, seperti: ruang kuliah, Laboratorium, Bengkel dan lain sebagainya. Tata letak yang kompleks di Gedung 89 PTE sering kali membingungkan mahasiswa baru serta bagi mereka yang belum familiar dengan lingkungan kampus, sehingga tidak hanya mengganggu kenyamanan tetapi juga dapat menghambat proses belajar mengajar. Android menyediakan platform terbuka bagi para pengembang untuk menciptakan aplikasi mereka sendiri untuk digunakan pada berbagai perangkat mobile. Android merupakan platform yang sangat lengkap baik Sistem Operasi, Aplikasi dan Development Tools, Android application Market dan dukungan yang sangat tinggi dari komunitas Open Source di dunia, sehingga Android terus berkembang pesat baik dari sisi teknologi maupun dari sisi jumlah perangkat yang ada di dunia (Kasuma dalam Khairani et al., 2021; Meier, R., 2012; Gargenta, M., & Nakamura, M., 2014).

Corresponding author:

Bakti Dwi Waluyo. Universitas Negeri Medan, Indonesia (Bakti_dw@unimed.ac.id)

Berdasarkan latar belakang di atas, menjadi dasar untuk mengembangkan media yang mampu memberikan informasi mengenai lokasi ruangan di gedung 89 PTE menggunakan teknologi Augmented Reality (AR) dengan metode Marker based. Metode marker-based dalam augmented reality dinilai lebih praktis digunakan karena kemudahan deteksi pola visual oleh kamera perangkat mobile (Azuma, 2016; Billingham, Clark, & Lee, 2015; Efendy Warmanto, I. M., Lahinta, A., & Tuloli, M. S., 2021). Selain itu, media ini juga mampu menampilkan objek tiga dimensi (3D) yang dapat dilihat dari berbagai sisi yang akan menampilkan ruangan perkuliahan di gedung 89 PTE, sehingga memudahkan pengguna dalam mencari atau menemukan ruangan perkuliahan, laboratorium listrik dan sebagainya. Teknologi Augmented Reality berbasis marker dapat diimplementasikan secara efektif pada sistem informasi karena mendukung visualisasi interaktif, kemudahan deteksi objek, serta fleksibilitas dalam berbagai bidang aplikasi (Billinghurst, Clark, & Lee, 2015; Mekni & Lemieux, 2014; Kipper & Rampolla, 2013; Akçayır & Akçayır, 2017).

Penelitian Mikosuva, Neradilova, & All (2023) yang membahas pemanfaatan Augmented Reality dalam mendukung transportasi kereta api menjadi salah satu bentuk penelitian relevan yang telah dilakukan. Selain itu, pada penelitian Mualim & Roji (2022) menerapkan teknologi 3D Augmented Reality untuk pemetaan gedung SMK Yadika Bangil. Penelitian Rajapaksha, Sridarran, & Rathnayake (2021) juga menyebutkan bahwa penggunaan AR dapat meningkatkan efisiensi pemeliharaan bangunan di Sri Lanka. Kemudian penelitian Ramadhan & Waluyo (2023) yang mengembangkan aplikasi AR berbasis Android menampilkan model 3D gedung di Jogja Student Islamic Boarding School 2 sebagai salah satu bentuk media sosialisasi. Pada penelitian Rohil & Ashok (2022) visualisasi rencana tata kota 3D menggunakan teknologi AR dapat membantu memudahkan pelaksanaan pengembangan tata letak kota. Disamping itu, penelitian Um, Park, Park, & Yilmaz (2023) menyebutkan bahwa layanan AR berbasis mobile yang hemat biaya dapat mendukung Building Information Modeling (BIM). Penelitian Yoon & Lee (2023) yang merancang sistem pendukung kerja di lokasi konstruksi dapat mengintegrasikan BIM dan AR berbasis marker.

Dalam penerapannya, media ini menggunakan sistem operasi Android agar lebih fleksibel serta dapat digunakan di mana dan kapan saja. Marker akan berbentuk logo UNIMED, agar mempermudah proses pengenalan dan pendistribusian teknologi ini kepada pengguna. Logo ini yang akan dideteksi melalui perangkat android untuk menampilkan sebuah objek animasi tiga dimensi (3D) berupa gedung 89 PTE.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah MDLC (Multimedia Development Life Cycle). Menurut (kumala dalam Solehatin et al., 2023; Munir, 2015) MDLC terdiri dari 6 tahapan yang tersusun secara sistematis, yaitu concept, design, material collecting, assembly, testing dan distribution.



