

IMPLEMENTASI *AUGMENTED REALITY* BERBASIS *MARKER BASED TRACKING* UNTUK PENGENALAN ALAT LABORATORIUM DENGAN ANALISIS JARAK DAN INTENSITAS CAHAYA

Novira Dwina¹, Safriadi², Syahru Ramadhan³

1,2,3) Program Studi Teknologi Rekayasa Multimedia, Jurusan Teknologi Informasi dan Komputer,
Politeknik Negeri Lhokseumawe, Indonesia

Article Info	ABSTRACT
Article history: Received: 30 April 2026 Revised: 22 Juni 2026 Accepted: 28 Juli 2026	Abstrak Perkembangan teknologi <i>Augmented Reality</i> telah memberikan kontribusi besar dalam bidang pendidikan. Salah satunya dapat di terapkan untuk pengenalan alat laboratorium kampus berbasis 3D yang saat ini masih terbatas hanya pada papan nama. Penelitian ini bertujuan untuk mempermudah mahasiswa maupun dosen dalam mengenal berbagai alat yang ada di dalam laboratorium. Dengan adanya aplikasi ini yang dibangun dengan menggunakan metode <i>Marker Based Tracking</i>, pengguna dapat melihat langsung bentuk objek tiga dimensi dari alat-alat laboratorium lengkap dengan informasi serta fungsinya hanya melalui <i>smartphone</i> berbasis Android. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimen. Pengujian dilakukan dalam tiga aspek, yaitu pengujian fungsionalitas aplikasi atau black box, pengujian jarak optimal, serta pengujian intensitas cahaya menggunakan aplikasi <i>Lux Light Meter</i>. Hasil pengujian menunjukkan bahwa objek 3D berhasil muncul pada semua sesi pengujian dan seluruh variasi intensitas cahaya. Kesimpulan dari penelitian ini adalah aplikasi berhasil digunakan untuk menampilkan objek tiga dimensi alat laboratorium secara visual. Kata Kunci: <i>Android, Augmented Reality, Laboratorium, Marker Based Tracking.</i> Abstract The development of <i>Augmented Reality</i> technology has made a significant contribution to the field of education. One of its applications is in the introduction of campus laboratory equipment through 3D visualization, which is currently still limited to nameplates. This study aims to facilitate students and lecturers in recognizing various laboratory equipment. The application is developed using the <i>Marker-Based Tracking</i> method, allowing users to directly view three-dimensional objects of laboratory equipment along with their information and functions through an Android-based smartphone. This research employs a quantitative method with an experimental approach. Testing is conducted in three aspects: application functionality testing (black-box testing), optimal distance testing, and light intensity testing using the <i>Lux Light Meter</i> application. The results show that the 3D objects successfully appear in all testing sessions and across various light intensity conditions. It can be concluded that the application is successfully utilized to visually present three-dimensional representations of laboratory equipment. Keywords: <i>Android, Augmented Reality, Laboratory, Marker-Based Tracking</i> Djtechno: Jurnal Teknologi Informasi oleh Universitas Dharmawangsa Artikel ini bersifat open access yang didistribusikan di bawah syarat dan ketentuan dengan Lisensi Internasional Creative Commons Attribution NonCommercial ShareAlike 4.0 (CC-BY-NC-SA).



1. PENDAHULUAN

Laboratorium merupakan salah satu fasilitas utama dalam pembelajaran di perguruan tinggi vokasi karena mendukung mahasiswa memperoleh kompetensi praktis melalui kegiatan eksperimen dan praktik secara langsung [1]. Pada program studi bidang teknologi informasi, laboratorium tidak hanya berfungsi sebagai tempat praktikum, tetapi juga sebagai media pembelajaran untuk mengenalkan berbagai perangkat keras maupun perangkat pendukung yang digunakan dalam proses pembelajaran [2]. Meskipun demikian, penyampaian informasi mengenai alat-alat laboratorium umumnya masih menggunakan media konvensional berupa papan nama atau label sederhana yang hanya memuat nama alat tanpa penjelasan mengenai fungsi, spesifikasi, maupun cara penggunaannya [3]. Kondisi tersebut menyebabkan mahasiswa, khususnya mahasiswa baru, masih mengalami kesulitan dalam mengenali fungsi dan karakteristik setiap alat laboratorium secara mandiri.

