

Implementasi Marker-Based Augmented Reality untuk Pengenalan Interaktif Tujuh Alat Musik Tradisional Jawa Barat Berbasis Android

Raihan Dwiyuga Fadilah

Teknik Informatika, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati, Bandung, Indonesia

Email: 1247050075@student.uinsgd.ac.id

Abstrak— Jawa Barat memiliki warisan alat musik tradisional Sunda yang kaya, yaitu Angklung, Calung, Suling Bambu, Gong, Karinding, Kendang, dan Kecapi. Namun, minat generasi muda terhadap alat musik tradisional tersebut cenderung menurun akibat terbatasnya media pengenalan yang interaktif. Penelitian ini bertujuan merancang, membangun, dan menguji kelayakan aplikasi mobile Android berbasis *Marker Based Augmented Reality* yang menampilkan representasi tiga dimensi dari tujuh alat musik tradisional Jawa Barat secara visual dan informatif. Pengembangan aplikasi dilakukan menggunakan metode *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) yang terdiri atas enam tahapan, yaitu *Concept, Design, Material Collecting, Assembly, Testing, dan Distribution*, dengan memanfaatkan Unity 6 sebagai *game engine*, Vuforia Engine versi 11.4.4 sebagai pustaka *Augmented Reality*, serta model tiga dimensi yang diperoleh dari platform Sketchfab berlisensi *Creative Commons Attribution 4.0* (CC BY 4.0). Kelayakan aplikasi dievaluasi melalui pengujian *rating* deteksi marker pada Vuforia Developer Portal, pengujian jarak deteksi marker, pengukuran waktu eksekusi aplikasi, dan *Black Box Testing* terhadap 14 skenario fungsional. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh tujuh marker memperoleh *rating* deteksi minimal tiga dari lima bintang, mampu dideteksi secara konsisten pada rentang jarak pengujian yang telah ditetapkan, serta aplikasi menunjukkan waktu eksekusi yang mendukung penggunaan secara optimal. Seluruh skenario *Black Box Testing* berhasil dijalankan sesuai spesifikasi sehingga aplikasi dinyatakan kompatibel pada perangkat Android dengan sistem operasi minimal versi 10 (API Level 29). Kontribusi penelitian ini terletak pada pengintegrasian tujuh alat musik tradisional Jawa Barat ke dalam satu aplikasi *Marker Based Augmented Reality*, yang memperluas cakupan penelitian sebelumnya yang umumnya hanya mengangkat satu atau sebagian kecil alat musik tradisional dari suatu daerah. Berdasarkan hasil tersebut, aplikasi yang dikembangkan layak digunakan sebagai media edukasi alternatif untuk mendukung pelestarian budaya Sunda di era digital.

Kata Kunci: Vuforia SDK; Multimedia Development Life Cycle; Unity Engine; Black Box Testing; Budaya Sunda

Abstract— West Java is home to a rich cultural heritage of traditional Sundanese musical instruments, including the Angklung, Calung, Bamboo Flute, Gong, Karinding, Kendang, and Kecapi. However, younger generations have shown declining interest in these traditional musical instruments due to the limited availability of interactive learning media. This study aims to design, develop, and evaluate the feasibility of an Android based Marker Based Augmented Reality (AR) application that presents three dimensional representations of seven traditional musical instruments from West Java in a visual and informative manner. The application was developed using the Multimedia Development Life Cycle (MDLC) method, which consists of six stages: Concept, Design, Material Collecting, Assembly, Testing, and Distribution. Unity 6 was employed as the game engine, Vuforia Engine version 11.4.4 as the Augmented Reality library, and three dimensional models obtained from the Sketchfab platform under the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) license. The application was evaluated through marker detection rating using the Vuforia Developer Portal, marker detection distance testing, application execution time measurement, and Black Box Testing involving fourteen functional test scenarios. The evaluation results indicate that all seven markers achieved a minimum detection rating of three out of five stars, were consistently detected within the predefined testing distance, and that the application demonstrated execution performance suitable for practical use. In addition, all functional test scenarios were successfully executed according to the specified requirements, confirming that the application is compatible with Android devices running Android 10 (API Level 29) or later. The main contribution of this study lies in integrating seven traditional musical instruments of West Java into a single Marker Based Augmented Reality application, extending previous studies that generally focused on only one or a limited number of traditional musical instruments from a particular region. These findings demonstrate that the proposed application is a feasible alternative educational medium for supporting the preservation of Sundanese cultural heritage in the digital era.

Keywords: Vuforia SDK; Multimedia Development Life Cycle; Unity Engine; Black Box Testing; Sundanese Culture

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan keanekaragaman budaya yang sangat kaya, termasuk berbagai jenis alat musik tradisional yang tersebar di setiap daerah. Provinsi Jawa Barat, yang dikenal dengan budaya Sunda, memiliki alat musik tradisional yang khas, antara lain Angklung, Calung, Suling Bambu, Gong, Karinding, Kendang, dan Kecapi. Namun demikian, di tengah arus modernisasi, minat generasi muda terhadap warisan budaya lokal ini cenderung menurun, salah satunya karena media pengenalan yang tersedia masih bersifat konvensional dan kurang interaktif, sebagaimana ditemukan pada berbagai upaya digitalisasi pengenalan alat musik tradisional berbasis aplikasi bergerak [1].

Teknologi *Augmented Reality* (AR) menawarkan pendekatan penyampaian informasi yang menggabungkan dunia nyata dengan objek virtual secara real-time. Salah satu pendekatannya, *Marker-Based AR*, bekerja dengan mendeteksi pola atau gambar tertentu (*marker*) sebagai pemicu kemunculan objek digital di atasnya, dan telah banyak diterapkan pada berbagai aplikasi edukasi budaya berbasis Android [1].

Penerapan *Marker-Based AR* untuk pengenalan alat musik tradisional telah dikaji pada berbagai wilayah di Indonesia dengan cakupan dan hasil yang bervariasi. Untuk wilayah Sumatera Barat, aplikasi AR dikembangkan untuk mengenalkan alat musik daerah setempat dengan hasil pengujian *marker* yang baik [2], [3]. Di Kalimantan Timur, penerapan *marker based tracking* digunakan untuk memvisualisasikan alat musik tradisional khas daerah tersebut [4], sedangkan di Kalimantan Barat aplikasi serupa difokuskan pada alat musik Sape' [5]. Pada konteks budaya Jawa, penelitian memanfaatkan AR untuk pengenalan Bonang secara interaktif [6]. Wilayah Sumatera Utara juga menjadi objek penelitian AR untuk pengenalan alat musik Batak, baik dalam bentuk pengenalan umum [7] maupun spesifik pada instrumen Batak Toba [8]. Selain itu, penelitian serupa turut dilakukan untuk memperkenalkan budaya Sulawesi [9], kesenian Reog Ponorogo [10], alat musik Bengkulu [11], serta representasi 3D Gamelan [12] dan alat musik Melinting Lampung [13].

