

Implementasi *Hybrid Augmented Reality Target-Based* dan *Markerless* untuk Edukasi Kesehatan Gigi pada Android

R Reza El Akbar ^{1*}, Ghiyats Alyasa ¹, dan Eka Wahyu Hidayat ¹

¹ Program Studi Informatika, Universitas Siliwangi, Indonesia

* Korespondensi: reza@unsil.ac.id

Sitasi: R. R. El Akbar, G. Alyasa, and E. W. Hidayat, "Implementasi Hybrid Augmented Reality Target-Based dan Markerless untuk Edukasi Kesehatan Gigi pada Android", *Jurnal Teknologi Informasi Dan Multimedia*, vol. 8, no. 3, pp. 653-665, 2026.
<https://doi.org/10.35746/jtim.v8i3.1065>

Diterima: 09-06-2026

Direvisi: 23-07-2026

Disetujui: 31-07-2026



Copyright: © 2026 oleh para penulis. Karya ini dilisensikan di bawah Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

Abstract. This study aims to develop an Android-based "Dental AR" application as a dental and oral health education medium using model-target tracking and markerless ground-plane tracking. The application development was carried out using the Multimedia Development Life Cycle method which includes the stages of concept, design, material collecting, assembly, testing, and distribution. Application evaluation included functionality testing using black-box testing with equivalence partitioning techniques, device performance testing, assessment by material experts, and usability testing using the System Usability Scale on 46 respondents. The test results showed that all main functions ran according to design. Performance testing produced an average of 52.2 FPS with a smoothness level of 98.8%. The assessment by material experts resulted in a feasibility percentage of 95.6%, while the SUS test obtained an average score of 78.26 which is included in the acceptable category. These results indicate that the application can be used as a dental and oral health education medium with a good level of user acceptance. Further research is needed to measure the effectiveness of the application in increasing user knowledge and evaluate the robustness of tracking in various environmental conditions.

Keywords: Augmented Reality, Android, Educational Apps, Markerless, Target Model

Abstrak. Penelitian ini bertujuan mengembangkan aplikasi "Dental AR" berbasis Android sebagai media edukasi kesehatan gigi dan mulut menggunakan *model-target tracking* dan *markerless ground-plane tracking*. Pengembangan aplikasi dilakukan menggunakan metode *Multimedia Development Life Cycle* yang mencakup tahap *concept, design, material collecting, assembly, testing, dan distribution*. Evaluasi aplikasi meliputi pengujian fungsionalitas menggunakan *black-box testing* dengan teknik *equivalence partitioning*, pengujian performa perangkat, penilaian ahli materi, serta pengujian usabilitas menggunakan *System Usability Scale* terhadap 46 responden. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fungsi utama berjalan sesuai rancangan. Pengujian performa menghasilkan rata-rata 52,2 FPS dengan tingkat *smoothness* sebesar 98,8%. Penilaian ahli materi menghasilkan persentase kelayakan sebesar 95,6%, sedangkan pengujian SUS memperoleh skor rata-rata 78,26 yang termasuk kategori *Acceptable*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa aplikasi dapat digunakan sebagai media edukasi kesehatan gigi dan mulut dengan tingkat penerimaan pengguna yang baik. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengukur efektivitas aplikasi terhadap peningkatan pengetahuan pengguna dan mengevaluasi ketahanan tracking pada variasi kondisi lingkungan.

Kata kunci: Android, Aplikasi Edukasi, *Augmented Reality*, *Markerless*, Model Target

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi telah membawa transformasi signifikan dalam dunia pendidikan kesehatan, termasuk pada edukasi kesehatan gigi dan mulut. Edukasi kesehatan gigi dan mulut memiliki peran penting dalam meningkatkan pemahaman masyarakat mengenai cara menjaga kebersihan gigi, mengenali struktur serta fungsi gigi, dan mencegah berbagai penyakit gigi dan mulut. Namun, berdasarkan data Survei Kesehatan Indonesia (SKI), sebanyak 57% penduduk usia di atas tiga tahun masih mengalami masalah gigi dan mulut, yang diperparah oleh rendahnya tingkat literasi kesehatan gigi di Indonesia [1]. Di sisi lain, media konvensional seperti buku, poster, dan gambar dua dimensi tetap bermanfaat untuk menyampaikan informasi dasar mengenai kesehatan gigi dan mulut, terutama apabila materi disajikan secara sistematis dan menarik. Tetapi, media tersebut memiliki keterbatasan ketika digunakan untuk menjelaskan struktur anatomi gigi yang bersifat tiga dimensi, hubungan spasial antarkomponen, serta proses yang membutuhkan visualisasi dari berbagai sudut pandang. Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan visualisasi tiga dimensi dan media interaktif dapat meningkatkan keterlibatan pengguna serta membantu pemahaman terhadap struktur anatomi dibandingkan penyajian gambar dua dimensi saja [2]. Oleh karena itu, diperlukan media pembelajaran interaktif sebagai pelengkap, bukan sebagai pengganti sepenuhnya, terhadap media konvensional dalam edukasi kesehatan gigi dan mulut.

Seiring berkembangnya teknologi, *augmented reality* (AR) hadir sebagai inovasi yang mampu menggabungkan objek virtual dengan dunia nyata secara *real-time* sehingga menciptakan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan menarik [2]. Teknologi AR juga terbukti mampu meningkatkan pemahaman terhadap konsep-konsep kompleks serta mendorong keterlibatan pengguna dalam proses pembelajaran [3]. Dalam bidang kesehatan gigi dan mulut, penelitian [4] menunjukkan bahwa teknologi AR efektif digunakan sebagai media edukasi, hal ini dibuktikan dengan meningkatnya pengetahuan siswa sekolah dasar mengenai oral bad habits, dimana nilai rata-rata meningkat dari 60,32% pada tahap pretest menjadi 80,28% pada tahap posttest.