Perkembangan teknologi Augmented Reality (AR) memberikan alternatif media pembelajaran yang mampu mengintegrasikan objek virtual dengan lingkungan nyata secara waktu nyata (*real-time*). Melalui visualisasi objek tiga dimensi (3D), pengguna tidak hanya memperoleh informasi dalam bentuk teks, tetapi juga dapat mengamati bentuk objek secara lebih interaktif sehingga proses pembelajaran menjadi lebih menarik dan mudah dipahami [4]. Salah satu teknik yang banyak digunakan dalam implementasi AR adalah Marker Based Tracking, yaitu metode yang memanfaatkan marker sebagai acuan untuk menentukan posisi dan orientasi objek virtual yang akan ditampilkan [5]. Metode ini relatif mudah diimplementasikan pada perangkat bergerak serta memiliki tingkat akurasi yang baik selama marker dapat terdeteksi dengan benar oleh kamera [6].

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan aplikasi Augmented Reality sebagai media pembelajaran dan media pengenalan objek. Namun, sebagian besar penelitian tersebut berfokus pada pengenalan objek pendidikan umum, media promosi, atau visualisasi bangunan, sedangkan implementasi AR untuk pengenalan alat laboratorium komputer masih terbatas. Selain itu, beberapa penelitian lebih menitikberatkan pada proses pengembangan aplikasi tanpa melakukan evaluasi terhadap faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilan deteksi marker, seperti jarak pemindaian dan intensitas cahaya [7]. Padahal, kedua faktor tersebut berpengaruh

langsung terhadap kinerja aplikasi AR ketika digunakan pada kondisi nyata di laboratorium. Dengan demikian, masih terdapat kesenjangan penelitian (*research gap*) berupa belum adanya kajian yang mengintegrasikan media pengenalan alat laboratorium berbasis AR dengan evaluasi performa sistem berdasarkan kondisi penggunaan sebenarnya.

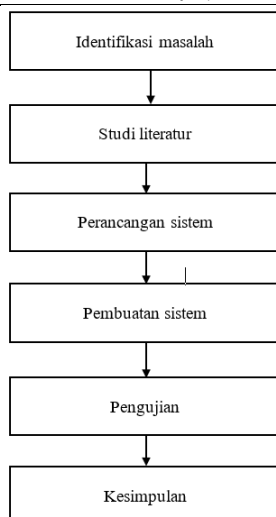
Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini mengajukan beberapa pertanyaan penelitian, yaitu: (1) bagaimana mengembangkan aplikasi Augmented Reality berbasis Marker Based Tracking yang mampu menampilkan model tiga dimensi alat laboratorium beserta informasi fungsinya pada perangkat Android? (2) Bagaimana tingkat keberhasilan fungsionalitas aplikasi yang dikembangkan berdasarkan pengujian *black box*? (3) Bagaimana pengaruh jarak pemindaian marker dan intensitas cahaya terhadap keberhasilan deteksi marker pada aplikasi yang dikembangkan?

Untuk menjawab pertanyaan tersebut, penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimen. Evaluasi sistem dilakukan melalui pengujian fungsionalitas menggunakan metode *black box*, pengujian variasi jarak pemindaian marker, serta pengujian pada berbagai tingkat intensitas cahaya. Hasil penelitian diharapkan menghasilkan media pengenalan alat laboratorium yang lebih interaktif sekaligus memberikan informasi mengenai kondisi optimal penggunaan aplikasi sehingga dapat mendukung proses pembelajaran dan pengenalan fasilitas laboratorium secara lebih efektif.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian mengenai Penggunaan *Augmented Reality* untuk Pengenalan Alat Laboratorium dengan Metode *Marker Base Tracking*, ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan langkah pengenalan masalah atau identifikasi masalah, yaitu mengamati dan merumuskan isu yang berkaitan dengan minimnya informasi tentang alat yang ada di laboratorium. Selanjutnya penulis melakukan studi literatur untuk mengumpulkan referensi dari penelitian terdahulu serta teori-teori yang cukup relevan sebagai dasar pengembangan. Setelah itu masuk ke tahap perancangan sistem, yang meliputi pembuatan desain alur kerja aplikasi, *user interface*, hingga struktur sistem yang akan dikembangkan. Tahap berikutnya adalah pembuatan sistem, yaitu proses realisasi atau penyusunan aplikasi sesuai dengan rancangan desain yang sudah dibuat sebelumnya. Setelah sistem selesai dibuat, dilaksanakan langkah pengujian guna memastikan aplikasi berfungsi dengan baik dan memenuhi semua keperluan, baik melalui pengujian fungsi maupun performa. Terakhir adalah tahap kesimpulan, di mana hasil pengujian dan keseluruhan proses penelitian dianalisis untuk menarik kesimpulan serta memberikan saran pengembangan lebih lanjut.

