

ALAT PERAGA MIXED REALITY UNTUK PEMBELAJARAN ANATOMI JANTUNG MANUSIA DENGAN INTERAKSI OCCLUSION DETECTION

Dimas Wahyu Wibowo, Muhammad Unggul Pamenang, Endah Septa Sintiya,
Eka Larasati Amalia, Aldhihamda Sulthon Fuad P.

Teknik Informatika, Politeknik Negeri Malang
Jl. Soekarno Hatta No. 9 Malang
dimas.w@polinema.ac.id

ABSTRAK

Dalam pembelajaran biologi kedokteran, siswa akan mempelajari ilmu anatomi, termasuk salah satunya anatomi jantung manusia. Untuk memahami anatomi secara mendalam, pelajar perlu memutar dan mengamati objek dari berbagai sudut pandang agar dapat melihat struktur anatomi dengan jelas. Oleh karena itu, dikembangkanlah sebuah aplikasi media pembelajaran berupa alat peraga jantung manusia yang memanfaatkan teknologi *mixed reality*. Teknologi ini memberikan pengalaman interaktif di mana pengguna dan objek *virtual* jantung manusia tampak berada di dunia yang sama. Selain itu, aplikasi ini dilengkapi dengan fitur *occlusion detection*, yang memungkinkan sistem mendeteksi jika jari pengguna menghalangi bagian tertentu dari objek 3D, sehingga memicu perubahan kondisi objek. Aplikasi ini dibuat menggunakan perangkat lunak Unity 2020 sebagai *platform* pengembangan, bahasa pemrograman C#, dan Vuforia sebagai media penyimpanan data. Data yang digunakan terdiri dari data primer dan sekunder. Aplikasi ini telah diuji melalui pengujian kamera, performa, serta intensitas cahaya. Diharapkan hasil pengembangan ini dapat membantu pelajar dalam memahami struktur anatomi jantung manusia dengan lebih efektif.

Kata kunci : *Mixed Reality, Occlusion Detection, Alat Peraga, Anatomi Jantung Manusia*

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan teknologi sebagai sarana pembelajaran dalam dunia pendidikan dapat mendukung siswa dalam memahami materi yang dipelajari dengan lebih baik.[1] Pendidikan mencakup berbagai bidang, salah satunya adalah biologi kedokteran, yang merupakan cabang dari ilmu biologi. Dalam pembelajaran biologi kedokteran, siswa akan dikenalkan dengan ilmu anatomi. Anatomi sendiri adalah cabang ilmu yang mempelajari struktur atau bentuk bagian-bagian tubuh.[2] Salah satu fokus pembelajaran dalam anatomi biologi kedokteran adalah jantung manusia, yang merupakan organ vital dalam tubuh. Proses mempelajari anatomi manusia dapat dilakukan melalui berbagai media, seperti gambar dua dimensi (2D), buku, video, alat peraga, atau bahkan menggunakan bagian tubuh mayat yang diawetkan. [3]

Menurut penelitian [4] menyebutkan bahwa untuk memahami struktur anatomi dengan jelas, pelajar perlu memutar dan mengamati objek dari berbagai sudut pandang. Dalam mengatasi keterbatasan ini, teknologi *augmented reality* dapat dimanfaatkan karena mampu menghadirkan visualisasi tiga dimensi (3D) dan animasi dalam tampilan 360 derajat. Sementara itu, pada penelitian [5] menunjukkan bahwa aplikasi pengenalan anatomi jantung manusia berbasis *augmented reality* mampu meningkatkan minat pengguna, sehingga pengguna menjadi lebih tertarik dengan materi yang disampaikan melalui aplikasi tersebut.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, penelitian ini mengadopsi teknologi baru yang merupakan perkembangan dari *augmented reality*, yaitu teknologi

mixed reality. Konsep *mixed reality* pertama kali diperkenalkan oleh Paul Milgram dan Fumio Kishino dalam makalah berjudul "*A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays*" [6]. Pada penelitian ini, peneliti akan mengembangkan aplikasi *mixed reality* yang dapat diakses menggunakan perangkat *smartphone* dan *Google Cardboard*. *Google Cardboard* adalah *headset virtual reality* yang dirancang oleh Google untuk digunakan bersama *smartphone*. Pemilihan *Google Cardboard* didasarkan pada harganya yang lebih terjangkau dan kemampuannya mendukung teknologi *mixed reality*. Untuk interaksi antara objek dan pengguna, penelitian ini menggunakan teknik *occlusion detection*. Teknik ini diterapkan pada area marker tertentu sehingga ketika jari pengguna menyentuh area tersebut, akan memicu suatu *event*. Pendekatan ini memberikan efek seolah-olah pengguna menekan tombol virtual.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Pada penelitian ini, beberapa penelitian terdahulu yang bermanfaat sebagai rujukan ilmiah adalah sebagai berikut, Alat Peraga *Mixed Reality* untuk Pembelajaran Anatomi Otak Manusia dengan Interaksi *Occlusion Detection* [7]. Pada penelitian ini penulis membuat aplikasi yang digunakan sebagai media pembelajaran anatomi otak manusia dengan menerapkan teknologi *mixed reality*. Aplikasi tersebut bekerja dengan menampilkan *prototype* otak manusia dan pengguna dapat melakukan interaksi dengan menyentuh suatu *event trigger*. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, ditemukan jarak dan intensitas cahaya yang baik dalam pengoperasian

