

**Pengembangan Media Interaktif Augmented Reality untuk
Pengenalannya di Kebun Binatang Surabaya dengan Metode
Markerless Tracking**

SKRIPSI



Oleh

AKBAR ILHAMSYAH

NIM E41221683

D4 TEKNIK INFORMATIKA (KAMPUS KAB. SIDOARJO)

JURUSAN TEKNOLOGI INFORMASI

POLITEKNIK NEGERI JEMBER

2026

**Pengembangan Media Interaktif Augmented Reality untuk
Pengenalannya di Kebun Binatang Surabaya dengan Metode
Markerless Tracking**

SKRIPSI



Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Terapan Komputer (S. Tr. Kom) di Program Studi Teknik Informatika
Jurusan Teknologi Informasi

Oleh

AKBAR ILHAMSYAH

NIM E41221683

**D4 TEKNIK INFORMATIKA (KAMPUS KAB. SIDOARJO)
JURUSAN TEKNOLOGI INFORMASI
POLITEKNIK NEGERI JEMBER
2026**

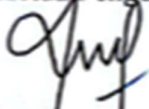
KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI JEMBER
JURUSAN TEKNOLOGI INFORMASI

Pengembangan Media Interaktif Augmented Reality untuk Pengenalan
Satwa di Kebun Binatang Surabaya dengan Metode Markerless Tracking

Akbar Ilhamsyah (E41221683)

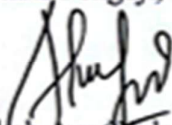
Telah Diuji pada tanggal 09 Juni 2026
dan Dinyatakan Memenuhi Syarat

Ketua Penguji,



Akas Bagus Setiawan, S. Kom., M.MT.
NIP. 199107222024061004

Sekretaris Penguji,



Sholihah Ayu Wulandari, S.ST., M.Tr.T.
NIP. 199311242024062003

Anggota Penguji



Dhonny Manggala Putra, S.E., M.M.
NIP. 199203072023211018

Dosen Pembimbing,



Sholihah Ayu Wulandari, S.ST., M.Tr.T.
NIP. 199311242024062003

Mengesahkan
Ketua Jurusan Teknologi Informasi,

Ir. Hendra Yufit Riskiawan, S.Kom, M.Cs.
NIP. 198302032006041003

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, kekuatan, dan kemudahan yang diberikan sehingga lembar demi lembar skripsi ini dapat diselesaikan. Sebuah karya yang lahir dari proses panjang, doa yang tak putus, dan dukungan dari orang-orang terkasih. Dengan segala kerendahan hati, karya sederhana ini saya persembahkan kepada:

1. Kepada kedua orang tua saya Bapak Kanti Widodo dan Ibu Susiyati, terima kasih atas cinta yang tidak pernah putus, keringat yang menetes demi melihat anaknya mengenakan toga, serta doa-doa yang selalu mengiringi setiap langkah. Karya ini adalah bentuk kecil dari bakti dan rasa terima kasih saya.
2. Kepada seluruh saudara saya, terima kasih atas segala dukungan moral, semangat, dan hiburan di kala pikiran sedang buntu. Kehadiran kalian selalu menjadi pengingat bahwa saya tidak pernah berjuang sendirian.
3. Kepada Ibu Sholihah Ayu Wulandari, terima kasih yang sebesar-besarnya atas waktu, kesabaran, dan setiap revisi tajam yang diberikan. Bimbingan dari Ibu tidak hanya menyempurnakan penulisan ini, tetapi juga membuka wawasan saya untuk menghasilkan aplikasi edukasi yang benar-benar bermanfaat.
4. Kepada Dita Emi Alfiani, terima kasih karena tidak pernah membiarkan saya menyerah pada keadaan dan selalu bersedia meluangkan waktu, memberikan kekuatan di setiap masa sulit, dan menjadi salah satu sumber motivasi terbesar untuk menyelesaikan tanggung jawab ini dengan sebaik mungkin.
5. Kepada Sasqia Salsabila At-Thohir, terima kasih telah menjadi teman diskusi, pendengar keluh kesah yang setia, dan rekan saling menguatkan dari awal pengerjaan skripsi hingga detik ini.
6. Terima kasih kepada diri sendiri yang menolak untuk menyerah. Terima kasih sudah bertahan melewati malam-malam panjang, kebingungan merakit logika sistem, dan keberanian untuk terus memperbaiki setiap baris kode merah *error* di layar hingga aplikasi ini akhirnya dapat berjalan sempurna.

HALAMAN MOTTO

"I hope you find some peace of mind in this lifetime"

— Kendrick Lamar

"No one saves us but ourselves. No one can and no one may. We ourselves
must walk the path."

— Gautama Buddha

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Akbar Ilhamsyah

NIM : E41221683

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam Skripsi saya yang berjudul "Pengembangan Media Interaktif Augmented Reality untuk Pengenalan Satwa di Kebun Binatang Surabaya dengan Metode Markerless Tracking" merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing, dan belum pernah diujikan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat dipertanggungjawabkan. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka di bagian akhir Skripsi.

Sidoarjo, 09 Juni 2026



NIM E41221683



**PERNYATAAN
PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS**

Yang bertandatangan di bawah ini, saya:

Nama : Akbar Ilhamsyah
NIM : E41221683
Program Studi : Teknik Informatika
Jurusan : Teknologi Informasi

Demi pengembangan Ilmu Pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada UPT. Perpustakaan Politeknik Negeri Jember, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (Non-Exclusive Royalty Free Right) atas Karya Ilmiah berupa **Laporan Skripsi saya yang berjudul :**

***Pengembangan Media Interaktif Augmented Reality untuk Pengenalan
Satwa di Kebun Binatang Surabaya dengan Metode Markerless Tracking***

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT. Perpustakaan Politeknik Negeri Jember berhak menyimpan, mengalih media atau format, mengelola dalam bentuk Pangkalan Data (Database), mendistribusikan karya dan menampilkan atau mempublikasikannya di Internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis atau pencipta.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Politeknik Negeri Jember, Segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas Pelanggaran Hak Cipta dalam Karya ilmiah ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jember
Pada Tanggal : 09 Juni 2026
Yang menyatakan,

Nama : Akbar Ilhamsyah
Nim : E41221683



**Pengembangan Media Interaktif Augmented Reality untuk Pengenalan
Satwa di Kebun Binatang Surabaya dengan Metode Markerless Tracking**
(Development of Interactive Augmented Reality Media for Animal
Introduction at Surabaya Zoo Using Markerless Tracking Method)
Sholihah Ayu Wulandari, S.ST., M.Tr.T. (Dosen Pembimbing)

Akbar Ilhamsyah
Study Program of Informatics Engineering
Majoring of Information Technology
Program Studi Teknik Informatika
Jurusan Teknologi Informasi

ABSTRACT

Current animal education media at the Surabaya Zoo is still static and lacks interactivity. This research aims to develop a markerless Augmented Reality (AR) based animal recognition application using Unity 3D. The application is capable of projecting 3D animal models, animations, and sounds directly into the real environment without physical markers. The system's novelty lies in its adaptive interface that categorizes users into Junior (3-13 years old) and Senior (14+ years old) modes based on comprehension levels, along with an integrated automatic quiz feature. Testing results indicate that the application operates stably, making it an effective, targeted, and interactive educational solution to replace conventional information media.

