

Analisa Performa Deteksi *Marker* pada AR Daspro Menggunakan Metode *Fast Corner Detection*

Neny Kurniati¹, Arda Surya Editya², Syahri Mu'min³, Athika Dwi Wiji Utami⁴

^{1,2} Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer,

³ Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer,

⁴ Program Studi Desain Komunikasi Visual, Fakultas Ilmu Komputer,

^{1,2,3,4} Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo

Jl. Lingkar Timur Km. 5,5 Rangkah Kidul, Sidoarjo

¹nenykurniati.tif@unusida.ac.id, ²ardasurya.tif@unusida.ac.id,

³syahri.si@unusida.ac.id, ⁴athika.dkv@unusida.ac.id

Abstrak

Augmented Reality (AR) adalah teknologi yang menggabungkan elemen digital dengan dunia nyata secara interaktif. AR biasanya menggunakan kamera untuk mendeteksi dan melacak objek fisik di sekitarnya. Kemudian, dengan bantuan perangkat lunak, AR menampilkan konten digital, seperti gambar, video, atau grafik tiga dimensi di atas objek fisik tersebut. AR dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari, di antaranya bidang pendidikan, yaitu untuk pembelajaran Dasar Pemrograman. Salah satu engine untuk membuat sebuah aplikasi Augmented Reality ini adalah Vuforia. Dalam pembuatan aplikasi Augmented Reality di sini tidak hanya menggunakan engine Vuforia tetapi juga menggunakan aplikasi Unity. Aplikasi Augmented Reality Dasar Pemrograman (AR Daspro) di sini dibuat untuk memudahkan dalam pengajaran pada mata kuliah Dasar Pemrograman karena sebagian besar mahasiswa menganggap sangat sulit memahami konsep algoritma pada mata kuliah Dasar Pemrograman. Dengan adanya aplikasi Augmented Reality ini diharapkan dapat memudahkan mahasiswa dalam memahami algoritma. Pada penelitian kali ini peneliti akan menganalisa seberapa baik performa deteksi marker yang ada pada Engine Vuforia menggunakan marker QR Code dengan metode Fast Corner Detection. Jika kebanyakan aplikasi Augmented Reality menggunakan marker yang berbasis gambar namun pada kali ini peneliti ingin mencoba QR Code sebagai marker dan nantinya akan dianalisa bagaimana performa untuk deteksi marker.

Kata kunci— AR Daspro, Augmented Reality, Fast Corner Detection, QR Code.

Abstract

Augmented Reality (AR) is a technology that combines digital elements with the real world interactively. AR typically uses cameras to detect and track physical objects around it. Then, with the help of software, AR displays digital content, such as images, videos, or three-dimensional graphics on top of those physical objects. AR can be applied in everyday life, including the field of education, namely for learning Basic Programming. One of the engines to create an Augmented Reality application is Vuforia. In making Augmented Reality applications here not only using the Vuforia engine but also using the Unity application. The Basic Augmented Reality Programming (AR Daspro) application here is made to facilitate teaching in the Basic Programming course because most students find it very difficult to understand the

concept of algorithms in the Basic Programming course. With the Augmented Reality application, it is expected to make it easier for students to understand algorithms. In this study, researchers will analyze how well the marker detection performance on the Vuforia Engine uses QR Code markers with the Fast Corner Detection method. If most Augmented Reality applications use image-based markers, but this time researchers want to try QR Codes as markers and later will be analyzed how the performance for marker detection.

