

**PEMODELAN 3D ORGAN PERNAPASAN HEWAN VERTEBRATA
MENGUNAKAN *AUGMENTED REALITY* DENGAN
METODE *MARKERLESS***

SKRIPSI

FRANS RICKY RINALDY SAMOSIR

171402059



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
MEDAN
2024**

PEMODELAN 3D ORGAN PERNAPASAN HEWAN VERTEBRATA
MENGUNAKAN *AUGMENTED REALITY* DENGAN
METODE *MARKERLESS*

SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi tugas dan memenuhi syarat memperoleh ijazah Sarjana
Teknologi Informasi

FRANS RICKY RINALDY SAMOSIR

171402059



PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
MEDAN
2024

PERSETUJUAN

Judul : Pemodelan 3D Organ Pernapasan Hewan Vertebrata
Menggunakan *Augmented Reality* Dengan Metode
Markerless

Kategori : Skripsi

Nama Mahasiswa : Frans Ricky Rinaldy Samosir

Nomor Induk Mahasiswa : 171402059

Program Studi : Sarjana (S-1) Teknologi Informasi

Fakultas : Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi
Universitas Sumatera Utara

Medan, 12 Juli 2024

Komisi Pembimbing :

Pembimbing 2,



Dedy Arisandi S.T., M.Kom.

NIP. 197908312009121002

Pembimbing 1,



Fanindia Purnamasari S.Ti., M.IT

NIP. 198908172019032023

Diketahui/disetujui oleh

Program Studi S1 Teknologi Informasi

Ketua,


Dedy Arisandi S.T., M.Kom.
NIP. 197908312009121002

PERNYATAAN

PEMODELAN 3D ORGAN PERNAPASAN HEWAN VERTEBRATA
MENGUNAKAN *AUGMENTED REALITY*
DENGAN METODE *MARKERLESS*

SKRIPSI

Saya mengakui bahwa skripsi ini adalah hasil karya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing yang telah disebutkan sumbernya.

Medan, 12 Juli 2024

Frans Ricky Rinaldy Samosir

171402059

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas segala berkat, karunia serta kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai syarat untuk mencapai gelar Sarjana Komputer di Program Studi Teknologi Informasi Universitas Sumatera Utara.

Skripsi ini dapat diselesaikan oleh penulis tidak luput dari adanya doa, dukungan, segala bentuk bantuan serta kasih sayang yang selalu diberikan oleh kedua orang tua penulis (Bapak Togar Samosir dan Ibu Tiodora Lumbanraja), begitu juga dengan dorongan semangat dan doa yang dipanjatkan oleh kedua adik penulis (Shindy Nora Samosir dan Pahotan Parulian Samosir), penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya atas semua yang telah dilakukan dan yang telah diberikan baik orang tua maupun saudara penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Pengerjaan skripsi ini dapat penulis selesaikan tidak luput juga dari dukungan segala pihak yang telah memberikan doa, semangat, dan dorongan kepada penulis, dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Muryanto Amin, S. Sos., M. Si. sebagai Rektor Universitas Sumatera Utara,
2. Ibu Dr. Maya Silvi Lidya, M.Sc. sebagai Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Sumatera Utara Periode 2021-2026,
3. Bapak Dedy Arisandi, S.T., M.Kom., sebagai Ketua Program Studi S1 Teknologi Informasi Universitas Sumatera Utara,
4. Ibu Fanindia Purnamasari S.TI., M.IT., sebagai Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing, membina dan memberikan kritik, saran dan masukan serta arahan kepada penulis.
5. Bapak Dedy Arisandi, S.T., M.Kom., sebagai Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, membina, memberi saran dan masukan serta memotivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Ibu Ulfi Andayani S.Kom., M.Kom. selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Niskarto Zendrato S.Kom., M.Kom. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyempurnaan skripsi ini.

7. Seluruh dosen dan pegawai di Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Sumatera Utara.
8. Teman-teman angkatan 2017, terkhusus Kom B yang telah memberikan dukungan dan semangat selama masa perkuliahan dan selama pengerjaan skripsi yang tidak dapat ditulis satu per satu.
9. Teman-teman Gully, yaitu Aldo Ndun, Alfi Rayhananda, Dicky Arwanda, Frederiko Hutahaeen, Irfan Fajar, Joshua Andrew, Jonathan Simanjuntak, Riyo Santo Yosef, Maulana Pramisyia, Moris Martua, Syarfan Hasriansyah, Yonadhab Laoli, Yusman Tri Klavier yang telah menjadi teman seperjuangan selama perkuliahan dan proses pengerjaan skripsi.
10. Teman-teman IOY, yaitu Erina, Febri, Martin, Rut Soviana, Ruthry, Sophia yang telah memberikan semangat dan dukungan
11. Chatarina Samosir, Fani Hutabarat, Allen Tampubolon, Eggia Sebayang, Grace Siregar, Theresia Florens, Desy Simanjuntak,
12. Keluarga, kerabat serta saudara penulis, dan
13. Semua pihak yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat dituliskan satu persatu.

Semoga Tuhan Yesus Kristus memberkati dan melimpahkan berkat kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis dalam setiap proses penyusunan skripsi.

Medan, 12 Juli 2024

Frans Ricky Rinaldy Samosir

PEMODELAN 3D ORGAN PERNAPASAN HEWAN VERTEBRATA
MENGUNAKAN *AUGMENTED REALITY*
DENGAN METODE *MARKERLESS*

ABSTRAK

Sistem Pernapasan merupakan sistem yang penting dalam makhluk hidup, termasuk pada hewan vertebrata. Sistem pernapasan termasuk materi yang diajarkan pada pelajaran biologi yang memerlukan media pembelajaran untuk melakukan pengamatan. Sementara media pembelajaran yang digunakan pada umumnya adalah media konvensional, seperti papan tulis, gambar, buku dan animasi atau video yang sering kali kurang efisien dan kurang interaktif, terutama dalam pembelajaran daring yang memerlukan visualisasi yang jelas dan praktikum yang dapat diakses tanpa membedah hewan. Pada penelitian ini, teknologi *augmented reality* dimanfaatkan untuk membangun aplikasi yang dapat menampilkan organ pernapasan hewan vertebrata sebagai media belajar. Aplikasi dibangun menggunakan metode *markerless* dan berbasis sistem operasi android. Tujuan aplikasi ini adalah untuk mempermudah pengguna dalam mempelajari organ pernapasan hewan vertebrata dengan beberapa fitur dan interaksi yang telah tersedia dalam aplikasi organ pernapasan hewan vertebrata. Dari hasil uji pengguna berupa kuesioner terhadap 40 siswa menunjukkan rata-rata kepuasan sebesar 86,46%, sementara uji pakar terhadap 3 guru biologi menunjukkan rata-rata penilaian 92%, menandakan aplikasi *augmented reality* berbasis *markerless* ini efektif dan efisien sebagai media pembelajaran interaktif untuk organ pernapasan hewan vertebrata, dengan tingkat kepuasan yang tinggi dari pengguna dan pakar.

Kata Kunci: *Augmented Reality*, Sistem Pernapasan, Organ Pernapasan, Hewan Vertebrata, *Markerless*

*3D MODELLING OF RESPIRATORY ORGANS OF
VERTEBRATE ANIMALS USING AUGMENTED
REALITY WITH MARKERLESS METHOD*

ABSTRACT

The respiratory system is an important system in living things, including vertebrate animals. The respiratory system is one of the topics taught in biology lessons that require learning media to make observations. Meanwhile, the learning media used in general are conventional media, such as whiteboards, pictures, books and animations or videos that are often less efficient and less interactive, especially in online learning which requires clear visualization and accessible practicum without dissecting animals. In this research, augmented reality technology is utilized to build an application that can display the respiratory organs of vertebrate animals as learning media. The application is built using the markerless method and is based on the Android operating system. The purpose of this application is to facilitate users in learning the respiratory organs of vertebrate animals with several features and interactions that have been available in the application of vertebrate animal respiratory organs. From the results of the user test in the form of a questionnaire of 40 students showed an average satisfaction of 86.46%, while the expert test of 3 biology teachers showed an average assessment of 92%, indicating that this markerless-based augmented reality application is effective and efficient as an interactive learning media for vertebrate animal respiratory organs, with a high level of satisfaction from users and experts.

Keywords: Augmented Reality, Respiratory System, Respiratory Organs, Vertebrate Animals, Markerless

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN	ii
PERNYATAAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Metodologi Penelitian	4
1.7. Sistematika Penulisan	5
BAB 2 LANDASAN TEORI	6
2.1. Vertebrata	6
2.2. <i>Augmented reality</i>	7
2.3. Pemodelan 3 Dimensi	9
2.4. <i>Augmented Reality</i>	9
2.5. Blender	10
2.6. Penelitian Terdahulu	10
BAB 3 ANALISA DAN PERANCANGAN SISTEM	14
3.1. Analisis Masalah	14
3.2. Arsitektur Umum	15
3.2.1. <i>Input</i>	16
3.2.2. Proses	16
3.2.3. <i>Output</i>	18
3.3. <i>Use Case Diagram</i>	19

3.4. <i>Activity Diagram</i>	19
3.4.1. Diagram aktivitas menampilkan objek 3d <i>ar</i> organ pernapasan hewan	19
3.4.2. Diagram aktivitas materi organ pernapasan hewan	20
3.4.3. Diagram aktivitas menu tentang	21
3.4.4. Diagram aktivitas kuis	22
3.5. Perancangan Antarmuka	23
3.5.1. Rancangan <i>scene</i> halaman utama	23
3.5.2. Rancangan <i>scene</i> halaman pilihan hewan	24
3.5.3. Rancangan <i>scene</i> halaman objek	24
3.5.4. Rancangan <i>scene</i> halaman pilihan materi	25
3.5.5. Rancangan <i>scene</i> halaman materi	26
3.5.6. Rancangan <i>scene</i> halaman tentang	26
3.5.7. Rancangan <i>scene</i> halaman kuis	27
3.6. Pengacakan Soal Kuis dengan Algoritma <i>Fisher Yates</i>	27
BAB 4 IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN	29
4.1. Implementasi Sistem	29
4.1.1. Spesifikasi perangkat keras	29
4.2. Spesifikasi perangkat lunak	30
4.3. Proses Pembuatan Objek 3D	30
4.4. Hasil Pemodelan	32
4.4.1. Model 3d organ pernapasan burung (aves)	32
4.4.2. Model 3d organ pernapasan ikan (pisces)	32
4.4.3. Model 3d organ pernapasan katak (amfibi)	33
4.4.4. Model 3d organ pernapasan lumba-lumba (mamalia)	33
4.5. Hasil Tampilan Aplikasi	34
4.5.1. Tampilan menu utama	34
4.5.2. Tampilan pilihan organ hewan	34
4.5.3. Tampilan organ pernapasan burung	35
4.5.4. Tampilan organ pernapasan ikan	35
4.5.5. Tampilan organ pernapasan katak	36
4.5.6. Tampilan organ pernapasan lumba-lumba	37
4.5.7. Tampilan pilihan materi hewan	38
4.5.8. Tampilan halaman tentang	39

4.5.9. Tampilan halaman kuis	39
4.6. Pengujian <i>Surface detection</i>	40
4.6.1. Pengujian <i>Surface</i> pada bidang datar	40
4.6.2. Pengujian Jarak <i>Surface detection</i>	44
4.6.3. Pengujian Cahaya <i>Surface detection</i>	44
4.6.4. Pengujian Sudut Kemiringan terhadap <i>Surface</i>	45
4.7. Pengujian Stabilitas Objek	45
4.8. Pengujian Kinerja Sistem	46
4.8.1. Pengujian Aplikasi pada Beberapa Merek <i>Smartphone</i>	46
4.8.2. Pengujian Aplikasi pada Pengguna	48
4.8.3. Pengujian aplikasi pada pakar	52
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	57
5.1. Kesimpulan	57
5.2. Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	11
Tabel 4.1 Spesifikasi Perangkat Keras pada Laptop	29
Tabel 4.2 Spesifikasi Perangkat Keras pada <i>Smartphone</i>	29
Tabel 4.3 Spesifikasi perangkat lunak	30
Tabel 4.4 Hasil Pengujian <i>Surface detection</i>	43
Tabel 4.5 Pengujian Jarak antara <i>Surface</i> dan Kamera	44
Tabel 4.6 Pengujian Cahaya terhadap <i>Surface</i> dan Kamera	44
Tabel 4.7 Pengujian Sudut Kemiringan Kamera terhadap <i>Surface</i>	45
Tabel 4.8 Pengujian Aplikasi pada Beberapa Merek <i>Smartphone</i>	47
Tabel 4.9 Pertanyaan kepada Pengguna	48
Tabel 4.10 Bobot Nilai Opsi Jawaban	49
Tabel 4.11 Hasil Jawaban Responden	50
Tabel 4.12 Hasil Persentase Dari Penghitungan Nilai	51
Tabel 4.13 Hasil Jawaban dari Guru Biologi	53
Tabel 4.14 Hasil Persentase Respon dari Guru Biologi	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Organ Pernapasan Hewan Vertebrata Burung dan Katak	7
Gambar 2.2 Organ Pernapasan Hewan Vertebrata Ikan	7
Gambar 2.3 <i>Marker Based</i>	8
Gambar 2.4 <i>Markerless</i>	8
Gambar 2.5 Pemodelan 3 Dimensi	9
Gambar 3.1 Diagram Ishikawa (Fish Bone)	14
Gambar 3.2 Arsitektur Umum	16
Gambar 3.3 <i>Use Case Diagram</i>	19
Gambar 3.4 Diagram Aktivitas Halaman Organ Pernapasan	20
Gambar 3.5 Diagram Aktivitas Halaman Materi	21
Gambar 3.6 Diagram Aktivitas Halaman Tentang	22
Gambar 3.7 Diagram Aktivitas Halaman Kuis	23
Gambar 3.8 Rancangan <i>Scene</i> Halaman Utama	24
Gambar 3.9 Rancangan <i>Scene</i> Halaman Pilihan Organ	24
Gambar 3.10 Rancangan <i>Scene</i> Halaman Organ Pernapasan	25
Gambar 3.11 Rancangan <i>Scene</i> Halaman Pilihan Materi	25
Gambar 3.12 Rancangan <i>Scene</i> Halaman Materi	26
Gambar 3.13 Rancangan <i>Scene</i> Halaman Tentang	26
Gambar 3.14 Rancangan <i>Scene</i> Halaman Kuis	27
Gambar 3.15 <i>Fisher Yates Flowchart</i>	28
Gambar 4.1 Membuat Lembar Kerja Baru	30
Gambar 4.2 Menambahkan <i>Object Plane</i>	31
Gambar 4.3 Perancangan Model 3D Organ Pernapasan Burung	31
Gambar 4.4 Hasil Model 3D Organ Pernapasan Burung	32
Gambar 4.5 Hasil Model 3D Organ Pernapasan Ikan	32
Gambar 4.6 Hasil Model 3D Organ Pernapasan Katak	33
Gambar 4.7 Hasil Model 3D Organ Pernapasan Lumba-lumba	33
Gambar 4.8 Tampilan Hasil Halaman Utama	34
Gambar 4.9 Tampilan Hasil Halaman Pilihan Organ	35
Gambar 4.10 Tampilan Organ Pernapasan Burung	35

Gambar 4.11 Tampilan Organ Pernapasan Ikan	36
Gambar 4.12 Tampilan Detail Organ Pernapasan Ikan	36
Gambar 4.13 Tampilan Organ Pernapasan Katak	37
Gambar 4.14 Tampilan Detail Organ Pernapasan Katak	37
Gambar 4.15 Tampilan Organ Pernapasan Lumba-lumba	38
Gambar 4.16 Tampilan Hasil Halaman Pilihan Materi	38
Gambar 4.17 Tampilan Hasil Halaman Tentang	39
Gambar 4.18 Tampilan Hasil Halaman awal kuis	39
Gambar 4.19 Tampilan Hasil Halaman soal kuis	40
Gambar 4.20 Pengujian <i>Surface</i> pada Meja	41
Gambar 4.21 Pengujian <i>Surface</i> pada Lantai Keramik	41
Gambar 4.22 Pengujian <i>Surface</i> pada Lantai Anak Tangga	42
Gambar 4.23 Pengujian <i>Surface</i> pada Lantai Semen	42
Gambar 4.24 Pengujian <i>Surface</i> di atas <i>Paving Block</i>	43
Gambar 4.25 Pengujian <i>Surface</i> di atas Tanah	43
Gambar 4.26 Stabilitas Objek dari Sisi Samping Objek	46
Gambar 4.27 Stabilitas Objek dari Sisi Atas Objek	46
Gambar 4.28 Pengujian Aplikasi pada Siswa SMA	48
Gambar 4.29 Pengujian Aplikasi pada Guru Biologi	53

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Biologi adalah satu dari beberapa pelajaran yang diajarkan dalam pendidikan sekolah baik Sekolah Dasar atau SD dan Sekolah Menengah Pertama atau SMP, hingga jenjang pendidikan menengah, yakni pendidikan tingkat Sekolah Menengah Atas atau SMA dan pendidikan tingkat Sekolah Menengah Kejuruan atau SMK. Biologi adalah bidang ilmu yang mempelajari tentang makhluk hidup. Salah satu ciri makhluk hidup adalah bernapas.

Bernapas merupakan proses vital bagi makhluk hidup. Bernapas adalah proses pengambilan oksigen(O_2) kemudian mengeluarkan *carbon dioksida* (CO_2) dan juga uap air(H_2O) (Habibi & Sulistyanto, 2016). Hampir seluruh makhluk hidup bernapas untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, termasuk kelompok hewan jenis vertebrata. Vertebrata merupakan pengelompokan hewan, yang memiliki tulang belakang. Lima jenis dari hewan vertebrata, yaitu mamalia, aves, *pisces*, reptilia, dan amfibi.

Sistem pernapasan termasuk materi yang diajarkan pada pelajaran biologi yang memerlukan media pembelajaran untuk melakukan pengamatan.. Dalam bidang Pendidikan, media pembelajaran memiliki peran sebagai perantara antara pelajar dengan pengajar dalam proses pembelajaran, yang mampu menghubungkan, memberikan informasi, dan menyampaikan materi, sehingga terjadi proses pembelajaran yang efektif dan efisien.

Media pembelajaran mengenai sistem pernapasan pada hewan masih menggunakan media konvensional, seperti gambar, papan tulis, dan juga buku, dan animasi atau video. Sementara materi mengenai sistem pernapasan hewan ini sulit dilihat secara langsung, dikarenakan tidak semua terjadi di dalam tubuh hewan. Meskipun memungkinkan untuk dilakukan pembedahan terhadap hewan tersebut untuk melihat organ sistem pernapasannya, akan tetapi kurang efisien jika mengeluarkan biaya lebih untuk

membeli hewan hanya untuk melakukan pembedahan dan melihat organ sistem pernapasannya saja.