Gambar 1. Diagram Multimedia Development Life Cycle

Enam tahapan dalam metode MDLC adalah concept yang merupakan tahapan pertama dalam metode MDLC pada tahapan ini dimulai dengan menentukan tujuan pembuatan aplikasi, target pengguna aplikasi dan materi apa saja yang akan ditampilkan, design yang bertujuan membuat secara spesifikasi secara terperinci mengenai arsitektur proyek, tampilan dan kebutuhan material, material collecting untuk pengumpulan materi sesuai dengan kebutuhan yang telah ditentukan dalam tahapan Design. Materi dapat berupa gambar, foto, animasi, video maupun objek 3D, assembly untuk pembuatan aplikasi berdasarkan pada tahapan design, terhadap hasil informasi yang didapatkan pada tahapan material collection. Menggunakan perangkat lunak pemrograman, seperti Unity3D, testing yang bertujuan untuk memastikan bahwa hasil pembuatan aplikasi sesuai dengan rancangan. Pada tahapan ini dilakukan dengan metode black box pada antarmuka pengguna, untuk memastikan ketepatan model terhadap marker, fungsi tombol serta animasi yang dihasilkan. Jika ditemukan bug maupun kegagalan akan dilakukan proses perbaikan, dan distribution yang bertujuan untuk menyebarkan aplikasi yang telah dibuat agar dapat digunakan oleh pengguna.

HASIL DAN DISKUSI

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan selama satu bulan, perancangan aplikasi teknologi Augmented Reality dilakukan sebagai media informasi gedung 89 PTE yang diuji coba kan pada lingkungan pengembang. Metode penelitian yang digunakan adalah MDLC yang terdiri dari 6 tahapan. Berikut adalah tahapan penelitian yang dilakukan.

1. Concept

Pada tahap ini menghasilkan konsep, yaitu tujuan penelitian adalah membuat sebuah aplikasi yang menampilkan informasi mengenai letak ruangan-ruangan yang ada di gedung 89 PTE, aplikasi ini menggunakan sistem operasi android yang dikembangkan dengan Bahasa Pemrograman C# pada unity engine, dan aplikasi ini memungkinkan pengguna melakukan Virtual Room tour Gedung 89 PTE

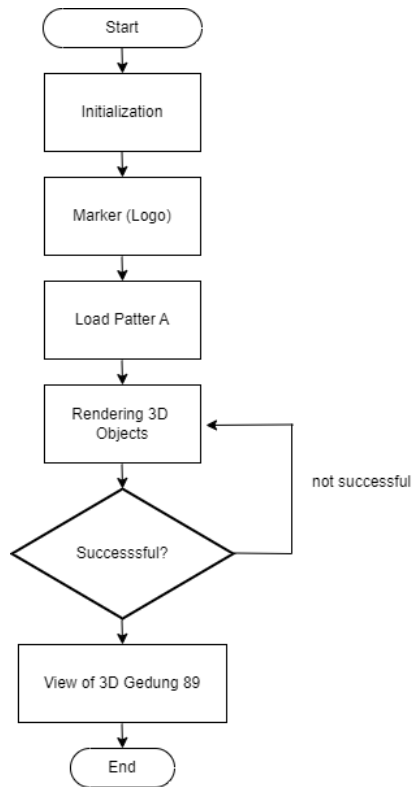
2. Design

Pada tahapan ini peneliti membuat desain yang meliputi arsitektur sistem, diagram alur, storyboard dan desain Interface. Desain arsitektur sistem seperti pada Gambar 2 dapat merupakan aplikasi akan berjalan pada perangkat dengan sistem operasi android dan aplikasi akan menggunakan kamera sebagai media pemindai marker, apabila marker dapat terbaca pada kamera akan ditampilkan objek 3D pada layar android.