2.2 Data dan Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan dua pendekatan dalam pengumpulan data, yaitu observasi dan studi pustaka. Observasi dilakukan secara langsung di laboratorium jurusan Teknologi Informasi dan Komputer. Sementara itu, studi pustaka dilakukan dengan menelaah serta mencari berbagai sumber informasi yang relevan dengan topik penelitian, seperti *Augmented Reality*, *Marker Based Tracking*, dan laboratorium.

2.3 Rancangan Sistem *Software*

Rancangan sistem *software* adalah tahap perancangan dan pencatatan yang sangat mendetail untuk menciptakan perangkat lunak yang memenuhi keinginan pengguna. Dalam proses pengembangan aplikasi ini, digunakan pemodelan *Unified Modeling Language* (UML) yang mencakup diagram *use case diagram* serta *activity diagram*.

2.4 Metode dan Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen kuantitatif untuk mengevaluasi kinerja aplikasi Augmented Reality berbasis Marker Based Tracking. Metode Marker Based Tracking bekerja dengan mendeteksi marker yang telah tersimpan pada basis data, kemudian menentukan posisi dan orientasi marker untuk menampilkan objek virtual tiga dimensi pada koordinat sumbu X, Y, dan Z.

A. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas variabel bebas dan variabel terikat.

1. Variabel bebas (Independent Variabel)

Variabel bebas merupakan faktor yang dimanipulasi pada saat pengujian, yaitu:

- a. Jarak pemindaian marker, dengan variasi 5 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, dan 50 cm.
- b. Intensitas cahaya, yang terdiri atas kondisi pencahayaan rendah, sedang, dan tinggi (diukur menggunakan aplikasi Lux Meter pada smartphone dalam satuan lux).

2. Variabel terikat (Dependent Variabel)

Variabel terikat merupakan hasil yang diamati dari setiap pengujian, yaitu:

- a. Keberhasilan kamera mendeteksi marker.
- b. Keberhasilan objek 3D muncul pada layar.
- c. Waktu yang dibutuhkan hingga objek 3D berhasil ditampilkan (detik).
- d. Tingkat keberhasilan fungsi aplikasi berdasarkan pengujian *black box*.

B. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- a. Smartphone Android sebagai perangkat pengujian aplikasi.
- b. Kamera smartphone sebagai media pemindaian marker.

- c. Marker yang telah dibuat dan di simpan menggunakan Vuforia.
- d. Aplikasi Lux Meter untuk mengukur intensitas cahaya.
- e. Stopwatch digital untuk mengukur waktu deteksi marker.

Untuk meningkatkan konsistensi hasil pengujian (reliabilitas), setiap skenario pengujian dilakukan sebanyak tiga kali pada kondisi yang sama.

C. Teknik Pengumpulan Data

Data diperoleh melalui observasi langsung selama proses pengujian aplikasi. Setiap kombinasi jarak dan intensitas cahaya dicatat berdasarkan keberhasilan deteksi marker, waktu munculnya objek 3D, serta hasil pengujian fungsionalitas aplikasi menggunakan metode *black box*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan sebuah aplikasi berbasis teknologi Augmented Reality yang digunakan untuk memperkenalkan berbagai jenis alat laboratorium pada jurusan Teknologi Informasi dan Komputer.

3.1 Hasil Implementasi Sistem

Sebelum melakukan pengujian, aplikasi yang telah di *Build* dalam bentuk apk di *install* terlebih dahulu pada *smartphone android*, berikut merupakan tampilan pada aplikasi *Augmented Reality* Pengenalan Alat Laboratorium.