aplikasi. Didapatkan agar objek dideteksi dengan baik, jarak ideal berada pada 30-80 centimeter, waktu respon 0,6 detik dan intensitas cahaya paling rendah adalah 6 lux.

Mixed Reality Improves Education and Training in Assembly Processes [8]. Penelitian ini dilakukan untuk merancang dan mengembangkan sistem *virtual reality* (VR) dan *Augmented reality* (AR) sebagai platform pembelajaran dan pelatihan. Pekerjaan ini juga meninjau aplikasi AR untuk pemeliharaan dan perakitan bagian mesin. Efektivitas penggunaan teknik AR dalam proses pendidikan dan pelatihan dievaluasi dengan 20 responden di kalangan mahasiswa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi AR ini meningkatkan pemahaman peserta sesuai kriteria tertentu dan dapat diadopsi sebagai metode pembelajaran.

Alat Peraga Jantung Manusia Berbasis *Augmented Reality* dengan Menggunakan Teknik 3D *Object Tracking* [5]. Penelitian ini mencoba untuk membuat inovasi agar objek 3D virtual yang di tampilkan tidak hanya dapat di lihat saja namun dapat di genggam secara fisik. Pengguna dapat menggunakan *smartphone* untuk melakukan *tracking* pada sebuah kubus yang di desain khusus untuk menampilkan objek 3D jantung. Hasil akhir berupa aplikasi *android* yang dapat menjadi contoh dalam pengembangan aplikasi *augmented reality* untuk edukasi alat peraga. Aplikasi kemudian diuji pada berbagai *smartphone* yang berbeda untuk mencari tahu jarak efektif melakukan *tracking*, intensitas cahaya, tingkat kestabilan memegang *smartphone* dan waktu yang di butuhkan dalam mendeteksi *marker*. Hasilnya dapat menjadi panduan dalam perancangan alat peraga dan model pengujian pada aplikasi *augmented reality*.

2.2. Jantung Manusia

Jantung merupakan organ berotot yang berfungsi sebagai pompa untuk mengalirkan darah ke seluruh tubuh secara berkesinambungan. Jantung berperan sebagai pusat sistem peredaran darah, yang terdiri dari jaringan pembuluh darah, termasuk arteri, vena, dan kapiler. Jaringan pembuluh darah ini bertugas mengangkut darah menuju dan dari seluruh bagian tubuh. [4]

2.3. Augmented Reality (AR)

Augmented Reality adalah salah satu bentuk lingkungan virtual yang memiliki kemampuan untuk mengintegrasikan objek virtual dua dimensi maupun tiga dimensi ke dalam dunia nyata. Teknologi ini memungkinkan pengguna untuk melihat representasi objek virtual dalam format tiga dimensi yang seolah-olah hadir di lingkungan nyata. [9]

2.4. Virtual Reality (VR)

Teknologi ini menciptakan lingkungan virtual yang memungkinkan pengguna untuk berinteraksi

secara langsung, di mana mereka menjadi bagian dari lingkungan tersebut dan dapat bergerak di dalamnya. *Virtual Reality* (VR) adalah teknologi yang intuitif dan memengaruhi setidaknya dua dari lima indera, yaitu penglihatan dan pendengaran. Teknologi ini memberikan pengalaman seolah-olah pengguna berada di lokasi yang sepenuhnya berbeda. [10]

2.5. Mixed Reality (MR)

Mixed Reality (MR) merupakan teknologi yang mengintegrasikan fitur dari *Virtual Reality* (VR) dan *Augmented Reality* (AR), menggabungkan elemen dunia maya dengan dunia nyata. Tidak seperti AR, objek virtual dalam MR tidak sekadar ditambahkan sebagai lapisan di atas dunia nyata. Banyak orang menganggap MR sebagai pengembangan lebih lanjut dari AR karena menawarkan tingkat imersi yang lebih tinggi. Dalam penelitian ini, penulis berupaya mengimplementasikan teknologi MR pada perangkat *Google Cardboard* sebagai alternatif lebih terjangkau dibandingkan perangkat *HoloLens* yang memiliki biaya jauh lebih tinggi. [11]