Gambar 2 Arsitektur Sistem

Diagram alur adalah suatu bagan yang digunakan untuk menggambarkan urutan proses secara mendetail dengan hubungan dengan proses lainnya dalam suatu program. Untuk mempermudah dalam pembuatan aplikasi, penulis merancang diagram alur sistem sehingga pembuatan sistem dapat dilakukan secara terurut. Diagram alur augmented reality dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alur Augmented Reality

Storyboard adalah kumpulan sketsa gambar yang disusun berurutan dan disesuaikan dengan naskah sehingga ide lebih mudah untuk disampaikan. Desain storyboard yang telah dibuat ditunjukkan oleh Gambar 4.



Gambar 4. Rancangan Storyboard AR pada Aplikasi

Desain Interface merupakan gambaran umum rancangan tampilan aplikasi yang digunakan sebagai dasar melakukan desain tampilan aplikasi. Rancangan antar muka dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Rancangan Antarmuka Pengguna 1



Gambar 1. Antarmuka Pengguna pada Fitur AR

3. Material Collecting

Pada tahapan ini penelitian melakukan analisis kebutuhan dan pengumpulan material yang digunakan dalam pengembangan aplikasi, seperti materi, aplikasi dan basis data. Pertama adalah materi dimana di sini berupa informasi seputar informasi gedung Fakultas Teknik yang akan ditampilkan ke dalam aplikasi Augmented Reality. Materi ini didapatkan dari observasi meliputi informasi ruangan gedung 89 PTE. Kedua yaitu aplikasi yang dalam proses pengembangannya, digunakan beberapa aplikasi pendukung. Seperti untuk merancang aset aplikasi. Untuk pembentukan objek 3D Gedung PTE menggunakan aplikasi sketchup, karena kemudahan dalam mengolah rancangan gedung serta tampilan gedung. Selanjutnya aplikasi Unity 3D, digunakan untuk melakukan pengaturan kamera, koneksi basis data dan pembuatan segala tampilan interface pada aplikasi yang dikerjakan. Dan ketiga yaitu basis data yang merupakan aplikasi menggunakan basis data Vuforia Engine sebagai basis data aplikasi, karena Vuforia Engine merupakan basis data yang paling stabil dalam pembuatan aplikasi Augmented Reality pada Unity 3D. Terdapat tiga jenis basis data yang ditawarkan Vuforia yaitu, Device, Vumark, dan Cloud. Pada aplikasi ini penelitian menggunakan jenis device karena akan digunakan secara lokal pada device, serta lebih cepat dalam melakukan tracking gambar dibandingkan jenis basis data Vumark dan Cloud.

4. Assembly

Dalam tahapan ini, dilakukan proses perancangan, penggabungan, dan pembuatan aplikasi berdasarkan tahapan – tahapan sebelumnya. Tahapan pertama yaitu perancangan marker dimana dalam aplikasi ini marker merupakan logo UNIMED. Marker ini akan di upload ke vuforia target marker sebagai image yang akan digunakan sebagai basis data, yang akan digunakan sebagai tracker dalam aplikasi. Marker berupa logo ini digunakan untuk menampilkan informasi model gedung 89 PTE.

Selain tampilan media pembelajaran *Augmented Reality* (AR) dalam bentuk tiga dimensi, media pembelajaran AR juga tersedia dalam bentuk nyata, tampilan media pembelajaran AR dalam bentuk nyata dapat dilihat pada Gambar 7 sampai Gambar 8.



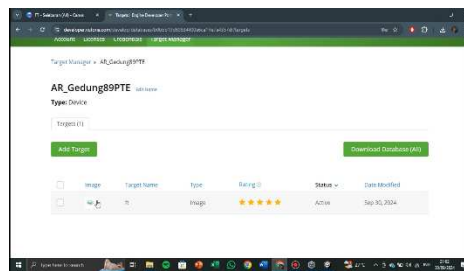
Gambar 2. Logo UNIMED (MARKER)

Kedua yaitu perancangan 3D pada aplikasi objek 3D gedung ini akan menjadi objek yang akan ditampilkan pada kamera juga menjadi fokus pada penelitian ini. Objek dibuat berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan pengembang dan pengumpulan data berupa informasi ruangan-ruangan pada gedung 89 PTE. Pada pembuatan objek ini dibuat menggunakan software sketchup. Setelah proses mendesain gedung ke dalam bentuk 3D, objek ini akan di export menjadi file. FBX untuk di import ke unity 3D sebagai aplikasi pengembangannya.