3.1.1 Tampilan Halaman Menu Utama

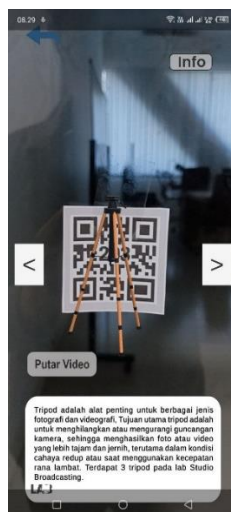
Tampilan menu utama ini didesain sederhana namun fungsional, pengguna dapat memulai proses pemindaian marker untuk menampilkan objek 3D alat laboratorium, membaca panduan penggunaan, melihat informasi tentang aplikasi, atau keluar dari aplikasi. Hal ini dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Tampilan Menu Utama Aplikasi Pengenalan Alat Laboratorium

3.1.2 Tampilan Menu Pindai

Ini merupakan fitur utama dari aplikasi, di mana pengguna dapat memindai marker yang telah disiapkan untuk menampilkan objek 3D dari alat laboratorium. Didalamnya terdapat tombol info untuk mengetahui informasi terakit alat yang sedang muncul, terdapat juga tombol putar video yang berfungsi untuk mengetahui kondisi ruangan laboratorium tersebut. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Tampilan Menu Pindai

3.1.3 Tampilan Menu Panduan

Menu panduan dalam aplikasi ini berfungsi sebagai petunjuk bagi pengguna yang pertama kali mencoba aplikasi Pengenalan Alat Laboratorium ini, ada juga tombol kembali yang terletak di sudut kiri atas, yang memberi kemudahan bagi pengguna untuk kembali ke menu halaman utama. Hal ini dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Tampilan Menu Panduan

3.1.4 Tampilan Menu Tentang

Pada menu ini terdapat informasi singkat terkait aplikasi pengenalan alat laboratorium. Hal ini dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Tampilan Menu Tentang

3.2 Pembahasan Penelitian

Adapun hasil dari penelitian yang dilakukan berdasarkan 3 skenario pengujian yang sudah dijelaskan sebelumnya dimulai dari pengujian *black box* pada aplikasi, seberapa jauh jarak optimal marker saat di scan oleh kamera handphone dan bagaimana intensitas cahaya mempengaruhi marker. Pengujian dapat dilihat dibawah ini.

3.2.1 Pengujian Black Box

Evaluasi fungsional aplikasi Pengenalan Alat Laboratorium berbasis *Augmented Reality* dilakukan menggunakan metode *black box testing*. Fokus pengujian adalah memeriksa respons setiap tombol dan memastikan seluruh fitur dapat dijalankan dengan benar sesuai kebutuhan sistem. Setelah tampilan *splash screen* berakhir, aplikasi akan menampilkan halaman menu utama sebagai antarmuka awal yang digunakan oleh pengguna.

Tabel 1. Hasil Pengujian *Black Box* Menu Utama

Percobaan	Tindakan	Fungsi	Hasil
Tombol pindai	Klik tombol Pindai	Membuka halaman menu Pindai	Berhasil
	Klik tombol kembali	Membuka halaman menu utama	Berhasil
Tombol panduan	Klik tombol panduan	Membuka halaman menu panduan	Berhasil
	Klik tombol kembali	Membuka halaman menu utama	Berhasil
Tombol tentang	Klik tombol tentang	Membuka halaman menu tentang	Berhasil
	Klik tombol kembali	Membuka halaman menu utama	Berhasil
Tombol keluar	Klik tombol keluar	Membuka halaman menu keluar	Berhasil
	Klik tombol kembali	Membuka halaman menu utama	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 1, seluruh tombol pada menu utama, seperti tombol Pindai, Panduan, Tentang, dan Keluar, dapat berfungsi dengan baik. Setiap tombol mampu menavigasi pengguna ke halaman yang sesuai, dan tombol kembali pada masing-masing menu berhasil mengembalikan pengguna ke halaman utama. Hal ini menunjukkan bahwa navigasi antarmuka utama aplikasi telah berjalan sesuai dengan fungsi yang diharapkan dan mudah digunakan oleh pengguna.