Pada konteks kebudayaan Sunda, penelitian terdahulu telah mengembangkan aplikasi *Augmented Reality* untuk mengenalkan alat musik Degung [14]. Meninjau seluruh kajian di atas, terlihat bahwa penelitian *Augmented Reality* untuk pengenalan alat musik tradisional umumnya berfokus pada satu wilayah dengan satu atau sebagian kecil alat musik saja. Selain itu, penelitian yang secara khusus mengangkat kebudayaan Sunda masih terbatas pada pengenalan satu alat musik, yaitu Degung [14]. Berdasarkan kajian literatur yang dilakukan pada penelitian ini, belum ditemukan penelitian yang mengintegrasikan tujuh alat musik tradisional Jawa Barat, yaitu Angklung, Calung, Suling Bambu, Gong, Karinding, Kendang, dan Kecapi, secara menyeluruh ke dalam satu aplikasi *Marker Based Augmented Reality*. Kondisi tersebut menunjukkan adanya celah penelitian (*research gap*), yaitu belum tersedianya aplikasi *Augmented Reality* yang merepresentasikan keragaman alat musik tradisional khas Jawa Barat secara lengkap dalam satu media pembelajaran.

Berdasarkan celah penelitian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang, membangun, dan menguji sebuah aplikasi Android berbasis *Marker-Based Augmented Reality* yang mengintegrasikan representasi 3D dari tujuh alat musik tradisional Jawa Barat dalam satu aplikasi, lengkap dengan informasi deskriptif mengenai masing-masing alat musik. Kontribusi penelitian ini terletak pada implementasi teknologi *Marker-Based Augmented Reality* sebagai media edukasi yang mengintegrasikan tujuh alat musik tradisional Jawa Barat dalam satu aplikasi Android. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya berfokus pada satu wilayah atau satu jenis alat musik tertentu, penelitian ini menyajikan cakupan objek yang lebih luas tanpa mengubah pendekatan maupun metode *Augmented Reality* yang digunakan. Selain itu, aplikasi dievaluasi melalui pengujian *rating* deteksi *marker* dan *Black Box Testing* untuk memastikan fungsi aplikasi berjalan sesuai spesifikasi. Aplikasi dikembangkan menggunakan metode *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC), Unity sebagai game engine utama, dan Vuforia SDK sebagai pustaka AR, dengan model 3D yang diperoleh dari Sketchfab di bawah lisensi *Creative Commons Attribution 4.0* (CC BY 4.0).

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Desain dan Prosedur Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian rekayasa (*Design and Creation Research*) yang berorientasi pada pembangunan dan pengujian kelayakan sebuah produk perangkat lunak. Objek penelitian adalah tujuh alat musik tradisional Jawa Barat, yaitu Angklung, Calung, Suling Bambu, Gong, Karinding, Kendang, dan Kecapi, yang masing-masing direpresentasikan melalui satu model 3D dan satu gambar *marker* (*Image Target*). Prosedur penelitian mengikuti tahapan *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC), yaitu *Concept, Design, Material Collecting, Assembly, Testing, dan Distribution*, yang dipilih karena aplikasi yang dikembangkan merupakan produk multimedia interaktif berbasis AR yang menggabungkan elemen visual 3D, teks informasi, dan antarmuka pengguna.

Prosedur pengumpulan data dilakukan dengan tiga cara. Data *rating* deteksi *marker* diperoleh dengan mendaftarkan ketujuh gambar *Image Target* ke Vuforia Developer Portal dan mencatat *rating* yang dihasilkan otomatis oleh sistem. Data *Black Box Testing* diperoleh dengan menjalankan aplikasi pada perangkat uji, mengeksekusi 14 skenario satu per satu, dan mencatat hasilnya sebagai "Berhasil" atau "Tidak Berhasil" berdasarkan kesesuaian dengan hasil yang diharapkan. Data waktu eksekusi diperoleh dengan mengukur menggunakan stopwatch rentang waktu dari setiap aksi pengguna hingga aplikasi merespons, pada 14 skenario interaksi di Ponsel 1 dan Ponsel 2 secara terpisah. Data jarak deteksi diperoleh dengan mengarahkan kamera ke setiap *Image Target* pada empat variasi jarak (30 cm, 60 cm, 90 cm, dan 120 cm) dan mencatat keberhasilan deteksi pada kedua perangkat uji.

Instrumen penelitian mencakup instrumen pengembangan berupa perangkat lunak Unity 6 (versi 6000.4.7f1) dan Vuforia Engine (versi 11.4.4), serta instrumen pengujian berupa perangkat evaluasi *rating*

marker pada Vuforia Developer Portal, lembar skenario *Black Box Testing*, dan dua unit smartphone Android dengan spesifikasi berbeda untuk menguji kompatibilitas dan estimasi waktu eksekusi aplikasi serta Image Target yang dicetak pada kertas berukuran A4 (21 × 29,7 cm) untuk pengujian jarak deteksi. Spesifikasi kedua perangkat pengujian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Perangkat Pengujian

Spesifikasi	Ponsel 1	Ponsel 2
Versi Android	11	13
RAM	6 GB	8 GB
Memori Internal	64 GB	128 GB
Kamera Belakang	64 MP	48 MP
Ukuran Layar	6,53 inci	6,43 inci

Pengujian kompatibilitas dan estimasi waktu eksekusi dilakukan pada kedua perangkat tersebut, dengan Ponsel 1 menjalankan Android versi 11 dan Ponsel 2 menjalankan Android versi 13, mewakili rentang versi Android minimal versi 10.0 (API Level 29) yang menjadi target kompatibilitas aplikasi.