Dalam implementasinya, aplikasi AR edukasi kesehatan gigi dan mulut umumnya hanya menggunakan image marker sebagai media pelacakan [4], [5]. Pendekatan ini memiliki keterbatasan dalam mengenali objek fisik tiga dimensi. Seiring perkembangan teknologi, muncul pendekatan model target yang memungkinkan sistem mengenali dan melacak objek fisik tiga dimensi untuk menampilkan informasi virtual secara lebih stabil dan kontekstual [6]. Pendekatan ini belum banyak diterapkan pada aplikasi AR, hanya beberapa penelitian yang menerapkan pendekatan tersebut, yaitu penelitian [6], [7], [8]. Selain itu, pendekatan markerless juga berkembang dengan memanfaatkan sensor dan fitur visual perangkat untuk mendeteksi lingkungan sekitar tanpa memerlukan penanda khusus, sehingga memberikan fleksibilitas penggunaan yang lebih tinggi [9]. Penggabungan dua metode AR dalam satu aplikasi dapat menjadi solusi untuk memanfaatkan keunggulan masing-masing pendekatan, seperti penelitian [10] dengan hasil pengujian usability 79,28%.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa AR telah digunakan sebagai media edukasi kesehatan gigi dan anatomi tubuh. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa AR telah digunakan sebagai media edukasi kesehatan gigi dan anatomi tubuh. Namun, sebagian aplikasi hanya menerapkan satu metode pelacakan sehingga penggunaannya terbatas pada skenario tertentu. Selain itu, integrasi pelacakan objek fisik tiga dimensi dan pendeteksian permukaan datar dalam satu aplikasi Android masih belum banyak dikembangkan dan dievaluasi secara bersamaan. Kondisi tersebut menunjukkan adanya kebutuhan terhadap aplikasi edukasi kesehatan gigi yang mampu menyediakan dua skenario penggunaan, yaitu visualisasi berbasis alat peraga fisik melalui model-target

tracking dan visualisasi fleksibel pada permukaan datar melalui markerless ground-plane tracking. Penelitian ini mengisi gap tersebut melalui pengembangan dan evaluasi aplikasi “Dental AR” berbasis Android dengan mengintegrasikan kedua pendekatan tersebut dalam satu media edukasi.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi AR berbasis Android untuk edukasi kesehatan gigi dan mulut dengan menerapkan dua pendekatan AR, yaitu model *target based* dan *markerless*, sehingga pengguna memiliki alternatif visualisasi objek berdasarkan alat peraga fisik atau permukaan datar. Selain itu, penelitian ini juga menerapkan pengujian fungsionalitas menggunakan *black-box testing* dengan teknik *equivalence partitioning*, pengujian performa, validasi ahli materi, serta pengujian usabilitas menggunakan *System Usability Scale* (SUS) guna memastikan kualitas dan efektivitas aplikasi secara objektif.

2. Bahan dan Metode

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan sistematis untuk memperoleh hasil yang optimal dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Metode penelitian yang digunakan dijelaskan dalam Gambar 1 diawali dengan perumusan masalah, pengumpulan data, perancangan dan pembuatan aplikasi menggunakan metode *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC), serta evaluasi.



Gambar 1. Tahapan Metode Penelitian

2.1. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dilakukan dengan cara studi pustaka dari berbagai sumber terpercaya untuk mengidentifikasi dan menganalisis permasalahan yang ada, dengan tujuan untuk menemukan solusi terkait permasalahan pada aplikasi edukasi berbasis AR pada perangkat Android.

2.2. Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dilakukan melalui studi pustaka untuk memperoleh informasi dari penelitian yang dilakukan sebelumnya. Penelitian oleh [4] mengembangkan aplikasi AR menggunakan pendekatan 2D marker yang bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan siswa sekolah dasar mengenai *oral bad habits*. Sedangkan penelitian [7] mengimplementasikan pendekatan model target pada aplikasi AR menggunakan Microsoft HoloLens 2, yang bertujuan untuk edukasi anatomi tubuh manusia pada manekin medis. Penelitian ini fokus pada penerapan AR melalui pendekatan *model target* dan *markerless* untuk edukasi kesehatan gigi dan mulut menggunakan Unity sebagai *platform* pengembangan. Hasil pengumpulan data dijelaskan dalam perbandingan penelitian dalam Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Penelitian

Penelitian	Domain	Platform	Metode Tracking	Evaluasi	Keterbatasan
Yandi, dkk [4].	Edukasi oral bad habits	Perangkat seluler	2D marker	<i>Pretest–posttest</i>	Belum menggunakan objek fisik tiga dimensi
Delacruz, dkk [7]	Anatomi tubuh	HoloLens 2	3D object tracking	Simulasi	Menggunakan perangkat khusus
Penelitian ini	Kesehatan gigi dan mulut	Android	Model target dan markerless	Fungsionalitas, performa, ahli materi, SUS	Integrasi dua mode dalam satu aplikasi

2.3. Perancangan dan Pembuatan Aplikasi

Metode perancangan dan pembuatan media edukasi kesehatan gigi dan mulut berbasis AR ini menggunakan metode MDLC. Metode ini terdiri dari enam tahapan yaitu *Concept, Design, Material Collecting, Assembly, Testing* dan *Distribution*. Spesifikasi teknis yang digunakan dalam proses perancangan dan pembuatan aplikasi dijelaskan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Perangkat dan Lingkungan Pengembangan