Keywords: *Augmented Reality, Markerless Tracking, Learning Media, Unity 3D, Surabaya Zoo.*

**Pengembangan Media Interaktif Augmented Reality untuk Pengenalan
Satwa di Kebun Binatang Surabaya dengan Metode Markerless Tracking**
Sholihah Ayu Wulandari, S.ST., M.Tr.T. (Dosen Pembimbing)

Akbar Ilhamsyah

Program Studi Teknik Informatika

Jurusan Teknologi Informasi

ABSTRAK

Media edukasi satwa yang ada saat ini di Kebun Binatang Surabaya masih bersifat statis dan kurang interaktif. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi pengenalan hewan berbasis *Augmented Reality* (AR) tanpa penanda (*markerless*) menggunakan Unity 3D. Aplikasi ini mampu memproyeksikan model hewan 3D, animasi, dan suara secara langsung ke lingkungan nyata tanpa membutuhkan penanda fisik. Kebaruan (*novelty*) dari sistem ini terletak pada antarmuka adaptif yang membagi pengguna ke dalam mode *Junior* (usia 3–13 tahun) dan *Senior* (usia 14 tahun ke atas) berdasarkan tingkat pemahaman, serta dilengkapi dengan fitur kuis otomatis yang terintegrasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi beroperasi secara stabil, menjadikannya solusi edukasi yang efektif, tepat sasaran, dan interaktif untuk menggantikan media informasi konvensional.

Kata kunci: *Augmented Reality*, *Markerless Tracking*, Media Pembelajaran, Unity 3D, Kebun Binatang Surabaya.

RINGKASAN

Pengembangan Media Interaktif Augmented Reality untuk Pengenalan Satwa di Kebun Binatang Surabaya dengan Metode Markerless Tracking, Akbar Ilhasyah, NIM E41221683, Tahun 2026, Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Jember, Sholihah Ayu Wulandari, S.ST., M.Tr.T.. (Pembimbing).

Penyampaian informasi satwa di Kebun Binatang Surabaya saat ini masih mengandalkan media statis konvensional yang kurang interaktif, khususnya bagi pengunjung anak-anak. Oleh karena itu, diperlukan inovasi teknologi yang mampu menyajikan informasi edukasi secara lebih visual, dinamis, dan menarik.

Sebagai solusi, dikembangkan aplikasi pengenalan satwa berbasis *Augmented Reality* (AR) *markerless* menggunakan Unity 3D. Aplikasi ini memproyeksikan model 3D satwa, lengkap dengan animasi dan suara, langsung ke lingkungan nyata tanpa penanda fisik. Keunggulan utamanya adalah antarmuka adaptif yang membagi pengguna ke dalam mode Junior (3-13 tahun) dan Senior (14+ tahun), serta dilengkapi dengan sistem kuis otomatis.

Hasil pengujian menunjukkan aplikasi ini mampu beroperasi dengan stabil memunculkan objek virtual di ruang terbuka. Pemisahan tingkat materi berdasarkan usia dan fitur kuis menjadikan proses belajar lebih tepat sasaran. Secara keseluruhan, inovasi ini terbukti efektif sebagai fasilitas edukasi modern untuk menggantikan keterbatasan media informasi konvensional.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi yang berjudul **"Pengembangan Media Interaktif Augmented Reality untuk Pengenalan Satwa di Kebun Binatang Surabaya dengan Metode Markerless Tracking"** dengan baik dan lancar.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat akademis untuk menyelesaikan program pendidikan Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Jember.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa proses penyelesaian skripsi ini tidak akan terwujud tanpa adanya bimbingan, arahan, doa, dan dukungan moril maupun materil dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa
2. Bapak Saiful Anwar, S.Tp, M.P – Direktur Politeknik Negeri Jember.
3. Bapak Hendra Yufit Riskiawan, S.Kom, M.Cs – Ketua Jurusan Teknologi Informasi.
4. Ibu Rani Purbaningtyas, S.Kom., MT – Ketua Koordinator Teknik InformatikaPSDKU Sidoarjo.
5. Ibu Sholihah Ayu Wulandari, S.ST., M.Tr.T – Dosen pembimbing dan wali akademik.
6. Orang tua dan keluarga tercinta atas doa dan dukungan yang tak ternilai.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, namun sangat berjasa.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi dan sistem yang dikembangkan ini masih jauh dari kata sempurna karena keterbatasan ilmu dan pengalaman yang dimiliki. Oleh karena itu, segala bentuk kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi penyempurnaan di masa mendatang.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
SURAT PERNYATAAN	vi
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vii
ABSTRACT.....	viii
RINGKASAN	ix
PRAKATA.....	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1 Pendahuluan.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB 2 Tinjauan Pustaka	5
2.1 Augmented Reality.....	5
2.2 Kebun Binatang Surabaya.....	6
2.3 Media Interaktif untuk Pengenalan Satwa	7
2.4 Markerless Tracking dalam Teknologi AR.....	7
2.5 Blender	7
2.6 Unity 3D.....	8
2.7 Pengujian Statistik.....	8
2.8 Penelitian Terdahulu.....	11
2.9 State of Art	13