2.6. Occlusion Detection

Occlusion Detection digunakan untuk mendeteksi objek digital yang tertutup atau terhalang oleh objek lain. Dalam penelitian ini, *occlusion detection* diterapkan untuk mendeteksi jari tangan manusia. Jika jari tangan menghalangi area yang telah ditentukan sebelumnya, maka hal tersebut akan dianggap sebagai pemicu untuk suatu *event*. *Event* yang terpicu ini berfungsi sebagai bentuk interaksi dalam aplikasi yang dikembangkan. [12]

3. METODE PENELITIAN

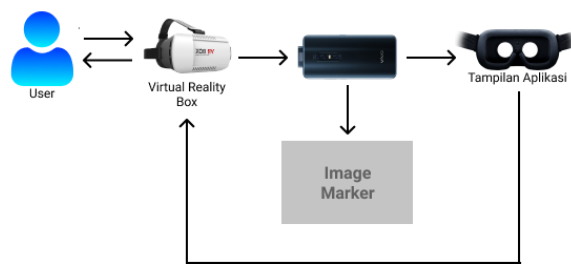
3.1. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan cara berikut: 1) Untuk data kualitatif, pengumpulan data dilakukan melalui studi literatur. Literatur yang digunakan berupa dokumen primer, yaitu buku-buku yang membahas sistem kardiak dan anatomi jantung manusia. 2) Untuk data kuantitatif, pengumpulan data dilakukan dengan memasukkan berbagai variabel angka pada pengaturan posisi kamera untuk menemukan kombinasi angka yang optimal.

3.2. Metode Pengolahan Data

Metode pengolahan data dilakukan dengan langkah-langkah berikut: 1) Pada pengolahan data kualitatif, data yang diperoleh dimanfaatkan untuk memberikan informasi berupa penamaan pada prototipe jantung manusia. 2) Sedangkan untuk pengolahan data kuantitatif, angka-angka yang sesuai akan digunakan dalam pengaturan kamera *virtual reality*.

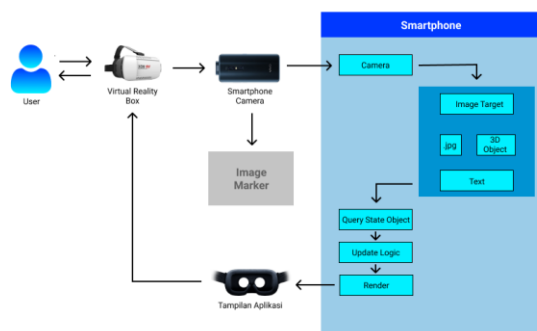
3.3. Desain Sistem



Gambar 1. Desain Sistem

Gambar 1 menunjukkan gambaran umum alur sistem aplikasi. Untuk menggunakan aplikasi, pengguna memerlukan dua perangkat, yaitu kotak *virtual reality* (VR box) dan *smartphone* Android. *Smartphone* Android yang telah menampilkan aplikasi dipasang ke dalam VR box. Selanjutnya, aplikasi akan mendeteksi *marker* untuk menampilkan objek 3D beserta fitur-fiturnya.

3.4. Desain Arsitektur Sistem

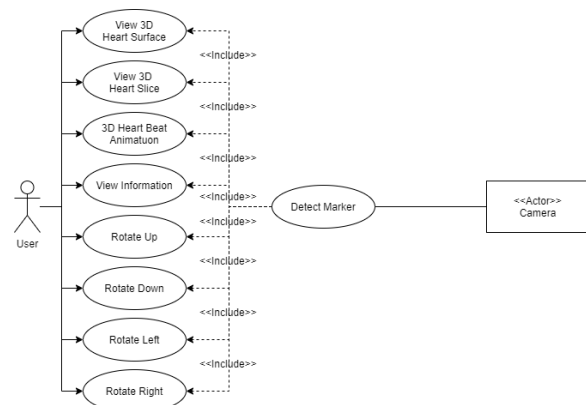


Gambar 2. Desain Arsitektur Sistem

Gambar 2 menggambarkan desain arsitektur sistem. Pada tahap awal, pengguna memasang *smartphone* ke dalam *Google Cardboard*. Setelah itu, pengguna mengarahkan pandangannya ke *marker* agar aplikasi dapat mulai berjalan. Aplikasi kemudian melakukan pelacakan *marker* untuk menampilkan objek *virtual* berupa jantung manusia beserta teks yang menjelaskan anatomi jantung.

Selanjutnya, aplikasi akan menjalankan proses *rendering* dan menganalisis *marker* melalui beberapa tahapan, yaitu: *Query State Object*, yang berfungsi mengenali objek target yang terdeteksi oleh *marker*; *Update Logic*, yang berfungsi untuk memeriksa target. Jika target yang dibaca oleh *marker* sesuai dengan algoritma pemrograman, proses akan berlanjut ke tahap *rendering*. Namun, jika target tidak sesuai, aplikasi akan kembali membaca *marker*. *Render* bertugas untuk menampilkan data.

