

PENGGUNAAN METODE *AUGMENTED REALITY* UNTUK PEMBELAJARAN PADA MATERI SISTEM KERANGKA TUBUH MANUSIA

*Studying Human Body Framework System
By Using Augmented Reality*

Faris Afdhil Fawwaz¹, Tri Nopiani Damayanti, S.T., M.T.², Gandeva Bayu Satrya, S.T., M.T., Ph.D.³

^{1,2}Prodi D3 Teknologi Telekomunikasi

³Prodi D3 Rekayasa Perangkat Lunak Aplikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Telkom University

¹farisafdhil@student.telkomuniversity.ac.id, ²damayanti@tass.telkomuniversity.ac.id,

³gbs@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Berdasarkan sistem pembelajaran yang terjadi di Indonesia, masih banyak yang menggunakan metode konvensional. Padahal yang terjadi sekarang teknologi berkembang dengan sangat pesat dan tentunya berdampak positif juga bagi dunia pendidikan. Proses penyampaian materi oleh guru masih terkesan kaku dan pasif, sehingga dari permasalahan tersebut dibuatlah solusi dengan memanfaatkan teknologi *Augmented Reality*. Pada proyek akhir ini akan dilakukan perancangan dan pembuatan aplikasi android dalam bentuk *Augmented Reality* (AR) dengan menggunakan konsep *marker* dan *markerless* yang dapat digunakan oleh Siswa/I pada Sekolah Menengah Pertama (SMP). Dalam hal ini Sekolah Menengah Pertama (SMP) yang akan menjadi tempat pengimplementasian adalah SMPN 5 Bandung.

Pada hasil pengujian dari proyek akhir ini, aplikasi Skeleton AR ini dapat berjalan dengan baik pada android dengan jarak optimal pengambilan gambar marker pada jarak 10-30 cm dan kemiringan sudut optimal pada sudut 0° hingga 45°. Pada pengujian kebutuhan aplikasi MOS (*Mean Opinion Score*) dengan hasil terbaik sebesar 47,5 sedangkan survey manfaat aplikasi MOS (*Mean Opinion Score*) dengan hasil terbaik 4,5.

Kata kunci: *Augmented Reality, Android, Marker, Markerless*

Abstract

Based on the learning system that occurred in Indonesia, there are still many who use conventional methods. In fact, what is happening now is that technology is developing very rapidly and of course it has a positive impact on the world of education. The process of delivering material by the teacher still seems stiff and passive, so that a solution is made by using Augmented Reality technology. In this final project, an android application will be designed and made in the form of Augmented Reality (AR) using the marker and markerless concept that can be used by students at junior high schools (SMP). In this case, the Junior High School (SMP) which will be the place of implementation is SMPN 5 Bandung.

In the test results of this final project, the Skeleton AR application can run well on android with the optimal distance for shooting marker at a distance of 10-30 cm and an optimal angle of inclination at an angle of 0° to 45°. In testing the needs of the MOS application (Mean Opinion Score) with the best result of 47.5, while the survey of the benefits of the MOS application (Mean Opinion Score) with the best result was 4.5.

Keyword: *Augmented Reality, Android, Marker, Markerless*

1. PENDAHULUAN

Teknologi adalah alat yang digunakan untuk memfasilitasi kebutuhan manusia. Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi itu sendiri telah berkembang pesat di semua bidang, salah satunya adalah *Augmented Reality* yang banyak digunakan di bidang industri game, hiburan dan medis. Namun dalam dunia pendidikan, penggunaan teknologi *Augmented Reality* itu sendiri masih sedikit digunakan.

Sedangkan di bidang pendidikan, sistem pembelajarannya masih dianggap konvensional, terutama pada materi Sistem Kerangka Tubuh Manusia yang merupakan salah satu materi untuk mata

pelajaran Biologi yang tentunya membutuhkan gambaran imajinatif, karena dalam pembelajaran Sistem Kerangka Tubuh Manusia masih ditampilkan dalam bentuk gambar atau dalam bentuk kerangka tulang (*torso*) dan penjelasan dalam bentuk tulisan. Penggunaan gambar dua dimensi (2D) dan kerangka tulang sebagai pendukung untuk belajar, membuat siswa dapat memahami materi dengan mudah dianggap masih kurang efektif. Penggunaan gambar diam yang tersedia di buku teks membuat siswa cenderung pasif dan kurang interaktif, karena media gambar 2D dan kerangka tulang tidak mampu memberikan respon timbal balik [8].