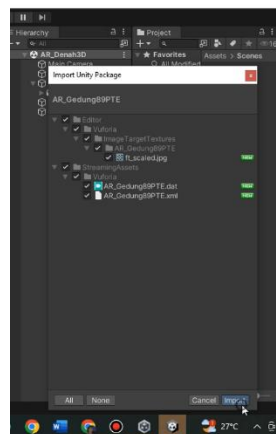
Gambar 8. Pembuatan objek 3D keseluruhan gedung 89 PTE

Ketiga yaitu pembuatan basis data yang digunakan pada aplikasi ini, menggunakan SDK vuforia yang merupakan basis data khusus untuk pembuatan aplikasi berbasis *augmented reality*. Pada tahapan ini dilakukan pendaftaran pada situs web vuforia engine developer, untuk mendapatkan *license key*, selanjutnya dilakukan pembuatan basis data dan menambahkan *marker* yang akan digunakan pada aplikasi *Aumented Reality*.



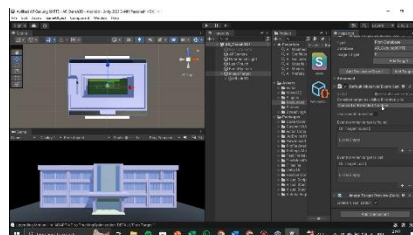
Gambar 3. Halaman daftar *marker* yang ditambahkan pada *database*

Setelah *marker* ditambahkan, akan menghasilkan file dengan format. Unitypackage untuk di import ke aplikasi *Unity* sebagai basis data.



Gambar 4. Struktur basis data untuk di import ke *unity*

Keempat adalah perancangan aplikasi dengan melakukan penggabungan semua aset yang telah dibuat sebelumnya, dan melakukan pengembangan aplikasi sesuai dengan alur yang telah ditetapkan, membuat koneksi basis data pada aplikasi, serta pengaturan marker dan AR kamera. Setelah itu dilakukan pengaturan pada *menu Building* agar dapat digunakan pada perangkat *mobile*.



Gambar 5. Pembuatan aplikasi menggunakan Unity 3D

5. Testing

Pengujian merupakan proses eksekusi suatu program untuk mengevaluasi sistem apakah telah berjalan sesuai dengan yang diinginkan atau tidak. Pengujian akan dilakukan dengan metode black-box, di mana pengujian menekan pada fungsionalitas dari aplikasi. Pengujian fungsionalitas pada aplikasi ini meliputi pengujian terhadap marker dan pengujian pada tombol yang terdapat pada aplikasi. Tahapan pengujian marker ini berfungsi untuk menguji apakah marker mampu menampilkan objek sesuai dengan yang telah ditentukan sebelumnya seperti terlihat pada Tabel 1. Sementara pengujian tombol antarmuka yang terdapat pada Tabel 2 berfungsi untuk menguji apakah tombol-tombol navigasi telah bekerja sesuai dengan yang diinginkan.

Tabel 1. Pengujian Tombol Antarmuka

1. Pengujian Fungsional (Functional Testing)		
Tombol yang di uji	Hasil Yang Diharapkan	Kesimpulan
Tampilan AR	Model 3D gedung, ruangan, atau elemen-elemen lainnya muncul dengan benar dan stabil dalam lingkungan AR ketika diakses oleh pengguna	Sesuai
Fitur Denah 3D	Denah 3D dapat berfungsi dengan baik dan bisa melakukan zoom in dan zoom out.	Sesuai
Fitur AR	Kamera berfungsi dengan baik, dan langsung menampilkan denah 3D gedung saat dilakukan scan pada logo UNIMED (Marker)	Sesuai
Fitur Roomtour	JoyStek berfungsi dengan baik, dan aplikasi dapat diputar dengan navigasi 360°.	Sesuai
Fitur Panduan Aplikasi	Fitur menampilkan informasi panduan aplikasi secara real time.	Sesuai
Fitur Tentang	Fitur menampilkan informasi tentang berisi Aplikasi, tujuan dan informasi pengembang secara real time.	Sesuai
Fitur Keluar	Fitur secara real time keluar dari tampilan aplikasi saat fitur ini ditekan.	Sesuai
2. Pengujian Kinerja (Performance Testing)		
Waktu Respons Aplikasi	Aplikasi berjalan dengan cepat ketika pengguna membuka fitur-fitur yang tersedia atau berpindah dari satu lantai ke lantai lain.	Sesuai
Penggunaan Memori	Aplikasi tidak menghabiskan terlalu banyak sumber daya perangkat yang menyebabkan aplikasi crash atau lag, terutama saat menampilkan model 3D atau melakukan rendering AR.	Sesuai
Kompatibilitas Perangkat	Aplikasi pada berbagai perangkat Android yang mendukung ARCore untuk memastikan kompatibilitas dan kinerja yang optimal.	Sesuai