Keywords— *Augmented Reality, Fast Corner Detection, QR Code*

1. PENDAHULUAN

Masa pandemi seperti sekarang menyebabkan hampir semua lembaga pendidikan menyelenggarakan proses belajar mengajar secara daring (*online*). Pembelajaran daring mengurangi interaksi antara mahasiswa dan dosen yang bisa berakibat mengurangi pemahaman mahasiswa terhadap materi yang diajarkan. Apalagi untuk mata kuliah Dasar Pemrograman yang tidak hanya membutuhkan penguasaan materi tetapi juga menuntut ketrampilan praktik (membuat program). Berdasarkan pengamatan pengusul ketika mengampu mata kuliah Dasar Pemrograman, sebagian besar mahasiswa kurang memahami konsep dan menyusun langkah-langkah pemecahan masalah. Ketika pengusul melakukan wawancara pada mahasiswa mereka kesulitan memahami materi yang diberikan karena sifatnya yang abstrak. Selama konsep atau algoritma tersebut belum diimplementasikan menjadi sebuah program/aplikasi yang sudah jadi mereka tidak bisa membayangkan materi atau algoritma yang ada. Menurut hasil penelitian beberapa jurnal ilmiah yang mengambil tema tentang penggunaan *Augmented Reality* (AR) sebagai media pembelajaran menyimpulkan bahwa metode AR memberikan hasil yang efektif terhadap penguasaan konsep, membuat konsep abstrak menjadi konsep konkret, meningkatkan daya abstraksi siswa, meningkatkan imajinasi siswa, dan memberi suasana belajar yang menyenangkan dan menarik sehingga menumbuhkan motivasi belajar siswa. Oleh karena itu diputuskan mengambil tema Rancang Bangun Perangkat Pembelajaran Mata Kuliah Dasar Pemrograman Berbasis *Augmented Reality* berupa *Augmented Reality Book* (AR Book) yang dilengkapi dengan Aplikasi *Augmented Reality* berbasis android.

Penggunaan teknologi AR dalam konteks pendidikan memberikan berbagai keuntungan yang signifikan. AR mempunyai manfaat yang luar biasa dalam memajukan pengajaran dan pembelajaran di lingkungan pendidikan (Editya, 2017). Dalam bidang pendidikan, AR memiliki kemampuan untuk mengikutsertakan, mendorong, dan menginspirasi siswa dengan cara yang unik, memungkinkan mereka untuk menjelajahi materi pelajaran dari perspektif yang berbeda. Selain itu, AR juga mampu mengajarkan konsep-konsep yang sulit atau tidak dapat diakses secara langsung di dunia nyata, seperti astronomi dan geografi, melalui simulasi yang memukau. Selain meningkatkan kolaborasi antara pengajar dan pelajar, AR juga mengasah kreativitas dan imajinasi siswa, memungkinkan mereka untuk menguasai materi pelajaran sesuai dengan langkah dan preferensi belajar masing-masing. Dengan demikian, pemanfaatan AR dalam pembelajaran memberikan pendekatan yang inovatif dan memfasilitasi pembelajaran yang lebih personal dan terkustomisasi.

Teknologi AR dapat menyediakan fasilitas untuk menampilkan objek-objek riil bersamaan dengan tampilnya objek-objek virtual (Brata, 2018). Untuk mendukung hal ini dapat digunakan perangkat komunikasi berbasis android (Nasution, 2019). AR memiliki potensi untuk memberikan dampak yang signifikan dalam proses pembelajaran dengan menumbuhkan lingkungan belajar yang baru sesuai dengan kebutuhan siswa maupun pengajar (Endra, 2019).

Meskipun telah banyak dilakukan penggunaan aplikasi *Augmented Reality* (AR) dalam pembelajaran, namun masih terdapat beberapa kekurangan. Salah satu kekurangan tersebut adalah penggunaan kacamata AR, yang berarti pengguna harus memiliki kacamata AR terlebih dahulu untuk dapat mengakses dan menggunakan aplikasi tersebut. Dengan kata lain, pengguna perlu memenuhi persyaratan perangkat keras tertentu untuk dapat mengalami pengalaman pembelajaran menggunakan teknologi AR. Dalam metode belajar dasar pemrograman sering digunakan metode konvensional yang menggunakan media pengajaran berbasis *power point* dan juga media buku sebagai alat untuk membantu pemahaman akan bahasa pemrograman. Seiring dengan perkembangan teknologi digital, banyak media pembelajaran baru yang berkembang salah satunya adalah media pembelajaran berbasis *Augmented Reality*. Media pembelajaran ini menggunakan gambar, pola geometris, atau kode-kode unik sebagai *marker* untuk menentukan posisi objek virtual.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya (Editya, 2017) dalam penelitiannya dia menggunakan gambar yang ada pada modul yang dapat di scan menggunakan perangkat komputer untuk mengeluarkan animasi 3D yang membantu pemahaman siswa pada bab dioda dan juga implementasinya. Sedangkan dengan menggunakan metode *marker*, persentasenya meningkat menjadi 30%. Hasil ini diperoleh setelah melakukan uji pra dan pasca pengguna (Setiawan, 2020). Vuforia memiliki acuan bahwa skor citra pada *marker* akan menghasilkan nilai yang tinggi apabila komponen *marker* memiliki bentuk segitiga dan persegi panjang yang kompleks dengan algoritma *Features form Accelerated Segment Test (FAST) Corner Detection*. Metode ini menghasilkan pengenalan lebih mudah dan akurat.