BAB 3 METODE PENELITIAN.....	15
3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan.....	15
3.1.1 Tempat Penelitian.....	15
3.1.2 Waktu Penelitian	15
3.2 Alat dan Bahan.....	16
3.2.1 Alat.....	16
3.2.2 Bahan.....	17
3.3 Metode Penelitian.....	18
3.4 Metode Pelaksanaan.....	19
3.4.1 Analysis.....	20
3.4.2 Design	20
3.4.3 Development	23
3.4.4 Implementation	23
3.4.5 Evaluation	24
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Hasil Pengembangan Sistem.....	27
4.1.1 Hasil Analisis (Analysis).....	27
4.1.2 Hasil Perancangan (Design).....	27
4.1.3 Hasil Pengembangan (Development).....	39
4.1.4 Hasil Implementasi (Implementation).....	48
4.2 Hasil Evaluasi dan Pengujian.....	50
4.2.1 Hasil Uji Kelayakan Sistem (User Acceptance Test / UAT).....	50
4.2.2 Hasil Uji Efektivitas Edukasi (Pretest dan Posttest)	53
4.3 Pembahasan.....	58
4.3.1 Pembahasan Kelayakan Aplikasi	58
4.3.2 Pembahasan Peningkatan Pemahaman Pengguna.....	59
BAB 5 PENUTUP	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	62
Lampiran	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Penerapan Augmented Reality	5
Gambar 2.2 Kawasan Kebun Binatang Surabaya	6
Gambar 3.1 Ilustrasi proses pemindaian permukaan data.....	18
Gambar 3.2 Visual objek 3D satwa menggunakan markerless tracking	19
Gambar 3.3 Model ADDIE	20
Gambar 3.4 Flowchart Rancangan Aplikasi.....	21
Gambar 3.5 Design System.....	22
Gambar 3.6 Alur Pengujian Usability	25
Gambar 3.7 Alur Pretest dan Posttest.....	26
Gambar 4.1 Use Case Diagram Aplikasi.....	28
Gambar 4.2 Activity Diagram Memulai Augmented Reality (AR)	29
Gambar 4.3 Activity Diagram Panduan Penggunaan Aplikasi	30
Gambar 4.4 Tampilan Menu Utama Aplikasi.....	31
Gambar 4.5 Tampilan Antarmuka Mode Usia 3-14 Tahun	32
Gambar 4.6 Tampilan Antarmuka Mode Usia 14 Tahun ke Atas.....	33
Gambar 4.7 Tampilan Antarmuka Menu Pemilihan Hewan	34
Gambar 4.8 Tampilan Pelacakan Permukaan Datar.....	35
Gambar 4.9 Tampilan Objek 3D Satwa di Layar Aplikasi.....	36
Gambar 4.10 Tampilan Panel Deskripsi Satwa	37
Gambar 4.11 Tampilan Kuis Interaktif Usia 3 hingga 14 Tahun	38
Gambar 4.12 Tampilan Kuis Interaktif Usia 14 Tahun ke Atas	39
Gambar 4.13 Tampilan Direktori Asset Hewan Asli di Unity.....	40
Gambar 4.14 Tampilan Komponen Asset di dalam Hewan Asli.....	41
Gambar 4.15 Tampilan Asset Prefab dan Data Hewan	41
Gambar 4.16 Tampilan Direktori Asset Audio Hewan	42
Gambar 4.17 Tampilan Direktori Asset Icon Aplikasi	42
Gambar 4.18 Tampilan Direktori Asset Semua Scene	43
Gambar 4.19 Tampilan Direktori Asset Script C#	43
Gambar 4.20 Tampilan Scene Main Menu Pilih Umur.....	44

Gambar 4.21 Tampilan Scene Menu Katalog Satwa.....	45
Gambar 4.22 Tampilan Scene Di dalam AR	45
Gambar 4.23 Tampilan Komponen Script AR Manager	46
Gambar 4.24 Tampilan Komponen Script Info Satwa Manager	47
Gambar 4.25 Tampilan Komponen Script Soal Kuis	48
Gambar 4.26 Hasil Implementasi Proyeksi AR Markerless.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 State of Art	13
Tabel 3.1 Jadwal dan Waktu Penelitian.....	15
Tabel 4.1 Bobot Penilaian User Acceptance Test menggunakan skala Likert	50
Tabel 4.2 Pertanyaan dan Jawaban Bobot Penilaian UAT	51
Tabel 4.3 Hasil Persentase Jawaban UAT	52
Tabel 4.4 Hasil Pengolahan Keseluruhan Jawaban User Acceptance Testing	53
Tabel 4.5 Sampel Rekapitulasi Skor Pre-test dan Post test Responden	54
Tabel 4.6 Hasil Pengolahan Statistik Data Pretest dan Posttest	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Source Code AR Manager	64
Lampiran 2. Source Code Menu Manager	68
Lampiran 3. Source Code Data Hewan	69
Lampiran 4. Source Code Info Satwa Manager	69
Lampiran 5. Kuis Manager	70
Lampiran 6. Hasil Pretest	73
Lampiran 7. Hasil Posttest	73
Lampiran 8. Surat Validator Sistem	74
Lampiran 9. Surat Validator Aplikasi	75
Lampiran 10. Form Data User Acceptance Testing	76
Lampiran 11. Lembar Revisi	77

BAB 1

Pendahuluan

1.1 Latar belakang

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) telah membawa perubahan signifikan dalam dunia pendidikan dan pariwisata edukatif. Salah satu teknologi yang mendapatkan perhatian besar adalah Augmented Reality (AR). AR memberikan pengalaman interaktif antara dunia nyata dan objek virtual, memungkinkan pengguna berinteraksi dengan konten digital secara langsung melalui perangkat mobile. Dalam konteks pendidikan, penggunaan AR terbukti mampu meningkatkan daya serap siswa karena pengalaman belajar yang visual, menarik, dan realistis Annisa Damastuti et al. (2022)

Kebun Binatang Surabaya, sebagai salah satu pusat konservasi dan edukasi satwa di Indonesia, belum sepenuhnya memanfaatkan teknologi ini untuk mendukung proses pembelajaran pengunjungnya. Informasi mengenai satwa masih banyak disampaikan melalui papan nama statis atau gambar dua dimensi yang kurang menarik, terutama bagi anak-anak sebagai pengunjung utama (Rohman et al., 2024). Di sinilah peran teknologi AR sangat potensial untuk mengubah media edukasi menjadi lebih dinamis dan interaktif.