Tabel 2. Pengujian tombol antarmuka

Tombol yang diuji	Hasil Yang diharapkan	Pengamatan	Kesimpulan
Tombol Eksplor Gedung 89 PTE	Pada saat tombol di tekan dapat menampilkan Eksplor berisi tiga fitur yaitu Denah 3D, Augmented Reality dan Room Tour.	Menu Eksplor ditampilkan	Sesuai
Tombol Panduan aplikasi	Pada saat tombol di tekan dapat menampilkan panduan dan jika di scroll kebawah terdapat informasi panduan aplikasi.	Menu Panduan aplikasi ditampilkan	Sesuai
Tombol Tentang	Pada saat tombol di tekan dapat menampilkan tentang terdapat informasi tentang Gedung 89 PTE dan pengembang.	Menu Tentang aplikasi ditampilkan	Sesuai
Tombol Kembali	Pada saat tombol ditekan mengembalikan pada scene sebelumnya	Mengembalikan pada scene sebelumnya	Sesuai
Tombol Keluar	Pada saat tombol ditekan keluar dari aplikasi Gedung 89 PTE	Keluar Aplikasi Gedung PTE 89	Sesuai

Berdasarkan observasi yang dilakukan penulis, masih banyak mahasiswa baru yang belum mengetahui letak ruangan seperti ruangan kelas, lab, dan sebagainya di gedung 89 PTE. Sehingga

penulis membuat aplikasi Augmented Reality dengan metode marker based tracking, yang digunakan untuk memberikan informasi mengenai letak ruangan seperti kelas, laboratorium, administrasi dan lain-lain yang ada di gedung 89 PTE, Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan. Sesuai hasil yang diperoleh penulis, tahapan pengembangan aplikasi yang dilakukan melalui beberapa tahap yaitu concept, design, material collection, assembling, testing, dan distribution. Tahapan concept merupakan tahapan pertama yang dilakukan untuk menentukan tujuan pengembangan, target pengguna serta materi apa yang akan ditampilkan. Tahapan selanjutnya yang dilakukan penulis adalah merancang atau design secara spesifik tentang arsitektur sistem, tampilan dan kebutuhan material. Pada tahap ini, penulis menggunakan diagram alur untuk menggambarkan proses yang terjadi pada aplikasi ini dan storyboard untuk merancang tampilan aplikasi. Setelah proses design selesai, tahap selanjutnya yang dilakukan adalah material collection, yaitu proses pengumpulan materi sesuai kebutuhan yang telah ditentukan pada tahap design. Materi yang dimaksud berupa informasi ruangan, gambar-gambar sebagian gedung, serta informasi letak ruangan.