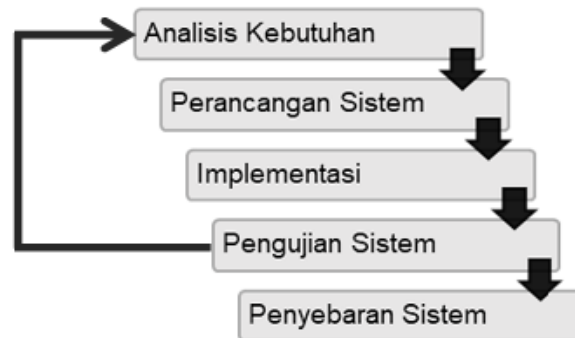
2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Agile System Development Life Cycle* (SDLC) yang mempunyai sifat fleksibel dan iteratif. Di tahap perancangan dilakukan pembuatan *marker* berupa QR code yang di tahap selanjutnya *marker* tersebut dideteksi menggunakan metode *Features form Accelerated Segment Test (FAST) Corner Detection*. Metode ini merupakan metode yang digunakan di Vuforia.

2.1 Kerangka Penelitian

Model Agile SDLC digunakan untuk perancangan *marker based tracking* dalam bentuk QR Code untuk memperkenalkan konsep dasar pemrograman. Seperti terlihat pada Gambar 1, alur model Agile SDLC dimulai dengan tahap analisis kebutuhan. Tahap ini meliputi pengumpulan data, observasi dan analisis masalah terkait pembelajaran dasar pemrograman menggunakan teknologi AR. Tahap desain sistem meliputi pembuatan diagram alir program, pembuatan *marker QR Code*, dan pembuatan

materi pembelajaran berupa animasi. Tahap implementasi bertujuan untuk mengubah konsep desain menjadi aplikasi yang dapat digunakan, termasuk membuat *database* di Library Vuforia SDK dan mengembangkan aplikasi dengan Unity, yang kemudian dapat diubah menjadi aplikasi Android. Pengujian sistem dilakukan pada aplikasi Android, fungsionalitas tombol-tombol, pengujian deteksi *marker*. Siklus terjadi ketika fungsionalitas tombol atau deteksi *marker* mengalami permasalahan, maka proses kembali ke tahap perancangan. Apabila aplikasi sudah memenuhi persyaratan yang ditentukan, maka tahap terakhir, yaitu penyebaran sistem dilakukan pada pengguna.



Gambar 1. Alur Model Agile SDLC

2.2 Analisis Kebutuhan

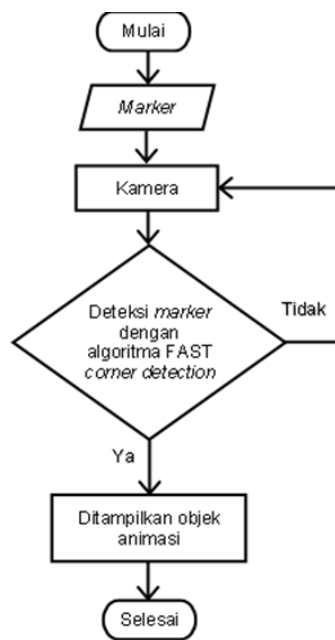
Dasar Pemrograman merupakan mata kuliah dasar yang harus dipelajari ketika seseorang ingin belajar membuat program. Mata kuliah ini mengajarkan konsep dasar pemrograman yang meliputi variabel, operator, algoritma, struktur keputusan, struktur pengulangan, array, dan subprogram. Bagi pemula, materi-materi ini cukup membingungkan sehingga diperlukan media pembelajaran yang menarik dan dapat dipelajari secara mandiri. Salah satu media pembelajaran yang menarik adalah *Augmented Reality* (AR).