Perkembangan zaman di bidang teknologi juga berdampak pada sistem pembelajaran. Di era yang serba digital, menuntut pelajar dan pengajar menggunakan cara belajar yang digital pula. Contoh dampak yang dapat dirasakan sekarang ini adalah sistem belajar yang dilakukan secara daring atau dalam jaringan. Pada sistem belajar daring, kegiatan praktikum di sekolah dirasakan kurang maksimal. Pada pelajaran Biologi khususnya pada materi sistem pernapasan hewan, diperlukan praktikum untuk lebih memahami materi yang diajarkan. Sementara itu, praktikum pembedahan terhadap hewan untuk melihat organ sistem pernapasannya pada sistem belajar yang dilakukan secara daring sulit dipantau oleh pengajar. Maka perlu media pembelajaran digital yang bisa membantu tenaga pengajar/guru dalam mengatasi hal tersebut. *Augmented Reality* merupakan salah satu contoh penggunaan dari teknologi tersebut.

Augmented Reality merupakan teknologi yang mampu menghubungkan antara benda nyata dengan dunia virtual/maya di lingkungan dan waktu yang nyata. Teknologi *Augmented Reality* dapat memvisualisasikan objek baik 2D maupun 3D melalui *marker* atau penanda yang diarahkan ke kamera (Azuma, 1997). Beberapa penelitian sebelumnya sudah memanfaatkan *Augmented Reality* dalam bidang Pendidikan adalah penelitian yang dilakukan oleh Putra Ma'al Khairi (2017) dengan judul Implementasi *Augmented Reality* (AR) pada Pengenalan Alat Pernapasan Manusia Berbasis Android. Penelitian ini menggunakan metode *markerless* dengan teknik *User Defined Target* yang menghasilkan sistem yang mampu membantu pengguna dalam hal mengenali alat pernapasan manusia secara lebih mendalam. Sapri Hernia Pulungan, (2018) pada penelitiannya yang berjudul 3d Anatomi Sistem Pernapasan Menggunakan *Augmented Reality* Sebagai Media Pembelajaran. Penelitian ini menggunakan *marker-based* tracking, menghasilkan aplikasi yang mampu menampilkan obyek 3D organ sistem pernafasan dengan teknologi *Augmented reality*, pada penelitian ini untuk mendeteksi objek/*marker* memiliki jarak optimal pada jarak 15–35cm dan sudut kemiringan 30–90 derajat.

Andayani et al., (2019) dengan judul *A Visualisation of 3D Lung Anatomy with Augmented reality as Interactive Medical Learning*, penelitian ini menghasilkan sebuah aplikasi yang dapat menampilkan 3D anatomi tubuh manusia menggunakan *Leap*

Motion Controller atau *LMC*. *LMC* berfungsi sebagai sensor pada perangkat keras komputer yang sudah mendukung masukan berupa gerakan tangan dan jari. Pada penelitian ini, jarak *marker* terdeteksi 15cm-35cm dengan sudut 30-90 derajat. Selain itu, Amalia & Suryani (2019) telah membangun sistem *Augmented reality* dengan judul “ARRES” *Augmented realty for the human respiretory system*, penelitian ini menghasilkan aplikasi untuk tingkat siswa kelas 8 SMP yang dapat memodelkan organ sistem pernapasan dan peredaran darah manusia dalam bentuk animasi 3D yang di buat dengan menggunakan *software* Blender, sehingga memudahkan dalam memahami mata pelajaran biologi mengenai sistem pernapasan dan peredaran darah tersebut.

Selain itu organ tubuh manusia lainnya seperti organ pencernaan usus telah dikembangkan oleh Sattar (2019) yang berjudul *Augmented Reality* Pemodelan Objek 3D pada Organ Usus Manusia, yang juga menggunakan *Marker Based Tracking* dengan hasil pengujian *marker* pada jarak dari 30cm sampai 90cm, serta dengan kemiringan sudut kamera antara 30° hingga 60° dimana *marker* dapat terdeteksi dan stabil sehingga menghasilkan aplikasi yang dapat dijadikan sebagai alternatif pembelajaran interaktif anatomi organ usus.

Berdasarkan penelitian terdahulu, *Augmented Reality* membantu pengguna melihat 3D visualisasi objek dari anatomi organ tubuh. Aplikasi dengan *Augmented Reality* yang dibuat juga dapat dijadikan alternatif pembelajaran yang interaktif. Oleh sebab itu, dari uraian latar belakang di atas, penulis ingin mengajukan judul penelitian yang berjudul “Pemodelan 3D Organ Pernapasan Hewan Vertebrata Menggunakan *Augmented Reality* Dengan Metode *Markerless*”.

1.2. Rumusan Masalah

Media pembelajaran mengenai sistem pernapasan pada hewan masih menggunakan media konvensional, seperti gambar, buku, papan tulis dan animasi atau video. Sementara itu materi mengenai sistem pernapasan hewan ini sulit di lihat secara langsung, karna sebagian besar terjadi di dalam tubuh hewan. Meskipun memungkinkan untuk dilakukan pembedahan terhadap hewan tersebut untuk melihat organ sistem pernapasannya, akan tetapi kurang efisien jika mengeluarkan biaya lebih untuk membeli hewan hanya untuk melakukan pembedahan dan melihat organ sistem

pernapasannya saja. Sementara itu, praktikum pembedahan terhadap hewan untuk melihat organ sistem pernapasannya dengan metode belajar daring sulit dipantau oleh pengajar. Maka diperlukan media pembelajaran yang digital yang dapat meringankan beban biaya dan mengurangi limbah praktik serta membantu pengajar dalam mengatasi hal tersebut.

1.3. Batasan Masalah

Untuk membatasi lingkup dari penelitian ini, maka penulis memberikan batasan masalah pada penelitian ini, yaitu:

1. Objek 3 Dimensi yang akan dibentuk merupakan organ pernapasan hewan vertebrata jenis aves, pisces, amfibi, dan mamalia.
2. Objek 3 Dimensi yang akan dibangun, diambil dari buku teks biologi sekolah
3. Interaksi yang terhadap pada objek yaitu *scale*, rotasi dan animasi.
4. Metode *markerless* adalah metode yang digunakan untuk membuat *Augmented Reality* pada penelitian ini.

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan serta menggunakan *Augmented Reality* sebagai teknologi dalam memvisualisasikan organ pernapasan hewan vertebrata melalui sebuah aplikasi yang interaktif dan edukatif yang dibangun berbasis android OS pada *smartphone* untuk menjadi suatu media pembelajaran mengenai organ pernapasan hewan vertebrata.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Mengetahui bagaimana pengembangan dan proses pembautan aplikasi menggunakan teknologi *Augmented Reality* pada media pembelajaran organ pernapasan hewan vertebrata.
2. Aplikasi dapat digunakan sebagai media pembelajaran sistem pernapasan pada hewan vertebrata.

3. Memvisualisasikan objek 3 Dimensi yang interaktif kepada pengguna menggunakan teknologi *Augmented Reality*.
4. Dapat digunakan sebagai media praktik pada materi sistem pernapasan hewan pada sistem belajar jarak jauh atau sistem belajar dalam jaringan/*online*.

1.6. Metodologi Penelitian

Dalam pengerjaan penelitian ini, penulis menggunakan beberapa tahapan metode. Berikut tahapan-tahapan yang penulis lakukan untuk pengerjaan penelitian ini sebagai berikut:

1) Studi Literatur

Tahap awal adalah mencari serta mempelajari informasi dari berbagai sumber baik buku, artikel, skripsi, jurnal dan sumber lain yang berhubungan dengan judul penelitian ini, yaitu “Pemodelan 3D Organ Pernapasan Hewan Vertebrata Menggunakan *Augmented Reality* Dengan Metode *Markerless*” untuk dijadikan referensi, juga mengumpulkan data-data yang aktual tentang alat pernapasan hewan vertebrata.

2. Analisis dan Perancangan Sistem

Tahapan ini bertujuan untuk mendapat pemahaman terhadap segala yang dibutuhkan dalam pembangunan aplikasi *Augmented reality*. Setelah itu dilanjutkan dengan perancangan sistem berdasarkan hasil analisis.

3. Implementasi

Tujuan tahapan ini untuk menerapkan metode dari hasil analisis dan desain tahapan sebelumnya ke dalam pembuatan aplikasi.

4. Pengujian

Setelah aplikasi selesai akan dilanjutkan dengan proses pengujian aplikasi guna memastikan hasil perancangan yang dihasilkan bekerja menurut tujuan dari penelitian yang dicapai.

5. Penyusunan Laporan dan Dokumentasi

Pada akhir penelitian, penulis akan menyusun laporan serta dokumentasi untuk melampirkan hasil penelitian yang akan dibuat dalam penulisan skripsi.

1.7. Sistematika Penulisan

Penulisan laporan penelitian tugas akhir ini ditulis dengan cara yang sistematis dan terstruktur sehingga mudah dipahami dan dipelajari oleh pembaca dan pihak-pihak yang ingin melanjutkannya. Sistematika penulisan laporan penelitian ini, yakni:

Bab I : Pendahuluan

Bab yang berisi mengenai uraian tentang latar belakang permasalahan, penegasan dan alasan memilih judul, rumusan dari permasalahan penelitian dan batasan masalah penelitian, tujuan dan manfaat penelitian, serta metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

Bab II : Landasan Teori

Bab ini berisi deskripsi sistematis dari teori-teori terkait dengan masalah yang dibahas dalam penelitian ini. Teori-teori tersebut dikutip dari berbagai sumber, baik buku, jurnal, maupun referensi yang berasal dari internet.

Bab III : Analisis dan Perancangan Sistem

Bab ini berisi tentang analisis permasalahan dalam penelitian, yaitu arsitektur umum, pemodelan sistem, dan perancangan antarmuka aplikasi.

Bab IV : Implementasi dan Pengujian Sistem

Bab ini berisi implementasi hasil analisis dan perancangan sistem dan menunjukkan hasil pengujian yang diperoleh pada sistem untuk mengetahui kelayakan sistem yang sudah dibangun apakah sudah sesuai rencana.

Bab V : Kesimpulan dan Saran

Bab ini diakhiri dengan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan. Saran dan kritik dari penulis juga tertulis pada bab ini yang bertujuan supaya bisa mengembangkan penelitian tahap selanjutnya.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1. Vertebrata

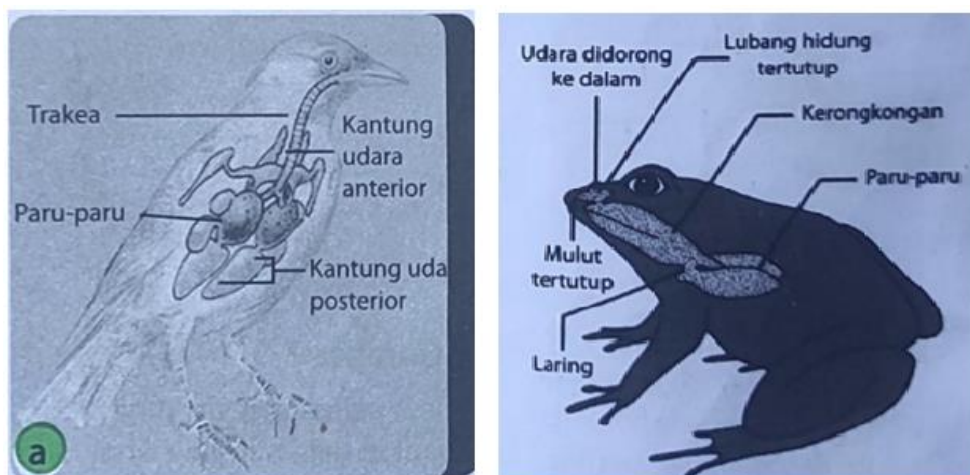
Kata “Vertebrata” berasal dari kata Latin yaitu “*vertebratus*,” yang kemudian diterjemahkan menjadi “sendi tulang belakang”. Ciri-ciri dasar ini yang menjadikan kerangka hewan tersebut menjadi kokoh dan tetap memiliki fleksibilitas atau lentur, juga memungkinkan perkembangan sistem saraf yang lebih rumit atau kompleks. (Maya & Nur, 2021).

Hewan vertebrata yaitu jenis hewan yang bertulang belakang atau punggung. Tubuh hewan vertebrata jauh lebih sempurna daripada hewan invertebrata. Tidak seperti hewan yang tidak bertulang punggung, hewan vertebrata memiliki tali, yang merupakan susunan tempat terkumpulnya sel-sel saraf dan merupakan perpanjangan kumpulan saraf di dalam otak. Hewan vertebrata mempunyai sistem peredaran darah yang sempurna yang berpusat pada organ jantung dan menghubungkannya ke salurannya.

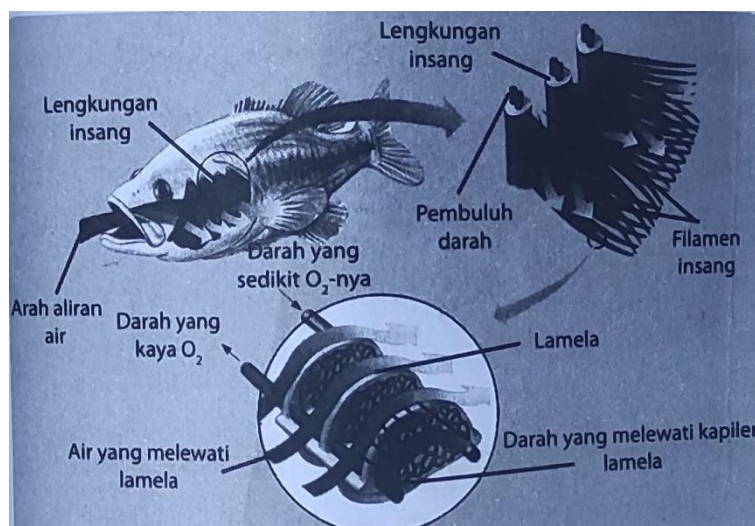
Beberapa ciri khusus yang dimiliki oleh tubuh hewan bertulang belakang adalah:

1. Memiliki tulang yang terletak terentang dari bagian belakang kepala hingga ke bagian ekor.
2. Memiliki organ yang disebut otak yang terletak di dalam lindungan tulang tengkorak.
3. Bentuk tubuh memiliki bentuk yang simetris bilateral.
4. Memiliki bagian ekor, leher, badan, dan kepala, meskipun bagian ekor dan bagian leher tidak harus mutlak ada, seperti kodok (Irie et al., 2018).

Contoh hewan vertebrata beserta organ pernapasannya dapat di lihat pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2.



Gambar 2.1 Organ Pernapasan Hewan Vertebrata Burung dan Katak (Buku Biologi SMA Kelas 11)



Gambar 2.2 Organ Pernapasan Hewan Vertebrata Ikan (Buku Biologi SMA Kelas 11)

2.2. *Augmented reality*

Teknologi yang mampu mengombinasikan antara objek virtual dengan lingkungan nyata dalam waktu yang nyata merupakan definisi dari *Augmented Reality*. Teknologi ini dapat memvisualisasikan objek baik 2D maupun 3D melalui *marker* atau penanda yang diarahkan ke kamera (Azuma, 1997). *Augmented Reality* dapat membuat pengguna melihat 3D objek yang diproyeksikan ke dunia nyata secara *realtime*. Saat ini, *Augmented Reality* semakin banyak diterapkan pada *video games*, efek filter

kamera, dan media pembelajaran. Terdapat 2 jenis metode pada AR yaitu yang pertama *markerbased* dan yang kedua *markerless*. *Augmented reality* dengan metode *marker based* menggunakan sebuah objek visual khusus berupa QR-Code yang dicetak hingga simbol khusus atau disebut *marker*, dan kamera untuk memindai objek tersebut, lalu komputer akan memproses *marker* tersebut dan menampilkan 3D objek yang dapat dilihat pengguna secara *real-time*. *Augmented Reality* dengan metode *markerless* adalah yang kedua, yang memanfaatkan teknologi GPS, speedometer, kompas digital, dan *accelerometer* yang terintegrasi ke dalam perangkat untuk menawarkan informasi sesuai dengan lokasi pengguna saat ini. Bentuk AR ini sering digunakan untuk tujuan navigasi, serta aplikasi seluler lainnya yang bergantung pada data lokasi. Contoh dari *markerbased* dan *markerless* dapat diperhatikan pada Gambar 2.3 dan Gambar 2.4.



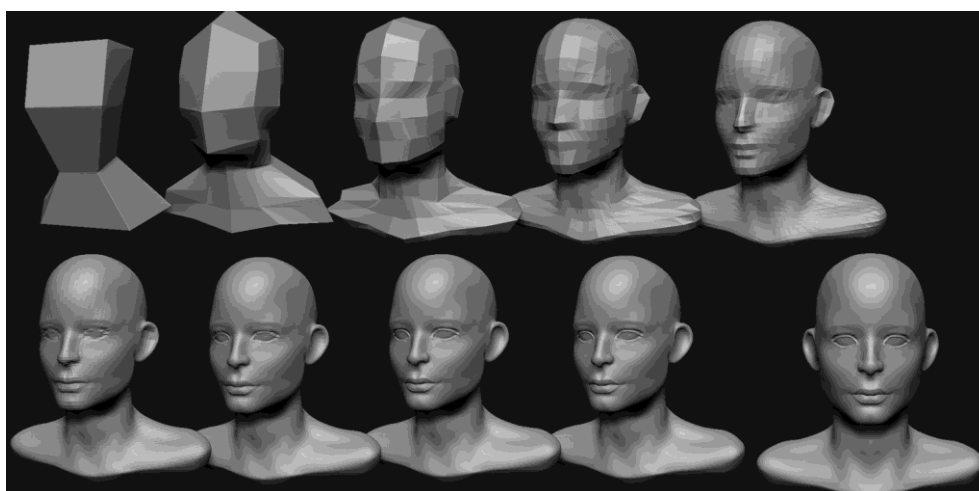
Gambar 2.3 Marker Based (El Filali & Krit, 2018)



Gambar 2.4 Markerless (El Filali & Krit, 2018)

2.3. Pemodelan 3 Dimensi

Pemodelan 3D melibatkan penciptaan objek tiga dimensi yang dimaksudkan untuk representasi dalam format visual yang nyata, mencakup pertimbangan bentuk, tekstur, dan dimensi. Atau, ini adalah metode di bidang grafik komputer yang digunakan untuk menghasilkan penggambaran digital suatu objek dengan kedalaman dan lebar (baik suatu benda ataupun makhluk hidup). Pada dasarnya, konsep pemodelan tiga dimensi memerlukan penciptaan objek atau entitas menggunakan koordinat x , y , z untuk mencapai penggambaran yang realistis.