Komponen	Spesifikasi
Perangkat pengembangan	Laptop Aspire A514-54
Sistem operasi pengembangan	Windows 11 64-bit
Unity	6000.0.60f1
Vuforia Engine	11.4.4
Android SDK	API Level 29
Bahasa pemrograman	C#
Perangkat Android pengujian	Samsung A22 4G
Prosesor perangkat	MediaTek Helio G80
RAM	6 GB
Sistem operasi Android	Android 13
Resolusi kamera	48 MP
Model objek fisik	3D Printing 0.12 mm Layer Height
Aplikasi pengukur performa	Scene versi 8.1.10

2.4. Evaluasi

Tahap evaluasi dilakukan melalui pengujian aplikasi kepada 46 Pengunjung Puskesmas Kelurahan Cilembang Kota Tasikmalaya sebagai responden. Setiap responden diminta menggunakan fitur visualisasi anatomi gigi berbasis model *target tracking* dan *markerless tracking*, kemudian mengisi kuesioner usabilitas untuk menilai kemudahan penggunaan, kejelasan informasi, daya tarik tampilan, dan manfaat aplikasi sebagai media edukasi sesuai 10 butir pertanyaan pada SUS. Selain pengujian pengguna, evaluasi mencakup pengujian fungsionalitas setiap fitur, pengukuran performa pelacakan objek, serta validasi materi oleh ahli. Hasil seluruh pengujian dianalisis untuk menentukan tingkat keberhasilan aplikasi serta mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan yang perlu diperbaiki.

3. Hasil

3.1. Implementasi Aplikasi Dental AR

3.1.1. Tahap Concept

Tahap pertama dari metode MDLC ini yaitu menentukan konsep dasar dari aplikasi yang akan dikembangkan. Aplikasi AR kesehatan gigi dan mulut ini dirancang sebagai media edukasi interaktif yang menampilkan model 3D gigi dan mulut beserta informasi anatominya. Konsep aplikasi yang dihasilkan pada tahap ini dijelaskan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Konsep Aplikasi

No	Konsep	Keterangan
1	Judul Aplikasi	"Dental AR"
2	Platform	Android
3	Metode AR	Model Target & Markerless
4	Sasaran Pengguna	Masyarakat umum khususnya pengunjung puskesmas, sebagai sarana penyuluhan atau hiburan edukatif saat menunggu antrean pemeriksaan.
5	Tujuan	Menyediakan media edukasi berbasis augmented reality
6	Fitur Utama	a. Halaman beranda (menu utama)

No	Konsep	Keterangan
	b.	Materi edukasi: Mengenal rongga mulut, mengenal jenis gigi sulung dan permanen, struktur gigi, penyakit yang sering terjadi pada gigi serta tips cara menjaga kesehatan gigi dan mulut
	c.	Kamera AR (untuk menampilkan objek 3D)
	d.	Informasi aplikasi dan pengembang
	e.	Panduan aplikasi
	f.	Pengaturan (musik & efek suara)
	g.	Keluar aplikasi

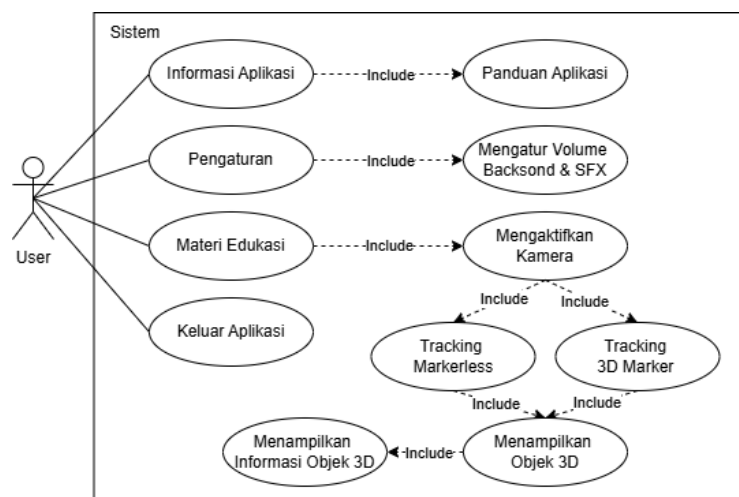
3.1.2. Tahap Design

Tahap desain merupakan tahap perancangan pemodelan sistem seperti identifikasi aktor, identifikasi *use case*, *use case diagram*, struktur navigasi, serta *wireframe*. Seluruh tahap tersebut saling berkaitan untuk menggambarkan alur kerja sistem secara menyeluruh sebelum memasuki tahap implementasi. Identifikasi *use case* bertujuan untuk menentukan proses-proses yang dapat dilakukan pengguna dalam aplikasi AR kesehatan gigi dan mulut. Hasil identifikasi ini dijelaskan pada Tabel 4.