Namun, sebagian besar aplikasi AR yang dikembangkan di Indonesia masih menggunakan pendekatan marker-based tracking, yaitu objek virtual hanya muncul apabila kamera mendeteksi gambar penanda tertentu. Pendekatan ini memiliki beberapa keterbatasan, terutama dalam ruang terbuka seperti kebun binatang, yang tidak menjamin kondisi pencahayaan dan posisi marker yang ideal (Farianto et al., 2021). Oleh karena itu, metode markerless tracking menjadi alternatif yang lebih fleksibel karena tidak membutuhkan penanda fisik. Teknologi ini menggunakan fitur-fitur alami dari permukaan nyata sebagai referensi untuk menampilkan objek virtual (Apriansyah et al., 2017).

Penelitian oleh (Shandi et al., 2024) mengungkapkan bahwa markerless AR yang diterapkan untuk pengenalan satwa langka mampu meningkatkan

ketertarikan anak-anak serta memberikan pengalaman edukasi yang menyenangkan. Hasil serupa juga dilaporkan oleh (Nuvus, 2019), yang menunjukkan bahwa AR markerless sangat efektif digunakan dalam berbagai kondisi permukaan dan sudut pandang pengguna.

Sementara itu, teknologi multimedia interaktif dengan pendekatan game-based learning yang terintegrasi dengan AR markerless telah dikembangkan untuk pendidikan anak usia dini, dan terbukti dapat meningkatkan motivasi belajar serta pemahaman materi melalui pendekatan bermain sambil belajar (Rahman et al., 2017). Selain itu, pendekatan ini juga dianggap lebih inklusif karena dapat diakses kapan saja dan di mana saja melalui perangkat mobile (Sudira et al., 2021).

Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran interaktif berbasis AR *markerless* untuk pengenalan satwa di Kebun Binatang Surabaya. Sebagai bentuk pembaruan dan optimasi pengalaman pengguna (*User Experience*), media ini dirancang secara adaptif dengan membedakan tingkat kompleksitas penyampaian informasi, antarmuka, serta sistem evaluasi berupa kuis interaktif berdasarkan kategori usia pengguna, yakni anak-anak (3-13 tahun) dan remaja-dewasa (14+ tahun). Melalui pendekatan ini, aplikasi diharapkan mampu memberikan pengalaman edukatif yang lebih tepat sasaran, menarik, dan fleksibel dibandingkan media statis konvensional, serta berkontribusi nyata dalam upaya konservasi satwa melalui edukasi publik.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana mengembangkan media interaktif berbasis augmented reality dengan metode markerless tracking yang dapat digunakan untuk pengenalan satwa di Kebun Binatang Surabaya?
- b. Bagaimana desain visual dan informasi satwa disusun agar dapat ditampilkan secara menarik dan edukatif melalui aplikasi augmented reality markerless?

- c. Bagaimana tingkat efektivitas media augmented reality markerless dalam meningkatkan ketertarikan dan pemahaman pengunjung terhadap informasi satwa di Kebun Binatang Surabaya?

1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk:

- a. Mengembangkan media interaktif berbasis teknologi augmented reality dengan metode markerless tracking yang dapat digunakan sebagai sarana pengenalan satwa kepada pengunjung Kebun Binatang Surabaya.
- b. Merancang dan menyusun desain visual serta informasi satwa dalam bentuk objek 3D yang ditampilkan secara menarik, informatif, dan edukatif melalui aplikasi augmented reality.
- c. Menguji efektivitas penggunaan media augmented reality markerless dalam meningkatkan ketertarikan, pemahaman, dan pengalaman belajar pengunjung terhadap konten edukatif satwa di Kebun Binatang Surabaya.

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat bagi berbagai pihak, yaitu:

- a. Bagi Kampus
 - 1.) Menjadi sumber referensi untuk penelitian lanjutan terkait pengembangan media berbasis teknologi augmented reality.
 - 2.) Meningkatkan kontribusi institusi dalam pemanfaatan teknologi digital untuk pendidikan dan konservasi.
 - 3.) Mendukung program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) melalui kegiatan kolaboratif dengan mitra eksternal.
 - 4.) Menambah jumlah karya ilmiah berbasis inovasi teknologi yang dapat dipublikasikan secara akademik.
- b. Bagi Mahasiswa
 - 1.) Menambah wawasan dan keterampilan dalam pengembangan aplikasi berbasis augmented reality.

- 2.) Meningkatkan pemahaman terhadap metode markerless tracking dan implementasinya dalam dunia nyata.
 - 3.) Melatih kemampuan mahasiswa dalam melakukan riset terapan berbasis kebutuhan mitra.
 - 4.) Meningkatkan portofolio karya ilmiah dan teknologi yang aplikatif.
 - 5.) Memberikan pengalaman nyata dalam bekerja sama dengan institusi konservasi dan edukasi.
- c. Bagi Mitra (Kebun Binatang Surabaya)
- 1.) Menyediakan media edukasi interaktif yang lebih menarik bagi pengunjung.
 - 2.) Membantu pengunjung, khususnya anak-anak, dalam memahami informasi satwa secara visual dan menyenangkan.
 - 3.) Mengurangi ketergantungan pada media cetak yang bersifat statis.
 - 4.) Meningkatkan citra lembaga sebagai destinasi wisata edukatif berbasis teknologi.
 - 5.) Mendukung misi konservasi melalui pendekatan edukasi digital yang adaptif dan modern.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah dan tidak meluas, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Media yang dikembangkan hanya ditujukan untuk pengenalan satwa mamalia yang terdapat di Kebun Binatang Surabaya.
- b. Teknologi augmented reality yang digunakan terbatas pada metode markerless tracking, tanpa melibatkan marker berbasis gambar atau QR code.
- c. Teknologi AR yang digunakan terbatas pada metode markerless tracking, tanpa kombinasi teknologi lain.
- d. Pengujian dilakukan secara terbatas pada pengunjung kebun binatang usia 3 – 14 tahun keatas.

BAB 2

Tinjauan Pustaka

2.1 Augmented Reality

Augmented Reality (AR) adalah teknologi yang menggabungkan dunia nyata dan dunia virtual untuk menyampaikan informasi kepada pengguna. Cara kerjanya melibatkan analisis objek yang ditangkap oleh kamera, kemudian menampilkan objek virtual tersebut secara nyata dalam bentuk tiga dimensi (3D) (Khairan Naufallinho et al., 2025). Ilustrasi penerapan AR ditunjukkan pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Ilustrasi Penerapan Augmented Reality

Dalam ranah pendidikan, AR terbukti mampu meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap konsep abstrak melalui pendekatan visual dan kinestetik (Salim et al., 2024). Penggunaan teknologi ini juga memberikan ruang eksplorasi interaktif yang aman terhadap objek pembelajaran ilmiah, termasuk pengenalan anatomi flora dan fauna (Rafif Midopta et al. 2021).