Gambar 2.5 Pemodelan 3 Dimensi (<https://idseducation.com>)

2.4. *Augmented Reality*

Teknologi yang mampu menggabungkan antara benda maya dengan lingkungan nyata dalam waktu yang nyata merupakan definisi dari *Augmented Reality*. Teknologi ini dapat memvisualisasikan objek baik 2D maupun 3D melalui *marker* atau penanda yang diarahkan ke kamera (Azuma, 1997). *Augmented Reality* dapat membuat pengguna melihat 3D objek yang diproyeksikan ke dunia nyata secara *realtime*. Saat ini, *Augmented Reality* semakin banyak diterapkan pada video games, efek filter kamera, dan media pembelajaran.

2.5. Blender

Blender adalah sebuah *software* yang dikembangkan untuk komputer yang dapat digunakan untuk membuat gambar tiga dimensi (3D), animasi, model, simulasi, *rendering*, dan *compositing*. Blender bersifat *open-source*, artinya aplikasi ini dapat diakses dan dimodifikasi oleh siapa saja secara gratis.

Blender awalnya dirilis pada tahun 1998 oleh perusahaan animasi Belanda, NeoGeo, namun kemudian dikembangkan dan dirilis secara gratis oleh Blender Foundation pada tahun 2002. Blender dapat digunakan di banyak sistem operasi, termasuk Windows, macOS, dan Linux.

Blender memiliki fitur-fitur yang lengkap dan canggih, seperti modeling 3D, animasi, *rigging*, simulasi partikel, *texturing*, *compositing*, dan *rendering*. Blender juga mendukung berbagai format file 3D, seperti obj, fbx, dae, dan masih banyak lagi. Blender digunakan di berbagai bidang, termasuk animasi, *game development*, arsitektur, visualisasi produk, dan industri film. Aplikasi ini menjadi populer di kalangan artis 3D karena kemampuannya untuk menghasilkan hasil yang berkualitas tinggi, baik untuk proyek besar maupun kecil. Blender juga memiliki komunitas pengguna yang aktif dan luas, yang dapat memberikan dukungan dan bantuan dalam mengatasi masalah dan menjawab pertanyaan pengguna baru.

2.6. Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian sebelumnya sudah memanfaatkan *Augmented Reality* dalam bidang Pendidikan adalah penelitian yang dilakukan oleh Khairi, (2017) dengan judul Implementasi *Augmented Reality* (AR) pada Pengenalan Alat Pernapasan Manusia Berbasis Android. Penelitian ini menggunakan metode *markerless* dengan teknik *User Defined Target*, menghasilkan sistem yang mampu membantu pengguna dalam hal mengenali alat pernapasan manusia secara lebih mendalam. Sapri Hernia Pulungan, (2018) pada penelitiannya yang berjudul 3d Anatomi Sistem Pernapasan Menggunakan *Augmented reality* Sebagai Media Pembelajaran. Penelitian ini menggunakan *marker-based tracking*, menghasilkan aplikasi yang mampu menampilkan obyek 3D organ sistem pernafasan dengan teknologi *Augmented Reality*, pada penelitian ini untuk

mendeteksi objek atau *marker* memiliki jarak optimal pada jarak 15–35cm dan sudut kemiringan 30–90 derajat.

Andayani et al., (2019) dengan judul *A Visualisation of 3D Lung Anatomy with Augmented reality as Interactive Medical Learnig*, penelitian ini menghasilkan sebuah aplikasi yang dapat menampilkan 3D anatomi tubuh manusia menggunakan *Leap Motion Controller* atau *LMC*. *LMC* berfungsi sebagai sensor pada perangkat keras komputer yang sudah mendukung masukan berupa gerakan tangan dan jari. Pada penelitian ini, jarak *marker* terdeteksi 15cm-35cm dengan sudut 30-90 derajat. Selain itu, Amalia & Suryani (2019) telah membangun sistem *Augmented Reality* dengan judul “ARRES” *Augmented Realty for the human respiretory system*, penelitian ini menghasilkan aplikasi untuk tingkat siswa kelas 8 SMP yang dapat memodelkan organ sistem pernapasan dan peredaran darah manusia dalam bentuk animasi 3D yang di buat dengan menggunakan *software* Blender, sehingga memudahkan dalam memahami mata pelajaran biologi mengenai sistem pernapasan dan peredaran darah tersebut.

Selain itu organ tubuh manusia lainnya seperti organ pencernaan usus telah dikembangkan oleh Sattar (2019) yang berjudul *Augmented Reality* Pemodelan Objek 3D pada Organ Usus Manusia, yang juga menggunakan *Marker Based Tracking* dengan hasil pengujian *marker* pada jarak dari 30cm sampai 90cm, serta dengan kemiringan sudut kamera antara 30° hingga 60° dimana *marker* dapat terdeteksi dan stabil sehingga menghasilkan aplikasi yang dapat dijadikan sebagai alternatif pembelajaran interaktif anatomi organ usus.

Tabel 2.1 adalah paparan dari penelitian terdahulu yang telah dijelaskan sebelumnya.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti	Judul	Keterangan
1.	Putra Ma'al Khairi (2017)	Implementasi <i>Augmented reality</i> (AR) pada Pengenalan Alat Pernafasan Manusia Berbasis Android	Penelitian ini menggunakan <i>Markerless Based Tracking</i> dengan Teknik <i>User Defined Target</i> . Hasil yang diperoleh dari sistim yang dibangun mampu membantu pengguna dalam mengenali Alat

No.	Peneliti	Judul	Keterangan
			Pernapasan Manusia secara lebih mendalam.
2.	Sapri Hernina Pulungan (2018)	3d Anatomi Sistem Pernapasan Menggunakan <i>Augmented Reality</i> Sebagai Media Pembelajaran	Penelitian ini menggunakan <i>marker based tracking</i> , menghasilkan aplikasi yang mampu menampilkan objek 3D organ sistem pernapasan dengan teknologi <i>Augmented Reality</i> . Jarak optimal dalam mendeteksi <i>marker</i> , yaitu 15–35cm, dengan sudut 30–90 derajat.
3.	Andayani et al. (2019)	<i>A Visualisation of 3D Lung Anatomy with Augmented reality as Interactive Medical Learning</i>	Penelitian ini menghasilkan sebuah aplikasi yang dapat menampilkan 3D anatomi tubuh manusia menggunakan <i>Leap Motion Controller</i> , jarak <i>marker</i> terdeteksi 15cm-35cm dengan sudut 30-90 derajat
4.	Amalia (2019)	“ARRES” <i>Augmented reality for the human respiratory system</i>	Penelitian ini menghasilkan aplikasi untuk tingkat siswa kelas 8 SMP yang dapat memodelkan organ sistem pernapasan dan peredaran darah manusia dalam bentuk animasi 3D yang dibuat dengan menggunakan <i>software blender</i> , sehingga memudahkan dalam memahami mata pelajaran biologi mengenai sistem pernapasan dan peredaran darah tersebut.
5.	Muhammad Sattar (2019)	<i>Augmented reality</i> Pemodelan Objek 3D pada Organ Usus Manusia	menggunakan <i>Marker Based Tracking</i> dengan hasil uji jarak <i>marker</i> berjarak 30cm-90cm, dan sudut kamera 30 derajat–60 derajat <i>marker</i> terdeteksi dan stabil dan aplikasi yang telah dibuat dapat digunakan sebagai <i>alternative</i>

No.	Peneliti	Judul	Keterangan
			pembelajaran interaktif anatomi organ usus.
6.	Syahputra et al. (2020)	<i>Augmented reality Virtual House Model Using ARCore Technology Based on Android</i>	Penelitian ini menggunakan teknologi ARCore dalam mendeteksi permukaan sebagai <i>marker</i> . <i>Plane Detection</i> dapat mendeteksi permukaan dengan baik, <i>Point cloud</i> hanya dapat mendeteksi dengan baik pada tekstur beragam dan sulit mendeteksi tekstur satu warna, serta pada kondisi ruangan gelap, <i>Plane Detection</i> sulit karena <i>point cloud</i> tidak dapat mendeteksi tekstur dengan baik.
7.	Sitepu (2021)	Rekonstruksi 3D Anatomi Gigi Sebagai Media Pembelajaran Berbasis <i>Augmented Reality</i>	Penelitian ini menggunakan metode <i>marker based tracking</i> , menghasilkan aplikasi yang mampu menampilkan objek 3D rangka gigi permanen manusia yang ada di dalam mulut. <i>Marker</i> dapat terdeteksi dengan stabil pada jarak 10cm-80 cm dan akurat dengan sudut kemiringan 30° hingga 90°.

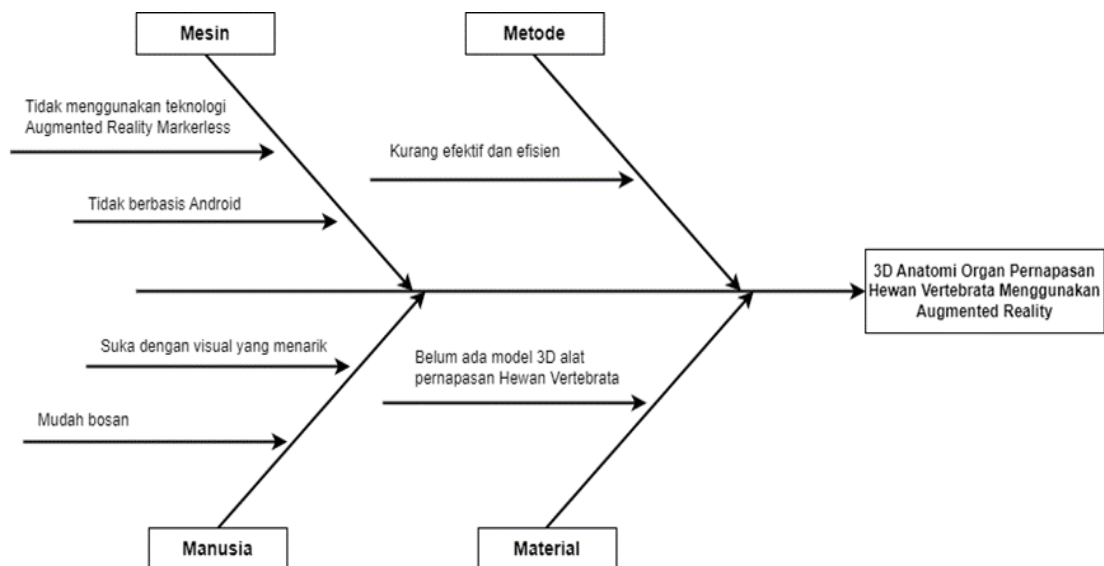
Pembeda penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan penulis adalah penulis menggunakan teknologi *Augmented Reality* dengan metode *markerless* yang menggunakan permukaan bidang datar yang dijadikan *plane* sebagai *marker* untuk menempatkan objek *virtual* 3 dimensi dan menggunakan model 3d organ pernapasan hewan vertebrata sebagai objeknya.

BAB 3

ANALISA DAN PERANCANGAN SISTEM

3.1. Analisis Masalah

Masalah utama pada penelitian ini adalah kurangnya implementasi teknologi *Augmented Reality* dalam mempelajari Organ Pernapasan Hewan Vertebrata dengan menggunakan metode *Markerless* agar dapat digunakan dimanapun.



Gambar 3.1 Diagram Ishikawa (Fish Bone)

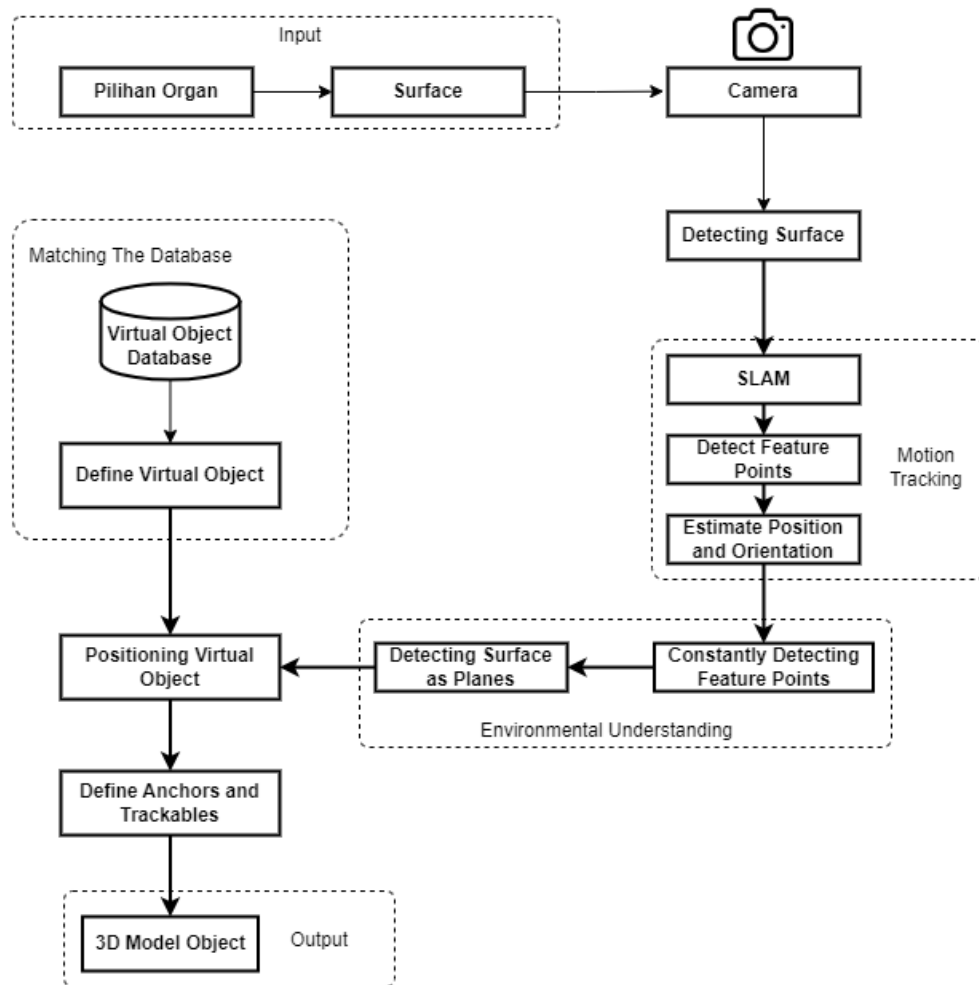
Gambar 3.1 merupakan Diagram Ishikawa (*Fish Bone*) yang digunakan untuk menganalisis suatu masalah yaitu *Cause and Effect*. Tiga bagian penting yang terdapat dalam Diagram Ishikawa, yaitu:

- Bagian kepala berfungsi sebagai akibat (*effect*), yaitu masalah yang ingin dianalisis. Pada penelitian ini yang bagian kepala yang berfungsi sebagai akibat (*effect*), yaitu 3d anatomi organ pernapasan hewan vertebrata menggunakan *Augmented Reality*.

- b. Terdapat bagian tulang yang memiliki fungsi sebagai penyebab utama (*main cause*), yaitu faktor-faktor penyebab terjadinya suatu masalah. Pada penelitian ini beberapa faktor yang menjadi penyebab terjadinya masalah adalah faktor dari mesin atau alat yang digunakan, faktor metode, faktor manusia atau pengguna, serta faktor material.
- c. Bagian panah yang terdapat pada bagian tulang berfungsi sebagai pernyataan sekunder dari penyebab utama. Pada penelitian ini yang menjadi pernyataan sekunder dari penyebab utama adalah mesin atau alat yang digunakan tidak menggunakan teknologi *Augmented Reality Markerless* dan tidak berbasis Android, manusia atau pengguna yang mudah bosan dan suka dengan visual yang menarik, metode yang digunakan kurang efisien dan efektif, serta belum tersedianya model 3d alat pernapasan hewan vertebrata.

3.2. Arsitektur Umum

Sistem yang dirancang merupakan aplikasi *Augmented Reality* organ pernapasan hewan vertebrata berbasis android, dengan menggunakan metode *markerless* untuk dapat menampilkan objek 3D pernapasan hewan vertebrata. Arsitektur umum pada penelitian ini, terbagi menjadi 3 tahapan, yaitu baik *input*, proses, dan juga *output*. Pada tahap *input*, pengguna memberikan masukan pada aplikasi untuk dilanjutkan dan diolah pada tahap proses. Selanjutnya pada tahap proses, masukan yang diberikan oleh pengguna pada tahap *input* akan diolah oleh sistem pada aplikasi dengan beberapa tahapan-tahapan yang terdapat pada tahap proses. Setelah memberikan *input* dan dilakukan pemrosesan pada sistem aplikasi, kemudian sistem akan memberikan *output* sesuai dengan *input* yang sudah diberikan pengguna. Tahapan-tahapan yang terdapat pada arsitektur umum penelitian ini dapat diperhatikan pada Gambar 3.2, serta akan dijelaskan keterangan dari setiap tahapan yang terdapat dalam arsitektur umum penelitian ini.



Gambar 3.2 Arsitektur Umum

3.2.1. *Input*

Pada tahap *input*, pengguna memilih pilihan organ pernapasan hewan kemudian mencari dan menentukan bidang datar yang akan dideteksi oleh aplikasi melalui kamera untuk menempatkan objek di atas bidang datar yang telah dideteksi sebelumnya. Objek virtual tersebut nantinya dapat dimanipulasi sebagaimana dengan fitur yang sudah di sediakan seperti *scale* dan *rotasi*.

3.2.2. *Proses*

a) *Detecting Surface*

Pada tahap ini terjadi proses di mana sistem akan mencari bidang datar permukaan yang telah direkam oleh kamera lalu digunakan untuk menampilkan objek virtual pada aplikasi. Proses ini mengidentifikasi tekstur pada permukaan dengan memperhitungkan jarak antara tekstur dan kamera tersebut.

b) *Motion Tracking*

Fase selanjutnya melibatkan pelacakan gerakan, di mana sistem mengeksekusi *Simultaneous Localization and Mapping* (SLAM) dengan mendeteksi permukaan secara bersamaan dan menemukan titik fitur. SLAM bertanggung jawab untuk menentukan posisi kamera dan lingkungan sekitarnya, memanfaatkan titik fitur yang terdeteksi untuk terus memperbarui lokasi kamera. Data yang dikumpulkan kemudian digabungkan dan dianalisis menggunakan *Inertial Measurement Units* (IMU) di *smartphone* untuk mendapatkan perkiraan orientasi spasial kamera dalam kaitannya dengan lingkungan aktual dari waktu ke waktu. Melalui pelacakan gerak, objek virtual dapat divisualisasikan dari berbagai perspektif yang disediakan oleh sudut kamera yang berbeda..

1) *Simultaneous Localization and Mapping*

Tahap ini merupakan proses untuk membangun peta dari suatu lingkungan yang tidak diketahui atau memperbarui peta yang sudah ada.

2) *Detect Feature Points*

Pada tahap ini, kamera mendeteksi permukaan dan objek di sekitarnya. Kamera kemudian menggunakan tekstur dan pola pada objek-objek tersebut untuk membentuk titik-titik visual. Titik-titik visual ini kemudian di gunakan untuk membentuk bidang-bidang yang digunakan untuk menempatkan objek virtual.