AR memerlukan *marker* yang berfungsi sebagai penanda yang digunakan untuk melacak dan mengenali objek serta memposisikan objek virtual yang akan ditampilkan. *Marker* dapat berupa gambar, persegi, atau pola-pola unik yang mudah dikenali. Salah satu software untuk membuat AR adalah *Unity* dan *Vuforia*.

Kinerja deteksi *marker* harus memiliki tingkat keakuratan yang tinggi dengan tingkat kesalahan minimal. Waktu respon deteksi harus cukup cepat untuk memastikan pengalaman *real-time* yang lancar dalam aplikasi *Augmented Reality*. Algoritma deteksi *marker* harus dapat berjalan secara efisien dalam perangkat keras yang umum digunakan. Sistem harus mudah diimplementasikan dan dapat diintegrasikan dengan perangkat lunak *Augmented Reality* yang ada. Memiliki antarmuka yang intuitif dan mudah digunakan bagi pengguna

2.3 Perancangan Sistem

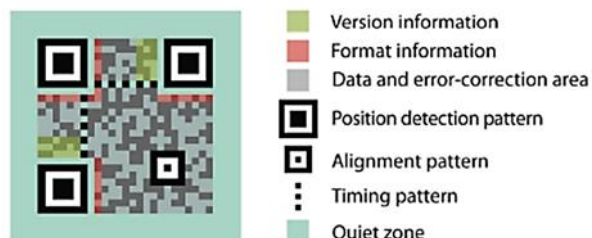
Perancangan diawali dengan mengumpulkan data *marker* berupa QR code seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2. *Marker* dibuat sebanyak jumlah materi yang akan ditampilkan dalam aplikasi AR Daspro dimana masing-masing *marker* mewakili masing-masing materi pokok bahasan.



Gambar 2. Diagram Alir Deteksi *Marker*

2.3.1 *Marker*

Marker berupa QR code sengaja dipilih karena memungkinkan untuk dibuat banyak *marker* sebagai penanda yang mewakili semua materi Dasar Pemrograman yang akan diajarkan. QR code dibuat menggunakan QR Code Generator. Kode dibangun dari 15 karakter acak.

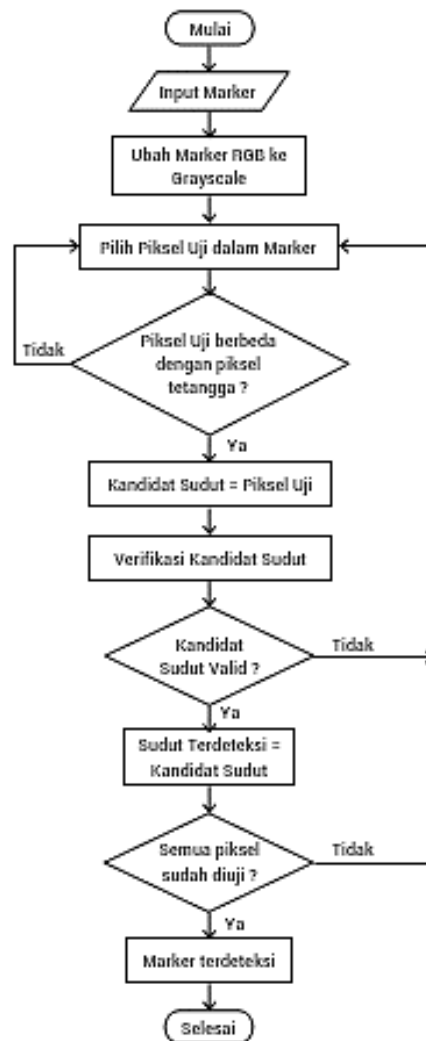


Gambar 3. Struktur QR-Code

QR code kependekan dari Quick Response Code, adalah jenis kode matriks dua dimensi yang dapat dipindai dengan cepat dan mudah menggunakan kamera smartphone atau perangkat pemindai kode QR lainnya. Gambar 3 menunjukkan struktur QR code. QR code terdiri dari serangkaian modul persegi-hitam dan putih yang membentuk pola kotak. Pola ini terdiri dari zona penanda, zona penentu ukuran, zona data, dan zona penanda posisi. Pola ini berisi informasi yang dapat dibaca dengan perangkat pemindai kode QR. Kode QR memiliki kapasitas penyimpanan yang relatif tinggi, sehingga dapat menyimpan lebih banyak informasi daripada kode batang tradisional.