Perkembangan teknologi saat ini telah berkembang sangat pesat, salah satunya adalah teknologi gambar tiga dimensi (3D). Alasannya adalah karena memiliki perspektif yang lebih luas dari objek 2D yang hanya memiliki satu sudut pandang, objek 3D juga dianggap lebih interaktif dan imajinatif karena objek tersebut akan sesuai dengan aslinya. Tentunya akan memudahkan pemahaman materi untuk siswa [2]. Maka mulai dari masalah ini dibuatlah, judul "Penggunaan Metode *Augmented Reality* untuk Pembelajaran Pada Materi Sistem Kerangka Tubuh Manusia" sebagai inovasi dengan menggabungkan gambar 2D konvensional dengan teknologi 3D berbasis *Augmented Reality* yang dikemas dalam aplikasi Android yang lebih menarik dan imajinatif, sehingga dapat digunakan sebagai media pembelajaran yang mudah dipahami dan lebih interaktif, sehingga dapat diaplikasikan dalam salah satu materi pembelajaran Biologi.

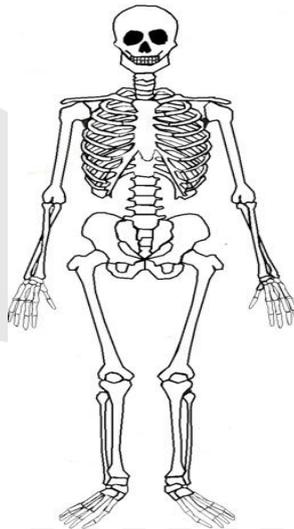
2. DASAR TEORI

2.1 *Augmented Reality*

Augmented Reality (AR) merupakan penggabungan benda-benda nyata dan maya di lingkungan nyata, berjalan secara interaktif dalam waktu yang sebenarnya (*real-time*), dan terdapat integrasi antar benda dalam tiga dimensi, yaitu benda maya terintegrasi dalam dunia nyata. *Augmented Reality* dapat diterapkan pada aplikasi perangkat mobile android karena sistem pada *Augmented Reality* menganalisa secara real-time objek yang ditangkap dalam kamera yang bisa diimplementasikan pada perangkat yang memiliki GPS, akselerometer, kompas, dan kamera [1].

2.2 **Marker**

Marker yang dimaksud disini adalah pola yang dibuat dalam bentuk gambar yang akan dikenali oleh kamera. Pola *marker* dapat dibuat dengan *Photoshop*. Untuk *marker* standar, pola yang dikenali adalah pola *marker* dengan bentuk persegi dengan kotak hitam di dalamnya. Tetapi, saat ini sudah banyak pengembang *marker* yang membuat tanpa bingkai hitam misalnya menggunakan gambar atau foto suatu objek [9]. Contoh *marker* dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Marker [6]

2.3 **Markerless**

Untuk metode yang satu ini bernama *Markerless Augmented Reality* pada saat ini sedang giat dikembangkan. Keuntungan dari metode ini adalah pengguna tidak lagi memerlukan peralatan tambahan hanya untuk menampilkan berbagai elemen digital. Sebuah perusahaan

besar, Total Immersion dan Qualcomm, sudah memproduksi berbagai teknik untuk *markerless tracking*. Diantara Teknik tersebut adalah *Motion Tracking*, *Face Tracking*, *GPS Based Tracking*, dan juga *3D Object Tracking* [7]. Contoh *markerless* dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Markerless [3]

2.4 Unity

Unity adalah *software game engine* yang telah banyak digunakan oleh *developer* di seluruh dunia karena flexible dan powerfull untuk membuat game 2D atau 3D di berbagai *platform*. Unity pertama kali dirilis pada tahun 2005 dan hanya dapat digunakan untuk *platform Mac OS*. Namun, di Unity dapat diterbitkan di berbagai platform seperti PC, Web, Android, dan Xbox [4].

2.5 Vuforia

Vuforia adalah sebuah *Augmented Reality Software Development Kit (SDK)* yang disediakan untuk perangkat *mobile* yang mendukung pembuatan aplikasi *Augmented Reality* [5]. Menggunakan teknologi *Computer Vision* untuk mengenali dan melacak gambar dan objek 3D sederhana, seperti kotak secara *real-time*. Kemampuan pendaftaran gambar ini memungkinkan pengembang untuk memposisikan objek *virtual*, seperti model 3D dan media lainnya, terkait dengan ranah perangkat seluler.