3) *Estimate Position and Orientation*

Setelah berhasil mendeteksi *feature points*, kemudian aplikasi menggunakan *Inertial Measurement Unit* (IMU) yang terdapat pada *smartphone* untuk menghitung estimasi dari posisi dan orientasi kamera. IMU adalah perangkat yang dapat menghitung tingkat sudut dengan menghitung *accelerometers* dan *gyroscopes*.

c) *Environtmental Understanding*

Pada tahap ini, *features point* sebelumnya yang sudah ada diproses menjadi bidang ataupun permukaan yang secara berlanjut dideteksi oleh kamera. Pembuatan bidang ini dilakukan oleh sistem menggunakan material dan *shader* khusus yang dapat menyesuaikan dengan luas permukaan yang terdeteksi.

1) *Constantly Detecting Feature Points*

Tahap ini sistem secara konstan mendeteksi pola titik-titik visual yang telah dibuat pada tahap sebelumnya.

2) *Detecting Surface as Planes*

Bersamaan dengan tahap sebelumnya sistem membentuk *planes* dari pola titik-titik visual yang dideteksi secara terus menerus. *Planes* inilah yang akan digunakan oleh sistem sebagai *marker* untuk menempatkan objek virtual 3 dimensi yang diinginkan.

d) *Matching Database*

Proses ini dilakukan oleh sistem untuk melakukan pencocokan objek yang sudah dipilih dengan objek yang ada di dalam *database*.

e) *Positioning Virtual Object*

Pada tahap ini, objek dapat ditempatkan di atas *planes* sebagaimana pilihan yang diberikan pada tahap sebelumnya. Objek dapat dirotasi, diubah ukurannya, dan dipindahkan posisinya.

f) *Define Anchors and Trackables*

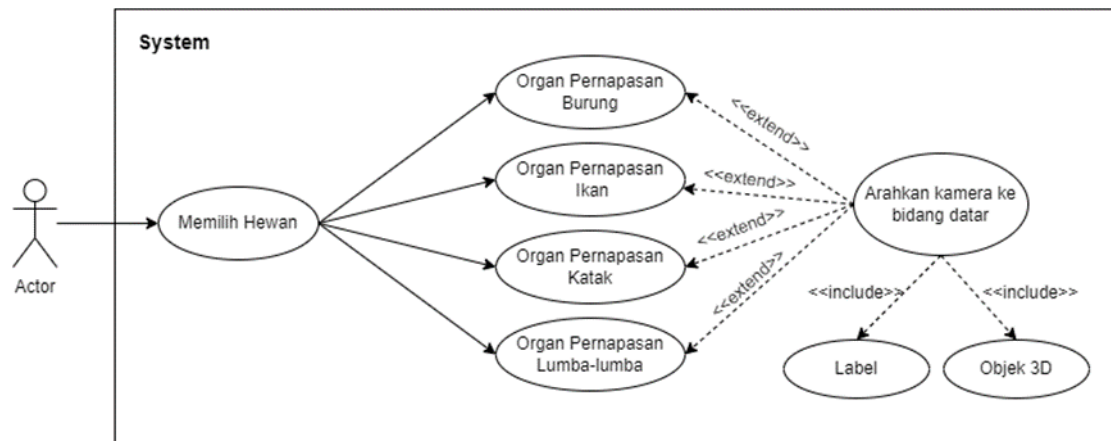
Tahap ini berfungsi untuk memastikan posisi objek 3d yang ditempatkan tetap berada di *planes* atau bidang tiap saat, sebuah jangkar atau *anchor* harus di tentukan saat meletakan objek pada *trackables* yang berfungsi untuk menandai posisi di mana objek tersebut diletakan agar tetap stabil meskipun kamera atau *smartphone* berpindah. *Planes* dan *features points* adalah objek *trackables* di mana suatu objek virtual ditempatkan.

3.2.3. *Output*

Output dari setiap proses sebelumnya adalah berupa objek 3d *Augmented Reality* yang bisa diletakan oleh pengguna di atas *planes* atau bidang hasil dari setiap proses yang di lakukan oleh sistem.

3.3. Use Case Diagram

Use case diagram merupakan satu dari beberapa jenis dari diagram *Unified Modeling Language* (UML) yang biasa dipakai untuk menunjukkan hubungan interaksi sistem terhadap aktor atau penggunanya. Pada kasus ini, aktor dapat berupa orang ataupun perangkat. Hasilnya adalah skema sederhana yang memungkinkan pengguna membaca dan memahami informasi.



Gambar 3.3 Use Case Diagram

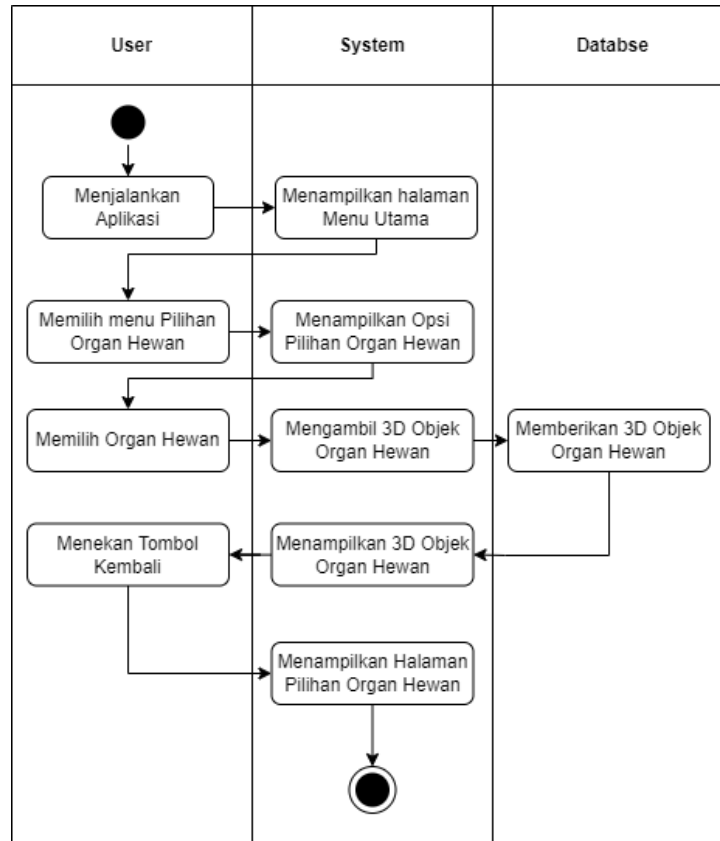
3.4. Activity Diagram

Activity Diagram atau Diagram aktivitas merupakan suatu diagram yang menggambarkan proses yang terjadi saat sistem sedang dijalankan. Diagram aktivitas mendeskripsikan bagaimana sebuah tindakan yang dilaksanakan diproses dan bagaimana respon dari tindakan tersebut.

3.4.1. Diagram aktivitas menampilkan objek 3d *ar* organ pernapasan hewan

Diagram aktivitas ini menggambarkan proses saat aplikasi pertama kali dijalankan hingga aplikasi menampilkan objek 3D organ pernapasan hewan. Pada saat *user* memilih aplikasi, kemudian sistem menanggapi dan menjalankan dan membuka aplikasi yang dipilih, kemudian menampilkan tampilan halaman utama. Selanjutnya *user* memilih menu pilihan organ hewan, lalu sistem menampilkan halaman pilihan organ hewan yang tersedia. Setelah itu, *user* memilih organ hewan yang tersedia, kemudian sistem menanggapi dengan mengambil objek 3D dari *database* dan *database* memberikan objek 3d sesuai pilihan pengguna, selanjutnya sistem menampilkan objek

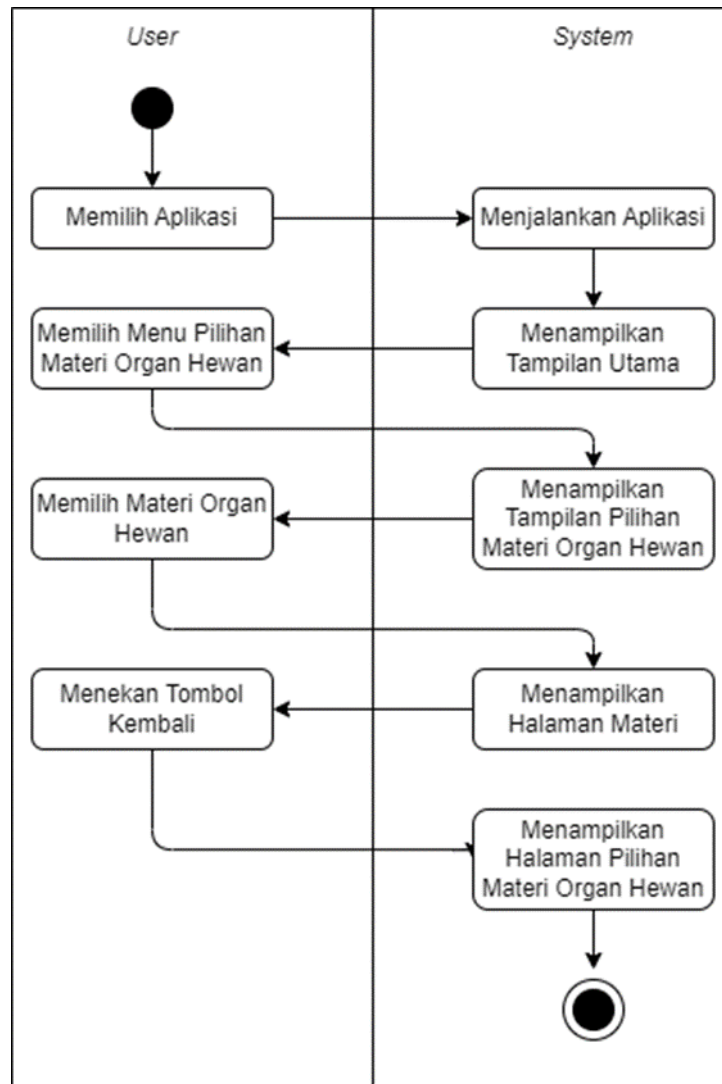
3d *Augmented Reality* organ pernapasan hewan di layar. Diagram aktivitas menampilkan objek 3d AR organ pernapasan hewan dapat diperhatikan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Diagram Aktivitas Halaman Organ Pernapasan

3.4.2. Diagram aktivitas materi organ pernapasan hewan

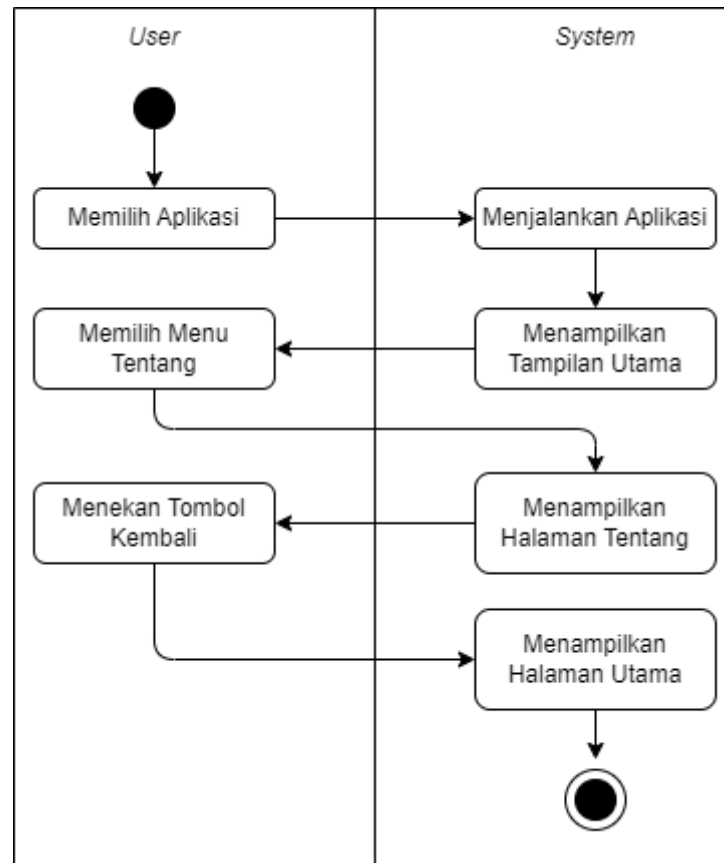
Diagram aktivitas ini mengilustrasikan proses yang terjadi saat aplikasi pertama kali dijalankan hingga aplikasi menampilkan materi organ pernapasan hewan. Pada saat *user* memilih aplikasi, kemudian sistem menanggapi dan menjalankan dan membuka aplikasi yang dipilih, kemudian menampilkan tampilan halaman utama. Selanjutnya *user* memilih menu pilihan materi organ hewan, lalu sistem menampilkan halaman pilihan materi organ hewan yang tersedia. Setelah itu, *user* memilih materi organ hewan yang tersedia, kemudian sistem menanggapi dengan menampilkan halaman materi organ pernapasan hewan. Diagram aktivitas menampilkan materi organ pernapasan hewan dapat diperhatikan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Diagram Aktivitas Halaman Materi

3.4.3. Diagram aktivitas menu tentang

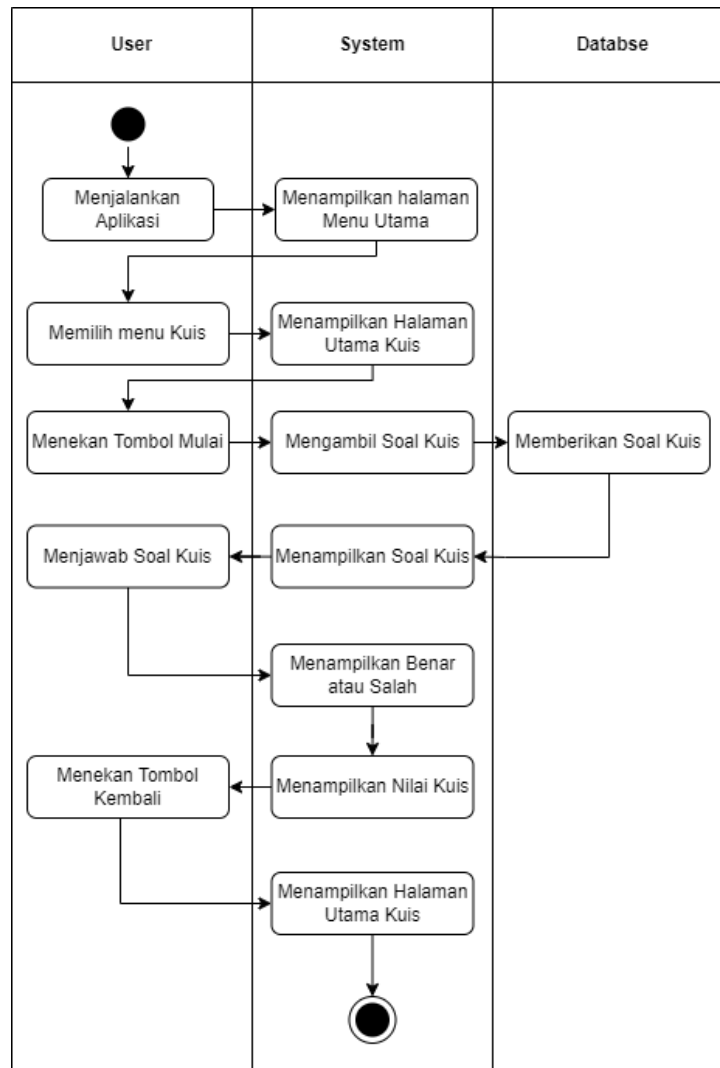
Diagram ini menggambarkan proses saat aplikasi pertama kali dijalankan hingga aplikasi menampilkan halaman tentang. Pertama, *user* memilih aplikasi, kemudian sistem menjalankan aplikasi dan memberikan *output* berupa tampilan halaman utama. Kemudian *user* memilih menu Tentang, selanjutnya sistem menanggapi dengan menampilkan halaman Tentang. Diagram aktivitas Tentang bisa diperhatikan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Diagram Aktivitas Halaman Tentang

3.4.4. Diagram aktivitas kuis

Diagram aktivitas ini menggambarkan saat aplikasi pertama kali dijalankan hingga aplikasi menampilkan soal kuis dan nilai kuis. *User* memilih aplikasi, lalu sistem menanggapi dengan menjalankan aplikasi dan menampilkan tampilan utama. Selanjutnya *user* memilih menu kuis, kemudian sistem menampilkan halaman utama kuis. Setelah itu pengguna memulai kuis dengan menekan tombol mulai, kemudian sistem mengambil soal kuis di *database*. *Database* selanjutnya memberikan soal kuis, dan sistem menampilkan soal kuis di layar. Pada saat sistem menampilkan soal kuis, *user* melakukan interaksi berupa menjawab atau mengerjakan soal kuis dan memberikan umpan balik berupa benar atau salah. Setelah *user* menjawab semua soal yang tersedia, maka sistem akan menampilkan nilai kuis yang diperoleh. Diagram aktivitas kuis bisa diperhatikan pada Gambar 3.7.



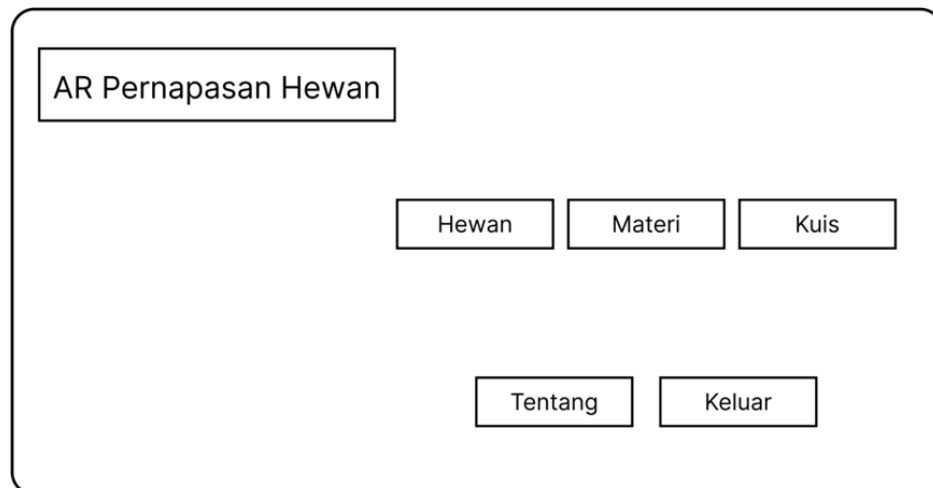
Gambar 3.7 Diagram Aktivitas Halaman Kuis

3.5. Perancangan Antarmuka

Hal yang dikerjakan pada tahap ini adalah melaksanakan perancangan sistem antar muka, yang merupakan tampilan aplikasi. Terdapat beberapa perancangan pada tahap ini yaitu perancangan halaman utama, halaman pilihan objek, halaman pilihan materi, halaman objek 3D, halaman materi, halaman kuis, dan halaman tentang.