Secara teknis, sistem AR diklasifikasikan menjadi dua pendekatan utama: *marker-based* (memerlukan citra penanda khusus) dan *markerless tracking* (mendeteksi bidang permukaan datar secara langsung). Metode *markerless* dinilai jauh lebih fleksibel untuk diterapkan di lingkungan luar ruangan, seperti kebun binatang, karena sistem tidak bergantung pada keberadaan media cetak sebagai pemicu visualisasinya (Andriksen et al. 2023).

2.2 Kebun Binatang Surabaya

Kebun Binatang Surabaya (KBS) merupakan salah satu taman satwa tertua dan terluas di kawasan Asia Tenggara yang memiliki peran fundamental sebagai pusat konservasi *eksitu* (pelestarian di luar habitat asli), sarana edukasi, dan fasilitas rekreasi bagi masyarakat. Kebun binatang ini menampung serta merawat ratusan spesies hewan, baik satwa endemik Indonesia maupun satwa eksotis dari berbagai belahan dunia. Keberagaman spesies tersebut menjadikan institusi ini sebagai pusat observasi keanekaragaman hayati yang sangat komprehensif. Visualisasi kawasan Kebun Binatang Surabaya dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Kawasan Kebun Binatang Surabaya

Dalam penelitian ini, Kebun Binatang Surabaya dipilih sebagai lokasi observasi dan sumber data utama. Data serta karakteristik satwa yang dikumpulkan dari sana digunakan sebagai dasar untuk menyusun materi edukasi pada panel informasi. Dari total 50 jenis satwa yang ada di kebun binatang tersebut, saya khusus mengambil kelompok mamalia yang berjumlah 33 satwa untuk dibuatkan model tiga dimensi (3D) di dalam aplikasi *Augmented Reality* (AR). Penggunaan data asli dari kebun binatang ini bertujuan agar informasi yang diberikan kepada pengguna benar-benar akurat, tervalidasi, dan sesuai dengan fakta nyata di lapangan.

2.3 Media Interaktif untuk Pengenalan Satwa

Media interaktif merupakan sistem penyampaian informasi dua arah yang memungkinkan penggunaanya untuk berpartisipasi secara aktif melalui penggabungan elemen visual, pendengaran, dan motorik guna mempermudah pemahaman materi pembelajaran. Dalam konteks edukasi satwa, pemanfaatan media ini memberikan alternatif observasi yang jauh lebih aman, praktis, dan mendetail. Melalui representasi visual berupa model tiga dimensi (3D), pengguna dapat mengeksplorasi struktur anatomi dan simulasi pergerakan satwa dari berbagai sudut pandang tanpa adanya risiko fisik dari interaksi langsung dengan hewan liar. Lebih lanjut, integrasi fitur pendukung di dalam sistem, seperti panel penyajian data habitat dan instrumen kuis evaluasi, dirancang secara khusus untuk mentransformasi proses pengenalan fauna dari sekadar observasi visual yang pasif menjadi sebuah pengalaman pembelajaran komprehensif yang memacu peningkatan kognitif pengguna.

2.4 Markerless Tracking dalam Teknologi AR

Markerless tracking adalah pendekatan dalam teknologi AR yang memiliki keunggulan utama dalam fleksibilitas dan mobilitasnya. Selain itu, markerless AR memungkinkan skenario penggunaan yang lebih kreatif. Dalam penelitian oleh (Putra et al. 2024), pelacakan permukaan digunakan untuk mengenalkan satwa laut di museum dengan orientasi spasial yang dapat berubah secara real-time mengikuti gerakan pengguna. Ini memberikan pengalaman yang dinamis dan bebas hambatan teknis seperti dalam sistem marker-based.

2.5 Blender

Blender merupakan perangkat lunak kreasi grafis tiga dimensi (3D) yang bersifat gratis dan sumber terbuka (*open-source*) (Rahmat et al. 2021). Perangkat lunak ini difungsikan sebagai instrumen utama dalam tahapan praproduksi aset visual, yang dinilai sangat efisien dan fleksibel untuk kebutuhan pembuatan objek 3D pada media pembelajaran (Kurnia et al., 2025). Proses perancangan di dalam Blender mencakup pemodelan dasar untuk menciptakan bentuk geometri objek yang akurat dan proporsional (Khairan Naufallinho et al., 2025). Proses ini juga melibatkan penerapan teknik

modifikasi ruang, pengaturan tekstur, hingga tahap penulangan (*rigging*) dan animasi agar model karakter memiliki kerangka pergerakan yang baik (Kurnia et al., 2025). Setelah seluruh parameter animasi dan visual terbentuk secara sempurna, aset tersebut kemudian diekspor ke dalam format standar agar datanya dapat diintegrasikan dan dibaca secara optimal oleh sistem komputasi pada *game engine* utama (Kurnia et al., 2025; Rahmat et al. 2021).

2.6 Unity 3D

Unity 3D merupakan *game engine* berbasis lintas platform (*cross-platform*) yang sangat fleksibel dan populer digunakan untuk memfasilitasi pengembangan aplikasi interaktif, khususnya pada sistem operasi Android (Azzahra et al. 2024; Firman Alamsyah et al., 2024). Dalam pengembangan media ini, Unity bertindak sebagai lingkungan pengembangan pusat yang mengelola logika pemrograman menggunakan bahasa C# serta memberikan kemudahan melalui kapabilitas *drag and drop* pada alur kerja visualnya (Khatib Sulaiman et al., 2023.). Keunggulan esensial dari Unity terletak pada kemampuannya dalam menghasilkan grafis 3D secara *real-time* serta proses integrasinya yang mulus dengan berbagai pustaka perangkat lunak pendukung *Augmented Reality* (Firman Alamsyah et al., 2024; Khairan Naufallinho et al., 2025). Melalui integrasi teknologi tersebut, sistem komputasi dapat menjalankan fitur pelacakan bidang datar (*plane detection*) yang memungkinkan aplikasi untuk mengenali lingkungan sekitar dan memproyeksikan objek 3D virtual ke dunia nyata dengan tingkat akurasi yang tinggi (Khatib Sulaiman et al., 2023; Kurnia et al., 2025).