Tabel 4. Identifikasi Use Case

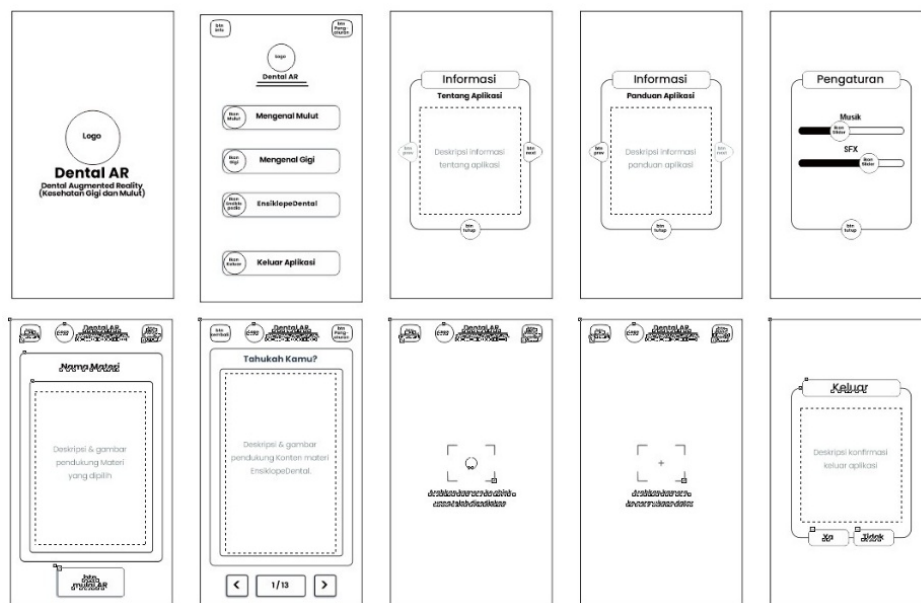
No	Konsep	Keterangan
1	Menu Beranda	Fungsionalitas untuk menampilkan halaman utama yang berisi navigasi fitur seperti materi, informasi, pengaturan, dan keluar aplikasi.
2	Informasi	Fungsionalitas untuk menampilkan informasi tentang aplikasi dan panduan aplikasi.
3	Pengaturan	Fungsionalitas untuk mengatur volume suara musik latar dan efek suara.
4	Materi Edukasi	Fungsionalitas untuk mengakses materi edukasi kesehatan gigi dan mulut berupa penjelasan serta gambar atau ilustrasi.
5	Tracking model target	Fungsionalitas untuk mendeteksi keberadaan (model gigi tiga dimensi) sebagai marker.
6	Tracking Permukaan (markerless)	Fungsionalitas untuk mendeteksi keberadaan permukaan datar.
7	Menampilkan Objek Tiga Dimensi	Fungsionalitas untuk menampilkan objek tiga dimensi kesehatan gigi dan mulut pada layar.
8	Menampilkan Informasi Objek Tiga Dimensi	Fungsionalitas untuk menampilkan informasi mengenai objek tiga dimensi kesehatan gigi dan mulut.
9	Keluar Aplikasi	Fungsionalitas untuk keluar dari aplikasi.

Use case diagram digunakan untuk menggambarkan hubungan antara aktor dengan sistem, menunjukkan apa saja yang dapat dilakukan pengguna ketika berinteraksi dengan sistem. Hasil rancangan *use case diagram* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Use Case Diagram

Gambar 2 merupakan *Use case diagram* yang digunakan untuk menggambarkan hubungan antara aktor dengan sistem, mencakup akses ke informasi dan panduan aplikasi, pengaturan volume backsound dan SFX, materi edukasi, *AR model target*, dan *AR markerless*. Diagram ini menunjukkan bahwa semua interaksi terpusat pada satu aktor yaitu pengguna. Selanjutnya yaitu membuat *wireframe* sebagai rancangan awal antar muka. Hasil *wireframe* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Wireframe rancangan awal

Gambar 3 menunjukkan hasil desain wireframe menggunakan CorelDraw X7. Tahap ini dilakukan sebelum proses desain antarmuka final, tujuannya untuk memberikan gambaran tata letak sebelum menambahkan elemen visual, warna, dan detail desain.

3.1.3. Tahap Material Collecting

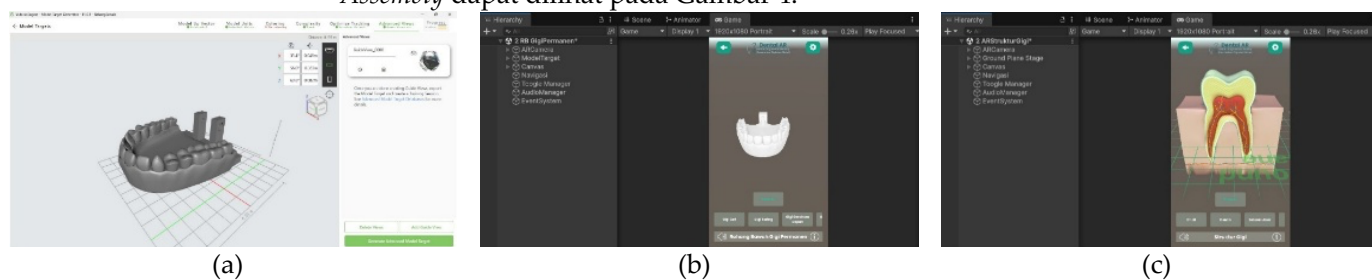
Tahap *material collecting* merupakan proses pengumpulan seluruh bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan aplikasi. Rincian lengkap bahan yang dikumpulkan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Material Collecting

No	Bahan	Deskripsi	Sumber
1	Materi Pembelajaran	45 Masalah dan Solusi Penyakit Gigi & Mulut Seputar Kesehatan Gigi & Mulut Penyakit Mulut: Kenali, Cegah, dan Atasi Pengantar Kesehatan Gigi dan Mulut	Buku [11] Buku [12] Buku [13] E-Book [14]
2	Aset Visual	Desain ikon, tombol navigasi dan ilustrasi pendukung	CorelDraw X7
3	Model 3D	model target dan objek 3D visual	Printables, Sketchfab
4	Aset Audio	Musik latar dan efek suara	Youtube

3.1.4. Tahap Assembly

Tahap *assembly* adalah proses penggabungan seluruh komponen yang telah disiapkan sebelumnya. Pada tahap ini, aset visual, model 3D, audio, materi pembelajaran, serta teknologi AR diintegrasikan ke dalam Unity, termasuk pembuatan database model target tracking berbasis objek tiga dimensi. Bagian-bagian yang digunakan dalam proses *Assembly* dapat dilihat pada Gambar 4.