3.5.1. Rancangan *scene* halaman utama

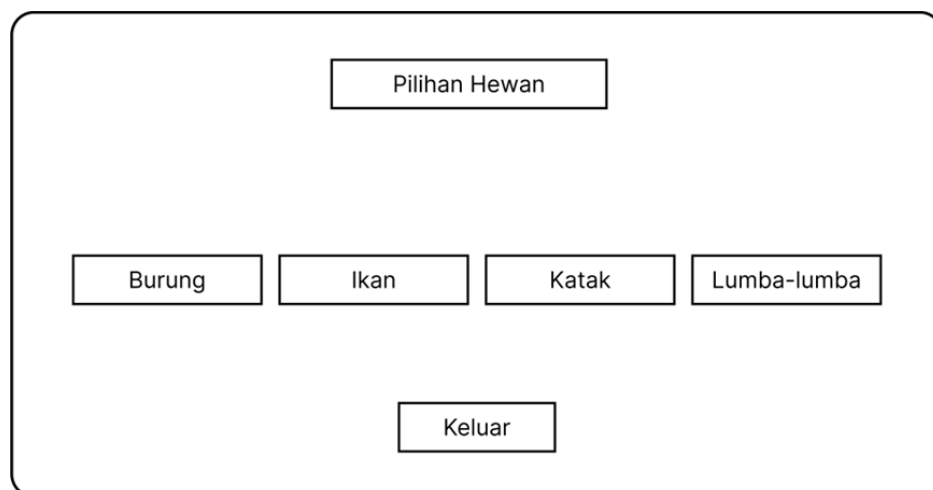
Halaman utama adalah tampilan pertama yang di lihat saat pengguna membuka aplikasi. Pada *scene* ditampilkan informasi mengenai judul aplikasi dan tombol yang akan menghubungkan ke halaman lain. Tombol yang ada pada halaman utama yaitu tombol pilihan hewan, tombol pilihan materi, tombol kuis, tombol tentang dan tombol keluar.



Gambar 3.8 Rancangan *Scene* Halaman Utama

3.5.2. Rancangan *scene* halaman pilihan hewan

Halaman ini adalah halaman yang memiliki beberapa tombol untuk memilih jenis hewan apa yang akan ditampilkan objek 3d organ pernapasannya. Beberapa tombol yang terdapat pada *scene* ini adalah tombol burung, tombol ikan, tombol katak, tombol lumba-lumba, dan tombol kembali.

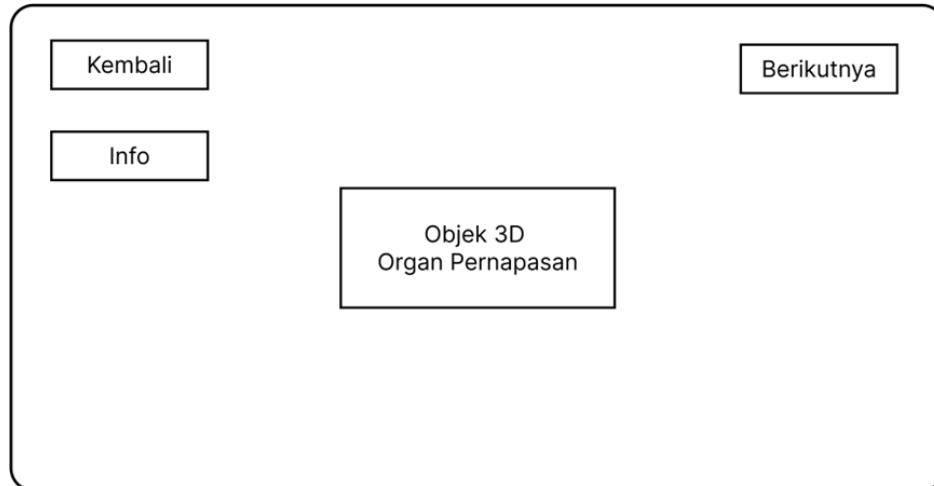


Gambar 3.9 Rancangan *Scene* Halaman Pilihan Organ

3.5.3. Rancangan *scene* halaman objek

Halaman ini adalah halaman yang akan menampilkan objek 3d organ pernapasan hewan yang sudah ditentukan di halaman pilihan hewan sebelumnya. Pada halaman ini

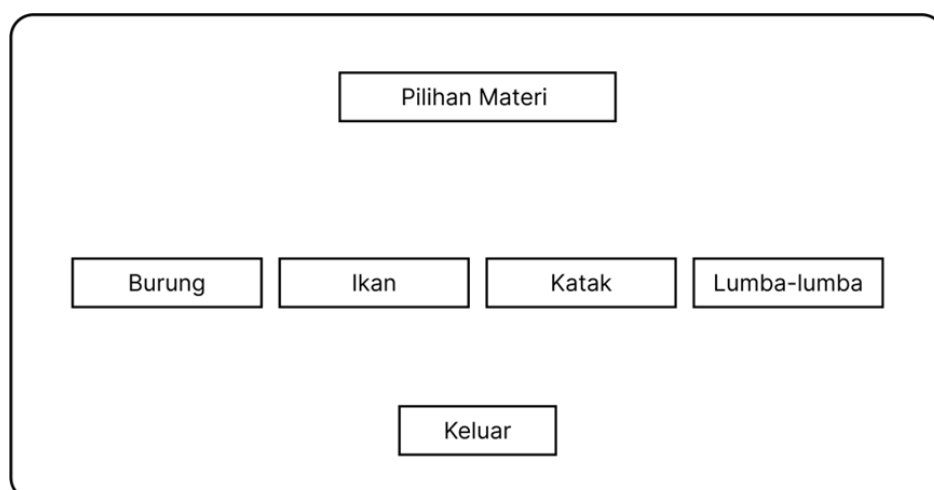
terdapat beberapa tombol yaitu tombol kembali untuk berpindah ke halaman sebelumnya dan tombol berikutnya untuk berpindah ke tampilan objek 3d organ pernapasan lainnya pada hewan tersebut.



Gambar 3.10 Rancangan *Scene* Halaman Organ Pernapasan

3.5.4. Rancangan *scene* halaman pilihan materi

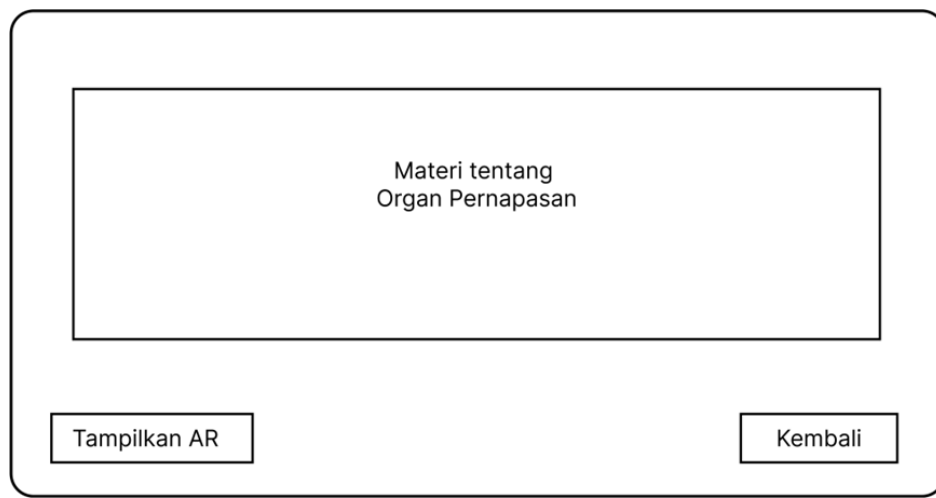
Halaman ini adalah halaman yang akan menampilkan tombol pilihan materi organ pernapasan hewan yang tersedia dan juga terdapat tombol kembali untuk bernavigasi ke halaman utama. Pengguna dapat memilih materi organ apa yang akan ditampilkan dengan memilih dari tombol yang disediakan.



Gambar 3.11 Rancangan *Scene* Halaman Pilihan Materi

3.5.5. Rancangan *scene* halaman materi

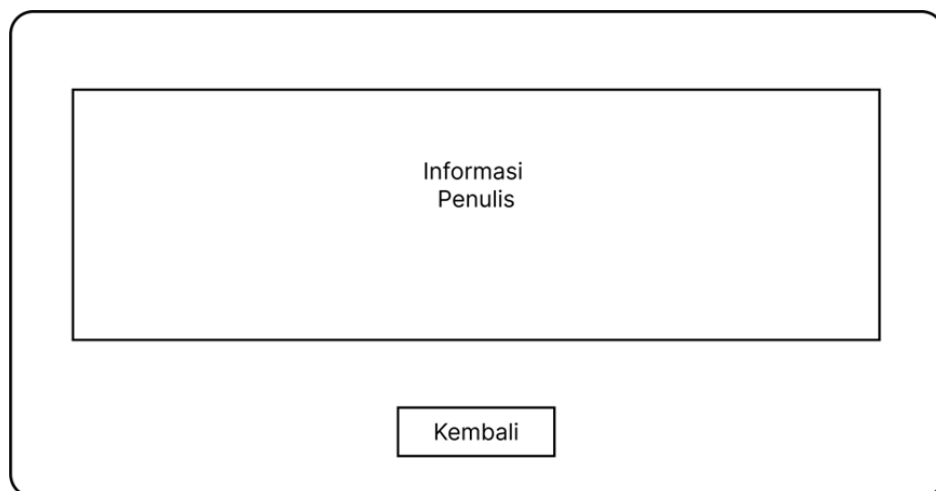
Halaman ini adalah halaman yang akan menampilkan materi tentang organ pernapasan hewan yang telah dipilih sebelumnya pada halaman pilihan materi. Pada halaman juga terdapat 3 tombol, yaitu tombol Tampilkan Organ 3D berfungsi untuk menampilkan objek organ pernapasan hewan tersebut, tombol Selanjutnya berfungsi untuk bernavigasi ke halaman selanjutnya, dan tombol kembali untuk berpindah ke halaman sebelumnya.



Gambar 3.12 Rancangan *Scene* Halaman Materi

3.5.6. Rancangan *scene* halaman tentang

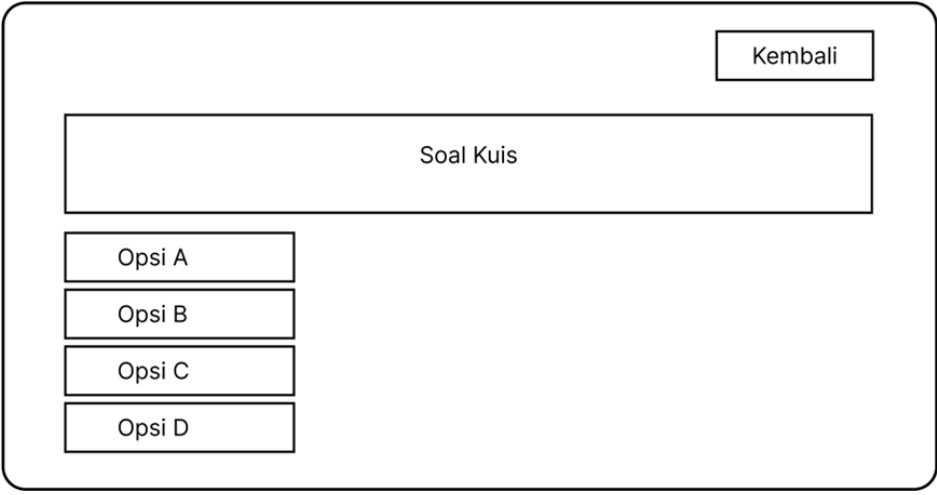
Halaman ini merupakan *scene* yang akan menampilkan informasi mengenai penulis dan informasi dosen pembimbing



Gambar 3.13 Rancangan *Scene* Halaman Tentang

3.5.7. Rancangan *scene* halaman kuis

Halaman kuis adalah halaman yang akan menampilkan beberapa pertanyaan berupa pilihan berganda yang harus dijawab oleh pengguna. Pada halaman kuis juga mempunyai tombol kembali untuk bernavigasi ke halaman utama.



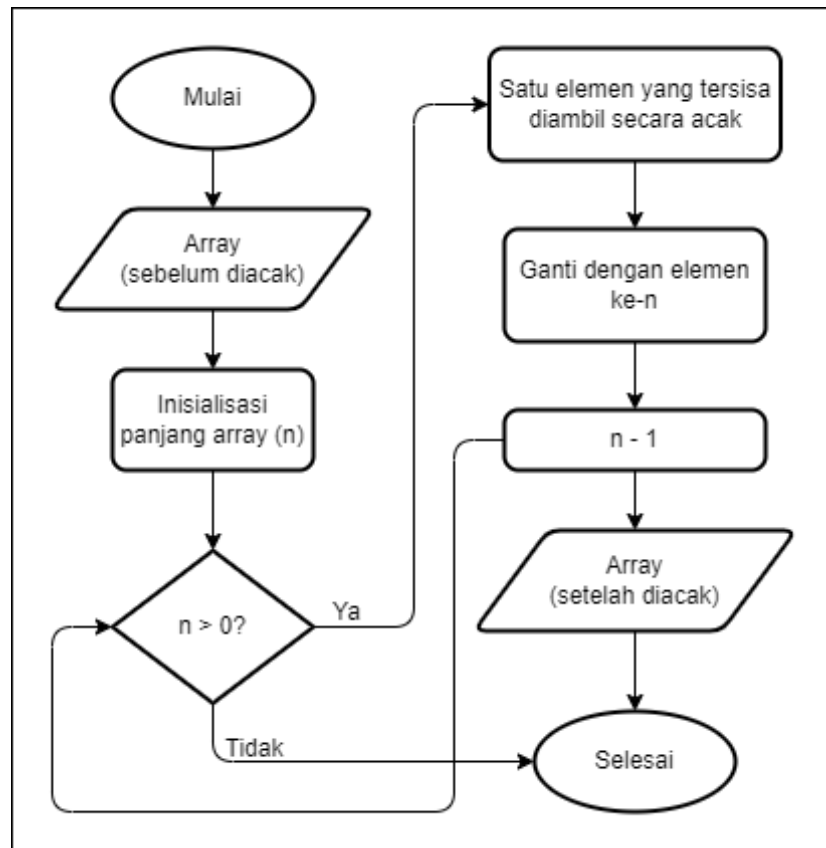
The diagram illustrates the layout of a quiz page. It features a rounded rectangular container. In the top right corner, there is a button labeled 'Kembali'. Below this, a large rectangular box is labeled 'Soal Kuis'. Underneath the question box, there are four vertically stacked buttons labeled 'Opsi A', 'Opsi B', 'Opsi C', and 'Opsi D'.

Gambar 3.14 Rancangan *Scene* Halaman Kuis

3.6. Pengacakan Soal Kuis dengan Algoritma *Fisher Yates*

Implementasi algoritma *Fisher Yates* digunakan pada pengacakan pada bagian kuis. *Fisher Yates* digunakan untuk mengacak soal yang terdapat pada daftar atau kumpulan soal kuis. Penggunaan algoritma ini bekerja dengan mengacak kumpulan data yang terdapat pada *array*, sehingga menghasilkan urutan yang acak. Urutan langkah yang digunakan dengan algoritma *Fisher Yates* untuk mengacak, yakni:

1. Satu elemen diambil secara acak dari *array* saat ini.
2. Tukar elemen yang diambil dengan array terakhir saat ini.
3. Kurangi panjang *array* saat ini dengan satu
4. Ulangi sampai panjang *array* sama dengan 0.



Gambar 3.15 Fisher Yates Flowchart

BAB 4

IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

4.1. Implementasi Sistem

4.1.1. Spesifikasi perangkat keras

Adapun spesifikasi perangkat keras (*hardware*) yang di gunakan yaitu laptop dalam melakukan proses modeling 3D, animasi, pemrograman, *rendering* aplikasi dan pengujian dalam pembuatan aplikasi dicantumkan di Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Spesifikasi Perangkat Keras pada Laptop		
No	Komponen	Komponen yang digunakan
1.	Laptop	Asus A456UR
2.	CPU	7th Gen Intel® Core i5-7200U CPU @ 2.50GHz 2.71 GHz
3.	GPU	Nvidia Geforce 930MX
4.	Memory	4GB on board DDR4 + 4GB DIMM
5.	Storage	256GB SATA SSD + 1 TB SATA HDD
6.	Resolusi Layar	14" HD (1366 x 768)

Perangkat keras yang di gunakan pada *smartphone* dalam menjalankan aplikasi menggunakan perangkat dengan spesifikasi yang dicantumkan di Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Spesifikasi Perangkat Keras pada Smartphone		
No	Komponen	Komponen yang digunakan
1.	<i>Smartphone</i>	Redmi Note 9 Pro
2.	CPU	Snapdragon 720G
3.	GPU	Adreno 618
4.	Memory	6 GB
5.	Storage	64 GB
5.	Resolusi Layar	1080 x 2400 piksel

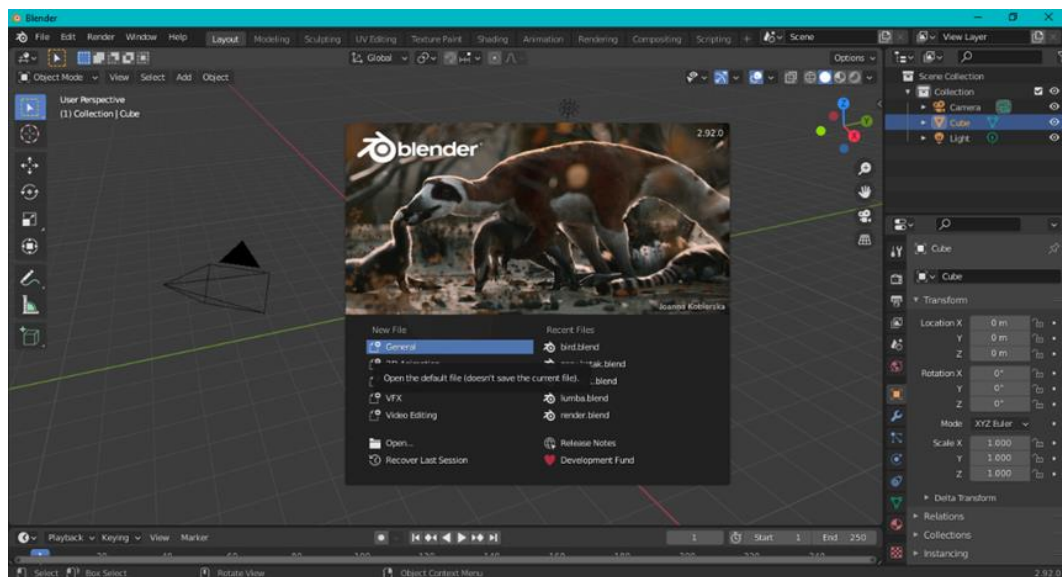
4.2. Spesifikasi perangkat lunak

Adapun perangkat lunak yang digunakan untuk mengerjakan aplikasi berbasis *Augmented Reality* pada penelitian ini, dapat diperhatikan dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Spesifikasi perangkat lunak		
No.	Komponen	Komponen yang digunakan
1.	Sistem Operasi Laptop	Windows 10 Pro 64-bit
2.	Sistem Operasi <i>Smartphone</i>	Android 12
2.	<i>Game Engine</i>	Unity3D 2020.3.41f1
3.	<i>3D Modelling</i>	Blender 2.92
4.	<i>Text Editor</i>	Visual Studio 2017