Tabel 2. Hasil Pengujian *Black Box* Menu Pindai

Percobaan	Tindakan	Fungsi	Hasil
Tombol info	Klik tombol info	Muncul canvas deskripsi objek	Berhasil
Tombol next	Klik tombol next	Memunculkan objek 3D selanjutnya	Berhasil
Tombol previous	Klik tombol previous	Memunculkan objek 3D sebelumnya	Berhasil
Tombol putar video	Klik tombol putar video	Pindah ke halaman putar video, secara otomatis memutar video ruangan	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 2, seluruh tombol pada menu pindai seperti tombol Info, Next, Previous, dan Putar Video dapat berfungsi dengan baik. Setiap tombol mampu menavigasi pengguna ke halaman yang sesuai, dan tombol kembali berhasil mengembalikan pengguna ke halaman utama. Hal ini menunjukkan bahwa navigasi antarmuka utama aplikasi telah berjalan sesuai dengan fungsi yang diharapkan dan mudah digunakan oleh pengguna.

3.2.2 Pengujian Intensitas Cahaya dan Jarak Optimal

Pengujian jarak dilakukan untuk mengetahui sejauh mana aplikasi Pengenalan Alat Laboratorium mampu melakukan proses pelacakan (*tracking*) terhadap marker yang telah di print pada ukuran 5cm x 5cm. Pengujian ini dilakukan pada beberapa jarak, yaitu 5 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, dan 50 cm dengan menggunakan seutas benang yang sudah di ukur panjangnya menggunakan penggaris yang dapat dilihat pada gambar 7



Gambar 7. Pengukuran Panjang Benang Menggunakan Penggaris

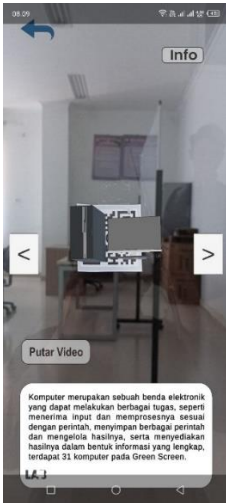
Pengukuran intensitas cahaya dilaksanakan pada setiap koridor jurusan Teknologi Infomasi dan Komputer lantai 1 dan 2 dengan cara menghidupkan semua sumber penerangan lampu saat pagi hari pukul 08.00 sampai 09.00 WIB, siang hari pukul 13.00 sampai 14.00 WIB, dan sore hari pukul 16.00 sampai 17.00 WIB. Pengujian ini dilakukan guna mengetahui kondisi terbaik objek 3D muncul pada kamera *Augmented Reality*. Untuk mengetahui tingkat intensitas cahaya, penulis menggunakan Aplikasi *Lux Light Meter*.

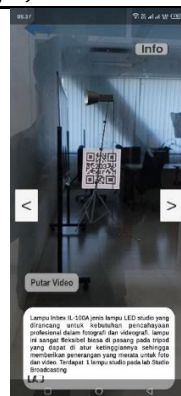
Tabel 3. Pengukuran Intensitas Cahaya

Sesi	Waktu	Hasil
Pagi	08.15 WIB	
Siang	13.10 WIB	
Sore	16.12 WIB	

Untuk melihat hasil pengujian terkait variasi intensitas cahaya dan performa *tracking* pada berbagai jarak, dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Jarak

Waktu	Intensitas cahaya	Jarak	Hasil	Performa Tracking
08.12 WIB	131 Lux	5 cm		Berhasil
08.29 WIB	131 Lux	20 cm		Berhasil
08.09 WIB	131 Lux	30 cm		Berhasil
08.37 WIB	131 Lux	40 cm		Berhasil

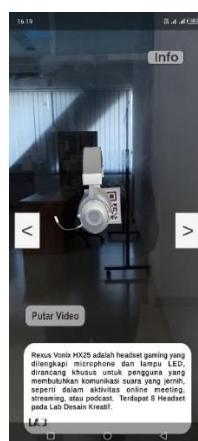


08.41 WIB

131 Lux

50 cm

Berhasil



Hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi mampu mendeteksi marker pada seluruh variasi jarak yang diuji, yaitu 5 cm hingga 50 cm, dengan intensitas cahaya sebesar 131 lux. Meskipun seluruh pengujian menunjukkan hasil berhasil, waktu deteksi marker pada jarak 50 cm relatif lebih lambat dibandingkan jarak yang lebih dekat. Hal ini terjadi karena ukuran marker yang tertangkap kamera menjadi semakin kecil sehingga proses identifikasi pola membutuhkan waktu lebih lama.