Zona penanda berfungsi membantu pemindai untuk mengenali dan menyelaraskan pemindaian dengan benar. Dengan mengenali dan menafsirkan pola di area yang ditandai, pemindai dapat membaca dan memproses informasi yang terkandung dalam QR code secara akurat. Zona penentu ukuran membantu menentukan ukuran modul (blok kecil) dalam QR code. Zona ini memfasilitasi keberhasilan

pemindaian dan memastikan QR code terbaca dengan benar. Zona penentu ukuran membantu menentukan ukuran modul dan jarak antar modul agar pemindai dapat secara akurat mengenali pola kode dan memproses informasi yang dikandungnya. Zona data adalah bagian terpenting, karena di sinilah informasi yang dikodekan disimpan. Zona penanda posisi membantu pemindai menentukan orientasi, ukuran, dan lokasi zona data. Dengan mengenali pola penanda posisi, pemindai dapat menyelaraskan pindaian dengan benar dan mengidentifikasi zona data untuk melanjutkan proses *decoding* data.



Gambar 4. Diagram Alir FAST Corner Detection

2.3.2 Deteksi Marker

Deteksi *marker* yang digunakan dalam penelitian ini adalah FAST (*Features from Accelerated Segment Test*) *Corner Detection*. Metode FAST dipilih karena efisien dan cepat untuk mendeteksi sudut pada citra. Dalam konteks deteksi *marker*, algoritma ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi sudut-sudut penting pada *marker* yang digunakan dalam pelacakan dan *Augmented Reality*.

Sesuai dengan Gambar 4, proses deteksi *marker* diawali dengan mengubah citra *marker* menjadi citra *grayscale*. Hal ini dilakukan untuk menyederhanakan proses

deteksi dan mengurangi kompleksitas perhitungan. Selanjutnya memilih satu data piksel dari citra *marker* yang akan dianalisa. Piksel ini disebut piksel uji. Piksel uji ini akan digunakan untuk membandingkan intensitas dengan piksel tetangganya. Bandingkan intensitas piksel uji dengan intensitas piksel tetangganya (piksel yang mengelilingi piksel uji). Jika intensitas piksel uji secara signifikan berbeda dari intensitas piksel tetangganya, maka piksel uji dianggap sebagai kandidat sudut. Setelah kandidat sudut ditemukan, selanjutnya proses verifikasi untuk memastikan bahwa kandidat tersebut benar-benar merupakan sudut valid. Verifikasi dilakukan dengan cara memeriksa jumlah piksel tetangga dengan intensitas yang lebih tinggi atau lebih rendah, untuk memastikan bahwa piksel uji benar-benar mewakili sudut yang signifikan. Jika kandidat sudut memenuhi kriteria verifikasi, maka sudut tersebut dianggap sebagai titik fitur penting. Uji piksel ini dilakukan terhadap semua piksel dalam citra *marker*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

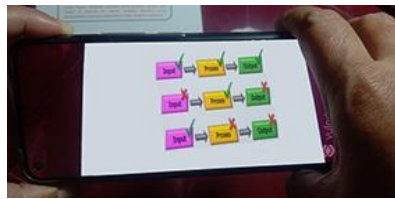
Aplikasi AR Daspro mempunyai menu utama seperti Gambar 5. Fungsi-fungsi tombol aplikasi diuji menggunakan metode Black Box Testing. Hasil pengujiannya terdapat dalam Tabel 1. Selain menguji fungsi tombol, pengujian terhadap keberhasilan deteksi *marker* juga dilakukan. Keberhasilan deteksi *marker* sesuai Tabel 2 ditentukan oleh jarak kamera dengan *marker*. Jarak kamera dengan *marker* yang terlalu dekat (< 10 mm) dapat menyebabkan kegagalan deteksi *marker*. *Marker* yang bisa terdeteksi mengakibatkan munculnya animasi yang menjelaskan materi untuk pokok bahasan tertentu.