Teknik analisis data yang digunakan bersifat deskriptif kuantitatif. Data hasil evaluasi *rating marker* dianalisis dengan menghitung proporsi *marker* yang mencapai ambang *rating* minimal tiga bintang, mengacu pada ambang kelayakan deteksi *marker* yang direkomendasikan pada penelitian sejenis [3]. Data hasil *Black Box Testing* dianalisis dengan menghitung persentase skenario yang menghasilkan output sesuai dengan yang diharapkan terhadap total skenario uji, sebagai indikator tingkat kesesuaian fungsional aplikasi dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Data waktu eksekusi pada kedua perangkat dianalisis secara deskriptif komparatif untuk melihat pengaruh perbedaan spesifikasi perangkat terhadap responsivitas aplikasi. Data jarak deteksi dianalisis dengan menghitung proporsi *marker* yang berhasil terdeteksi pada setiap variasi jarak, sebagai indikator rentang jarak operasional aplikasi dalam kondisi pemakaian nyata.

2.2 Metode AR yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan metode *Marker-Based Augmented Reality* dalam pengembangan aplikasi. Metode ini bekerja dengan cara mendeteksi gambar dua dimensi yang telah didaftarkan sebagai *Image Target* pada platform Vuforia Developer Portal. Setelah gambar berhasil dikenali oleh kamera perangkat Android, aplikasi akan secara otomatis merender objek 3D alat musik yang sesuai di atas *marker* tersebut.

Pemilihan metode *Marker-Based Augmented Reality* didasarkan pada beberapa pertimbangan. Metode ini memiliki tingkat akurasi deteksi dan kestabilan tracking yang tinggi karena sistem memanfaatkan fitur visual yang telah dikenali sebelumnya sebagai acuan proses pelacakan [15]. Selain itu, integrasi Vuforia SDK dengan Unity dapat dilakukan dengan mudah melalui plugin resmi yang tersedia pada Unity Package Manager, sehingga proses pengembangan aplikasi menjadi lebih efisien [16].

2.3 Concept

Pada tahap ini dilakukan identifikasi tujuan dan ruang lingkup aplikasi. Aplikasi dirancang sebagai media edukasi mobile berbasis Android yang menampilkan tujuh alat musik tradisional Jawa Barat dalam format objek 3D dengan informasi deskriptif menggunakan teknologi *Marker-Based Augmented Reality*. Target pengguna adalah pelajar dan masyarakat umum yang ingin mengenal alat musik tradisional Jawa Barat secara interaktif.

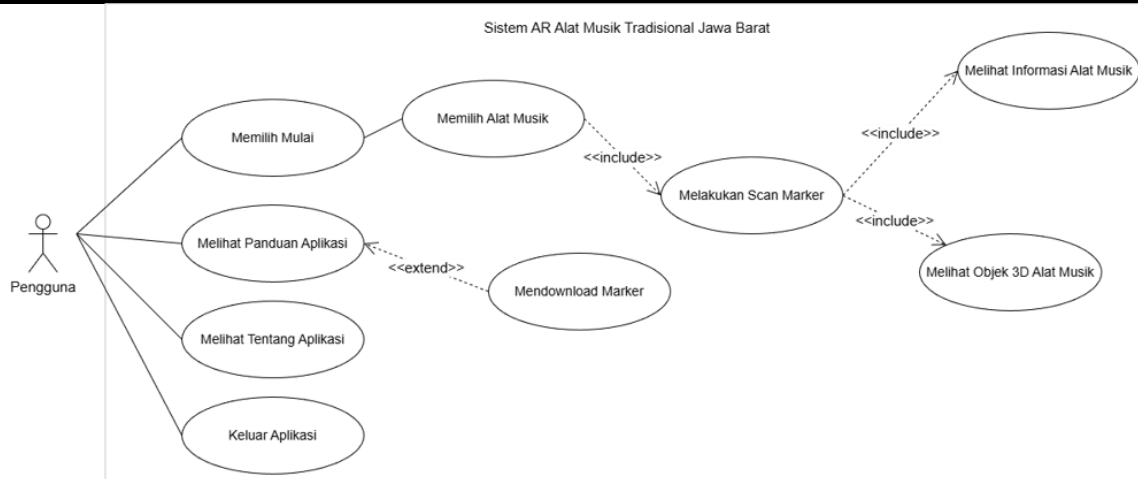
Kebutuhan fungsional mencakup kemampuan aplikasi untuk menampilkan menu utama, memilih alat musik secara individual, mendeteksi *marker*, merender objek 3D alat musik, serta menampilkan informasi nama dan deskripsi alat musik. Kebutuhan non-fungsional mencakup kompatibilitas dengan perangkat Android minimal versi 10.0 (API Level 29) dan kemudahan penggunaan antarmuka.

2.4 Design

Tahap Design mencakup perancangan arsitektur sistem, alur aplikasi, desain antarmuka, dan desain *marker*. Perancangan sistem dimodelkan menggunakan Use Case Diagram dan Flowchart.

2.4.1 Use Case Diagram

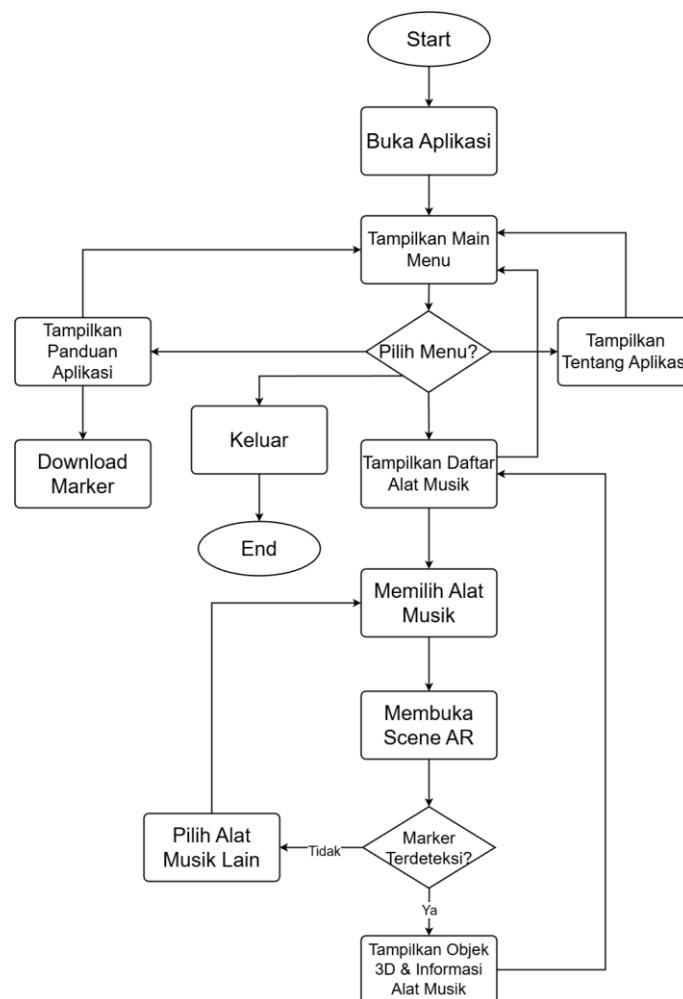
Use Case Diagram menggambarkan interaksi antara pengguna (*User*) dengan sistem aplikasi AR. Terdapat satu aktor utama yaitu User yang dapat mengakses seluruh fitur aplikasi, meliputi membuka aplikasi, melihat menu utama, memilih alat musik, menscan *marker* AR, melihat objek 3D beserta informasi, serta melihat panduan dan halaman tentang.