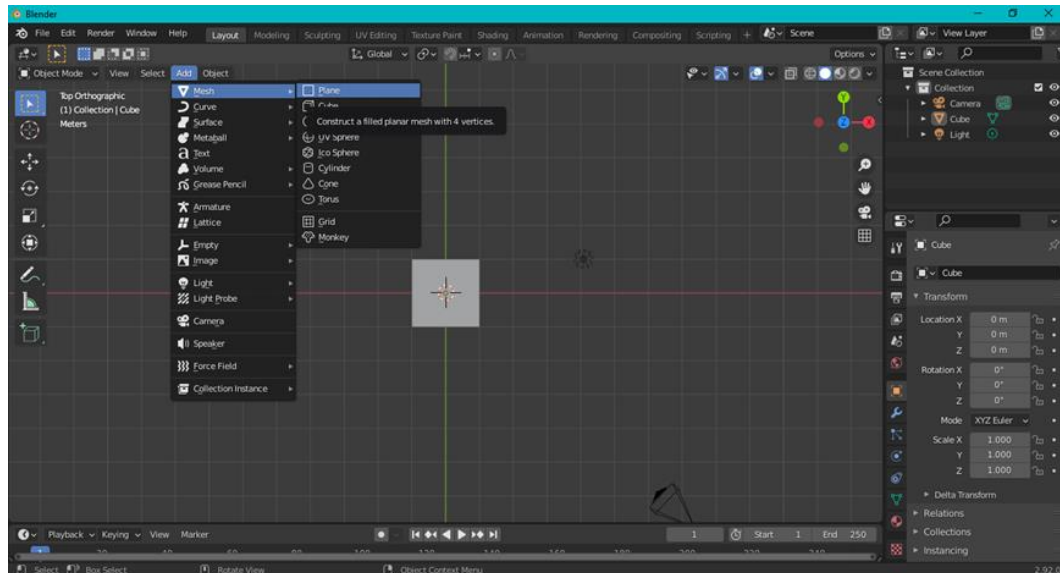
4.3. Proses Pembuatan Objek 3D

Tahap pembuatan objek 3D dalam penelitian ini, penulis menggunakan *software* Blenderv2.92.0. Sebelum melakukan pembuatan objek 3D, hal yang dilakukan terlebih dahulu adalah melakukan instalasi *software* pada komputer yang ingin digunakan, kemudian membuka atau menjalankan *software*, lalu membuat lembar kerja baru dengan cara menekan tombol pilihan General, seperti yang di ditampilkan pada Gambar 4.1.



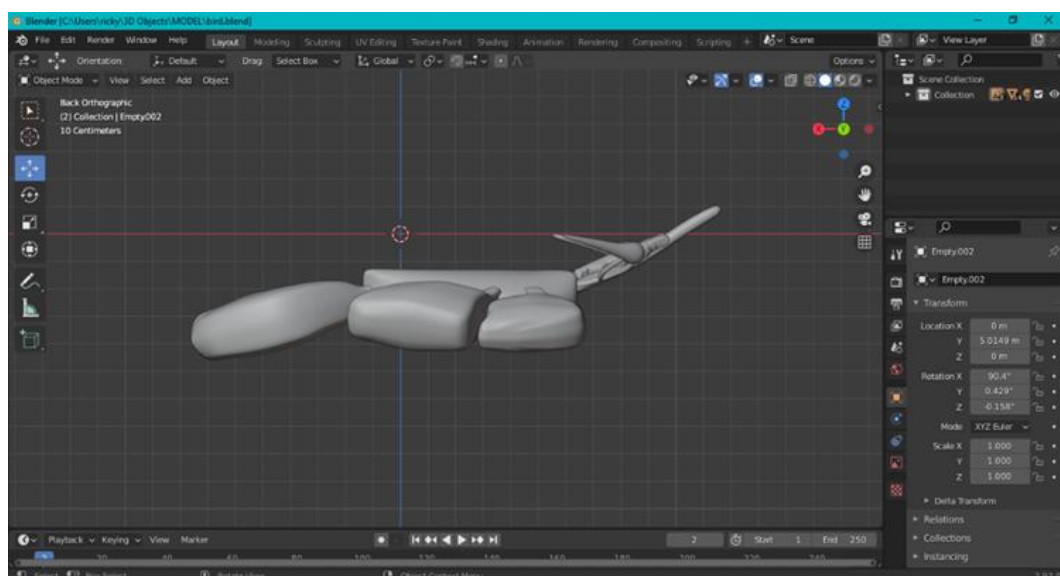
Gambar 4.1 Membuat Lembar Kerja Baru

Kemudian langkah selanjutnya adalah menambahkan *object plane* pada lembar kerja, yaitu dengan cara menekan tombol *add*, kemudian memilih *mesh*, lalu memilih *plane*.



Gambar 4.2 Menambahkan *Object Plane*

Langkah selanjutnya adalah memodelkan objek *plane* sebelumnya menjadi objek 3 dimensi organ pernapasan hewan yang diinginkan, seperti organ pernapasan burung yang ditampilkan Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Perancangan Model 3D Organ Pernapasan Burung

4.4. Hasil Pemodelan

4.4.1. Model 3d organ pernapasan burung (aves)

Pada sistem pernapasan burung terdiri dari beberapa jenis organ, antara lain rongga hidung (*nasal cavity*), trakea (*trachea*), paru-paru (*lung*), dan kantung udara (*air sac*). Model 3D dari organ pernapasan burung seperti yang ditampilkan Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Hasil Model 3D Organ Pernapasan Burung

4.4.2. Model 3d organ pernapasan ikan (pisces)

Pada sistem pernapasan ikan, ikan menggunakan organ yang disebut insang. Insang biasanya berada di ruang insang yang dilindungi oleh *operculum* atau tutup insang. Model 3D dari organ pernapasan ikan seperti Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Hasil Model 3D Organ Pernapasan Ikan

4.4.3. Model 3d organ pernapasan katak (amfibi)

Katak memiliki organ pernapasan berupa kulit dan paru-paru. Pada saat di air katak bernapas menggunakan kulit, sedangkan ketika di darat, katak bernapas menggunakan kulit dan paru-paru. Model 3D organ pernapasan katak seperti yang ditampilkan di Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Hasil Model 3D Organ Pernapasan Katak

4.4.4. Model 3d organ pernapasan lumba-lumba (mamalia)

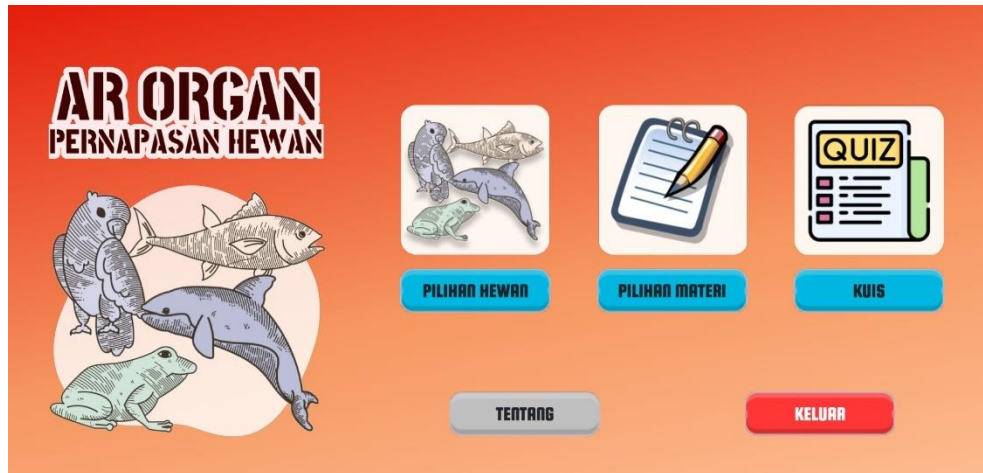
Sistem pernapasan lumba-lumba terdiri dari beberapa organ, antara lain lubang sembur (*blowhole*), trakea (*trachea*), dan paru-paru (*lung*). Model 3D dari organ pernapasan lumba-lumba dipaparkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Hasil Model 3D Organ Pernapasan Lumba-lumba

4.5. Hasil Tampilan Aplikasi

4.5.1. Tampilan menu utama



Gambar 4.8 Tampilan Hasil Halaman Utama

Gambar 4.8 adalah hasil dari rancangan tampilan halaman menu utama. Pada halaman menu utama, terdapat tombol pilihan hewan untuk menampilkan beberapa pilihan hewan yang ingin dipilih, tombol pilihan materi untuk bernavigasi ke halaman pilihan materi, tombol kuis untuk pergi ke halaman kuis, halaman tentang untuk menampilkan tentang penulis, dan terakhir ada tombol keluar untuk keluar aplikasi.

4.5.2. Tampilan pilihan organ hewan

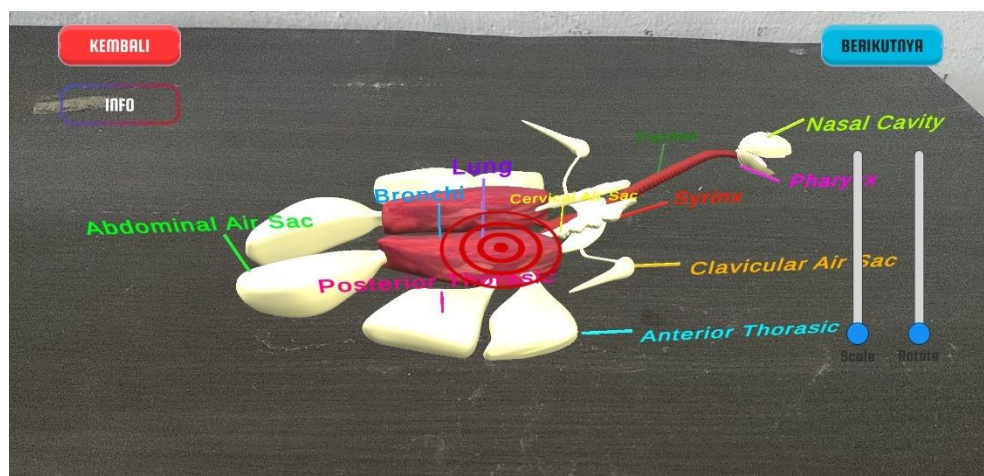
Pada halaman ini terdapat 4 pilihan hewan yang dapat dipilih untuk ditampilkan organ pernapasannya. Empat pilihan hewan yang dapat dipilih, yaitu burung, ikan, katak, dan lumba-lumba.



Gambar 4.9 Tampilan Hasil Halaman Pilihan Organ

4.5.3. Tampilan organ pernapasan burung

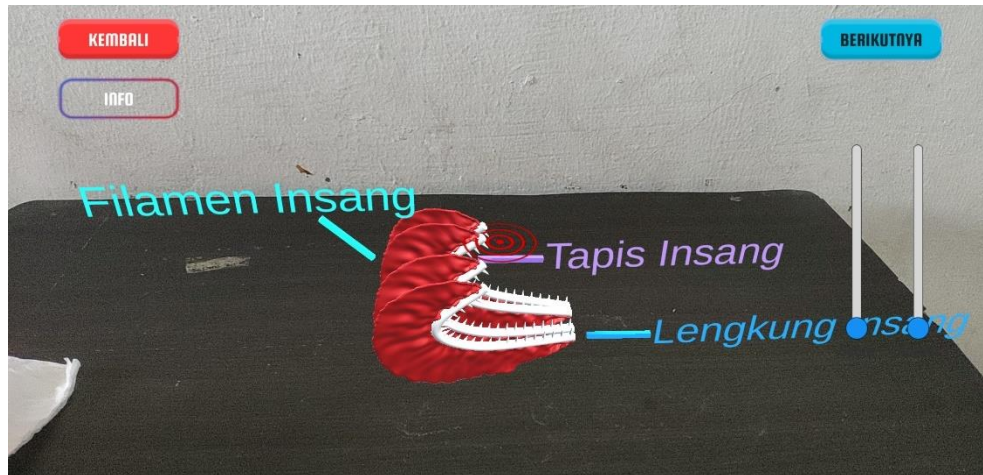
Ketika kita memilih burung pada Gambar 4.9, maka kita dapat melihat organ pernapasan burung yang ditampilkan, seperti yang terlihat di Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Tampilan Organ Pernapasan Burung

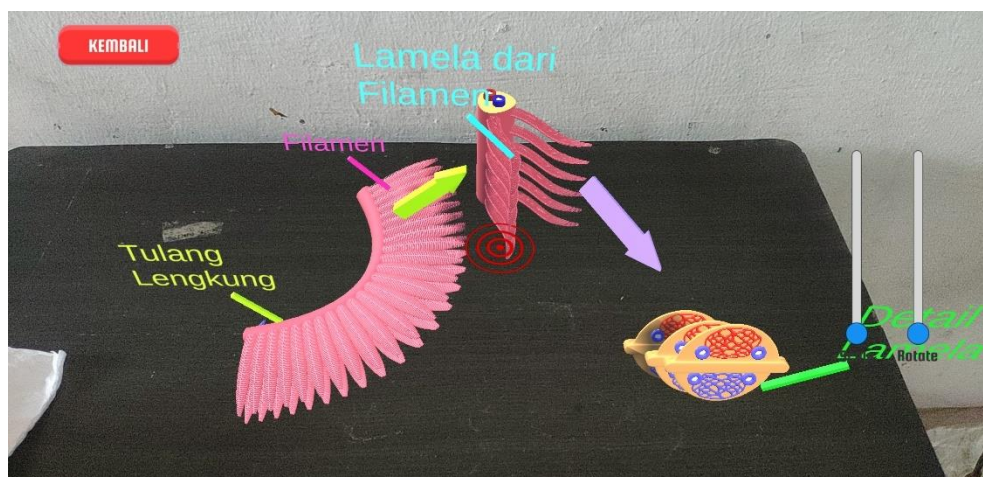
4.5.4. Tampilan organ pernapasan ikan

Ketika kita memilih ikan, maka organ yang akan ditampilkan adalah organ pernapasan ikan. Pada tampilan ini terdapat tombol info untuk menampilkan deskripsi singkat tentang organ atau sistem pernapasan ikan. Di dalam tombol info juga terdapat tombol buka materi untuk pergi ke halaman materi pernapasan ikan. Pada tampilan ini juga terdapat tombol berikutnya untuk melihat detail dari organ pernapasan ikan.



Gambar 4.11 Tampilan Organ Pernapasan Ikan

Gambar 4.12 adalah tampilan dari detail organ pernapasan ikan yaitu insang. Detail dari organ ini terdapat tulang lengkung, filamen, dan lamela.



Gambar 4.12 Tampilan Detail Organ Pernapasan Ikan

4.5.5. Tampilan organ pernapasan katak

Ketika kita memilih katak pada halaman pilihan organ, maka aplikasi akan menampilkan organ pernapasan katak pada layar, seperti yang tersaji pada Gambar 4.13. Pada halaman organ pernapasan katak terdapat tombol info untuk menampilkan deskripsi singkat mengenai sistem pernapasan katak, dan di dalam tombol info tersebut juga terdapat tombol buka materi untuk mengarahkan ke halaman materi sistem pernapasan katak.



Gambar 4.13 Tampilan Organ Pernapasan Katak

Tombol berikutnya pada halaman organ pernapasan katak berfungsi untuk menampilkan detail dan animasi dari organ pernapasan katak. Detail dan animasi organ pernapasan katak ditampilkan pada ilustrasi Gambar 4.14.