2.7 Pengujian Statistik

Pengujian statistik merupakan metode ilmiah yang digunakan untuk mengumpulkan, mengolah, menganalisis, dan menyajikan data dari sebuah penelitian. Dalam konteks pengembangan perangkat lunak dan media pembelajaran, pengujian statistik sangat diperlukan untuk mengukur efektivitas, kelayakan, serta tingkat keberhasilan aplikasi berdasarkan data kuantitatif yang diperoleh dari responden. Penelitian ini menggunakan pendekatan statistik deskriptif agar lebih mudah ditarik kesimpulannya.

Guna menggambarkan pemusatan dan penyebaran data hasil pengujian secara komprehensif, peneliti menggunakan empat parameter ukuran statistik utama. Keempat parameter tersebut diuraikan sebagai berikut:

a. Mean (Rata-rata)

Mean adalah ukuran pemusatan data yang paling umum digunakan untuk mengetahui nilai rata-rata hitung dari suatu kelompok data. Nilai ini didapatkan dengan menjumlahkan seluruh skor atau data yang ada, kemudian membaginya dengan banyaknya jumlah data tersebut. Dalam penelitian ini, mean digunakan untuk melihat skor rata-rata keseluruhan dari instrumen evaluasi. Rumus perhitungan mean adalah sebagai berikut:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad 2.1$$

Keterangan:

$\bar{x}$ = Nilai rata-rata (*mean*)

$\sum x_i$ = Jumlah keseluruhan nilai dari seluruh responden

n = Jumlah total responden

b. Median (Nilai Tengah)

Median adalah nilai pengamatan yang terletak tepat di tengah-tengah rentang data, dengan syarat data tersebut telah diurutkan terlebih dahulu dari nilai yang paling kecil hingga nilai yang paling besar. Penggunaan median sangat berguna untuk mengetahui titik pusat distribusi data. Persamaan matematis untuk mencari letak median pada data tunggal dibedakan berdasarkan jumlah datanya, yaitu:

1.) Untuk jumlah data (n) ganjil:

$$Me = x_{\left(\frac{n+1}{2}\right)} \quad 2.2$$

2.) Untuk jumlah data (n) genap:

$$Me = \frac{x_{\left(\frac{n}{2}\right)} + x_{\left(\frac{n}{2}+1\right)}}{2} \quad 2.3$$

Keterangan:

Me = Nilai tengah (*median*)

x = Nilai data pada urutan ke-tertentu

n = Jumlah total responden atau jumlah data

c. Modus (Mode)

Modus merupakan teknik statistik yang digunakan untuk mengetahui nilai, skor, atau kategori yang paling sering muncul dari sebuah kumpulan data. Dalam evaluasi aplikasi, modus membantu peneliti untuk melihat tren atau kecenderungan jawaban mayoritas dari para responden. Secara matematis pada kumpulan data tunggal, modus dicari dengan menetapkan nilai x_i yang memiliki frekuensi kemunculan (f_i) paling tinggi di antara data lainnya:

$$Mo = x_i \text{ dengan } f_i = \max(f_1, f_2, \dots, f_n) \quad 2.4$$

Keterangan:

Mo = Nilai yang paling sering muncul

f_i = Frekuensi dari nilai x_i

d. Standar Deviasi (Simpangan Baku)

Standar deviasi atau simpangan baku adalah ukuran penyebaran yang menunjukkan seberapa besar variasi atau jarak setiap titik data individu menyimpang dari nilai rata-ratanya. Nilai standar deviasi yang kecil menunjukkan bahwa data cenderung berkumpul di dekat nilai rata-rata, sedangkan nilai yang besar menunjukkan bahwa data tersebar lebih luas. Rumus sampel standar deviasi yang digunakan adalah:

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad 2.5$$

Keterangan:

s = Standar deviasi (simpangan baku)

x_i = Nilai data ke- i

$\bar{x}$ = Nilai rata-rata sampel

n = Jumlah total responden

e. Analisis Persentase Kelayakan (Skala Likert)

Dalam pengujian kelayakan perangkat lunak yang menggunakan kuesioner berskala, seperti Skala Likert, data ordinal yang diperoleh dari responden perlu dikonversi menjadi sebuah persentase agar tingkat kelayakan sistem dapat diinterpretasikan secara jelas. Persentase ini didapatkan dengan membandingkan skor jawaban aktual dari pengujian dengan skor ideal maksimal yang mungkin dicapai. Persamaan matematis untuk menghitung persentase kelayakan tersebut adalah:

$$P = \frac{\text{Skor Aktual}}{\text{Skor Ideal Maksimal}} \times 100\% \quad 2.6$$

Keterangan:

P = Persentase kelayakan

Skor Aktual = Jumlah total skor jawaban yang diberikan oleh responden pada suatu butir pertanyaan.

Skor Ideal Maksimal = Skor tertinggi pada instrumen penilaian dikalikan dengan jumlah total responden.

2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian terkait penggunaan teknologi Augmented Reality (AR), khususnya metode markerless, dalam edukasi satwa dan objek edukatif lainnya telah banyak dilakukan di Indonesia. Berikut adalah sepuluh penelitian terdahulu yang relevan sebagai acuan dan pembanding untuk penelitian ini:

- a. Utami et al. (2024) mengembangkan aplikasi AR untuk memvisualisasikan bangun ruang di sekolah dasar menggunakan metode MDLC, namun proyeksinya masih bergantung pada pemindaian marker fisik.
- b. Midopta et al. (2024) mengembangkan aplikasi markerless "Nature Discovery" untuk flora dan fauna langka. Meski objek 3D dapat digerakkan bebas, efektivitas peningkatan pemahaman penggunaanya belum dievaluasi secara statistik.
- c. Sitinjak et al. (2023) menerapkan marker-based AR (Unity dan Vuforia) untuk pengenalan hewan. Kelemahannya, variasi aset satwa 3D yang disajikan masih sangat terbatas pada satu spesies saja (harimau).
- d. Febriana et al. (2022) mengembangkan aplikasi AR satwa nusantara dengan metode marker-based dan MDLC. Aplikasi ini hanya diuji terbatas pada

usability skala kecil, tanpa mengukur peningkatan pemahaman secara kognitif.