Gambar 1. Use Case Diagram Aplikasi AR Alat Musik Tradisional Jawa Barat

2.4.2 Flowchart

Flowchart menggambarkan keseluruhan alur kerja aplikasi dari proses membuka aplikasi hingga keluar. Alur dimulai dari tampilan Main Menu, dilanjutkan dengan pemilihan alat musik, proses *scanning marker*, *rendering* objek 3D, hingga penampilan informasi alat musik.



Gambar 2. Flowchart Aplikasi AR Alat Musik Tradisional Jawa Barat

2.4.3 Desain Marker (*Image Target*)

Sebagai *Image Target*, digunakan gambar dari masing-masing alat musik tradisional yang diunggah dan didaftarkan ke Vuforia Developer Portal. Penggunaan gambar alat musik secara langsung sebagai *marker* bertujuan agar pengguna dapat mengasosiasikan *marker* dengan alat musik yang ditampilkan secara intuitif. *Rating marker* dievaluasi untuk memastikan kualitas deteksi yang optimal, dengan target minimal tiga bintang pada setiap *marker* [3].

2.5 Material Collecting

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan seluruh aset yang dibutuhkan dalam pengembangan aplikasi. Model 3D tujuh alat musik tradisional Jawa Barat diperoleh dari platform Sketchfab yang didistribusikan di bawah lisensi *Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0)*. Model aset dikonversi dari format GLB/GLTF ke format FBX menggunakan Blender sebelum diimpor ke Unity, guna memastikan kompatibilitas material dan tekstur. Gambar *marker* diperoleh dari berbagai platform daring, seperti Pinterest, Wikipedia, serta situs referensi budaya yang menyediakan dokumentasi visual alat musik tradisional Jawa Barat. Gambar yang dipilih kemudian diseleksi berdasarkan kualitas visual, tingkat detail, dan keunikan fitur gambar yang dapat mendukung proses pengenalan *marker* oleh Vuforia. Selanjutnya, gambar diolah dan disesuaikan agar memenuhi standar kualitas *Image Target* sehingga mampu menghasilkan proses deteksi yang lebih akurat dan stabil.

2.6 Assembly

Tahap Assembly merupakan tahap pengembangan aplikasi secara teknis. Alur pengembangan dimulai dari proses pendaftaran *marker* pada Vuforia Developer Portal, kemudian dilanjutkan dengan pengunduhan dan impor Vuforia Database ke dalam Unity. Komponen AR Camera ditambahkan untuk menggantikan Main Camera bawaan Unity, diikuti dengan pembuatan *ImageTarget* untuk setiap alat musik. Objek 3D ditempatkan sebagai child dari masing-masing *ImageTarget* agar dapat ditampilkan saat *marker* terdeteksi.

Aplikasi dikembangkan dengan beberapa fitur utama yang mendukung proses pembelajaran alat musik tradisional Jawa Barat. Fitur tersebut meliputi halaman Main Menu yang menyediakan navigasi menuju menu Mulai AR, Panduan, Tentang, dan Keluar. Selain itu, aplikasi menyediakan halaman pemilihan alat musik yang memungkinkan pengguna mengaktifkan *marker* secara individual sesuai alat musik yang ingin dipelajari. Pada fitur *Augmented Reality*, aplikasi menampilkan objek 3D alat musik secara real-time di atas *marker* yang terdeteksi oleh kamera perangkat. Informasi mengenai alat musik juga ditampilkan dalam bentuk nama dan deskripsi singkat untuk membantu pengguna memahami karakteristik masing-masing alat musik. Pengembangan aplikasi dilakukan menggunakan Unity 6 (versi 6000.4.7f1) dan Vuforia Engine versi 11.4.4, dengan bahasa pemrograman C# untuk implementasi logika dan interaksi sistem [17].

2.7 Testing

Pengujian aplikasi dilakukan menggunakan dua metode. Pertama, evaluasi *rating marker* pada Vuforia Developer Portal untuk memverifikasi kualitas deteksi dan tracking masing-masing *Image Target*. Kedua, metode *Black Box Testing* untuk memverifikasi bahwa setiap fitur berjalan sesuai spesifikasi yang telah ditentukan, terdiri atas 14 skenario uji yang mencakup navigasi menu, aktivasi *marker*, rendering objek 3D, serta penampilan informasi alat musik. Selain itu, dilakukan pengujian kompatibilitas pada perangkat Android untuk memastikan aplikasi berjalan dengan baik pada spesifikasi minimum yang ditentukan.

2.8 Distribution

Aplikasi didistribusikan dalam format APK (Android Package) yang dapat diinstal pada perangkat Android dengan versi minimal 10.0 (API Level 29). Distribusi dilakukan melalui berbagai media untuk memudahkan akses pengguna.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengembangan Aplikasi

Aplikasi AR Pengenalan Alat Musik Tradisional Jawa Barat berhasil dikembangkan dengan menggunakan Unity dan Vuforia Engine. Aplikasi dapat dijalankan pada perangkat Android dengan versi minimal 10.0 (API Level 29). Berikut adalah tampilan antarmuka aplikasi yang telah dikembangkan.

a. Halaman Main Menu

Halaman Main Menu merupakan tampilan awal yang muncul saat pengguna membuka aplikasi. Halaman ini menampilkan judul aplikasi dan empat tombol navigasi utama, yaitu Mulai, Panduan, Tentang, dan Keluar.