Dari sisi pencahayaan, intensitas cahaya sebesar 131 lux masih mampu mendukung proses pendeteksian marker secara baik. Cahaya yang cukup membantu kamera memperoleh citra marker dengan kontras yang jelas sehingga proses pencocokan marker terhadap database menjadi lebih cepat. Sebaliknya, apabila intensitas cahaya terlalu rendah, kualitas citra marker akan menurun sehingga berpotensi memperlambat bahkan menggagalkan proses pendeteksian.

Dibandingkan dengan media pengenalan alat laboratorium secara konvensional, seperti papan nama atau label alat, aplikasi Augmented Reality yang dikembangkan memiliki keunggulan dalam menyajikan informasi secara lebih interaktif melalui visualisasi objek tiga dimensi (3D). Pengguna tidak hanya memperoleh informasi

mengenai nama alat, tetapi juga dapat melihat bentuk objek dari berbagai sudut serta membaca deskripsi fungsi alat secara langsung. Hal tersebut berpotensi meningkatkan pemahaman pengguna terhadap alat laboratorium. Namun demikian, aplikasi ini masih memiliki keterbatasan karena memerlukan perangkat smartphone Android dan marker yang dapat dikenali oleh kamera. Oleh karena itu, apabila marker rusak atau kondisi pencahayaan kurang memadai, proses penampilan objek tiga dimensi dapat terganggu.

Secara keseluruhan, aplikasi yang dikembangkan berhasil memenuhi tujuan penelitian sebagai media pengenalan alat laboratorium berbasis Augmented Reality. Selain mampu menampilkan objek tiga dimensi secara interaktif, aplikasi juga memberikan informasi tambahan mengenai fungsi alat sehingga lebih informatif dibandingkan media konvensional berupa papan nama. Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena pengujian hanya dilakukan pada satu jenis perangkat Android dan satu ukuran marker (5×5 cm). Penelitian selanjutnya disarankan melakukan pengujian pada berbagai spesifikasi smartphone, ukuran marker yang berbeda, serta kondisi pencahayaan yang lebih bervariasi agar diperoleh hasil yang lebih representatif.

4 SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian aplikasi Augmented Reality yang dikembangkan mampu mendeteksi marker dan menampilkan objek 3D dengan baik pada rentang jarak 5 cm hingga 50 cm. Intensitas cahaya sekitar 131 Lux sudah cukup untuk mendukung proses deteksi dan visualisasi objek, meskipun pada jarak maksimum (50 cm) terjadi sedikit penurunan kecepatan deteksi. Secara keseluruhan, performa aplikasi tergolong optimal dengan syarat kondisi pencahayaan memadai dan jarak antara kamera dan marker berada dalam rentang yang telah ditentukan.

REFERENCES

- [1] R. Amir, A. Mulyanto, and M. S. Tuloli, "Pengembangan Media Pembelajaran Augmented Reality dengan Memanfaatkan Marker Based Tracking pada Materi Sistem Komputer," *Jurnal Vokasi Sains dan Teknologi*, vol. 4, no. 1, 2024. DOI: 10.56190/jvst.v4i1.68
- [2] T. Brahmana, Taufiq, and R. Suwanda, "Pengembangan Aplikasi Augmented Reality untuk Pembelajaran Biologi Menggunakan Marker Based Tracking pada Platform Android," *Rabit: Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, vol. 10, no. 2, 2024. DOI: 10.36341/rabit.v10i2.6460
- [3] Z. Abidin, D. Arsa, and Y. Noverina, "Analisis Penerapan Metode User-Centered Design pada Augmented Reality dengan Marker Based Tracking," *Jurnal Processor*, vol. 19, no. 1, 2024. DOI: 10.33998/processor.2024.19.1.1640