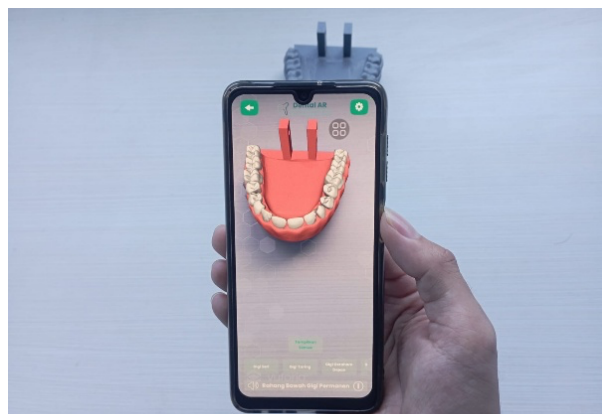


Gambar 4. Hasil proses Assembly.

Gambar 4 Merupakan hasil pembuatan aplikasi AR. Pada Gambar 4.a menunjukkan proses pembuatan database pendeteksian model target, Gambar 4.b dan Gambar 4.c menunjukkan proses pembuatan halaman augmented reality dengan pendekatan model target dan *markerless*.

3.1.5. Tahap Testing

Tahap pengujian menggunakan empat pendekatan, yaitu pengujian fungsionalitas menggunakan *black-box testing* dengan teknik *equivalence partitioning* (EP), pengujian performa, validasi ahli materi, serta pengujian usabilitas menggunakan metode SUS. Gambar 5 memperlihatkan dokumentasi proses pengujian aplikasi ketika kamera perangkat diarahkan pada marker hingga model gigi 3D berhasil ditampilkan pada layar.



Gambar 5. Pengujian Aplikasi

3.1.6. Tahap *Distribution*

Proses distribusi aplikasi "Dental AR" dilakukan dengan mengunggah ke Google Drive agar mempermudah aksesibilitas, sehingga pengguna dapat mengunduh dan menginstal aplikasi secara mandiri di perangkat Android mereka. Aplikasi tersebut dapat diunduh melalui tautan <https://bit.ly/DentalAR>.

3.2. Hasil Pengujian Fungsionalitas

Pengujian fungsionalitas dilakukan menggunakan black-box testing dengan teknik *equivalence partitioning* dengan mengelompokkan domain input ke dalam kelas-kelas ekuivalen (*valid* dan *invalid*) terhadap tiga modul utama yaitu beranda (BR), materi edukasi (ED), dan AR. Hasil pengujian fungsionalitas dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Fungsionalitas

ID	Kelas Partisi	Sampel Input	Jenis	Hasil yang Diharapkan	Kesimpulan
BR01	Akses tombol navigasi halaman	Klik tombol "Mengenal Mulut"	Valid	Menampilkan halaman edukasi mengenal mulut	Sesuai
BR02	Akses fitur pop-up	Klik tombol pengaturan pada ikon "gear"	Valid	Menampilkan pop-up pengaturan suara latar dan efek suara	Sesuai
BR03	Akses diluar area tombol	Klik pada background/ logo	Invalid	Tidak ada reaksi atau perpindahan menu	Sesuai
ED01	Konten edukasi (scrollview)	Swipe ke atas / bawah pada area scrollview	Valid	Konten materi bergeser sesuai arah swipe untuk melihat konten yang terpotong	Sesuai
ED02	Interaksi gambar	Mengetuk (tap) pada gambar pendukung materi	Valid	Muncul pop-up gambar membesar beserta tombol rotasi dan unduh	Sesuai
ED03	Navigasi objek (konten materi)	Klik tombol Next (>) pada konten 2/12	Valid	Materi berpindah ke konten 3/12	Sesuai
ED04	Batas awal / akhir konten materi	Klik tombol Prev (<) pada konten 1/12	Invalid	Tombol tidak aktif atau tidak terjadi perpindahan konten	Sesuai
AR01	Pendeteksian model target	Kamera diarahkan ke marker fisik (model gigi permanen)	Valid	Sistem mengenali marker dan memunculkan objek virtual	Sesuai
AR02	Pendeteksian permukaan (Markerless)	Kamera diarahkan ke permukaan datar (meja)	Valid	Sistem mengenali bidang datar dan memunculkan objek virtual	Sesuai
AR03	Visualisasi komponen objek virtual	Klik tombol "email gigi"	Valid	Menampilkan komponen objek virtual yang dipilih (email gigi)	Sesuai
AR04	Informasi objek virtual	Klik tombol informasi pada ikon "i"	Valid	Muncul jendela teks berisi penjelasan mengenai komponen objek virtual yang dipilih	Sesuai
AR05	Suara informasi objek virtual (audio)	Klik tombol suara pada ikon "speaker"	Valid	Sistem memutar narasi suara penjelasan mengenai informasi objek virtual yang dipilih	Sesuai
AR06	Lingkungan kurang cahaya	Kamera diarahkan ke area kurang cahaya	Invalid	Objek virtual tidak muncul (gagal deteksi)	Sesuai
AR07	Sudut kamera ekstrem	Kamera diarahkan menjauh atau sudut terlalu miring	Invalid	Objek 3D hilang (tracking lost)	Sesuai

3.3. Hasil Pengujian Tracking AR

Pengujian *tracking* AR mengukur kinerja *model target* dan *markerless* berdasarkan parameter teknis yang disajikan pada Tabel 7. Jarak minimum dan maksimum hanya diterapkan pada *model target*, sedangkan metode *markerless* mendeteksi permukaan datar sebagai lokasi penempatan model 3D sehingga parameter jaraknya tidak dapat dibandingkan secara langsung.