Gambar 3. Tampilan Main Menu Aplikasi

b. Halaman Pemilihan Alat Musik

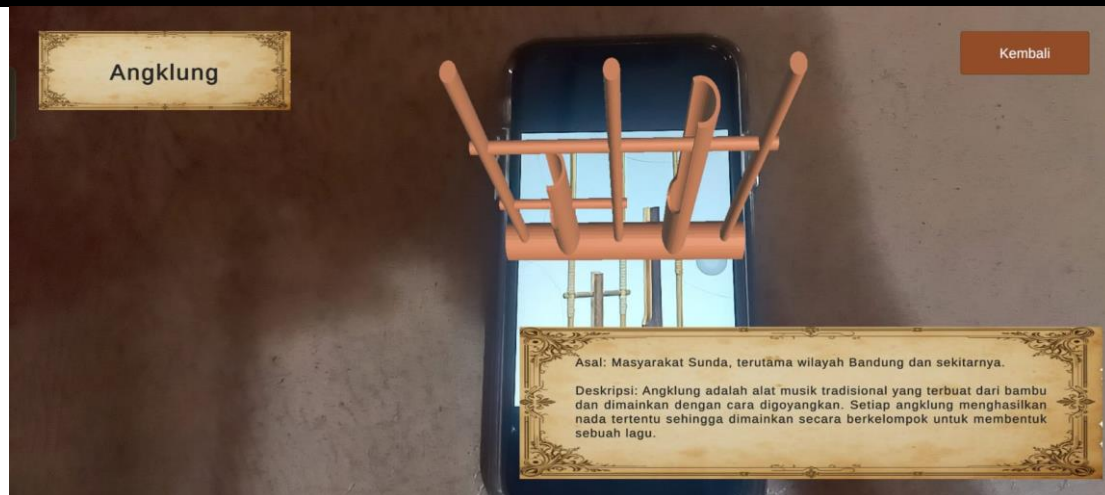
Setelah menekan tombol Mulai, pengguna akan diarahkan ke halaman pemilihan alat musik. Pada halaman ini, pengguna dapat memilih salah satu dari tujuh alat musik tradisional Jawa Barat yang tersedia. Pemilihan ini mengaktifkan hanya *marker* dari alat musik yang dipilih, sehingga sistem menjadi lebih efisien.



Gambar 4. Tampilan Halaman Pemilihan Alat Musik

c. Tampilan Augmented Reality

Saat kamera perangkat diarahkan ke *marker* yang sesuai, aplikasi akan secara otomatis merender objek 3D alat musik di atas *marker* tersebut beserta informasi nama dan deskripsi alat musik. Berikut adalah tampilan AR untuk beberapa alat musik.



Gambar 5. Tampilan AR Angklung



Gambar 6. Tampilan AR Calung



Gambar 7. Tampilan AR Gong

d. Halaman Panduan

Halaman Panduan menyajikan petunjuk penggunaan aplikasi bagi pengguna, mencakup cara memindai *marker* dan mengunduh *marker*.



Gambar 8. Tampilan Halaman Panduan

e. Halaman Tentang

Halaman Tentang menampilkan informasi mengenai aplikasi, serta deskripsi singkat tujuan pengembangan.



Gambar 9. Tampilan Halaman Tentang

3.2 Hasil Pengujian Marker Vuforia

Pengujian *marker* dilakukan dengan mendaftarkan tujuh gambar alat musik sebagai *Image Target* pada Vuforia Developer Portal. *Rating marker* dinilai berdasarkan kemampuan sistem dalam mendeteksi dan melacak fitur visual *marker*. Gambar 10 menunjukkan hasil *rating marker* yang diperoleh.

Add Target		Download Database (All)				
☐	Image	Target Name	Type	Rating ^①	Status [▼]	Date Modified
☐		karinding	Image	★★★★☆	Active	Jun 09, 2026
☐		angklung	Image	★★★★☆	Active	Jun 09, 2026
☐		calung	Image	★★★★★	Active	Jun 09, 2026
☐		gong	Image	★★★★★	Active	Jun 09, 2026
☐		sulingbambu	Image	★★★★☆	Active	Jun 09, 2026
☐		kendang	Image	★★★★★	Active	Jun 09, 2026
☐		kecapibaduy	Image	★★★★☆	Active	Jun 09, 2026

Gambar 10. Screenshot *Rating Marker* pada Vuforia Developer Portal

Berdasarkan Gambar 10, seluruh tujuh *marker* berhasil mendapatkan *rating* minimal tiga bintang, yang berarti seluruh *marker* dapat dideteksi oleh sistem dengan baik. Tiga *marker* mendapatkan *rating* sempurna lima bintang, yaitu Calung, Gong, dan Kendang, sedangkan *marker* Suling Bambu dan Karinding memperoleh *rating* terendah (tiga bintang). Hasil ini sejalan dengan ambang kelayakan *rating marker* minimal tiga bintang yang direkomendasikan pada penelitian sejenis [3], sehingga seluruh *marker* pada penelitian ini dapat dikategorikan layak digunakan.

Perbedaan *rating* antar *marker* secara ilmiah dapat dijelaskan oleh tingkat keunikan fitur visual pada masing masing gambar. *Marker* dengan *rating* rendah, seperti Suling Bambu dan Karinding, umumnya memiliki pola visual yang cenderung repetitif serta memiliki variasi warna dan tekstur yang terbatas, sehingga jumlah titik fitur (*feature points*) yang dapat diekstraksi oleh algoritma pelacakan Vuforia menjadi lebih sedikit. Kondisi ini sejalan dengan temuan pada penelitian penerapan *marker* based tracking untuk alat musik tradisional lain yang juga melaporkan bahwa kualitas *rating marker* dipengaruhi oleh kompleksitas visual gambar [4]. Sebaliknya, *marker* dengan *rating* sempurna, seperti Calung, Gong, dan Kendang, memiliki kontras warna serta detail bentuk yang lebih beragam sehingga mempermudah proses ekstraksi fitur dan meningkatkan stabilitas pelacakan.