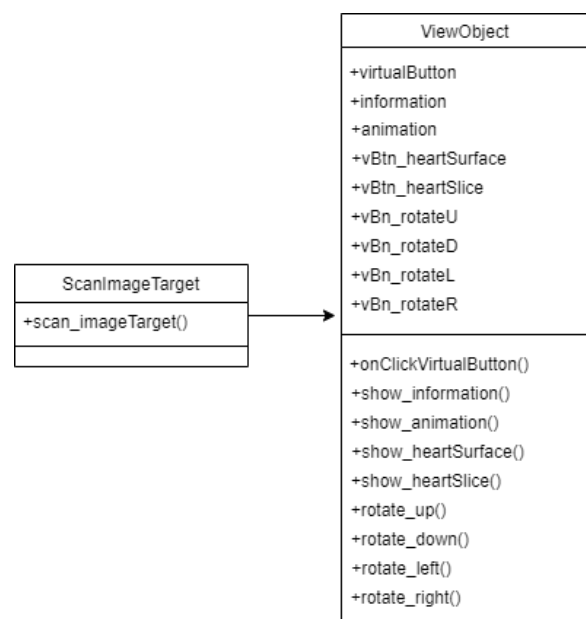
3.5. Use Case Diagram



Gambar 3. Use Case Diagram

Gambar 3 menunjukkan *use case* diagram untuk alat peraga *Mixed Reality* yang dirancang untuk pembelajaran anatomi jantung manusia dengan fitur interaksi *Occlusion Detection*. Diagram ini menggambarkan berbagai interaksi yang terjadi antara aktor, yaitu pengguna dan kamera, dengan sistem. Berikut adalah aksi-aksi yang dapat dilakukan oleh pengguna: *View 3D Heart Surface*, untuk menampilkan objek 3D dari permukaan jantung manusia; *View 3D Heart Slice*, untuk menampilkan objek 3D jantung manusia yang telah dibelah sehingga memperlihatkan bagian dalam anatomi; *3D Heart Beat Animation*, untuk menampilkan animasi detak jantung manusia; *View Information*, untuk menampilkan nama-nama bagian anatomi jantung; serta fitur rotasi seperti *Rotate Up* untuk memutar objek 3D ke atas, *Rotate Down* ke bawah, *Rotate Left* ke kiri, dan *Rotate Right* ke kanan.

3.6. Class Diagram



Gambar 4. Class Diagram

Gambar 4 menampilkan *class diagram*, di mana kelas *ScanImageTarget* memiliki satu metode operasi dengan hak akses publik yang berfungsi untuk memindai *marker*. Proses ini memungkinkan pengguna mendapatkan hak akses ke atribut yang ada dalam kelas *ViewObject*. Pada kelas *ViewObject*, terdapat sembilan atribut, di mana masing-masing atribut dilengkapi dengan metode operasi yang seluruhnya memiliki hak akses publik.

3.7. Analisis Data

Dalam penelitian ini, langkah pertama adalah merancang sistem *augmented reality*. Selanjutnya, sistem *virtual reality* digabungkan ke dalam sistem *augmented reality* untuk membentuk sistem baru yang disebut *mixed reality*. Karena *Google Cardboard* tidak mendukung fitur *mixed reality*, diperlukan penyesuaian tata letak tampilan kamera pada aplikasi agar tampilan kamera *virtual reality* dapat diintegrasikan dengan sistem *augmented reality*. Aplikasi ini dirancang dengan dua tampilan tangkapan layar kamera, di mana kamera dihubungkan ke tangkapan layar *augmented reality*. Dalam proses ini, terdapat tantangan dalam memposisikan kamera. Melalui berbagai percobaan selama penelitian, diperoleh data dan solusi sebagai berikut:

3.7.1 Luas Ruang Pemindaian Kamera Pada Lingkungan

Percobaan ini bertujuan untuk menentukan pengaturan luas area pemindaian objek pada kamera agar marker dapat terdeteksi dengan optimal. Tabel 1 menyajikan data yang diperoleh setelah memasukkan sejumlah variabel angka.