- e. Maharani et al. (2023) merancang "Animal Tracker 3D" berbasis marker untuk pengenalan satwa sekolah dasar. Walau menyajikan visual 3D dan narasi, evaluasinya hanya sebatas pengujian fungsionalitas sistem (black box).
- f. Tarigan et al. (2024) menerapkan AR markerless di Museum Megalodon Sukabumi. Karena bertujuan memvisualisasikan fosil sejarah, objek 3D yang ditampilkan bersifat statis tanpa animasi pergerakan yang kompleks.
- g. Kurnia et al. (2025) berfokus melatih mahasiswa menggunakan Blender untuk mengembangkan media AR. Penelitian ini lebih menekankan peningkatan kompetensi teknis SDM, bukan memvalidasi fungsionalitas produk akhir ke pengguna luas.
- h. Rohman et al. (2023) memanfaatkan plane detection pada AR untuk visualisasi 3D tata letak furnitur. Implementasi pelacakan spasialnya baik, namun masih terfokus pada visualisasi benda mati tanpa pergerakan dinamis.
- i. Azzahra et al. (2024) merancang media pembelajaran AR untuk struktur lapisan bumi dengan Unity 3D dan Vuforia. Visualisasi benda statis ini masih bergantung penuh pada image target (marker-based).
- j. Naufallinho et al. (2025) membuat aplikasi AR pengenalan buah tropis yang bergantung pada pemindaian marker. Instrumen evaluasinya hanya berfokus pada uji kelayakan tampilan, tanpa analisis statistik terkait peningkatan hasil belajar.

2.9 State of Art

Tabel 2.1 State of Art

No	Penulis (Tahun)	Judul	Fokus Penelitian
1	Utami et al. (2022)	Development of The "Kisah Si Jojo" Android Based AR & Unity 3D	Implementasi aplikasi berbasis AR dengan Unity 3D
2	(Rafif Midopta, 2021)	Implementasi AR Untuk Edukasi Tentang Flora Dan Fauna	Peningkatan minat belajar untuk memperkenalkan flora dan fauna dengan AR
3	(Apen Sitinjak et al., 2023)	Implementasi AR Untuk Pengenalan Hewan	Pembelajaran tentang pengenalan hewan dengan menggunakan AR, Unity, & Vuforia
4	(Febriana Dewi et al. 2022)	Pengenalan Hewan Menggunakan AR untuk Anak	Edukasi habitat, lingkungan, dan hewan melalui AR
5	(Ika Maharani et al. 2023)	Pemanfaatan Teknologi AR Untuk Pengenalan Satwa Di Sekolah	Media pembelajaran pengenalan hewan berbasis AR
6	(Jani Tarigan, 2024)	Perancangan Aplikasi Media Pembelajaran Berbasis AR	Pembelajaran matematika bangun ruang dengan aplikasi berbasis AR
7	Kurnia et al. (2025)	Pelatihan Blender Untuk Pengembangan Media Pembelajaran AR	Pelatihan pembuatan objek 3D di Blender untuk aplikasi AR.
8	Rohman et al.(2023)	Visualisasi 3D Furniture Pada Desain Interior Rumah	Penerapan AR <i>markerless</i> untuk simulasi tata letak furnitur.
9	Azzahra et al. (2024)	Aplikasi AR Pengenalan Struktur Lapisan Bumi	Perancangan aplikasi AR untuk menampilkan lapisan bumi.
10	Naufallinho et al. (2025)	Aplikasi AR Pengenalan Buah-Buahan Tropis	Pengembangan aplikasi edukasi AR buah tropis untuk meningkatkan minat belajar.

Merujuk pada Tabel *State of the Art* (SOTA) di atas, mayoritas penelitian terdahulu masih memiliki kelemahan pada aspek pelacakan, variasi visual, dan evaluasi. Sebagian besar masih bergantung pada *marker-based tracking* yang membatasi fleksibilitas ruang pengguna. Sementara itu, penelitian yang menggunakan *markerless tracking* umumnya hanya memvisualisasikan benda statis (seperti fosil, furnitur, atau struktur bumi). Jika berupa satwa, aset yang digunakan masih terbatas tanpa siklus animasi pergerakan makhluk hidup yang dinamis. Pada aspek evaluasi, pengujian didominasi oleh uji fungsionalitas (*black box*) atau kelayakan antarmuka skala kecil, tanpa adanya pembuktian empiris mengenai efektivitas peningkatan kognitif pengguna melalui pengujian statistik.

Menjawab berbagai celah tersebut, penelitian ini menawarkan keunggulan yang lebih komprehensif dan terukur. Secara teknis, penelitian ini mengoptimalkan *markerless tracking (plane detection)* untuk memproyeksikan 33 model 3D satwa mamalia yang dirancang secara mandiri, presisi, dan dilengkapi dengan siklus pergerakan animasi alamiah (*idle* dan *walk*). Validitas materi zoologi pada aplikasi ini juga telah diuji langsung melalui *User Acceptance Test* (UAT) oleh pakar dari Kebun Binatang Surabaya. Secara analitis, keunggulan esensial dari penelitian ini adalah pembuktian dampak kognitif secara empiris melalui pengujian *pretest* dan *posttest* terhadap 100 responden. Hasil analisis statistik membuktikan adanya lonjakan nilai rata-rata dan penyusutan standar deviasi secara drastis, yang mengukuhkan bahwa interaktivitas spasial pada aplikasi ini efektif bertindak sebagai penyeimbang literasi bagi seluruh lapisan pengguna

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

3.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di dua lokasi utama, yaitu Kebun Binatang Surabaya dan Kampus 4 Politeknik Negeri Jember Sidoarjo. Kebun Binatang Surabaya berfungsi sebagai lokasi utama pengambilan data observasi, referensi visual satwa, serta pengujian media edukasi secara langsung kepada pengguna. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada peran institusi tersebut sebagai salah satu destinasi pelestarian dan edukasi satwa yang komprehensif di Indonesia. Sementara itu, Kampus 4 Politeknik Negeri Jember Sidoarjo digunakan sebagai lokasi pusat kegiatan teknis penelitian, yang meliputi perancangan sistem, pembuatan aset model tiga dimensi, penulisan kode program, hingga tahapan pengembangan perangkat lunak *Augmented Reality* secara keseluruhan.