Tabel 7. Pengujian Kinerja Tracking Augmented Reality

Parameter Pengujian	Model Target	Markerless
Waktu rata-rata deteksi objek	3.71 detik	3.90 detik
Tingkat keberhasilan deteksi	100%	90%
Jarak minimum deteksi	9 cm	Tidak relevan
Jarak maksimum deteksi	45 cm	Tidak relevan
Toleransi sudut kamera	20°	15°
Frekuensi tracking lost	0 kali	1 kali
Rata-rata FPS	53.7 FPS	57.6 FPS

3.4. Hasil Pengujian Performa

Pengujian performa dilakukan menggunakan perangkat Android Samsung A22 4G dengan spesifikasi [prosesor MediaTek Helio G80, RAM 6GB, sistem operasi Android 13]. Pengujian dilakukan selama 30 menit untuk seluruh fitur aplikasi. Skenario pengujian mencakup pemindaian objek fisik menggunakan model target, penempatan objek pada permukaan datar menggunakan markerless, interaksi pemilihan komponen gigi, serta pemutaran narasi audio. Nilai FPS, frame time, frekuensi CPU, konsumsi daya, dan suhu perangkat dicatat menggunakan aplikasi Scene versi 8.1.10. Hasil pengujian performa pada aplikasi “Dental AR” dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Pengujian performa aplikasi

Parameter Pengujian	Indikator Performa	Nilai Hasil Pengujian
Pengujian Visual	Max FPS	61,0 FPS
	Min FPS	0,0 FPS
	Average FPS	52,2 FPS
	Smoothness	98,8%
	Variance	62,2
Beban Komputasi	Max Frame Time	409,17 ms
	CPU Frequency (Avg)	~1800 – 2000 MHz
Konsumsi Daya dan Suhu	Average Power	2,53 Watt
	Max Temperature	38,4 °C

Hasil pengujian pada Tabel 8 menunjukkan aplikasi berjalan optimal dengan rata-rata 52,2 FPS dan smoothness 98,8%. Nilai Min FPS 0,0 disebabkan anomali teknis akibat mekanisme sistem operasi Android yang mengunci aktivitas scene 8.1.10 pada saat *screenshot*, bukan kesalahan sistem. Konsumsi daya stabil (2,53 Watt) dan suhu maksimal 38,4°C menunjukkan performa tetap stabil tanpa risiko *thermal throttling*.

3.5. Hasil Validasi Ahli Materi

Validasi ahli materi dilakukan oleh 1 orang dokter gigi dan 1 orang dosen kesehatan masyarakat. Pengujian ini bertujuan untuk memberikan penilaian terhadap multimedia pembelajaran yang dikembangkan, dengan fokus pada dua aspek utama yaitu aspek pembelajaran dan aspek substansi materi. Hasil pengujian dijelaskan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil penilaian ahli materi

Aspek dan Indikator	Jumlah Pertanyaan	Total Skor	Presentase
Pembelajaran	13	49	94.2%
Substansi Materi	4	16	100%
Total	17	65	

Dengan demikian, penilaian materi pada aplikasi AR dilakukan untuk mengukur ketepatan, kelengkapan, kejelasan, dan kesesuaian informasi dengan karakteristik pengguna. Skor dari setiap aspek penilaian kemudian diakumulasikan dan dihitung

untuk menentukan tingkat kelayakan materi yang disajikan dalam aplikasi. Hasil perhitungan penilaian tersebut adalah sebagai berikut:

$$P = \frac{65}{68} \times 100\% = 95.6\%$$

Berdasarkan penilaian ahli materi, aplikasi memperoleh kelayakan sebesar 95,6% dan termasuk kategori “Sangat Layak” sebagai media pembelajaran sesuai dengan kriteria pada Tabel 10.

Tabel 10. Presentase Kelayakan Media Pembelajaran [15]

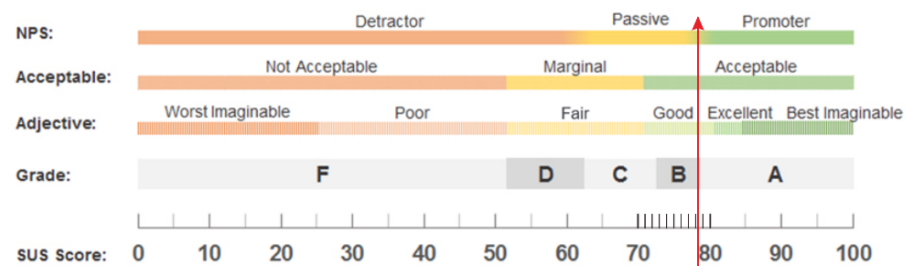
No	Presentase Kelayakan	Kriteria
1	81 % - 100 %	Sangat Layak
2	61 % - 80 %	Layak
3	41 % - 60 %	Cukup Layak
4	21 % - 40 %	Tidak Layak
5	< 20 %	Sangat Tidak Layak