3.3 Hasil Pengujian Black Box Testing

Pengujian *Black Box Testing* dilakukan untuk memverifikasi fungsionalitas aplikasi berdasarkan spesifikasi yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan terhadap seluruh fitur utama aplikasi dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Black Box Testing

No.	Skenario Uji	Ponsel 1	Ponsel 2
1	Pengguna membuka aplikasi pada perangkat Android	Berhasil	Berhasil
2	Pengguna menekan tombol-tombol pada Main Menu	Berhasil	Berhasil
3	Pengguna memilih salah satu alat musik dari daftar sekaligus membuka kamera AR	Berhasil	Berhasil
4	Kamera diarahkan ke <i>marker</i> angklung	Berhasil	Berhasil
5	Kamera diarahkan ke <i>marker</i> calung	Berhasil	Berhasil
6	Kamera diarahkan ke <i>marker</i> suling bambu	Berhasil	Berhasil
7	Kamera diarahkan ke <i>marker</i> gong	Berhasil	Berhasil
8	Kamera diarahkan ke <i>marker</i> karinding	Berhasil	Berhasil
9	Kamera diarahkan ke <i>marker</i> kendang	Berhasil	Berhasil
10	Kamera diarahkan ke <i>marker</i> kecapi	Berhasil	Berhasil
11	Pengguna menekan tombol kembali pada halaman AR	Berhasil	Berhasil
12	Pengguna membuka halaman panduan dari menu utama	Berhasil	Berhasil
13	Pengguna membuka halaman tentang dari menu utama	Berhasil	Berhasil
14	Pengguna menekan tombol keluar pada main menu	Berhasil	Berhasil

Berdasarkan hasil *Black Box Testing* pada Tabel 2, seluruh 14 skenario pengujian menghasilkan output yang sesuai dengan yang diharapkan, sehingga aplikasi dapat dinyatakan telah berfungsi sesuai spesifikasi dan layak untuk didistribusikan. Tingkat keberhasilan penuh ini konsisten dengan temuan pada penelitian pengujian aplikasi AR alat musik tradisional Yogyakarta yang juga melaporkan seluruh skenario black box berjalan sesuai harapan [15], serta memperkuat argumen bahwa kombinasi Unity dan Vuforia merupakan platform yang andal untuk pengembangan aplikasi edukasi budaya berbasis AR, sebagaimana juga dilaporkan pada penelitian lain [17].

Secara ilmiah, hasil ini menunjukkan bahwa arsitektur *Image Target* untuk setiap alat musik yang diterapkan pada tahap Assembly berhasil menjaga independensi antar fitur, sehingga kegagalan pada satu *marker* maupun satu fitur navigasi tidak memengaruhi fungsi lainnya. Konsistensi antara hasil evaluasi *rating marker* yang menunjukkan seluruh *marker* memperoleh nilai minimal tiga bintang dengan hasil *Black Box Testing* yang memperlihatkan seluruh skenario pengujian berhasil dijalankan mengindikasikan bahwa kualitas deteksi *marker* yang baik turut berkontribusi terhadap keandalan fungsional aplikasi secara keseluruhan. Temuan tersebut

memperkuat bahwa pendekatan *Marker-Based Augmented Reality* yang digunakan mampu mendukung proses pengenalan objek 3D dan penyajian informasi alat musik secara stabil dan sesuai dengan penelitian sebelumnya [15], [16].

Selain pengujian fungsional, dilakukan pula estimasi waktu eksekusi terhadap 14 skenario yang sama pada kedua perangkat untuk mengevaluasi pengaruh perbedaan spesifikasi terhadap responsivitas aplikasi. Hasil pengujian waktu eksekusi ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Estimasi Waktu Eksekusi Aplikasi pada Dua Perangkat

No.	Pengujian	Ponsel 1	Ponsel 2
1	Menginstal aplikasi	11 detik	19 detik
2	Membuka aplikasi	8 detik	6 detik
3	Memilih alat musik dari daftar sekaligus membuka kamera AR	1 detik	2 detik
4	Mendeteksi <i>marker</i> angklung	1 detik	1 detik
5	Mendeteksi <i>marker</i> calung	1 detik	1 detik
6	Mendeteksi <i>marker</i> suling bambu	1 detik	1 detik
7	Mendeteksi <i>marker</i> gong	1 detik	1 detik
8	Mendeteksi <i>marker</i> karinding	1 detik	1 detik
9	Mendeteksi <i>marker</i> kendang	1 detik	1 detik
10	Mendeteksi <i>marker</i> kecap	1 detik	1 detik
11	Menekan tombol kembali pada halaman AR	1 detik	2 detik
12	Membuka halaman panduan dari menu utama	1 detik	1 detik
13	Membuka halaman tentang dari menu utama	1 detik	1 detik
14	Menekan tombol keluar pada main menu	2 detik	3 detik

Berdasarkan Tabel 3, seluruh proses deteksi *marker* (pengujian 4–10) pada kedua perangkat berlangsung konsisten dalam waktu 1 detik, tanpa dipengaruhi oleh perbedaan versi Android, RAM, maupun resolusi kamera antara Ponsel 1 dan Ponsel 2. Hal ini mengindikasikan bahwa proses rendering objek 3D pada *marker* yang terdeteksi berjalan secara real-time pada kedua kelas perangkat, sehingga performa AR tidak menjadi hambatan meskipun diuji pada perangkat dengan RAM lebih rendah (6 GB pada Ponsel 1).

Perbedaan waktu eksekusi yang lebih terlihat justru terjadi pada proses instalasi aplikasi, yaitu 11 detik pada Ponsel 1 dibandingkan 19 detik pada Ponsel 2, meskipun Ponsel 2 memiliki RAM dan memori internal yang lebih besar. Kondisi ini menunjukkan bahwa durasi instalasi lebih dipengaruhi oleh faktor lain seperti kecepatan baca-tulis penyimpanan (storage I/O) atau proses latar belakang sistem operasi, bukan semata-mata oleh kapasitas RAM. Sebaliknya, proses membuka aplikasi sedikit lebih cepat pada Ponsel 2 (6 detik) dibandingkan Ponsel 1 (8 detik), yang selaras dengan RAM Ponsel 2 yang lebih besar (8 GB) sehingga proses inisialisasi Unity runtime dan pemuatan aset 3D dapat berjalan lebih efisien. Secara keseluruhan, variasi waktu antar-pengujian navigasi (1–3 detik) tergolong wajar untuk aplikasi mobile berbasis AR dan tidak mengindikasikan adanya masalah performa yang signifikan pada kedua kelas perangkat yang diuji.