2.6 Kerangka Tubuh Manusia

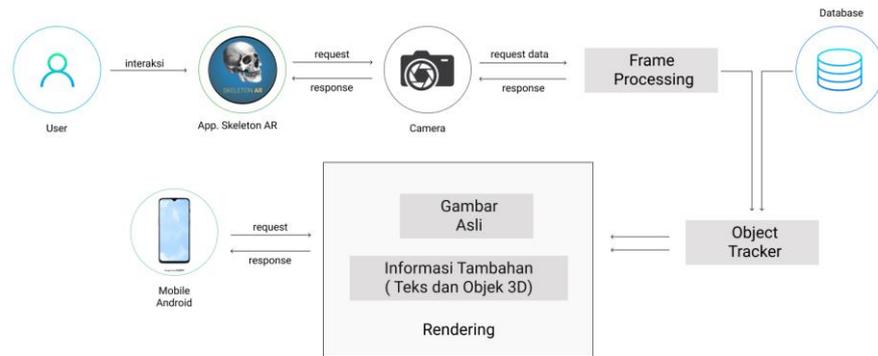
Tubuh manusia memiliki banyak jenis tulang, pada tungkai tangan hanya ada 6 jenis tulang, yaitu tulang lengan atas (humerus), tulang pengumpil (radius), tulang hasta (ulna), pangkal tulang telapak tangan (karpal), tulang belakang jari (falang), dan tulang telapak tangan (metacarpal). Jika dihitung, total tulang tubuh manusia dewasa terdiri dari 206 tulang. Secara umum, ada empat fungsi utama tulang bagi tubuh, yaitu sebagai berikut:

1. Memberikan bentuk pada tubuh dan menopang tubuh kita.
2. Melindungi organ dalam, misalnya tulang rusuk melindungi jantung dan paru-paru, tulang tengkorak melindungi otak.
3. Tempat menempelnya otot yang merupakan alat gerak aktif sehingga dapat menggerakkan tulang.
4. Pada jenis tulang tertentu, seperti tulang paha (femur) tulang juga berfungsi sebagai tempat pembentukan sel darah. Sel darah dibentuk di bagian sumsum tulang, yaitu jaringan lunak yang terdapat di bagian tengah tulang.

3. PERANCANGAN SISTEM

3.1 Sistem Arsitektur

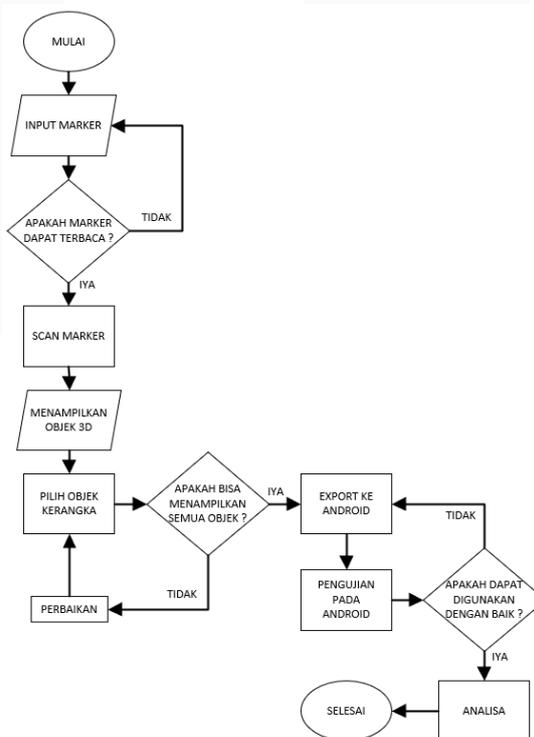
Sistem arsitektur mendefinisikan komponen aplikasi yang lebih spesifik secara terstruktur. Berdasarkan arsitektur di bawah ini dapat dilihat bagaimana aplikasi Skeleton AR dapat berjalan dan berfungsi dengan baik. Mulai dari pengguna yang menggunakan dan menjalankan aplikasi, sistem merespons setiap proses yang diminta oleh pengguna. Hingga kemudian sampai di akhir proses di mana sistem menampilkan informasi kepada pengguna sesuai dengan apa yang diminta ke sistem. Di bawah ini merupakan sistem arsitektur dari aplikasi Skeleton AR sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Sistem Arsitektur