3.6. Hasil Pengujian Usabilitas

Pengujian usabilitas aplikasi “Dental AR” dilakukan menggunakan metode SUS untuk menilai tingkat kemudahan penggunaan, konsistensi fungsi, serta penerimaan aplikasi oleh pengguna. Pengujian melibatkan 46 pengunjung Puskesmas sebagai responden. Sebelum mengisi kuesioner SUS, setiap responden diminta mencoba fitur utama aplikasi, termasuk proses pemindaian dan penampilan model gigi tiga dimensi. Dalam pelaksanaannya, sebagian responden menggunakan perangkat Android milik sendiri, sedangkan responden lainnya menggunakan perangkat yang disediakan oleh peneliti. Penggunaan perangkat yang berbeda memberikan gambaran mengenai pengalaman pengguna pada variasi spesifikasi perangkat Android. Setelah mencoba aplikasi, responden mengisi sepuluh butir pernyataan SUS sebagai dasar untuk menghitung skor usabilitas aplikasi. Berikut hasil rekapitulasi dengan mengikuti aturan perhitungan SUS.

$$x = \frac{3600}{46} = 78,26$$

Hasil pengujian usabilitas terhadap 46 responden menggunakan metode SUS menghasilkan skor rata-rata sebesar 78,26 dari skala 0–100. Skor tersebut menunjukkan bahwa aplikasi berada pada tingkat usabilitas yang baik. Selisih 21,74 dari skor maksimum bukan merupakan persentase kegagalan atau bagian penilaian tertentu, melainkan hasil akumulasi jawaban responden pada sepuluh butir SUS yang belum seluruhnya memperoleh respons paling positif. Variasi jawaban tersebut menunjukkan bahwa sebagian pengguna masih menemukan aspek penggunaan yang dapat ditingkatkan, seperti kemudahan mempelajari aplikasi, konsistensi fitur, atau kebutuhan bantuan ketika pertama kali mengoperasikannya. Oleh karena itu, hasil SUS digunakan sebagai dasar untuk menyempurnakan antarmuka dan pengalaman pengguna aplikasi. Berdasarkan nilai tersebut, dapat disimpulkan bahwa aplikasi berada pada *Acceptability Ranges* dengan tingkat penerimaan acceptable, termasuk dalam *Grade Scale* pada kelompok B, dengan *Adjective Ratings* pada kategori *Good*, serta pada aspek NPS (*Net Promoter Score*) berada pada kategori *Passive* namun mendekati *Promoter* yang menandakan bahwa aplikasi telah memberikan pengalaman penggunaan yang baik dan berpotensi untuk merekomendasikan aplikasi kepada orang lain. Interpretasi nilai percentile range ini mengacu pada panduan yang disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Interpretasi skor SUS [16]

4. Pembahasan

4.1. Evaluasi

Aplikasi “Dental AR” berhasil dikembangkan sesuai rancangan sebagai media edukasi berbasis augmented reality dengan teknologi model target dan *markerless* yang memberikan stabilitas sekaligus fleksibilitas penggunaan. Hasil pengujian menunjukkan seluruh fungsi berjalan dengan baik, performa aplikasi stabil dan lancar serta penggunaan sumber daya tetap aman. Validasi ahli materi memperoleh nilai 95,6% (kategori “Sangat Layak”), dan pengujian usabilitas menghasilkan skor SUS 78,26 (kategori *Acceptable*, *Grade B*, *Adjective Ratings Good*, dan *NPS Passive* mendekati *Promoter*), sehingga aplikasi dinilai mudah digunakan, dipahami, dan memberikan pengalaman yang baik bagi pengguna.

4.2. Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi Dental AR dapat menjalankan dua skenario visualisasi, yaitu penggunaan objek fisik sebagai model target dan penggunaan permukaan datar melalui pendekatan *markerless*. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan penanda dua dimensi untuk edukasi oral bad habits, penelitian ini menghadirkan eksplorasi visual struktur gigi dalam bentuk tiga dimensi. Selain itu, implementasi pada perangkat Android memberikan aksesibilitas yang lebih luas dibandingkan solusi berbasis perangkat khusus seperti HoloLens. Meskipun demikian, penelitian ini belum membandingkan peningkatan hasil belajar pengguna dan belum mengevaluasi tracking secara kuantitatif pada variasi jarak, sudut, serta pencahayaan.

4.3. Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, evaluasi materi masih melibatkan jumlah ahli yang terbatas. Kedua, pengujian performa dilakukan pada perangkat Android tertentu sehingga hasilnya belum dapat digeneralisasi untuk seluruh perangkat. Ketiga, penelitian belum mengukur ketahanan tracking berdasarkan variasi jarak, sudut kamera, dan intensitas pencahayaan secara kuantitatif. Keempat, penelitian belum menggunakan desain pretest–posttest untuk mengukur peningkatan pengetahuan pengguna setelah menggunakan aplikasi. Keterbatasan tersebut menjadi dasar untuk pengembangan dan evaluasi lebih lanjut.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dengan keterbatasan yang sudah dijelaskan sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa aplikasi “Dental AR” berbasis Android telah berhasil dikembangkan dengan mengintegrasikan model-target tracking dan *markerless* ground-plane tracking sebagai media visualisasi edukasi kesehatan gigi dan mulut. Hasil pengujian fungsionalitas menunjukkan bahwa seluruh fitur utama berjalan sesuai rancangan. Pengujian performa menghasilkan rata-rata 52,2 FPS, penilaian ahli materi memperoleh persentase kelayakan sebesar 95,6%, dan pengujian usabilitas

terhadap 46 responden menghasilkan skor SUS sebesar 78,26 yang termasuk kategori acceptable. Hasil tersebut menunjukkan bahwa aplikasi layak digunakan sebagai media edukasi awal dengan tingkat penerimaan pengguna yang baik.