Setelah materi didapatkan, tahapan selanjutnya yang dilakukan penulis adalah assembly yang merupakan tahap inti pada proses pengembangan aplikasi. Langkah awal yang dilakukan adalah pembuatan marker, dalam pembuatan marker harus memperhatikan keunikan bentuk, percampuran warna, karena semakin unik bentuk dan percampuran warnanya akan mempermudah dalam pelacakan marker untuk menampilkan objek. Selanjutnya dilakukan pemodelan objek 3D berdasarkan observasi, data berupa informasi gedung dan gambar-gambar gedung yang telah didapatkan pada tahapan sebelumnya. Pemodelan 3D gedung 89 PTE menggunakan sketchup. Antarmuka pengguna yang ramah pengguna menjadikan sketchup sebagai pilihan yang tepat dalam membuat berbagai jenis model, seperti model arsitektur, model skala, item desain interior dan lain sebagainya. Tahapan terakhir adalah testing terhadap aplikasi untuk mengevaluasi kelayakan aplikasi apakah telah berjalan sesuai yang diinginkan. Penelitian ini menghasilkan aplikasi yang memiliki satu antarmuka pengguna yang memiliki empat menu utama, yaitu menu eksplorasi Gedung 89 PTE, panduan aplikasi, tentang dan keluar. Pada menu Eksplorasi gedung 89 PTE terdapat tiga fitur, yaitu Denah 3D, Augmented Reality dan Room Tour. Setelah aplikasi dibuat maka dilakukan pengujian terhadap aplikasi menggunakan pengujian black-box, untuk mengetahui kinerja aplikasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa pengembangan aplikasi berupa informasi gedung 89 PTE fakultas teknik Universitas Negeri Medan menggunakan teknologi Augmented Reality dengan metode marker based tracking dilakukan melalui lima tahapan yaitu, concept, design, material collection, assembly, testing, dan distribution. Dengan berhasilnya pengembangan aplikasi ini dapat disimpulkan bahwa teknologi augmented reality dengan metode marker based tracking dapat digunakan sebagai media yang mampu menampilkan informasi mengenai ruangan-ruangan di setiap lantai pada gedung 89 PTE. Dan berdasarkan hasil pengujian aplikasi maka dapat disimpulkan bahwa penerapan teknologi Augmented reality dengan metode marker base tracking pada pengenalan gedung 89 PTE dapat berjalan dengan baik sehingga layak untuk digunakan.

REFERENSI

- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>
- Azuma, R. (2016). Location-based mixed and augmented reality storytelling. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications*, 12(4s), 1–18. <https://doi.org/10.1145/2950071>
- Billinghurst, M., Clark, A., & Lee, G. (2015). A survey of augmented reality. *Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction*, 8(2–3), 73–272. <https://doi.org/10.1561/11000000049>

- Efendy Warmanto, I. M., Lahinta, A., & Tuloli, M. S. (2021). Penerapan teknologi augmented reality dengan metode marker based tracking. *DIFFUSION Journal of System and Information Technology*, 1(2), 13–23.
- Gargenta, M., & Nakamura, M. (2014). *Learning Android: Develop mobile apps using Java and Eclipse* (2nd ed.). O'Reilly Media.
- Khairani, R., Elvitaria, L., & Salamun, S. (2021). Augmented reality pengenalan kompleks perkantoran kota Bagansiapiapi berbasis Android. *Explorer*, 1(1), 38–44.
- Kipper, G., & Rampolla, J. (2013). *Augmented reality: An emerging technologies guide to AR*. Elsevier.
- Meier, R. (2012). *Professional Android 4 application development* (3rd ed.). Wiley Publishing.
- Mekni, M., & Lemieux, A. (2014). Augmented reality: Applications, challenges and future trends. *Applied Computational Science*, 20, 205–214.
- Mikосуva, N., Neradilova, H., & All, A. (2023). Use of augmented reality in railway transport.
- Mualim, W., & Roji, M. F. (2022). Implementasi teknologi 3D augmented reality untuk pemetaan gedung SMK Yadika Bangil. *Spirit*, 14(2), 1–6.
- Munir. (2015). *Multimedia konsep dan aplikasi dalam pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- Rajapaksha, M. R. N., Sridarran, P., & Rathnayake, R. M. D. I. M. (2021). Use of augmented reality for efficient building maintenance in Sri Lanka. *World Construction Symposium*, July, 553–563.
- Ramadhan, M. A. N., & Waluyo, A. F. (2023). Development of Android-based 3D building augmented reality application at Jogja Student Islamic Boarding School 2. *International Journal Software Engineering and Computer Science (IJSECS)*, 3(3), 205–212.
- Rohil, M. K., & Ashok, Y. (2022). Visualization of urban development 3D layout plans with augmented reality. *Results in Engineering*, 14(May), 100447.
- Solehatin, S., Aslamiyah, S., Pertiwi, D. A. A., & Santosa, K. (2023). Augmented reality development using multimedia development life cycle (MDLC) method in learning media. *Journal of Soft Computing Exploration*, 4(1), 31–38.
- Um, J., Park, J. min, Park, S. yeon, & Yilmaz, G. (2023). Low-cost mobile augmented reality service for building information modeling. *Automation in Construction*, 146(November 2022), 104662.
- Yoon, J. W., & Lee, S. H. (2023). Development of a construction-site work support system using BIM-marker-based augmented reality. *Sustainability*.