3.2 Flowchart

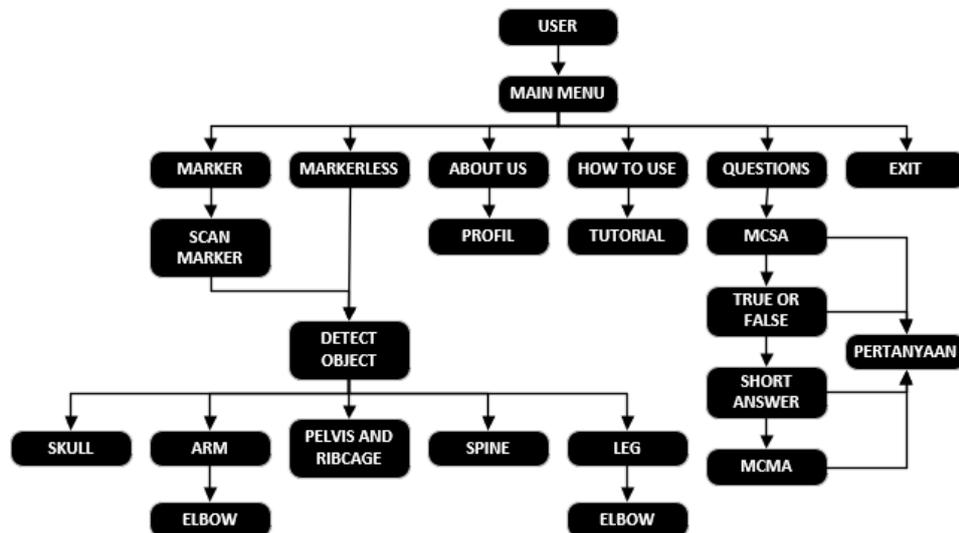
Flowchart adalah gambaran umum perancangan sistem dari awal aplikasi hingga akhir aplikasi. Saat memulai perancangan dengan membuat *marker* yang akan digunakan untuk menjalankan salah satu sistem aplikasi. Kemudian ketika *marker* sudah terbaca akan menampilkan kerangka tubuh manusia dalam bentuk objek 3D. Pada objek 3D pengguna hanya menekan salah satu bagian kerangka, lalu akan menampilkan informasi dari bagian kerangka tersebut. Selanjutnya, jika semua fungsi telah berhasil maka tinggal di *build* dan di *export* ke Android. Langkah terakhir adalah menganalisis aplikasi yang telah dibuat.



Gambar 3. 2 Flowchart

3.3 Sitemap

Sitemap menggambarkan keseluruhan sistem dalam suatu aplikasi secara umum. Pemodelan ini memodelkan bagaimana tampilan umum aplikasi, *menu*, dan *sub-menu* yang ada dalam aplikasi dioperasikan oleh pengguna.