Tabel 1. Luas Ruang Pemindaian Kamera Pada Lingkungan

ID	Nilai Variabel Angka	Output pada Aplikasi
TS 01	Near : 0,05 Far : 2000	
TS 02	Near : 1000 Far : 2000	
TS 03	Near : 0,05 Far : 8000	

3.7.2 Posisi Kamera

Pada tahap ini, tantangan yang dihadapi adalah menyesuaikan posisi kamera. Setelah memasukkan beberapa variabel angka pada nilai W (*Weight*) dan H (*Height*) kamera, solusi berhasil ditemukan berdasarkan kesimpulan yang diperoleh dari data yang disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Tata Letak Posisi Kamera

ID	Nilai Variabel Angka	Output pada Aplikasi
TS04	W : 0,5 H : 1	
TS05	W : 0,9 H : 1	
TS06	W : 0,5 H : 0	

3.7.3 Titik Pandang Pengguna

Tahap ini bertujuan untuk menentukan jarak pandang yang ideal dalam dunia *mixed reality*. Posisi titik pandang pengguna diperoleh dengan menyesuaikan tingkat kedalaman kamera. Tantangan yang dihadapi pada tahap ini adalah menetapkan nilai variabel yang tepat untuk mengatur kedalaman kamera agar sesuai dengan preferensi pengguna. Oleh karena itu, beberapa nilai variabel diuji dan hasilnya disajikan dalam tabel 3 berikut.

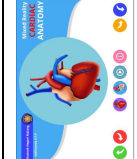
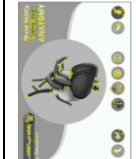
Tabel 3. Titik Pandang Pengguna

ID	Nilai Variabel Angka	Output pada Aplikasi
TS07	41.49216 (Nilai default kamera AR Vuforia)	
TS08	25	
TS09	70	

3.8. Rancangan Basis Data

Dalam rancangan basis data, basis data yang digunakan berupa gambar yang akan dijadikan target image atau marker untuk memicu tampilan objek 3D. Struktur basis data pada aplikasi ini dapat dilihat pada tabel 4.

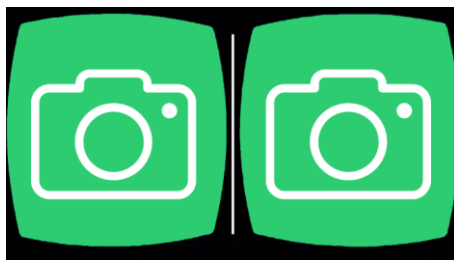
Tabel 4. Basis Data Vuforia

Target Image	Fitur Target Image	Tipe	W	Peringkat Bintang
		Single Image	80	5

Pada aplikasi ini, tipe target image yang digunakan adalah *single image*, yaitu target berupa gambar 2D dengan lebar 80. Gambar tersebut mendapatkan peringkat 5 bintang dari Vuforia.

3.9. Perancangan Antarmuka Pengguna

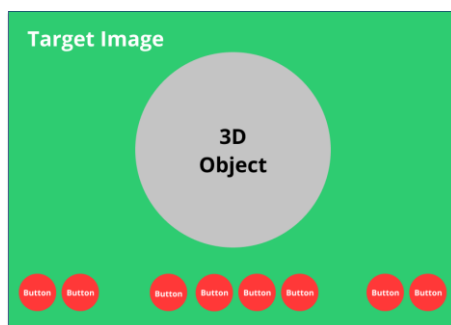
Berikut ini adalah desain antarmuka pengguna untuk aplikasi Alat Peraga *Mixed Reality* yang digunakan dalam Pembelajaran Anatomi Jantung Manusia dengan Interaksi *Occlusion Detection*.



Gambar 5. Desain User Interface

Gambar 5 menunjukkan tampilan utama saat aplikasi dijalankan. Aplikasi ini dilengkapi dengan dua kamera yang telah disesuaikan posisinya untuk mencocokkan pandangan lensa pada *Google Cardboard*.

3.10. Rancangan Mixed Reality



Gambar 6. Rancangan Mixed Reality

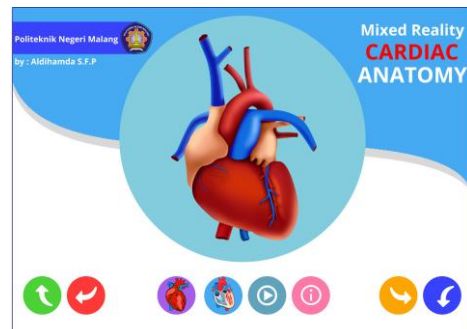
Gambar 6 menampilkan desain tampilan objek *virtual* yang akan ditampilkan dalam *mixed reality*. Penjelasan terkait desain tersebut dapat dilihat pada tabel 5 berikut.

Tabel 5. Penjelasan Rancangan Gambar *Mixed Reality*

No	Objek	Deskripsi
1.	Target Image	Gambar yang digunakan sebagai pemicu untuk menampilkan objek 3D.
2.	3D Object	Objek yang akan terlihat atau ditampilkan ketika citra target berada dalam jangkauan pandangan pengguna.
3.	Button	Objek yang berfungsi untuk mengubah kondisi dalam aplikasi saat dipicu. Dalam aplikasi ini, tombol berperan sebagai pengontrol interaksi antara pengguna dan objek di dunia digital.