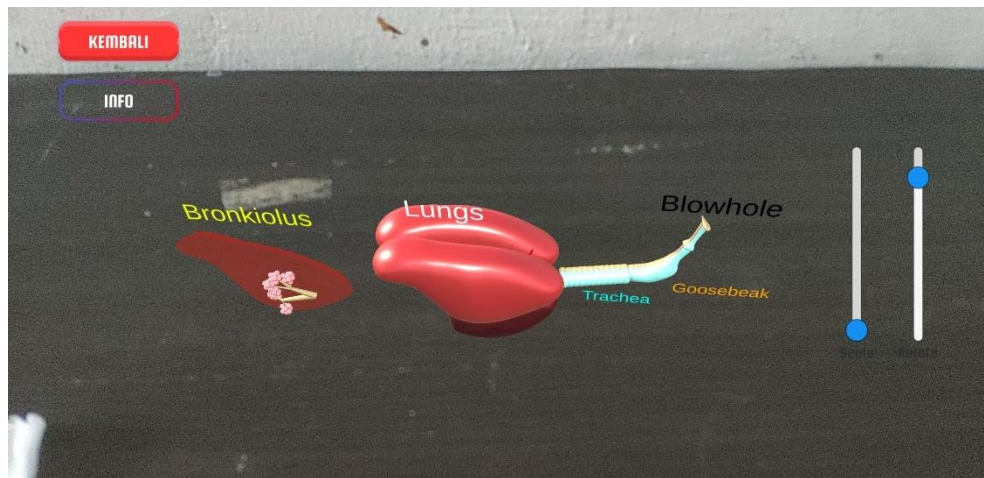


Gambar 4.14 Tampilan Detail Organ Pernapasan Katak

4.5.6. Tampilan organ pernapasan lumba-lumba

Tampilan pada halaman organ pernapasan lumba-lumba terdapat tombol info untuk menampilkan panel yang berisi deskripsi singkat tentang pernapasan lumba-lumba dan tombol buka materi untuk berpindah ke halaman materi organ pernapasan lumba-lumba. Pada halaman ini juga terdapat dua *slider* untuk memperbesar objek dan melakukan rotasi objek yang telah ditampilkan. Untuk kembali ke halaman sebelumnya, terdapat

tombol kembali untuk digunakan. Ilustrasi tampilan organ pernapasan lumba-lumba di ilustrasikan dalam Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Tampilan Organ Pernapasan Lumba-lumba

4.5.7. Tampilan pilihan materi hewan

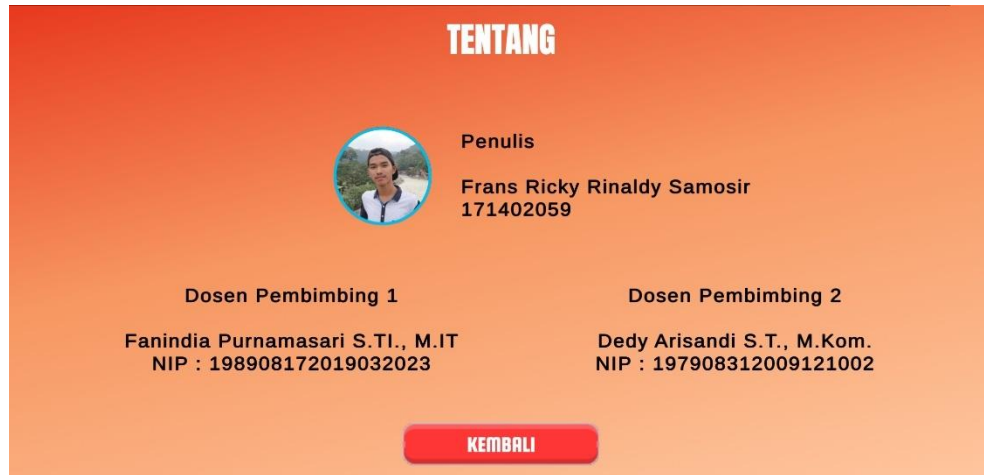
Tampilan pilihan materi berisi tombol beberapa pilihan materi organ pernapasan hewan yang ingin dipilih. Halaman ini mempunyai juga tombol kembali untuk berpindah ke menu utama. Ilustrasi tampilan pilihan materi disajikan dalam Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Tampilan Hasil Halaman Pilihan Materi

4.5.8. Tampilan halaman tentang

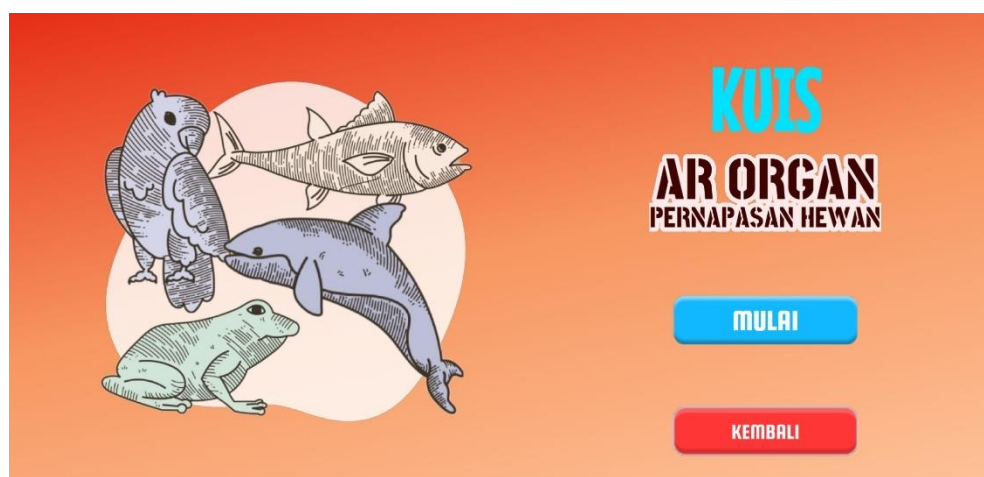
Halaman tentang berisi informasi tentang identitas penulis dan dosen pembimbing. Tampilan halaman tentang seperti yang terlihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Tampilan Hasil Halaman Tentang

4.5.9. Tampilan halaman kuis

Gambar 4.18 adalah tampilan pertama yang pertama kali dilihat oleh pengguna ketika memilih tombol kuis pada halaman utama. Halaman ini juga memiliki tombol mulai untuk memulai kuis dan tombol kembali yang berfungsi untuk berpindah kembali ke halaman utama.



Gambar 4.18 Tampilan Hasil Halaman awal kuis

Ketika tombol mulai ditekan, maka akan berpindah ke halaman soal kuis, seperti ditampilkan pada Gambar 4.19. Halaman kuis berisi soal pertanyaan, tombol opsi

jawaban untuk menjawab pertanyaan dan tombol kembali. Setelah selesai menjawab soal, di akhir sesi akan diberikan hasil berupa banyaknya jawaban yang benar dan banyaknya jawaban salah, serta nilai yang didapatkan berdasarkan perhitungan jumlah jawaban benar yang diberikan. Soal yang ditampilkan merupakan kumpulan soal yang telah diacak dengan menggunakan algoritma *Fisher Yates*.



KEMBALI

Apa yang terjadi pada saat inspirasi?

A. Paru-paru mengembang

B. Paru-paru menyusut

C. Diafragma berkontraksi

D. Diafragma meregang

Gambar 4.19 Tampilan Hasil Halaman soal kuis

4.6. Pengujian *Surface detection*

Pengujian *Surface detection* dilakukan untuk menilai ketepatan aplikasi mengidentifikasi bidang datar yang berfungsi sebagai penanda untuk objek yang dihasilkan. Proses pengujian melibatkan beberapa komponen utama: deteksi dalam bidang datar, pemeriksaan faktor cahaya, jarak antara *surface* dan kamera, juga evaluasi sudut derajat.

4.6.1. Pengujian *Surface* pada bidang datar

Pada tahap pengujian ini, hal yang diuji adalah akurasi dan kestabilan aplikasi dalam mendeteksi bidang datar. Jarak yang diperlukan untuk mendeteksi bidang datar adalah sekitar 25cm – 100cm. Hasil dari pengujian pada bidang datar meja seperti yang diilustrasikan pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20 Pengujian *Surface* pada Meja

Pengujian juga dilakukan pada bidang datar lantai keramik baik yang pada pada lantai yang landai maupun yang bertingkat atau lantai anak tangga. *Surface* dapat dideteksi dengan baik. Hasil pengujian pada lantai keramik dan dapat diperhatikan di Gambar 4.21 dan Gambar 4.22.



Gambar 4.21 Pengujian *Surface* pada Lantai Keramik



Gambar 4.22 Pengujian *Surface* pada Lantai Anak Tangga

Selain melakukan pengujian pada bidang datar lantai, pengujian juga dilakukan pada bidang datar berupa lantai semen, lantai *paving block*, juga pada bidang datar di atas tanah. Hasil pengujian ini dapat diperhatikan pada Gambar 4.23, Gambar 4.24, dan Gambar 4.25.



Gambar 4.23 Pengujian *Surface* pada Lantai Semen



Gambar 4.24 Pengujian *Surface* di atas *Paving Block*



Gambar 4.25 Pengujian *Surface* di atas Tanah

Hasil dari pengujian pada *Surface detection* dipaparkan di Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian *Surface detection*

Jenis <i>Surface</i>	Jumlah Pengujian	Hasil Pendeteksian	Keterangan Plane yang Dihasilkan
Meja	4	Terdeteksi	Stabil
Lantai Keramik	4	Terdeteksi	Stabil
Lantai Anak Tangga	4	Terdeteksi	Stabil
Lantai Semen	4	Terdeteksi	Stabil
Lantai <i>Paving Block</i>	4	Terdeteksi	Stabil
Di Atas Tanah	4	Terdeteksi	Stabil

Berdasarkan data pada Tabel 4.4, hasil pengujian *surface detection*, dapat disimpulkan bahwa aplikasi dapat mendeteksi *surface* pada meja, lantai keramik, lantai semen, lantai *paving block*, maupun di atas tanah dan menghasilkan *planes* yang stabil.

4.6.2. Pengujian Jarak *Surface detection*

Pada pengujian ini, uji coba yang dilakukan adalah mengukur jarak antara kamera dengan bidang datar, sejauh mana bidang datar dapat dideteksi oleh kamera. Hasil pengujian ini sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Pengujian Jarak antara *Surface* dan Kamera

No.	Jarak (cm)	<i>Surface</i>	Keterangan
1.	10cm	Tidak Terdeteksi	Gagal
2.	25cm	Terdeteksi	Berhasil
3.	50cm	Terdeteksi	Berhasil
4.	75cm	Terdeteksi	Berhasil
5.	100cm	Terdeteksi	Berhasil

Berdasarkan data hasil pengujian jarak yang terdapat pada tabel, dapat disimpulkan bahwa kamera hanya dapat mendeteksi *surface* pada jarak 25 cm hingga 100 cm, sedangkan pada jarak 10 cm kamera tidak dapat mendeteksi *surface*.

4.6.3. Pengujian Cahaya *Surface detection*

Pengujian ini melakukan uji coba antara *surface* dan kamera terhadap cahaya. Pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah *surface* dapat dideteksi pada kondisi gelap, kurang cahaya, dan pada saat kondisi cahaya yang cukup atau terang. Hasil dari pengujian ini disajikan di dalam Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Pengujian Cahaya terhadap *Surface* dan Kamera

No.	Pencahayaan	<i>Surface</i>	Keterangan
1.	Gelap	Tidak Terdeteksi	Gagal

No.	Pencahayaan	<i>Surface</i>	Keterangan
2.	Kurang terang	Terdeteksi	Berhasil
3.	Terang	Terdeteksi	Berhasil

Data pada hasil pengujian cahaya pada tabel, menunjukkan bahwa kamera hanya dapat mendeteksi *surface* pada kondisi yang memiliki cahaya, sedangkan pada kondisi yang tidak ada cahaya atau gelap, kamera tidak dapat mendeteksi *surface*.

4.6.4. Pengujian Sudut Kemiringan terhadap *Surface*

Pengujian ini dilakukan untuk menguji sudut kemiringan antara *surface* dan kamera dalam mendeteksi *surface as planes*. Pengujian ini dilakukan dengan menghitung sudut kemiringan yang dapat di deteksi oleh kamera terhadap *surface*. Hasil test uji ini bisa diperhatikan dalam Tabel 4.7

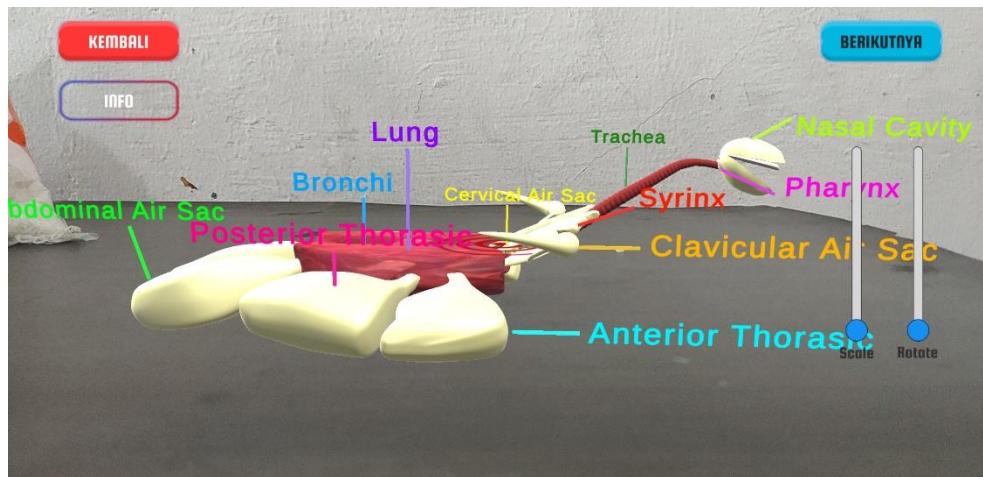
Tabel 4.7 Pengujian Sudut Kemiringan Kamera terhadap *Surface*

No.	Sudut Kemiringan	<i>Surface</i>	Keterangan
1.	0°	Tidak Terdeteksi	Gagal
2.	30°	Terdeteksi	Berhasil
3.	60°	Terdeteksi	Berhasil
4.	90°	Terdeteksi	Berhasil

Dari data hasil pengujian sudut kemiringan pada Tabel 4.7, kesimpulan yang dapat diambil adalah bahwa kamera tidak dapat mendeteksi *surface* pada sudut kemiringan 0°, sedangkan pada sudut 30° hingga 90° kamera dapat mendeteksi *surface*.

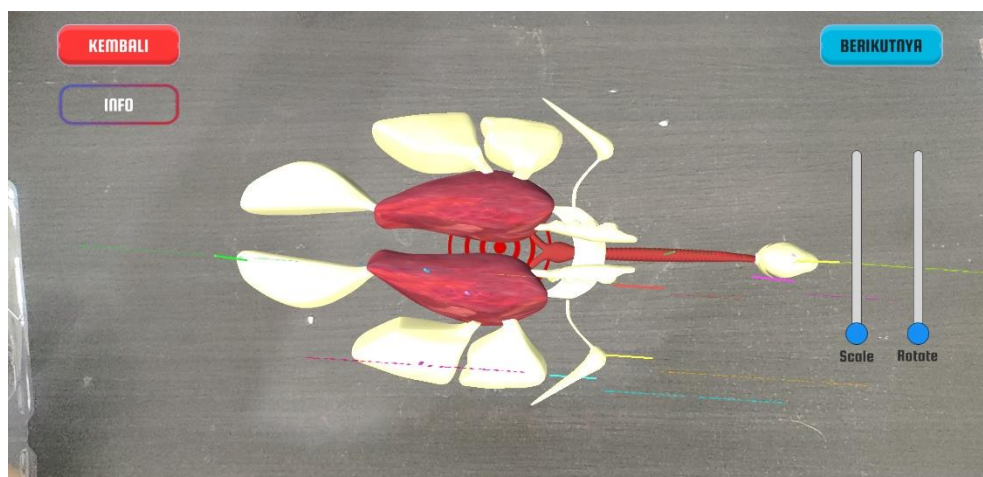
4.7. Pengujian Stabilitas Objek

Tes stabilitas yang dilaksanakan untuk menentukan apakah objek yang disajikan dalam aplikasi akan mempertahankan stabilitasnya dan mempertahankan posisinya meskipun ada potensi variasi dalam posisi kamera. Proses evaluasi dimulai dengan identifikasi bidang datar, diikuti dengan proyeksi model tiga dimensi yang menggambarkan organ pernapasan hewan. Hasil penilaian stabilitas objek diilustrasikan seperti Gambar 4.26.



Gambar 4.26 Stabilitas Objek dari Sisi Samping Objek

Menilai stabilitas suatu objek memerlukan melakukan tes dari sudut kamera yang berbeda dari posisi semula. Proses menilai kestabilan suatu objek dari posisi *angel* kamera yang berbeda diilustrasikan pada Gambar 4.27.



Gambar 4.27 Stabilitas Objek dari Sisi Atas Objek

Dari hasil uji kestabilan objek disimpulkan bahwa objek tetap stabil pada posisinya, tidak berpindah meskipun kamera mengambil gambar dari berbagai *angel*.

4.8. Pengujian Kinerja Sistem

4.8.1. Pengujian Aplikasi pada Beberapa Merek *Smartphone*

Pengujian pada beberapa merek *smartphone* dilakukan untuk menguji fungsionalitas aplikasi yang sudah dibangun. Beberapa aspek yang diuji pada beberapa merek

smartphone dalam pengujian ini yakni *surface detection*, tampilan objek, dan stabilitas dari objek tersebut. Tabel 4.8 menjelaskan hasil dari pengujian ini.

Tabel 4.8 Pengujian Aplikasi pada Beberapa Merek *Smartphone*

<i>Smartphone</i>	<i>Surface detection</i>	Tampilan Objek	Stabilitas Objek	Status
Merek : Poco M6 Pro Chipset: Helio G99 Ultra OS : Android 13 RAM/ROM : 8GB/256GB	<i>Surface detection</i> tidak dapat dijalankan	Objek tidak dapat ditampilkan	Tidak ada objek yang ditampilkan	Gagal
Merek : Redmi Note 9 Pro Chipset: Snapdragon 720G OS : Android 12 RAM/ROM : 6GB/64GB	Permukaan terdeteksi dan akurat	Objek tampil dengan jelas	Objek bergetar saat perangkat digerakkan perlahan	Berhasil
Merek : Redmi Note 10 S Chipset: Snapdragon 678 OS : Android 12 RAM/ROM : 6GB/128GB	Permukaan terdeteksi dan akurat	Objek tampil dengan jelas	Objek bergetar saat perangkat digerakkan perlahan	Berhasil
Merek : Redmi Note 11 Pro 5G Chipset: Snapdragon 695 OS : Android 13 RAM/ROM : 8GB/128GB	Permukaan terdeteksi dengan cepat dan akurat	Objek tampil dengan jelas	Objek stabil saat perangkat digerakkan perlahan	Berhasil
Merek : Xiaomi Mi 8 Chipset: Snapdragon 845 OS : Android 14 RAM/ROM : 6GB/128GB	Permukaan terdeteksi dengan cepat dan akurat	Objek tampil dengan jelas	Objek stabil saat perangkat digerakkan perlahan	Berhasil
Merek : Samsung A23 Chipset: Snapdragon 680 OS : Android 12 RAM/ROM : 6GB/128GB	Permukaan terdeteksi dengan cepat dan akurat	Objek tampil dengan jelas	Objek stabil saat perangkat digerakkan perlahan	Berhasil

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini memberikan hasil bahwa perangkat dengan *chipset* Helio 99 Ultra gagal menjalankan aplikasi, sementara itu perangkat dengan *chipset* berhasil menjalankan aplikasi. Semua perangkat yang berhasil menjalankan aplikasi menggunakan OS versi Android 12 atau lebih baru, menunjukkan bahwa OS lebih baru mungkin memberikan dukungan yang lebih baik untuk aplikasi. Semua perangkat yang berhasil memiliki RAM 6GB atau lebih besar

dan ROM 64GB atau lebih besar, menunjukkan bahwa RAM dan ROM yang lebih besar dapat berkontribusi pada kinerja yang lebih dalam menjalankan aplikasi. Kinerja *chipset* mempengaruhi stabilitas objek, dimana perangkat dengan *chipset* Snapdragon yang lebih tinggi menunjukkan stabilitas objek yang lebih baik dibandingkan dengan *chipset* yang lebih rendah.

4.8.2. Pengujian Aplikasi pada Pengguna

Pengujian *usability* dilakukan pada pengguna untuk mengevaluasi pengalaman pengguna dengan aplikasi. Pengujian ini dilakukan kepada empat puluh siswa sekolah menengah atas dengan menggunakan platform *Google Forms* untuk memberikan sejumlah pertanyaan atau kuesioner..



Gambar 4.28 Pengujian Aplikasi pada Siswa SMA

Penulis sudah menyediakan beberapa pertanyaan yang digunakan untuk melakukan pengujian. Pertanyaan tersebut akan diunggah ke dalam platform *google form*, kemudian pengguna akan menjawab pertanyaan tersebut dari beberapa pilihan, mulai dari sangat setuju, hingga sangat tidak setuju. Daftar pertanyaan yang sudah disediakan oleh penulis dapat diperhatikan dalam Tabel 4.9

Tabel 4.9 Pertanyaan kepada Pengguna

No.	Pertanyaan kepada Pengguna
1.	Apakah objek 3D pada aplikasi terlihat dengan jelas?
2.	Apakah plane terdeteksi dengan baik?
3.	Apakah label pada model telah sesuai dan terlihat dengan jelas?
4.	Apakah stabilitas model di atas plane baik?