Selain waktu eksekusi, dilakukan pula pengujian jarak deteksi *marker* untuk mengevaluasi rentang jarak kamera-ke-*marker* yang masih memungkinkan aplikasi mendeteksi Image Target dan merender objek 3D dengan benar. Pengujian dilakukan pada empat variasi jarak, yaitu 30 cm, 60 cm, 90 cm, dan 120 cm, dengan Image Target dicetak pada kertas berukuran A4 (21 × 29,7 cm), pada kedua perangkat uji (Ponsel 1 dan Ponsel 2). Hasil pengujian jarak deteksi ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Jarak Deteksi Marker

No.	Marker Alat Musik	30 cm	60 cm	90 cm	120 cm
1	Angklung	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
2	Calung	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi

3	Suling Bambu	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
4	Gong	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
5	Karinding	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
6	Kendang	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
7	Kecapi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi

Berdasarkan Tabel 4, seluruh tujuh marker berhasil terdeteksi secara konsisten pada kedua perangkat hingga jarak 120 cm, tanpa ada satu pun kegagalan deteksi pada rentang jarak yang diuji. Hasil ini menunjukkan bahwa ukuran Image Target berukuran A4 memberikan luas area fitur visual yang memadai sehingga proses pelacakan oleh Vuforia tetap stabil meskipun jarak kamera-ke-marker diperbesar hingga 1,2 meter. Konsistensi hasil deteksi pada seluruh rentang jarak ini juga sejalan dengan hasil rating marker pada Subbab 3.2, di mana seluruh marker memperoleh rating minimal tiga bintang, yang mengindikasikan kualitas fitur visual yang cukup baik untuk mendukung deteksi pada jarak yang bervariasi. Mengingat seluruh marker terdeteksi hingga jarak uji terjauh (120 cm), jarak deteksi maksimum aplikasi ini secara aktual berpotensi lebih jauh dari 120 cm dan dapat menjadi arah pengujian lanjutan.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menjawab tujuan awal untuk menghadirkan media edukasi alternatif berbasis *Augmented Reality* bagi pelestarian budaya Sunda melalui rancang bangun aplikasi *Marker Based Augmented Reality* yang mengintegrasikan tujuh alat musik tradisional Jawa Barat, yaitu Angklung, Calung, Suling Bambu, Gong, Karinding, Kendang, dan Kecapi, ke dalam satu aplikasi Android menggunakan metode *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC), Unity, dan Vuforia SDK. Hasil pengujian *rating marker* dan *Black Box Testing* menunjukkan bahwa aplikasi telah memenuhi ambang kelayakan deteksi *marker* serta berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, aplikasi dinyatakan layak untuk dijalankan pada perangkat Android dengan sistem operasi minimal versi 10 (API Level 29).

Penelitian ini memiliki sejumlah keterbatasan. Pertama, pengujian kelayakan yang dilakukan masih terbatas pada pengujian fungsional (*Black Box Testing*), evaluasi *rating* deteksi *marker* pada platform Vuforia, estimasi waktu eksekusi, dan pengujian jarak deteksi pada dua perangkat, belum mencakup pengujian *usability* oleh pengguna akhir secara kuantitatif. Kedua, aplikasi belum dilengkapi elemen audio suara asli maupun animasi interaktif cara memainkan tiap alat musik, sehingga pengalaman belajar pengguna masih bersifat visual-statis. Ketiga, pengujian kompatibilitas perangkat baru dilakukan pada dua unit smartphone dengan spesifikasi RAM 6 GB dan 8 GB, sehingga generalisasi hasil ke perangkat kelas bawah (RAM di bawah 6 GB) masih memerlukan pengujian lebih lanjut. Keempat, pengujian ini hanya dilakukan pada perangkat dengan kualitas kamera menengah ke atas (64 MP dan 48 MP), performa deteksi *marker* pada perangkat dengan kualitas kamera lebih rendah (misalnya kamera beresolusi rendah atau *autofocus* terbatas) belum diuji, dan berpotensi menghasilkan performa deteksi yang lebih rendah, terutama pada kondisi pencahayaan yang kurang optimal.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar aplikasi dikembangkan dengan menambahkan fitur audio yang menampilkan suara asli dari setiap alat musik serta animasi tiga dimensi yang memperagakan cara memainkan masing-masing alat musik sehingga dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif. Selain itu, evaluasi *usability* dapat dilakukan secara kuantitatif menggunakan metode *System Usability Scale* (SUS) dengan melibatkan pelajar sebagai responden utama. Pengujian kompatibilitas juga perlu diperluas pada lebih banyak variasi perangkat Android, termasuk perangkat dengan spesifikasi kamera yang lebih rendah, untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai kinerja aplikasi. Di samping itu, cakupan materi edukasi dapat dikembangkan dengan menambahkan alat musik tradisional dari berbagai kabupaten dan kota di Jawa Barat sehingga aplikasi mampu menyajikan informasi budaya Sunda yang lebih lengkap dan beragam.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan. Terima kasih kepada Bapak/Ibu dosen pembimbing dan seluruh dosen Program Studi Teknik Informatika UIN Sunan Gunung Djati Bandung atas bimbingan, arahan, dan ilmu yang telah diberikan selama proses penelitian ini berlangsung.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada para pembuat model 3D yang telah menyediakan aset secara bebas di bawah lisensi *Creative Commons Attribution 4.0 International* (CC BY 4.0) melalui platform

Sketchfab, sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik. Atribusi model 3D yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. "Anklung Java" oleh Revinzio — <https://skfb.ly/6U8vI>
- b. "Calung" oleh NandaAyu — <https://skfb.ly/oPtMw>
- c. "Suling Bambu" oleh NandaAyu — <https://skfb.ly/oOL7I>
- d. "Gong" oleh local.yany — <https://skfb.ly/pzOOT>
- e. "Karinding" oleh indanazulfaoktavia — <https://skfb.ly/oOTxv>
- f. "Kendang" oleh indanazulfaoktavia — <https://skfb.ly/oPtO7>
- g. "Kecapi" oleh NandaAyu — <https://skfb.ly/oPtPo>

PERNYATAAN PENGGUNAAN KECERDASAN ARTIFISIAL (ARTIFICIAL INTELLIGENCE/AI)

Selama proses penyusunan karya ilmiah ini, penulis menggunakan ChatGpt untuk membantu penyuntingan tata bahasa, perbaikan struktur kalimat, penerjemahan, dan peningkatan keterbacaan naskah. Penggunaan alat tersebut dilakukan secara terbatas sebagai pendukung proses penulisan dan tidak menggantikan tanggung jawab akademik penulis dalam merancang penelitian, menganalisis dan menginterpretasikan data, serta merumuskan kesimpulan ilmiah. Setelah menggunakan alat AI tersebut, penulis meninjau, memverifikasi, dan menyunting seluruh keluaran yang digunakan untuk memastikan keakuratan informasi, kesesuaian konteks, validitas referensi, serta kepatuhan terhadap prinsip etika dan integritas akademik. Penulis bertanggung jawab penuh atas isi, orisinalitas, keakuratan data, interpretasi hasil, kutipan, referensi, dan kesimpulan yang disajikan dalam karya ilmiah ini, termasuk segala kekeliruan atau ketidakakuratan yang mungkin timbul dari penggunaan alat AI. Penulis juga memastikan bahwa penggunaan AI tidak melanggar hak cipta, kerahasiaan data, privasi, maupun ketentuan etika penelitian yang berlaku. Penggunaan AI dalam karya ilmiah ini tidak mengalihkan tanggung jawab intelektual dan akademik dari penulis kepada alat atau layanan AI yang digunakan.