3.11. Rancangan Target Image

Target image dalam aplikasi ini tidak hanya berfungsi sebagai *marker* tetapi juga sebagai pemicu (*trigger*) untuk menjalankan suatu *event* dalam sistem, yang memungkinkan terjadinya interaksi antara pengguna dengan objek di dunia *mixed reality*. Oleh karena itu, *target image* pada aplikasi harus dirancang agar ramah pengguna (*user-friendly*) untuk mempermudah pemahaman dan penggunaan aplikasi.



Gambar 7. Rancangan Image Target

Gambar 7 menunjukkan *target image* yang dilengkapi dengan beberapa tombol (*button*) yang berfungsi sebagai pemicu (*trigger*) untuk menjalankan suatu *event* menggunakan *occlusion detection*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Implementasi Sistem

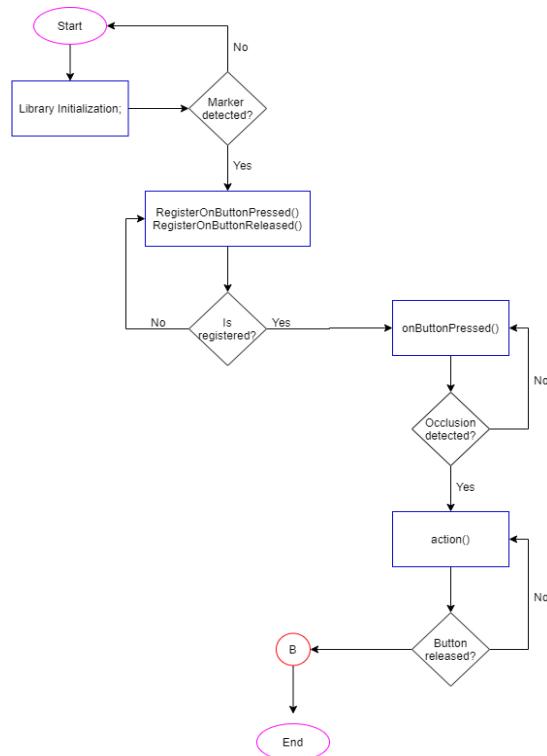


Gambar 8. User Flow Menjalankan Aplikasi

Berdasarkan hasil analisis dan perancangan sistem, aplikasi ini dirancang untuk dijalankan pada perangkat *smartphone Android* yang dipadukan dengan *Google Cardboard*. Pengguna akan memulai

dengan menjalankan aplikasi pada *smartphone Android*. Setelah itu, *smartphone* dipasang pada *Google Cardboard*, memungkinkan pengguna untuk memakai perangkat tersebut guna merasakan pengalaman *mixed reality*. Alur penggunaan ini dapat dijelaskan melalui user flow sebagai berikut.

Pada gambar 8. merupakan *flowchart* yang menerangkan bagaimana aplikasi melakukan deteksi pada *Occlusion Detection*.



Gambar 9. Flowchart Occlusion Detection

Gambar 9 menunjukkan flowchart dari proses *occlusion detection*. Proses dimulai dengan inisialisasi *library Vuforia* oleh aplikasi. Selanjutnya, jika aplikasi mendeteksi keberadaan *marker*, maka akan dilakukan registrasi untuk fungsi interaksi *occlusion detection* menggunakan metode *onButtonPressed()* dan *onButtonReleased()* pada *library Vuforia*. Apabila *onButtonPressed()* dan *onButtonReleased()* telah berhasil diregistrasi, *onButtonPressed()* dapat mendeteksi jika ada objek tertentu yang terhalang. Jika belum teregistrasi, diperlukan registrasi ulang untuk mengaktifkan fungsi tersebut. Kemudian, ketika pengguna menyentuh, menghalangi, atau menabrak objek tertentu, fungsi *onButtonPressed()* akan memicu kondisi yang diaktifkan dalam fungsi *action()*. Jika objek pemicu tidak lagi terhalang setelah *onButtonPressed()* aktif, fungsi tersebut akan berhenti dan aplikasi akan mempertahankan kondisi terakhir.

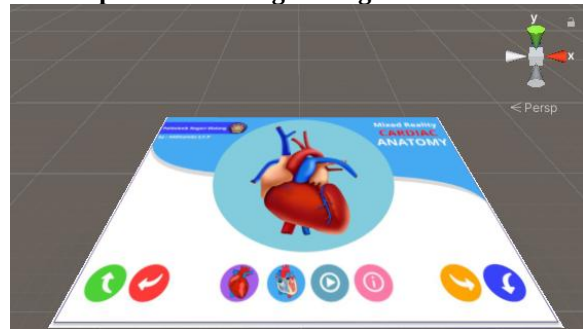
4.2. Implementasi Antarmuka



Gambar 10. Implementasi Antarmuka

Gambar 10 menunjukkan implementasi antarmuka yang dirancang sesuai dengan desain antarmuka pengguna, di mana posisi *view* kamera telah diatur dengan tepat.