Penelitian lanjutan perlu mengukur keberhasilan *tracking* secara kuantitatif pada berbagai kondisi fisik penggunaan, meliputi variasi intensitas pencahayaan, sudut kemiringan, serta jarak antara marker dan kamera. Pengujian juga perlu dilakukan pada beberapa perangkat Android yang telah memenuhi konfigurasi minimum SDK, tetapi memiliki perbedaan spesifikasi perangkat keras, seperti resolusi dan sensor kamera, kapasitas RAM, chipset, serta versi sistem operasi. Pengujian lintas perangkat tersebut diperlukan karena pemenuhan minimum SDK menjamin kompatibilitas aplikasi, tetapi tidak selalu menghasilkan performa deteksi, waktu respons, stabilitas *tracking*, dan FPS yang sama. Selain itu, penelitian berikutnya perlu melibatkan lebih banyak ahli serta mengevaluasi peningkatan pengetahuan pengguna melalui desain *pretest-posttest*.

Ucapan Terima Kasih: Penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan kontribusi selama pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada institusi, mitra penelitian, responden, serta tim yang telah membantu dalam proses pengumpulan data, pengembangan sistem, pengujian, dan penyusunan artikel. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada editor dan reviewer atas saran serta masukan konstruktif yang telah diberikan untuk meningkatkan kualitas artikel ini.

Referensi

- [1] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, "57% Warga Alami Masalah Gigi, Kemenkes Imbau Segera Ditangani di Puskesmas." Accessed: Jan. 29, 2026. <https://kemkes.go.id/id/57-warga-alami-masalah-gigi-kemenkes-imbau-segera-ditangani-di-puskesmas>
- [2] M. C. C. Latupeirissa and Sumarlin, "Penerapan Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran Interaktif Di Sekolah Dasar," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 9, no. 4, pp. 6006–6013, Aug. 2025, <https://doi.org/10.36040/jati.v9i4.13931>.
- [3] E. Y. Lorin, H. Hindarto, and C. Taurusta, "Penerapan Augmented Reality dalam Pendidikan Anatomi Manusia di Sekolah Menengah," *Indonesian Journal of Applied Technology*, vol. 1, no. 3, pp. 1–15, Jul. 2024, <https://doi.org/10.47134/ijat.v1i3.3067>.
- [4] S. Yandi, W. Anggestia, and A. L. Maharani, "Augmented reality SMILE Go dalam meningkatkan pengetahuan oral bad habits siswa sekolah dasar: studi eksperimental semu," *Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran*, vol. 36, no. 2, pp. 205–213, Aug. 2024, <https://doi.org/10.24198/jkg.v36i2.53585>.
- [5] E. J. Lim, Y. S. Kim, J. E. Im, and J. G. Lee, "Mobile educational tool based on augmented reality technology for tooth carving: results of a prospective cohort study," *BMC Med. Educ.*, vol. 23, no. 1, pp. 1–10, Dec. 2023, <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04443-6>.
- [6] R. Permana, E. P. W. Mandala, D. E. Putri, and M. Yanto, "Augmented Reality dengan Model Generate Target dalam Visualisasi Objek Digital pada Media Pembelajaran," *Majalah Ilmiah UPI YPTK*, vol. 30, no. 1, pp. 7–13, Jun. 2023, <https://doi.org/10.35134/jmi.v30i1.143>.
- [7] P. Delacruz, J. Gibson, D. Howard, J. Peacock, and K. Robbins, "Medical Manikin Augmented Reality Simulation (M2ARS)," *ODU Digital Commons*, Apr. 2022, <https://doi.org/10.25776/82c4-fn62>.
- [8] A. Andri *et al.*, "Deep Learning Incorporated with Augmented Reality Application for Watch Try-On," *Journal of Applied Data Sciences*, vol. 6, no. 1, pp. 259–271, Jan. 2025, <https://doi.org/10.47738/jads.v6i1.529>.
- [9] E. J. Merpati, V. Tulenan, and H. V. F. Kainde, "Augmented Reality Ground Plane Technology Introduction to Waste Recycling," *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 19, no. 1, pp. 11–20, Jan. 2024, <https://doi.org/10.35793/jti.v19i01.52037>.
- [10] 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, pp. 859–871, Apr. 2023, <http://doi.org/10.33395/remik.v7i2.12137>.
- [11] Y. Mumpuni and E. Pratiwi, *45 Masalah dan Solusi Penyakit Gigi dan Mulut*, 1st ed. Yogyakarta: Rapha Publishing, 2013.
- [12] A. F. Erwana, *Seputar Kesehatan Gigi dan Mulut*, 1st ed. Yogyakarta: Rapha Publishing, 2013.
- [13] A. F. Erwana, *Penyakit Mulut: Kenali, Cegah, dan Atasi*, 1st ed. Yogyakarta: Rapha Publishing, 2023.
- [14] Rusmiati *et al.*, *Pengantar Kesehatan Gigi dan Mulut*. Surabaya: Pustaka Aksara, 2023.

-
- [15] N. S. Antula, A. A. Bouty, S. Suhada, L. N. Amali, J. A. Pakaja, and R. T. R. L. Bau, "Pengembangan media animasi kartun berbasis model 4D untuk meningkatkan pemahaman algoritma pengurutan," *Jambura Journal of Informatics*, vol. 6, no. 2, pp. 121–134, Oct. 2024, Accessed: May 01, 2026. <https://doi.org/10.37905/jji.v6i2.26966>.
- [16] A. P. Mulia, P. R. Piri, and C. Tho, "Usability Analysis of Text Generation by ChatGPT OpenAI Using System Usability Scale Method," in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2023, pp. 381–388. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.10.537>.