REFERENCES

- [1] V. J. M. Wafumilena, J. Lahallo, and E. L. Tatuhey, "Aplikasi Pengenalan dan Pembelajaran Alat Musik Tradisional Menggunakan *Augmented Reality* Berbasis Android," *JIKOM J. Inform. dan Komput.*, vol. 15, no. 1, pp. 54–61, 2025.
- [2] D. Frialdo and Y. Hendriyani, "Perancangan Aplikasi Pengenalan Alat Musik Tradisional Sumatera Barat dengan *Marker-Based Augmented Reality*," *J. Tek. Komput. dan Inform.*, vol. 1, no. 2, pp. 63–71, 2022, doi: 10.24036/jteki.v1i2.12.
- [3] N. Anila and M. Adri, "Pengenalan Kesenian Alat Musik Tradisional Sumatera Barat dengan *Augmented Reality* Berbasis Mobile Device," *Algoritma. J. Ilmu Komput. dan Inform.*, vol. 6, no. 1, pp. 35–47, 2022, doi: 10.30829/algoritma.v6i1.11575.
- [4] M. B. Firdaus, G. D. Laksono, A. Prafanto, and A. H. Kridalaksana, "*Marker Based Tracking Augmented Reality* Alat Musik Tradisional Khas Kalimantan Timur," *J. Open Access Yayasan Lentera Dua Indones.*, vol. 4, no. 1, pp. 27–35, 2022, doi: 10.36802/jnanaloka.2023.v4-no01-27-34.
- [5] M. B. Firdaus, A. Chrisvitandy, M. Taruk, and M. Wati, "*Augmented Reality* Pengenalan Alat Musik Tradisional Sape," *J. Integr.*, vol. 14, no. 2, pp. 75–80, 2022, doi: 10.30871/ji.v14i2.4041.
- [6] A. F. Masrura and Y. Anistiyasari, "Implementasi *Augmented Reality Marker Based Tracking* pada Aplikasi Interaktif Pengenalan Alat Musik Tradisional Bonang Jawa Berbasis Android," *J. Informatics Comput. Sci.*, vol. 3, no. 3, pp. 287–299, 2022, doi: 10.26740/jinacs.v3n03.p287-299.
- [7] R. S. Hardinata, T. Al Fardoh, and Z. Sitorus, "Android-Based *Augmented Reality* Application for Batak Musical Instrument Recognition," in *Proceedings of International Conference on Islamic Community Studies*, 2025, pp. 1951–1959.
- [8] M. Pakpahan and Johan, "Aplikasi Pengenalan Jenis Alat Musik Tradisional Suku Batak Toba Menggunakan *Augmented Reality* Berbasis Android," *J. Mhs. Apl. Teknol. Komput. dan Inf.*, vol. 5, no. 2, pp. 129–137, 2023.
- [9] A. Posumah, J. Waworuntu, and T. Komansilan, "Aplikasi Mobile Pengenalan Budaya Pulau Sulawesi Berbasis *Augmented Reality*," *EduTIK J. Pendidik. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 1, no. 5, pp. 513–527, 2021.



- [10] Z. S. D. Putra and C. Taurusta, "Penerapan *Augmented Reality* pada Alat Musik Kesenian Reog Ponorogo Berbasis Android," in *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*, 2022, pp. 52–57.
- [11] S. Syam and A. K. Hidayah, "Pengenalan Alat Musik Tradisional Bengkulu Menggunakan *Augmented Reality*," *Process. J. Ilm. Sist. Informasi, Teknol. Inf. dan Sist. Komput.*, vol. 15, no. 2, pp. 127–134, 2020, doi: 10.33998/processor.2020.15.2.875.
- [12] D. N. Bakhtiar and E. Sudarmilah, "Pengenalan Alat Musik Gamelan Secara 3D Berbasis *Augmented Reality*," *PROtek J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 1, 2020.
- [13] D. R. Agustina, D. Roomadhan, and R. W. Pratama, "Perancangan Media Pengenalan Alat Musik Tradisional Melinting Lampung Menggunakan *Augmented Reality* Berbasis Android," *J-COSCIS J. Comput. Sci. Community Serv.*, vol. 5, no. 2, pp. 242–254, 2025.
- [14] Y. A. Mulyana, I. R. Setiawan, and L. Lelah, "Rancang Bangun Media Pembelajaran *Augmented Reality* Mengenal Alat Musik Degung," *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 6, no. 2, pp. 342–353, 2020, doi: 10.28932/jutisi.v6i2.2699.
- [15] N. Cahyono and R. B. Saputra, "Pengujian Device dan Blackbox pada Aplikasi *Augmented Reality* Alat Musik Tradisional Yogyakarta," *J. Inf. Syst. Res.*, vol. 4, no. 3, pp. 767–774, 2023, doi: 10.47065/josh.v4i3.3148.
- [16] Marwondo, R. Y. R. A, and C. R. M. Pandin, "*Augmented Reality* untuk Pembelajaran Alat Musik Tradisional Calung Renteng," *J. Sist. Inf. dan Inform.*, vol. 4, no. 2, pp. 41–55, 2022, doi: 10.37278/sisinfo.v4i2.511.
- [17] Fahmi, A. Paliling, E. M. H, and L. F. Israwan, "Implementasi *Augmented Reality* untuk Pembelajaran Gerakan Pencak Silat Menggunakan Unity dan Vuforia," in *Prosiding Seminar Nasional Sistem Informasi dan Teknologi (SISFOTEK)*, 2024, pp. 313–318.