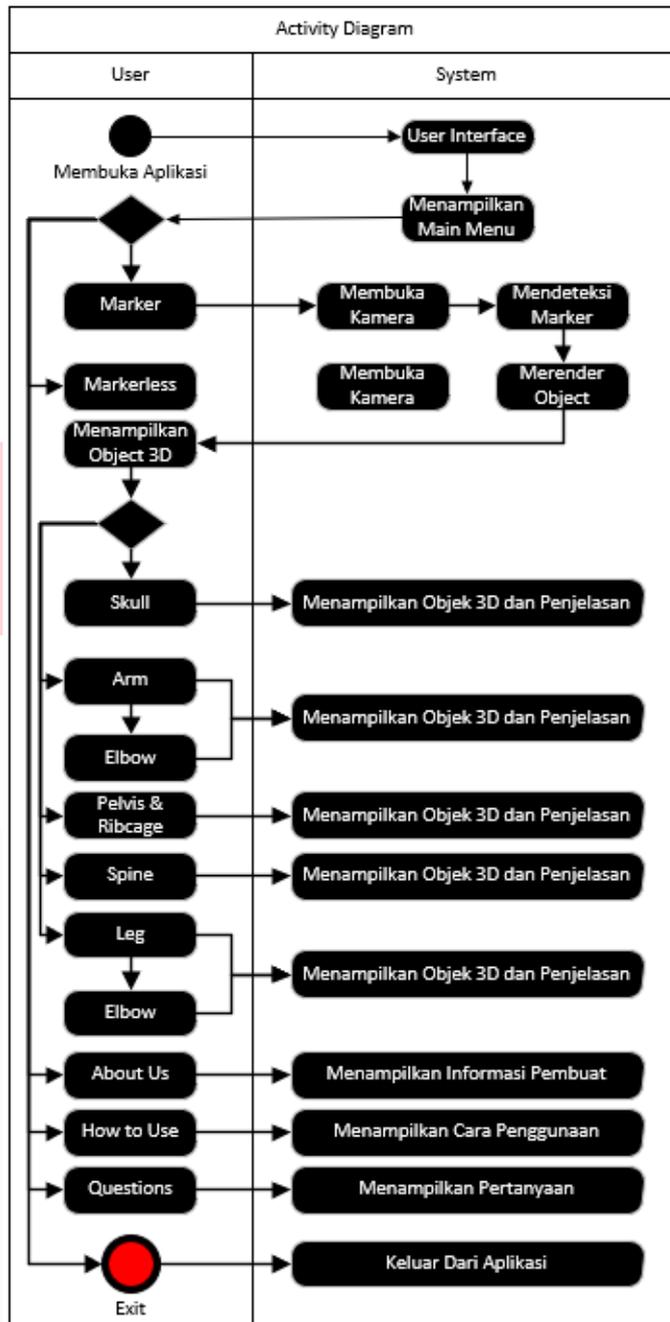


Gambar 3. 3 Sitemap

Pada sitemap menggambarkan secara keseluruhan sistem pada aplikasi secara umum. Pada gambar tersebut dijelaskan menu dan sub-menu apa saja yang akan ditemui oleh user ketika membuka aplikasi tersebut. Yang pertama user akan melihat main menu yang berisikan menu marker yang merupakan button untuk mulai membuka kamera dan mendeteksi objek marker yang telah ditentukan, markerless yang merupakan button untuk membuka kamera dan mendeteksi objek untuk menampilkan informasi, about us merupakan button untuk menampilkan halaman pembuat aplikasi, how to use merupakan button untuk menampilkan cara penggunaan aplikasi dan untuk mengunduh marker yang akan digunakan, questions merupakan halaman yang terdapat beberapa tipe soal yang dapat dikerjakan oleh pengguna dan exit merupakan halaman untuk keluar dari aplikasi. Jika user memilih menu marker/markerless maka sistem akan menampilkan objek 3D beserta informasi, link youtube dan link website untuk menjelaskan informasi dengan lebih mendetail.

3.4 Activity Diagram

Dalam *activity diagram*, dapat dilihat bagaimana pengguna berinteraksi dengan sistem aplikasi yang telah dibuat. Pengguna membuka aplikasi yang telah diunduh pada *Smartphone* Android.



Gambar 3. 4 Activity Diagram

Dalam activity diagram, dapat dilihat bagaimana pengguna berinteraksi dengan sistem aplikasi yang telah dibuat. Pengguna membuka aplikasi yang telah diunduh pada Smartphone Android. Kemudian sistem menampilkan User Interface, itu muncul Main Menu. Pada Main Menu terdapat lima buah pilihan yang ditampilkan kepada user yaitu: tombol Marker, Markerless, About Us, How to Use, Questions dan Exit. Kemudian apabila User menekan tombol pada menu Marker, aplikasi akan langsung membuka kamera lalu mendeteksi marker yang berada di jangkauan kamera. Jika user menekan menu Markerless aplikasi akan mengakses kamera dan begitu sistem sudah menampilkan warna hijau maka user bisa langsung menekan tombol kamera untuk memunculkan objek 3D. Selanjutnya ketika User menekan tombol About Us, sistem menampilkan menu tentang penulis atau pembuat aplikasi. Ketika menekan How to Use, sistem akan menampilkan menu tentang cara menggunakan aplikasi. Ketika menekan Questions, sistem menampilkan berupa latihan soal dan jumlah nilai yang terdapat beberapa tipe soal. Sedangkan menu Exit, sistem untuk menutup aplikasi.

4. PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM

4.1 Pengujian Marker Recognition Delay dengan Perangkat Android

Table 4. 1 Pengujian Marker Recognition Delay

Sudut	Jarak	Dalam Ruangan	Luar Ruangan
0°	10 cm	(i) 0,52 s	(i) 0,41 s
		(ii) 0,48 s	(ii) 0,54 s
		(iii) 0,35 s	(iii) 0,52 s
		(iv) 0,40 s	(iv) 0,60 s
		(v) 0,56 s	(v) 0,57 s
		Rata-rata: 0,462 s	Rata-rata: 0,528 s
	20 cm	(i) 0,64 s	(i) 0,78 s
		(ii) 0,62 s	(ii) 0,66 s
		(iii) 0,53 s	(iii) 0,75 s
		(iv) 0,49 s	(iv) 0,62 s
		(v) 0,47 s	(v) 0,54 s
		Rata-rata: 0,55 s	Rata-rata: 0,67 s
	30 cm	(i) 0,58 s	(i) 0,63 s
		(ii) 0,52 s	(ii) 0,54 s
		(iii) 0,47 s	(iii) 0,51 s
		(iv) 0,48 s	(iv) 0,48 s
		(v) 0,40 s	(v) 0,50 s
		Rata-rata: 0,49 s	Rata-rata: 0,532 s
	40 cm	(i) -	(i) -
		(ii) -	(ii) -
(iii) -		(iii) -	
(iv) -		(iv) -	
(v) -		(v) -	
Rata-rata:		Rata-rata:	
15°	10 cm	(i) 0,43 s	(i) 0,51 s
		(ii) 0,52 s	(ii) 0,48 s
		(iii) 0,43 s	(iii) 0,57 s
		(iv) 0,48 s	(iv) 0,53 s
		(v) 0,44 s	(v) 0,52 s
		Rata-rata: 0,46 s	Rata-rata: 0,522 s
	20 cm	(i) 0,48 s	(i) 0,59 s
		(ii) 0,64 s	(ii) 0,52 s
		(iii) 0,68 s	(iii) 0,48 s
		(iv) 0,57 s	(iv) 0,47 s
		(v) 0,54 s	(v) 0,46 s
		Rata-rata: 0,582 s	Rata-rata: 0,504 s
	30 cm	(i) 0,52 s	(i) 0,58 s
		(ii) 0,54 s	(ii) 0,67 s
		(iii) 0,67 s	(iii) 0,63 s
		(iv) 0,57 s	(iv) 0,73 s
		(v) 0,46 s	(v) 0,56 s
		Rata-rata: 0,552 s	Rata-rata: 0,634 s
	40 cm	(i) -	(i) -
		(ii) -	(ii) -
(iii) -		(iii) -	
(iv) -		(iv) -	
(v) -		(v) -	
Rata-rata:		Rata-rata:	
30°	10 cm	(i) 0,47 s	(i) 0,57 s
		(ii) 0,48 s	(ii) 0,55 s
		(iii) 0,55 s	(iii) 0,47 s
		(iv) 0,50 s	(iv) 0,66 s
		(v) 0,66 s	(v) 0,48 s
		Rata-rata: 0,532 s	Rata-rata: 0,546 s
	20 cm	(i) 0,48 s	(i) 0,62 s

		(ii) 0,43 s	(ii) 0,46 s
		(iii) 0,55 s	(iii) 0,43 s
		(iv) 0,47 s	(iv) 0,46 s
		(v) 0,38 s	(v) 0,42 s
		Rata-rata: 0,462 s	Rata-rata: 0,478 s
	30 cm	(i) 0,42 s	(i) 0,48 s
		(ii) 0,37 s	(ii) 0,57 s
		(iii) 0,54 s	(iii) 0,63 s
		(iv) 0,48 s	(iv) 0,71 s
		(v) 0,48 s	(v) 0,54 s
		Rata-rata: 0,458 s	Rata-rata: 0,586 s
	40 cm	(i) -	(i) -
		(ii) -	(ii) -
		(iii) -	(iii) -
(iv) -		(iv) -	
(v) -		(v) -	
	Rata-rata:	Rata-rata:	
45°	10 cm	(i) 0,72 s	(i) 0,63 s
		(ii) 0,63 s	(ii) 0,61 s
		(iii) 0,78 s	(iii) 0,65 s
		(iv) 0,61 s	(iv) 0,78 s
		(v) 0,65 s	(v) 0,74 s
		Rata-rata: 0,678 s	Rata-rata: 0,682 s
	20 cm	(i) 0,68 s	(i) 0,63 s
		(ii) 0,63 s	(ii) 0,68 s
		(iii) 0,78 s	(iii) 0,83 s
		(iv) 0,68 s	(iv) 0,78 s
		(v) 0,72 s	(v) 0,74 s
		Rata-rata: 0,698 s	Rata-rata: 0,732
	30 cm	-	-
	40 cm	-	-
60°	10 cm	-	-
	20 cm	-	-
	30 cm	-	-
	40 cm	-	-