Gambar 5. Tampilan Menu aplikasi AR Daspro

Tabel 1. Hasil Uji Coba Aplikasi

No.	Fungsi	Hasil
1	Fungsi tombol "Mulai Scan AR"	100%
2	Fungsi kamera	100%
3	Fungsi tombol "Cara Pemakaian"	100%
4	Fungsi tombol "Keluar"	100%



Gambar 6. Keberhasilan deteksi *marker*











Tabel 2. Pengujian jarak

Jarak (mm)	Keterangan		Hasil Persentase
	Berhasil	Gagal	
0 – 10	0	24	0%
15 – 36	24	0	100%
40 – 66	24	0	100%
70 – 96	24	0	100%
100 – 126	24	0	100%
130 – 156	24	0	100%
160 – 186	24	0	100%
190 – 216	24	0	100%
220 – 256	24	0	100%
260 – 270	24	0	100%

Tabel 3 berisi contoh hasil pengujian ekstraksi fitur pada *marker* menggunakan metode FAST Detection. Fitur yang terdeteksi dinyatakan dengan warna kuning. Berdasarkan tabel tersebut dapat dinyatakan bahwa ekstraksi fitur pada *marker* yang berupa QR bergantung pada jumlah sudut yang diciptakan pada QR Code[9]. Hal ini disebabkan metode FAST Detection hanya mendeteksi sudut-sudut yang ada pada gambar sehingga jika sudut yang dideteksi tidak memiliki nilai unik akan mengurangi performa metode dalam ekstraksi fitur.

Marker QR Code mempunyai sedikit kelemahan, yaitu munculnya lebih dari satu animasi secara bersamaan untuk sebuah *marker* yang terdeteksi. Hal ini terjadi apabila hampir semua sudut (fitur) yang terdeteksi pada suatu *marker* ternyata juga terdeteksi dalam *marker* yang lain. Seperti *marker* yang terdapat dalam Tabel 3. Fitur-fitur yang terdeteksi pada gambar no. 1 juga terdapat dalam gambar no. 2. Apabila hal ini terjadi, maka *marker* baru harus dibangkitkan dengan kode yang lain untuk menggantikan *marker* no. 1.

Tabel 3. FAST Detection ekstraksi fitur

No	Gambar Asli	Gambar Fitur	Jumlah Fitur
1			79
2			164
3			139
4			82
5			77

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis aplikasi AR Daspro dapat disimpulkan bahwa metode deteksi *marker* FAST (*Features from Accelerated Segment Test*) *Corner Detection* mempunyai kemampuan mendeteksi sudut-sudut yang menjadi fitur utama yang dideteksi sehingga sangat efisien dan cepat untuk mendeteksi *marker*. Kemampuan deteksi juga ditentukan dari jarak antara kamera dan *marker*. Jarak deteksi tidak boleh terlalu dekat. Menurut hasil pengujian jaraknya > 10 mm.

Penentuan kode QR Code juga menentukan kemampuan aplikasi AR Daspro dalam menampilkan animasi. Harus dihindari QR Code yang hampir semua fitur sudutnya ada dalam QR Code yang lain. Hal ini menyebabkan munculnya lebih dari satu animasi dalam waktu yang bersamaan ketika suatu *marker* dideteksi. Sistem *Augmented Reality* yang menggunakan *FAST Detection* memiliki performa yang baik. Lebih lanjut metode *FAST Detection* dapat berjalan lebih baik pada smartphone dengan spesifikasi semakin baik yang akan membuat metode ini memiliki peningkatan performa yang signifikan.