4.3. Implementasi Target Image



Gambar 11. Implementasi Target Image

Gambar 11. menunjukkan implementasi *target image* yang dibuat berdasarkan rancangan *target image*.

4.4. Implementasi Mixed Reality

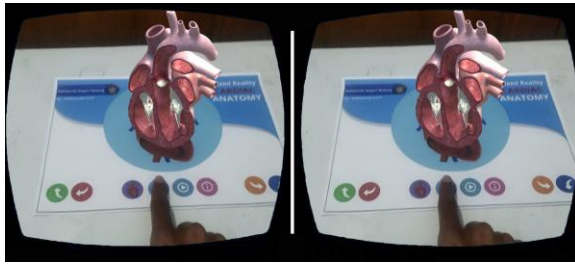
Implementasi *mixed reality* ini dikembangkan berdasarkan desain yang telah dirumuskan pada bab sebelumnya. Melalui tahap implementasi ini, pengguna dapat mengeksplorasi dunia yang ditampilkan oleh aplikasi.



Gambar 12. Tampilan Objek *Mixed Reality*

Pada gambar 12. menunjukkan objek yang terlihat pada *mixed reality*. Pada penelitian ini, objek yang ditampilkan adalah jantung manusia.

4.5. Implementasi Occlusion Detection



Gambar 13. Tampilan Objek Mixed Reality

Gambar 13 menunjukkan proses pergantian objek yang ditampilkan dalam *mixed reality* setelah pengguna menekan tombol untuk menampilkan anatomi internal jantung manusia. Tombol tersebut dilengkapi dengan area *occlusion detection* yang berfungsi sebagai pemicu untuk memulai *event*.

4.6. Hasil Pengujian Fungsional Aplikasi

Tabel 6. Hasil Pengujian Fungsional Aplikasi

ID	Uji Fitur	Langkah Pengujian	Hasil Yang Ingin Dicapai	Status Pengujian
TS01	<i>Mixed reality</i>	Pengguna menjalankan aplikasi di <i>smartphone</i> Android Pengguna memasang perangkat <i>smartphone</i> Android di <i>google cardboard</i>	Aplikasi dapat menjalankan gabungan fitur AR dan VR sehingga memberikan pengalaman pengguna dunia virtual <i>mixed reality</i>	Sukses
TS02	<i>Occlusion detection</i>	Pengguna menyentuh <i>button</i>	Sistem dapat mengenali target <i>occlusion</i> yang terhalang jari pengguna dan menghasilkan <i>trigger</i> pada suatu <i>event</i>	Sukses
TS03	Rotasi atas	Pengguna menyentuh <i>button</i> rotasi atas	Memutar objek 3D ke atas	Sukses
TS04	Rotasi kiri	Pengguna menyentuh <i>button</i> rotasi kiri	Memutar objek 3D ke kiri	Sukses
TS05	Rotasi kanan	Pengguna menyentuh <i>button</i> rotasi kanan	Memutar objek 3D ke kanan	Sukses
TD06	Rotasi bawah	Pengguna menyentuh <i>button</i> rotasi bawah.	Memutar objek 3D ke bawah	Sukses
TS07	Mengganti objek 3D	Pengguna menyentuh <i>button</i> bergambar jantung manusia yang ingin ditampilkan	Mengganti objek 3D yang ditampilkan	Sukses
TS08	Memainkan animasi	Pengguna menyentuh <i>button</i> animasi	Memainkan animasi dari objek 3D	Sukses
TS09	Menampilkan informasi	Pengguna menyentuh <i>button</i> informasi	Menampilkan informasi objek 3D	Sukses

4.7. Hasil Pengujian Intensitas Cahaya

Hasil dari pengujian intensitas cahaya yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