Berdasarkan hasil pengujian di atas, pengambilan gambar *Marker* dengan sudut yang memengaruhi delay tampilan pada objek AR. Pengambilan *Marker* pada kedua kondisi di luar ruangan pada sudut 45° menghasilkan *delay* rata-rata yang lebih besar bila dibandingkan mengambil pada sudut di bawah 45° ketika kondisinya di dalam ruangan. Ini disebabkan oleh respons kamera yang berbeda terhadap *Marker* yang dilihatnya. Semakin cepat kamera mengenali *Marker*, semakin kecil *delay* tampilan yang diperlukan. Pada sudut lebih dari 45° dan jarak lebih dari 40 cm untuk pengukuran, semua *Marker* tidak dapat dibaca. Kamera masih dapat melihat *Marker* tetapi sulit untuk mengenali *Marker*, sehingga proses *rendering* tidak dapat dilakukan.

4.2 Pengujian Subjektif Mean Opinion Score (MOS)

A. Aspek Kebutuhan Aplikasi Skeleton AR Untuk Pengenalan Sistem Kerangka Tubuh Manusia

Untuk aspek kebutuhan aplikasi pada pengujian ini diberikan 2 kepada Siswa/I. Berikut pernyataan yang diberikan:

1. Apakah pemberian objek 3D diperlukan pada pembelajaran Sistem Kerangka Tubuh Manusia
2. Apakah pembelajaran Sistem Kerangka Tubuh Manusia memerlukan penerapan desain *Augmented Reality*.

Table 4. 2 Aspek Kebutuhan Aplikasi Untuk Siswa

Pertanyaan	Bobot				
	Sangat Tidak Setuju	Tidak Setuju	Netral	Setuju	Sangat Setuju
1			1	7	14
2				5	17

Secara matematis dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$MOS = \frac{\sum_{i=1}^n x(i) \cdot k}{N}$$

Dimana:

X(i) = Nilai sample ke i

K = Jumlah bobot

N = Jumlah pengamatan

Sehingga diperoleh hasil untuk diperhitungkan matematis seperti grafik berikut:

$$MOS 1: \frac{(14 \times 5) + (7 \times 4) + (1 \times 3)}{22} = 4,5$$

$$MOS 2: \frac{(17 \times 5) + (5 \times 4)}{22} = 47,5$$

Hasil yang diperoleh berdasarkan survey dari 22 orang responden, hasil dari perhitungan secara matematis pada poin pernyataan. Pernyataan 1 sebanyak 14 orang memilih sangat setuju, 7 orang memilih setuju, 1 orang memilih netral dan secara sistematis diperoleh hasil MOS sebesar 4,5. Pada poin pernyataan 2 sebanyak 17 orang memilih sangat setuju, 4 orang memilih setuju dan secara sistematis diperoleh hasil MOS sebesar 47,5.

B. Aspek Manfaat Aplikasi Skeleton AR Untuk Pengenalan Sistem Kerangka Tubuh Manusia

Untuk aspek kebutuhan aplikasi pada pengujian ini diberikan 2 kepada Siswa/I. Berikut pernyataan yang diberikan:

1. Apakah menu yang ada pada aplikasi dapat dengan mudah dipahami.
2. Apakah informasi yang disampaikan dapat dengan mudah dipahami.
3. Apakah pemberian *link* youtube dan situs *website* dapat membantu menambah informasi.

Table 4. 3 Aspek Manfaat Aplikasi Untuk Siswa

Pertanyaan	Bobot				
	Sangat Tidak Setuju	Tidak Setuju	Netral	Setuju	Sangat Setuju
1			4	3	15
2			2	6	14
3			2	7	13

Secara matematis dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$MOS = \frac{\sum_{i=1}^n x(i) \cdot k}{N}$$

Dimana:

X(i) = Nilai sample ke i

K = Jumlah bobot
N = Jumlah pengamatan

Sehingga diperoleh hasil untuk diperhitungkan matematis seperti grafik berikut:

$$\text{MOS 1: } \frac{(15 \times 5) + (3 \times 4) + (4 \times 3)}{22} = 4,5$$

$$\text{MOS 2: } \frac{(14 \times 5) + (6 \times 4) + (2 \times 3)}{22} = 4,5$$

$$\text{MOS 3: } \frac{(13 \times 5) + (7 \times 4) + (2 \times 3)}{22} = 4,5$$

Hasil yang diperoleh berdasarkan survey dari 22 orang responden, hasil dari perhitungan secara matematis pada poin pernyataan 1 sebanyak 15 orang memilih sangat setuju, 3 orang memilih setuju, 4 orang memilih netral dan diperoleh nilai MOS sebesar 4,5. Pada poin pernyataan 2 sebanyak 14 orang memilih sangat setuju, 6 orang memilih setuju, 2 orang memilih netral dan diperoleh nilai MOS sebesar 4,5. Pada poin pernyataan 3 sebanyak 13 orang memilih sangat setuju, 7 orang memilih setuju, 2 orang memilih netral dan diperoleh nilai MOS sebesar 4,5.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan serangkaian tes pada perangkat dan analisis yang telah diperoleh, maka dapat disimpulkan bahwa sebagai berikut:

1. Aplikasi menampilkan model 3D menggunakan teknologi *Augmented Reality* dengan jarak optimal mengambil *Marker* pada jarak 10-40 cm.
2. Aplikasi menampilkan model 3D menggunakan teknologi *Augmented Reality* dengan sudut optimal untuk mengambil *Marker* pada sudut 0° dan kurang dari 45° .
3. Pengaruh cahaya ruangan yang berbeda juga mempengaruhi *delay*. Dalam kondisi di dalam ruangan, *delay* terkecil rata-rata adalah pada 0,458 s, sedangkan dalam kondisi luar ruangan *delay* rata-rata terkecil adalah pada 0,478 s.
4. Pada pengujian tingkat kebutuhan aplikasi *Augmented Reality* untuk pembelajaran Sistem Kerangka Tubuh Manusia diperoleh hasil MOS terbaik dengan nilai sebesar 4,5 untuk pernyataan "Apakah pembelajaran Sistem Kerangka Tubuh Manusia memerlukan penerapan desain *Augmented Reality*".

5.2 Saran

Pada proyek akhir ini terdapat beberapa kekurangan pada fitur aplikasi, sehingga pengembangan dapat dilakukan untuk proyek selanjutnya. Saran untuk pengembangan dari proyek akhir ini antara lain sebagai berikut:

1. Aplikasi dapat menampilkan animasi pada saat menjelaskan informasi dari bagian kerangka tulang.
2. Aplikasi dapat menampilkan lebih banyak lagi bagian tulang yang ada pada tubuh manusia.
3. Aplikasi dapat digunakan pada platform lain selain Android, seperti IOS dan Windows Phone.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jung, Timothy. Augmented Reality and Virtual Reality: The Power of AR and VR for Business. Springer Publishing Company, Incorporated, 2019..
- [2] Kurniawati, Hani, Desnita Desnita, and Siswoyo Siswoyo. "Pengembangan media pembelajaran berbasis 3D PageFlip fisika untuk materi getaran dan gelombang bunyi." Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika 2.1 (2016): 97-102.
- [3] Battacharje Saurav, What is Augmented Reality (AR)? Ultimate Guide to Augmented Reality, 2019. [Online]. Available: <https://medium.com/@nite.2051993/what-is-augmented-reality-ar-ultimate-guide-to-augmented-reality-db658b69b957>. [Diakses: 20 Agustus 2020].
- [4] Linowes, Jonathan, and Krystian Babilinski. Augmented Reality for Developers: Build practical augmented reality applications with Unity, ARCore, ARKit, and Vuforia. Packt Publishing Ltd, 2017.
- [5] Morales, Carlos R. Developing Augmented Reality applications with Unity 3D and Vuforia. eAcademicBooks LLC, 2015.
- [6] pngegg, Human skeleton, Human skeleton Human body Bone Anatomy, Human Skeleton, face, hand png, 2018, [Online]. Available: <https://www.pngegg.com/en/png-zyfdj> [Diakses 20 Agustus 2020]
- [7] Smarteye.id, Metode yang digunakan pada teknologi Augmented Reality (AR), 2020, [Online]. Available: <https://www.smarteye.id/blog/metode-augmented-reality/>. [Diakses 20 Agustus 2020]
- [8] Yusniawati, Ika. Peningkatan Hasil Belajar IPA Materi Tata Surya dengan Menggunakan Media Interaktif Animasi 3 Dimensi pada Siswa Kelas VI SD Negeri 02 Tlobo Kecamatan Jatiyoso Kabupaten Karanganyar. Diss. Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2011.
- [9] Zainet, Anita. Proyek Akhir. Implementasi Virtual Laboratory Sistem Komunikasi Optik Berbasis Augmented Reality, 2018.