5. SARAN

Penggunaan QR Code sebagai *marker* dalam penelitian ini menyebabkan kemunculan beberapa animasi secara bersamaan untuk sebuah *marker*. Untuk meminimalkan hal ini, maka sebaiknya dibuat *marker QR code* yang memiliki pola atau desain yang unik untuk setiap animasi yang ingin ditampilkan. Selain itu bisa juga menyertakan identifikasi khusus dalam setiap *marker QR code* yang dapat membedakannya. Misalnya, menambahkan teks tambahan atau karakteristik visual khusus yang dapat diidentifikasi oleh aplikasi AR Daspro. Dengan begitu, animasi yang dimaksud hanya muncul ketika *marker* dengan identifikasi khusus tersebut terdeteksi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih yang tak terhingga ucapkan kepada seluruh civitas akademika Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo dan semua pihak yang telah membantu untuk terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arini, A., & Fitriana, E. A. 2019. *Pengembangan Aplikasi Katalog Rumah Berbasis Augmented Reality Menggunakan Algoritma FAST*. JISKA (Jurnal Informatika Sunan Kalijaga), 4(1), 9. <https://doi.org/10.14421/jiska.2019.41-02>.
- A. Theodoropoulos, dan G. Lepouras, 2021. *Augmented Reality and Programming Education: A systematic review*. in IJCCI, vol. 10, <https://doi.org/10.1016/ijcci.2021.100335>.
- Brata, K. C., & Brata, A. H., 2018. *Pengembangan Aplikasi Mobile Augmented Reality untuk Mendukung Pengenalan Koleksi Museum*. Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, 5(3), 347. <https://doi.org/10.25126/jtiik.201853798>.
- Edaya, A., Sumpeno, S., & Pratomo, I. 2017. *Performance IEEE 802.14.5 and zigbee protocol on realtime monitoring Augmented Reality based wireless sensor network system*. International Journal of Advances in Intelligent Informatics, 3(2),90-97.
- Erawati, W. 2019. *Perancangan Sistem Informasi Penjualan dengan Pendekatan Metode Waterfall*. Jurnal Media Informatika Budidarma, 3(1), 1. <https://doi.org/10.30865/mib.v3i1.987>.

- Galang Sulaksono. 2021. *Development of android based Augmented Reality video for tennis courts learning*. Journal Sport Area, Vol.6 No.2.
- H. J. Kim and S. Lee. 2021. *Examining the Role of Engaging in Research Activities with Digital Technologies for Graduate Students' Success*. in IJETL, vol. 16, no. 4, pp. 212-227. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i04.18045>.
- Nasution, S., Nasution, A. H., & Hakim, A. L. 2019. *Pembuatan Plugin Tile-Based Game Pada Unity 3D*. IT Journal Research and Development, 4(1), 46 - 60.
- Nur Utami, F., & Salamah, U. 2019. *Aplikasi Augmented Reality Pembelajaran Huruf Hijaiyah dalam Bahasa*. Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi (RESTI), 3(1), 1–10. Retrieved from <https://jurnal.iaii.or.id/index.php/RESTI>.
- Perwitasari, I. D. 2018. *Teknik Marker Based Tracking Augmented Reality untuk Visualisasi Anatomi Organ Tubuh Manusia Berbasis Android*. INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science, 1(1), 8–18. <https://doi.org/10.31539/intecoms.v1i1.161>.
- R. Y. Endra and D. R. Agustina. 2019. *Media Pembelajaran Pengenalan Perangkat Keras Komputer Menggunakan Augmented Reality*. Expert – J. Manag. Sist. Inf. dan Teknol., vol. 9, no. 2, pp. 63–69. [Online]. Available: <http://jurnal.ubl.ac.id/index.php/expert/article/view/1311/1503>.
- Setiawan Erwin, Syaripudin Undang, dan Aditia Gerhana Y. 2020. *Implementasi Teknologi Augmented Reality pada Buku Panduan Wudhu Berbasis Mobile Android*. Jurnal Online Informatika, 1(1), 71. <https://doi.org/10.15575/join.v1i1.8>.
- S. N. S. Abu Samah. 2020. *The Efficacy of Augmented Reality on Student Achievement and Perception among Teluk Intan Community College Student in Learning 3D Animation*. in International Journal of Multimedia and Recent Innovation, vol. 2, no. 2, pp. 87-95. <https://doi.org/10.36079/lamintang.ijmari-0202.131>.
- Suzanna Suzanna, Ford Lumban Gaol. 2021. *Immersive Learning by Implementing Augmented Reality: Now and The Future*. Journal of Computer Science and Visual Communication Design 22-28.
- T. Khan, K. Johnston, dan J. Ophoff. 2019. *The Impact of an Augmented Reality application on learning motivation of students*. in AHCI, vol. 19, no. 1, pp. 1-14, <https://doi.org/10.1155/2019/7208494>.