No.	Pertanyaan kepada Pengguna
5.	Apakah animasi pada beberapa organ berjalan dengan baik?
6.	Apakah semua tombol berjalan dengan baik?
7.	Apakah interaksi pada <i>zoom/scale</i> berjalan dengan baik?
8.	Apakah interaksi pada fitur <i>rotate</i> berjalan dengan baik?
9.	Apakah menu kuis dapat membantu media pembelajaran?
10.	Apakah materi yang disajikan membantu pembelajaran?
11.	Apakah aplikasi mudah untuk digunakan?
12.	Apakah aplikasi dapat digunakan sebagai media pembelajaran organ sistem pernapasan hewan vertebrata?

Pada setiap opsi jawaban yang diberikan oleh pengguna mempunyai bobot nilai yang dapat diperhatikan dalam Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Bobot Nilai Opsi Jawaban

Pilihan	Jawaban	Bobot
A	Sangat Setuju	5
B	Setuju	4
C	Netral	3
D	Tidak Setuju	2
E	Sangat Tidak Setuju	1

Untuk mendapatkan nilai persentase jawaban dari setiap pertanyaan, penulis menggunakan perhitungan rumus *likert*, berikut rumus *likeart*-nya.

$$P = \frac{S}{N} \times 100\%$$

Keterangan:

P : Nilai persentase yang diperlukan

S : Total skor

N : Nilai skor tertinggi atau maskimal

Hasil dari jawaban dari setiap responden yang sudah dikumpulkan disajikan dalam Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hasil Jawaban Responden

No.	Pertanyaan	Responden				
		A	B	C	D	E
1	Apakah objek 3D pada aplikasi terlihat dengan jelas?	18	21	1		
2	Apakah plane terdeteksi dengan baik?	12	24	4		
3	Apakah label pada model telah sesuai dan terlihat dengan jelas?	16	22	2		
4	Apakah stabilitas model di atas plane baik?	13	23	3	1	
5	Apakah animasi pada beberapa organ berjalan dengan baik?	16	22	2		
6	Apakah semua tombol berjalan dengan baik?	15	22	3		
7	Apakah interaksi pada <i>zoom/scale</i> berjalan dengan baik?	18	21	1		
8	Apakah interaksi pada fitur rotate berjalan dengan baik?	15	22	3		
9	Apakah menu kuis dapat membaantu media pembelajaran?	13	25	2		
10	Apakah materi yang disajikan membantu pembelajaran?	14	26	0		
11	Apakah aplikasi mudah untuk digunakan?	14	22	4		
12	Apakah aplikasi dapat digunakan sebagai media pembelajaran organ sistem pernapasan hewan vertebrata?	20	18	2		

Data dari jawaban yang diperoleh dari pengguna yang terdapat pada Tabel 4.11, akan diolah untuk mendapatkan nilai persentase dari setiap pertanyaan yang sudah

diberikan sebelumnya. Hasil persentase dari perhitungan dalam Tabel 4.11, dapat disimak pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Hasil Persentase Dari Penghitungan Nilai

No.	Pertanyaan	Akumulasi					Total	Hasil
		A	B	C	D	E		
1	Apakah objek 3D pada aplikasi terlihat dengan jelas?	90	84	3	0	0	177	88,5%
2	Apakah plane terdeteksi dengan baik?	60	96	12	0	0	168	84,0%
3	Apakah label pada model telah sesuai dan terlihat dengan jelas?	80	88	6	0	0	174	87,0%
4	Apakah stabilitas model di atas plane baik?	65	92	9	2	0	168	84,0%
5	Apakah animasi pada beberapa organ berjalan dengan baik?	80	88	6	0	0	174	87,0%
6	Apakah semua tombol berjalan dengan baik?	75	88	9	0	0	172	86,0%
7	Apakah interaksi pada zoom/scale berjalan dengan baik?	90	84	3	0	0	177	88,5%
8	Apakah interaksi pada fitur rotate berjalan dengan baik?	75	88	9	0	0	172	86,0%
9	Apakah menu kuis dapat membantu media pembelajaran?	65	100	6	0	0	171	85,5%
10	Apakah materi yang disajikan membantu pembelajaran?	70	104	0	0	0	174	87,0%
11	Apakah aplikasi mudah untuk digunakan?	70	88	12	0	0	170	85,0%
12	Apakah aplikasi dapat digunakan sebagai media pembelajaran organ sistem pernapasan hewan vertebrata?	100	72	6	0	0	178	89,0%

Dari nilai persentase yang telah diperoleh dari setiap pertanyaan kuesioner dapat dihitung nilai rata-rata persentase menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P = \frac{\text{Jumlah Persentase Keseluruhan}}{\text{Banyak Pertanyaan}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{88,5 + 84 + 87 + 84 + 87 + 86 + 88,5 + 86 + 85,5 + 87 + 85 + 89}{12} \times 100\% \\
 &= 86,46\%
 \end{aligned}$$

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa aplikasi tersebut memiliki performa yang baik dengan mayoritas nilai berada di atas 80%. Aspek-aspek yang dinilai mencakup kejelasan visual, stabilitas, fungsi interaktif, dan efektivitas sebagai media pembelajaran. Aspek terbaik yang dinilai adalah kemampuan aplikasi untuk digunakan sebagai media pembelajaran sistem pernapasan hewan vertebrata dengan nilai tertinggi 89,0%.

Secara keseluruhan, hasil evaluasi terhadap aplikasi pembelajaran menunjukkan rata-rata persentase kepuasan sebesar 86,46%. Ini berarti aplikasi ini dinilai sangat baik oleh para pengguna di berbagai aspek yang diuji. Dengan demikian, aplikasi ini bisa dianggap efektif, mudah digunakan, dan bermanfaat dalam konteks pembelajaran yang diinginkan.

4.8.3. Pengujian aplikasi pada pakar

Penilaian diberikan kepada tiga ahli yang bekerja sebagai guru biologi sekolah menengah atas. Tujuan dari penilaian ini adalah memastikan apakah aplikasi *Augmented Reality* organ pernapasan hewan vertebrata layak digunakan sebagai media pembelajaran. Pada pengujian ini, penulis memberikan kuesioner yang berisikan beberapa pertanyaan yang bertujuan untuk menilai kesesuaian dan kelayakan aplikasi sebagai salah satu media pembelajaran organ pernapasan hewan vertebrata. Dokumentasi pengujian aplikasi pada guru biologi dapat diperhatikan di Gambar 4.29.



Gambar 4.29 Pengujian Aplikasi pada Guru Biologi

Hasil dari kuesioner yang diberikan kepada guru biologi dapat dibaca dalam Tabel 4.13. Data pada Tabel 4.13, kemudian diolah untuk mendapatkan nilai persentase setiap pertanyaan dan mendapatkan nilai rata-rata dari keseluruhan pertanyaan.

Tabel 4.13 Hasil Jawaban dari Guru Biologi

No.	Pertanyaan	Jawaban					Total Nilai
		SS	S	N	TS	STS	
		(x5)	(x4)	(x3)	(x2)	(x1)	
1	Apakah objek 3D pada aplikasi terlihat dengan jelas?	2	1				14
2	Apakah plane terditeksi dengan baik?	1	2				15
3	Apakah label pada model telah sesuai dan terlihat dengan jelas?	1	1	1			12
4	Apakah stabilitas model di atas plane baik?	1	2				13
5	Apakah animasi pada beberapa organ berjalan dengan baik?	1	2				13
6	Apakah semua tombol berjalan dengan baik?	3					15

No.	Pertanyaan	Jawaban					Total Nilai
		SS	S	N	TS	STS	
		(x5)	(x4)	(x3)	(x2)	(x1)	
7	Apakah interaksi pada <i>zoom/scale</i> berjalan dengan baik?	3					15
8	Apakah interaksi pada fitur <i>rotate</i> berjalan dengan baik?	3					15
9	Apakah menu kuis dapat membantu media pembelajaran?	2	1				14
10	Apakah materi yang disajikan membantu pembelajaran?		3				12
11	Apakah aplikasi mudah untuk digunakan?	2	1				14
12	Apakah aplikasi dapat digunakan sebagai media pembelajaran organ sistem pernapasan hewan vertebrata?	2	1				14

Setelah data pada Tabel 4.13. diolah, maka didapatkan nilai persentase setiap pertanyaan seperti yang terdapat pada Tabel 4.14. Nilai Persentase di dapat berdasarkan rumus:

$$Persentase = \frac{\text{Total Nilai}}{\text{Nilai Maksimal}} \times 100\%$$

Tabel 4.14 Hasil Persentase Respon dari Guru Biologi

No.	Pertanyaan	Total Nilai	Nilai Maksimal	Persentase
1	Apakah objek 3D pada aplikasi terlihat dengan jelas?	14	15	93%
2	Apakah plane terdeteksi dengan baik?	15	15	100%

No.	Pertanyaan	Total Nilai	Nilai Maksimal	Persentase
3	Apakah label pada model telah sesuai dan terlihat dengan jelas?	12	15	80%
4	Apakah stabilitas model di atas plane baik?	13	15	87%
5	Apakah animasi pada beberapa organ berjalan dengan baik?	13	15	87%
6	Apakah semua tombol berjalan dengan baik?	15	15	100%
7	Apakah interaksi pada <i>zoom/scale</i> berjalan dengan baik?	15	15	100%
8	Apakah interaksi pada fitur rotate berjalan dengan baik?	15	15	100%
9	Apakah menu kuis dapat membantu media pembelajaran?	14	15	93%
10	Apakah materi yang disajikan membantu pembelajaran?	12	15	80%
11	Apakah aplikasi mudah untuk digunakan?	14	15	93%
12	Apakah aplikasi dapat digunakan sebagai media pembelajaran organ sistem pernapasan hewan vertebrata?	14	15	93%

Tabel 4.14 menunjukkan hasil respon dari guru biologi mengenai aplikasi pembelajaran yang digunakan. Secara keseluruhan, guru memberikan nilai tinggi pada berbagai aspek aplikasi. Hampir semua guru menilai objek 3D terlihat dengan jelas (93%) dan fitur *surface detection* berfungsi sempurna (100%). Label pada model dinilai cukup jelas (80%), dan stabilitas model di atas plane juga cukup baik (87%). Animasi pada beberapa organ dan fungsi tombol dinilai cukup baik (87%). Semua guru setuju bahwa interaksi *scale* dan fitur rotasi berfungsi sangat baik (100%). Menu kuis dinilai sangat membantu dalam pembelajaran (93%), meskipun materi yang disajikan masih

bisa ditingkatkan (80%). Aplikasi ini juga dinilai mudah digunakan (93%) dan cocok sebagai media pembelajaran organ sistem pernapasan hewan vertebrata (93%). Dengan sedikit peningkatan pada beberapa aspek, aplikasi ini dapat menjadi alat yang sangat bermanfaat dalam pendidikan biologi.

Dari data tersebut didapatkan nilai rata-rata persentase dari keseluruhan pertanyaan tersebut sebesar 92%, yang menunjukkan bahwa aplikasi yang digunakan dinilai sangat baik oleh guru biologi. Meskipun ada beberapa area yang memerlukan perbaikan, seperti kejelasan label dan materi yang disajikan, aplikasi ini secara umum memenuhi harapan dan kebutuhan guru sebagai media pembelajaran yang efektif.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian sistem yang telah dikerjakan, maka diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu:

- 1) Pada pengujian *surface detection*, aplikasi dapat mendeteksi *surface* pada meja, lantai keramik, lantai semen, lantai *paving block*, maupun di atas tanah dan menghasilkan *planes* yang stabil.
- 2) Berdasarkan data hasil pengujian jarak, kamera hoya dapat mendeteksi *surface* pada jarak 25 centi meter hingga 100 centi meter, sedangkan pada jarak 10 cm kamera tidak dapat mendeteksi *surface*.
- 3) Pada hasil pengujian cahaya, menunjukkan bahwa kamera pada aplikasi hanya dapat mendeteksi *surface* pada kondisi yang memiliki cahaya, sedangkan pada kondisi yang tidak ada cahaya atau gelap, kamera tidak dapat mendeteksi *surface*.
- 4) Pada pengujian sudut kemiringan, aplikasi tidak dapat mendeteksi *surface* pada sudut kemiringan 0°, sedangkan pada sudut 30° hingga 90° kamera dapat mendeteksi *surface* sebagai *planes*.
- 5) Hasil pengujian aplikasi pada pengguna menunjukkan rata-rata persentase kepuasan sebesar 86,46%. Ini berarti aplikasi ini dinilai sangat baik oleh para pengguna di berbagai aspek yang diuji. Dengan demikian, aplikasi ini bisa dianggap efektif, mudah digunakan, dan bermanfaat sebagai media pembelajaran organ pernapasan hewan vertebrata.
- 6) Pengujian yang dilakukan kepada guru biologi mendapat nilai rata-rata persentase dari keseluruhan pertanyaan tersebut sebesar 92%, yang menunjukkan bahwa aplikasi yang digunakan dinilai sangat baik oleh guru biologi.

5.2. Saran

Penulis memiliki beberapa saran yang ingin disampaikan untuk penelitian selanjutnya dalam mengembangkan aplikasi ini. Adapun saran yang ingin disampaikan, yaitu:

1. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan aplikasi dengan menggunakan Teknologi *Mixed Reality* dalam menampilkan dan berinteraksi dengan objek 3d.
2. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan aplikasi dengan menambahkan unsur *Artificial Intelligence* ke dalam aplikasi.
3. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan aplikasi agar dapat digunakan *cross platform* atau dapat digunakan baik di android, ios maupun windows.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, E. L., & Suryani, D. (2019). “aRRES” Augmented Reality for the human respiratory system. *Journal of Physics: Conference Series*, 1375(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1375/1/012037>
- Andayani, U., Siregar, B., Hernina Pulungan, S., Syahputra, M. F., Muchtar, M. A., & Arisandi, D. (2019). A Visualisation of 3D Lung Anatomy with Augmented Reality as Interactive Medical Learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1235(1), 0–6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1235/1/012095>
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- El Filali, Y., & Krit, S. D. (2018). Augmented reality types and popular use cases. *Proceedings of the 1st International Conference of Computer Science and Renewable Energies, ICCSRE 2018, May*, 107–110. <https://doi.org/10.5220/0009776301070110>
- Habibi, C., & Sulistyanto, S. T. H. (2016). *Pengembangan Media Augmented Reality Sebagai Alat Bantu Edukasi Pada Pembelajaran Sistem Pernafasan Manusia*. <http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/47956>
- Irie, N., Satoh, N., & Kuratani, S. (2018). The phylum Vertebrata: A case for zoological recognition. *Zoological Letters*, 4(1), 1–20. <https://doi.org/10.1186/s40851-018-0114-y>
- Khairi, P. M. (2017). *Implementasi Augmented Reality (AR) Pada Pengenalan Alat Pernafasan Manusia Berbasis Android*. Universitas Sumatera Utara.
- Maya, S., & Nur, R. A. (2021). Zoologi vertebrata. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- Pulungan, S. H. (2018). *3D Anatomi Sistem Pernapasan Menggunakan Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran*. Universitas Sumatera Utara.
- Sattar, M. (2019). Augmented Reality Pemodelan Objek 3D pada Organ Usus Manusia. *Repositori Institusi USU*.

- Sitepu, S. T. (2021). *Rekonstruksi 3D Anatomi Gigi Sebagai Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality*. Universitas Sumatera Utara.
- Syahputra, M. F., Hardywantara, F., & Andayani, U. (2020). Augmented Reality Virtual House Model Using ARCore Technology Based on Android. *Journal of Physics: Conference Series*, 1566(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1566/1/012018>



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI

Jalan Universitas No. 9A Gedung A, Kampus USU Medan 20155, Telepon: (061) 821007
Laman: <http://Fasilkomti.usu.ac.id>

KEPUTUSAN
DEKAN FAKULTAS ILMU KOMPUTER
DAN TEKNOLOGI INFORMASI
NOMOR : 2740/UN5.2.14.D/SK/SPB/2024
DEKAN FAKULTAS ILMU KOMPUTER
DAN TEKNOLOGI INFORMASI UNIVERSITAS SUMATERA UTARA

- Membaca : Surat Permohonan Mahasiswa Fasilkom-TI USU tanggal 11 Juli 2024 perihal permohonan ujian skripsi:
Nama : FRANS RICKY RINALDY SAMOSIR
NIM : 171402059
Program Studi : Sarjana (S-1) Teknologi Informasi
Judul Skripsi : Pemodelan 3D Organ Pernapasan Hewan Vertebrata Menggunakan Augmented Reality Dengan Metode Markerless
- Memperhatikan : Bahwa Mahasiswa tersebut telah memenuhi kewajiban untuk ikut dalam pelaksanaan Meja Hijau Skripsi Mahasiswa pada Program Studi Sarjana (S-1) Teknologi Informasi Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Sumatera Utara TA 2023/2024.
- Menimbang : Bahwa permohonan tersebut diatas dapat disetujui dan perlu ditetapkan dengan surat keputusan
- Mengingat : 1. Undang-undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional.
2. Peraturan Pemerintah Nomor 17 tahun 2010 tentang pengelolaan dan penyelenggara pendidikan.
3. Keputusan Rektor USU Nomor 03/UN5.1.R/SK/SPB/2021 tentang Peraturan Akademik Program Sarjana Universitas Sumatera Utara.
4. Surat Keputusan Rektor USU Nomor 1876/UN5.1.R/SK/SDM/2021 tentang pengangkatan Dekan Fasilkom-TI USU Periode 2021-2026

MEMUTUSKAN

- Menetapkan :
Pertama : Membentuk dan mengangkat Tim Penguji Skripsi mahasiswa sebagai berikut:
Ketua : Ulfi Andayani S.Kom., M.Kom
NIP: 198604192015042004
Sekretaris : Niskarto Zendrato S.Kom., M.Kom
NIP: 198909192018051001
Anggota Penguji : Fanindia Purnamasari S.TI,M.IT
NIP: 198908172019032023
Anggota Penguji : Dedy Arisandi ST., M.Kom.
NIP: 197908312009121002
Moderator : -
Panitera : -
- Kedua : Segala biaya yang diperlukan untuk pelaksanaan kegiatan ini dibebankan pada Dana Penerimaan Bukan Pajak (PNPB) Fasilkom-TI USU Tahun 2024.
- Ketiga : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dengan ketentuan bahwa segala sesuatunya akan diperbaiki sebagaimana mestinya apabila dikemudian hari terdapat kekeliruan dalam surat keputusan ini.

- Tembusan :
- 1. Ketua Program Studi Sarjana (S-1) Teknologi Informasi
 - 2. Yang bersangkutan
 - 3. Arsip

Medan
Ditandatangani secara elektronik oleh:
Dekan



Maya Silvi Lydia
NIP 197401272002122001