- [4] A. R. Setyadi et al., "Children Learning Media Using Marker Based Tracking Augmented Reality Technology," *Jurnal Teknik Informatika (JUTIF)*, vol. 3, no. 1, 2022. DOI: 10.20884/1.jutif.2022.3.1.143
- [5] E. Y. Saputra and M. A. Romli, "Pengembangan Media Pembelajaran Sistem Sendi Berbasis Augmented Reality Menggunakan Metode Marker Based Tracking Pada Perangkat Android," *Indonesian Journal of Computer Science*, vol. 12, no. 6, 2023. DOI: 10.33022/ijcs.v12i6.3482
- [6] P. F. Pratama et al., "Development of Augmented Reality Application for Geometry Learning Using the Marker Based Tracking Method," *Jurnal Teknik Informatika (JUTIF)*, vol. 5, no. 4, 2024. DOI: 10.52436/1.jutif.2024.5.4.1928
- [7] T. I. J. Kusumawati, "Augmented Reality Application with Marker Based Tracking Method," *CESS Journal*, vol. 7, no. 2, 2022. DOI: 10.24114/cess.v7i2.35248
- [8] I. K. A. A. Putra and I. G. N. A. C. Putra, "Development of Augmented Reality Application Using Marker-Based Tracking Method," *JELIKU*, vol. 9, no. 3, 2021. DOI: 10.24843/JLK.2021.v09.i03.p07
- [9] B. Arifitama et al., "Analisis Perbandingan Efektivitas Metode Marker dan Markerless Tracking pada Objek Augmented Reality," *Jurnal Integrasi*, vol. 14, no. 1, 2022. DOI: 10.30871/ji.v14i1.3985
- [10] M. R. Pangestu and Suriati, "Augmented Reality Berbasis Android untuk Pengenalan Alat Pernapasan Menggunakan Metode Marker Based Tracking," *Explorer Journal*, vol. 6, no. 1, 2025. DOI: 10.47065/explorer.v6i1.2229
- [11] Y. Abdurrahman and M. A. Gustalika, "Aplikasi Augmented Reality dengan Marker Based dan Markerless Tracking sebagai Pengenalan Budaya Candi Mendut," *REMIK: Riset dan E-Jurnal Manajemen Informatika Komputer*, vol. 7, no. 2, 2023, doi: 10.33395/remik.v7i2.12137.
- [12] Anwar, A., Nalisa, C. A., Hendrawati, H., Safriadi, S., & Arhami, M. (2022). Aceh's Historic Tourist Attractions: An Augmented Reality-Based Prototype of a Virtual Tour Application. *Journal of Informatics and Telecommunication Engineering*, 5(2), 502–509. <https://doi.org/10.31289/jite.v5i2.6460>
- [13] M. T. Saleh et al., "Digitalization of Cultural Learning through Augmented Reality Using Marker-Based Tracking Method," *Indonesian Journal of Computer Science*, vol. 13, no. 4, 2024. DOI: 10.33022/ijcs.v13i4.4195
- [14] M. Sulistiyono et al., "Comparative Study of Marker-Based and Markerless Tracking in Augmented Reality," *Journal of Soft Computing Exploration*, vol. 5, no. 4, 2024. DOI: 10.52465/joscex.v5i4.503
- [15] R. M. Thahir et al., "Implementation of Augmented Reality with Marker Based Tracking on Custom Gift Products," *International Journal of Computer Technology and Science*, vol. 2, no. 1, 2025. DOI: 10.62951/ijcts.v2i1.130
- [16] A. Simbolon and M. I. A. Nasution, "Augmented Reality in Learning the Introduction to the Toba-Simalungun Batak Language Using the Marker-Based Tracking Method," *Jurnal ICT: Information and Communication Technologies*, vol. 16, no. 2, 2024, doi: 10.35335/jict.v16i2.258.
- [17] R. Muñoz-Salinas, S. Garrido-Jurado, and R. Medina-Carnicer, "UcoSLAM: Simultaneous localization and mapping by fusion of keypoints and squared planar markers," *Pattern Recognition*, vol. 101, 2020, doi: 10.1016/j.patcog.2019.107193.
- [18] Z. Zhang, "Flexible camera calibration by viewing a plane from unknown orientations," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 22, no. 11, pp. 1330–1334.
- [19] R. Szeliski, *Computer Vision: Algorithms and Applications*, Springer, 2022, doi: 10.1007/978-3-030-34372-9.
- [20] J. Romero-Ramirez, R. Muñoz-Salinas, and R. Medina-Carnicer, "Speeded Up Detection of Squared Fiducial Markers," *Image and Vision Computing*, vol. 76, pp. 38–47, 2018, doi: 10.1016/j.imavis.2018.05.004.