Tabel 7. Hasil Pengujian Intensitas Cahaya

Kriteria yang Diuji	Langkah Pengujian	Intensitas Cahaya (Lux)	Deskripsi
Kinerja aplikasi dalam mendeteksi marker dan menampilkan objek 3D pada berbagai tingkat intensitas cahaya, mulai dari redup, sedang, terang, hingga sangat terang.	Aplikasi dioperasikan di ruangan dengan tingkat pencahayaan yang bervariasi, mulai dari redup, sedang, terang, hingga sangat terang.	Redup (1)	Kamera mampu mendeteksi marker dengan cepat, dan objek 3D langsung muncul setelah marker dikenali oleh kamera.
		Redup (10)	Kamera dengan cepat mendeteksi marker yang ditampilkan, dan objek 3D langsung tampil setelah marker berhasil dikenali.
		Sedang (102)	Kamera mampu langsung mendeteksi marker yang terlihat, dan objek 3D muncul seketika setelah marker teridentifikasi.
		Sedang (606)	Marker yang ditampilkan dapat segera terdeteksi oleh kamera, dan objek 3D langsung muncul begitu marker berhasil dikenali.
		Terang (6000)	Kamera dengan cepat mendeteksi marker yang ditampilkan, dan objek 3D langsung terlihat setelah marker teridentifikasi.
		Sangat terang (27100)	Kamera dapat dengan cepat mendeteksi marker yang ditampilkan, dan objek 3D muncul secara langsung setelah marker dikenali.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis, perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa fitur *virtual reality* dapat diintegrasikan ke dalam aplikasi *augmented reality* berbasis Android untuk menciptakan aplikasi *mixed reality*. Meskipun perangkat Android belum sepenuhnya mendukung *mixed reality* secara resmi, aplikasi ini tetap dapat dikembangkan dan dijalankan menggunakan *Google Cardboard* dengan mengubah tampilan kamera *augmented reality* menjadi kamera *virtual reality*.

Sebagai saran untuk pengembangan lebih lanjut, khususnya pada fitur yang menampilkan informasi tentang anatomi jantung manusia, selain informasi yang sudah bergerak secara dinamis mengikuti objek 3D, elemen teks tambahan dapat dirancang agar selalu menghadap kamera. Hal ini dapat dicapai dengan menambahkan rotasi pada sumbu X dan Y, di mana titik rotasi (*pivot*) berada di pusat teks, sehingga informasi tetap mudah terlihat dari berbagai sudut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Ayu, "Landasan teori minat belajar," *MinatBelajar*, vol. 2, no. 1, pp. 7–27, 2009.
- [2] Kurniawan, M. H., Suhajito, Diana, and G. Witjaksono, "Human anatomy learning systems using augmented reality on mobile application," *Procedia Computer Science*, vol. 135, pp. 80–88, 2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.152>
- [3] T. Chebbi, R. Frikha, R. Ejbal, and M. Zaied, "3D human heart anatomy: Simulation and visualization based on MR images," Nov. 2017.
- [4] Y. C. Buana, F. A. P., and U. S. Maret, "Augmented reality for anatomy study with speech recognition," pp. 1–7, n.d.
- [5] A. K. Wahyudi, Y. J. Kairupan, and Y. C. Masengi, "Alat peraga jantung manusia berbasis augmented reality dengan menggunakan teknik 3D object tracking," *CogITO Smart Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 46–59, 2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.31154/cogito.v4i1.101.46-59>
- [6] M. Barrie, J. J. Socha, L. Mansour, and E. S. Patterson, "Mixed reality in medical education: A narrative literature review," *Proceedings of the International Symposium on Human Factors and Ergonomics in Health Care*, vol. 8, no. 1, pp. 28–32, 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1177/2327857919081006>
- [7] Wahyudi, A. K., E. S. Utama, and R. R. Ngantung, "Alat Peraga Mixed Reality untuk Pembelajaran Anatomi Otak Manusia dengan Interaksi Occlusion Detection," *CogITO Smart Journal*, vol. 4, no. 2, pp. 337–347, 2019, doi: 10.31154/cogito.v4i2.140.337-347.
- [8] F. A. Aziz, A. S. Alsaeed, S. Sulaiman, M. K. A. Mohd Ariffin, and M. F. Al-Hakim, "Mixed Reality Improves Education and Training in Assembly Processes," *Journal of Engineering and Technological Sciences*, vol. 52, no. 4, pp. 598–607, 2020, doi: 10.5614/j.eng.technol.sci.2020.52.4.10.
- [9] Z. Nurhasanah, A. Widodo, and R. Riandi, "Augmented reality to facilitate students' biology mastering concepts and digital literacy," *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, vol. 5, no. 3, pp. 481–488, 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.22219/jpbi.v5i3.9694>
- [10] P. Pantelidis, A. Chorti, I. Papagiouvanni, G. Paparoidamis, C. Drosos, T. Panagiotakopoulos, G. Lales, and M. Sideris, "Virtual and augmented reality in medical education," in *Medical and Surgical Education - Past, Present and Future*. [Online]. Available: <https://doi.org/10.5772/intechopen.71963>
- [11] S. N. Leonard and R. N. Fitzgerald, "Holographic learning: A mixed reality trial of Microsoft HoloLens in an Australian secondary school," *Research in Learning Technology*, vol. 26, no. 1063519, pp. 1–12, 2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.25304/rlt.v26.2160>
- [12] M. Fadzil, B. Kamarudin, and N. Zary, "Augmented reality, virtual reality and mixed reality in medical education: A comparative Web of Science scoping review," Apr. 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.20944/preprints201904.0323.v1>