3.1.2 Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini direncanakan berlangsung selama 12 (dua belas) bulan. Alur kegiatan dari tahap persiapan, pengembangan sistem, hingga pelaporan akhir dikelompokkan ke dalam 5 fase pengerjaan yang direpresentasikan melalui warna berbeda. Rincian jadwal tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1 Jadwal dan Waktu Penelitian

No.	Keterangan	Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Analysis												
2.	Design												
3.	Development												
4.	Implementation												
5.	Evaluation												

Berdasarkan tabel di atas, terdapat beberapa skema blok proses pengerjaan dengan warna yang berbeda. Berikut adalah penjelasan dari setiap warna yang berbeda tersebut.

a. Biru

Mewakili tahap awal dimulainya riset, meliputi perumusan masalah, penyusunan proposal, observasi lapangan, serta pengumpulan data literatur satwa. Fase ini difokuskan pada bulan ke-1 hingga bulan ke-3.

b. Hijau

Mewakili tahap konseptual dan pembuatan rancangan *blueprint* aplikasi, seperti *Use Case*, UI/UX, dan alur kerja pemindaian AR. Fase ini dikerjakan secara intensif pada bulan ke-3 dan ke-4.

c. Kuning

Merupakan fase inti yang memakan waktu paling panjang (bulan ke-4 hingga ke-10). Warna ini menandai proses kerja teknis, mulai dari pemodelan aset 3D di Blender, pengkodean logika di Unity, hingga implementasi aplikasi di lingkungan luar ruangan.

d. Jingga

Mewakili tahap pengujian aplikasi di lapangan, penyebaran kuesioner (*Pretest-Posttest*) kepada 100 responden, serta proses perhitungan statistik hasil kuesioner. Fase ini dilaksanakan pada bulan ke-11 dan ke-12 setelah aplikasi selesai dibuat.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam proses penelitian dan pengembangan media ini meliputi:

a. Hardware

- 1.) Laptop Dell Precision 7530
- 2.) Processor Intel® Core™ i7-8850H Gen 8 4.3 GHz Turbo
- 3.) NVIDIA Quadro P3200
- 4.) RAM 32GB DDR 4
- 5.) SSD 512GB

b. Device Penelitian

- 1.) Xiaomi Note 10 Pro
- 2.) Ram 6 GB

- 3.) Snapdragon 732G
- 4.) Internal Memory 128GB
- c. Software
 - 1.) Sistem Operasi Windows 11
 - 2.) Visual Studio Code v1.99.3
 - 3.) Unity v3.5
 - 4.) Blender v2.8

3.2.2 **Bahan**

Bahan dalam penelitian ini bukanlah benda fisik, melainkan kumpulan data dan aset digital yang dibutuhkan untuk membangun aplikasi *Augmented Reality* (AR). Berikut adalah rincian bahan yang digunakan:

a. Data Informasi Hewan

Bahan ini berupa data nyata mengenai 33 jenis satwa yang didapatkan dari kunjungan ke Kebun Binatang Surabaya dan membaca buku atau artikel. Data yang dikumpulkan berisi nama hewan, bentuk tubuh, tempat asal, dan status kelangkaannya. Nantinya, data ini dimasukkan sebagai teks pada panel informasi di dalam aplikasi.

b. Gambar Referensi dan Desain

Bahan ini berupa foto-foto asli hewan yang dipakai sebagai patokan atau contoh saat membentuk objek hewan 3D di aplikasi Blender. Selain foto hewan, bahan visual lainnya meliputi gambar desain untuk tombol, ikon, dan latar belakang tampilan aplikasi.

c. Bahan Soal Kuis

Bahan ini berisi 20 soal pilihan ganda yang dibuat berdasarkan informasi hewan di aplikasi. Soal-soal ini tidak hanya dimasukkan ke dalam sistem kuis di aplikasi, tetapi juga dibagikan sebagai lembar tes tertulis (*pretest* dan *posttest*) untuk mengukur pemahaman 100 orang responden.

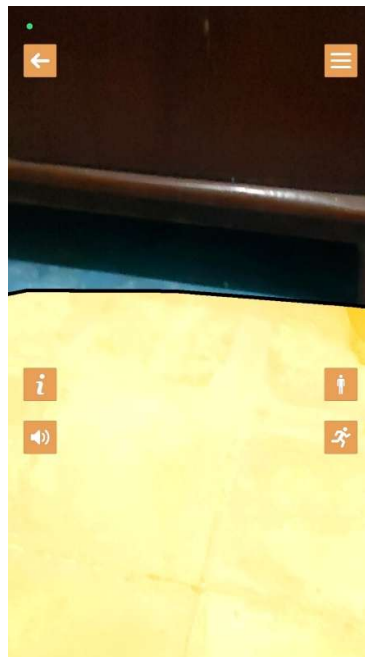
d. Kumpulan Suara (Audio)

Bahan ini berupa berkas suara bebas hak cipta yang diunduh dari internet. Suara yang digunakan adalah efek suara pendek yang berbunyi saat pengguna menekan tombol di layar.

3.3 Metode Penelitian

Dalam pengembangan aplikasi pengenalan satwa ini, metode Augmented Reality (AR) yang digunakan adalah markerless tracking. Berbeda dengan AR konvensional yang mewajibkan pengguna untuk mengarahkan kamera pada sebuah kartu fisik atau kode QR (marker), metode markerless tracking memungkinkan objek 3D muncul secara langsung di lingkungan dunia nyata tanpa memerlukan penanda khusus.

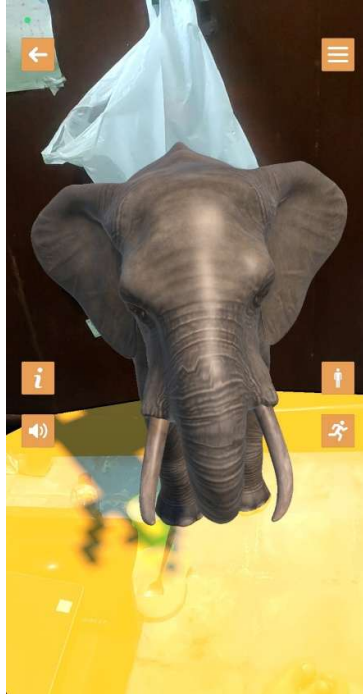
Metode ini bekerja dengan memanfaatkan teknologi pendeteksian permukaan datar (plane detection). Kamera pada telepon pintar pengguna akan memindai lingkungan fisis di sekitarnya, seperti lantai atau meja, untuk mencari titik-titik permukaan yang rata. Proses pemindaian permukaan oleh kamera perangkat dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Ilustrasi proses pemindaian permukaan data

Setelah sistem berhasil mengenali permukaan yang datar, pengguna cukup menyentuh layar telepon pintarnya. Sistem kemudian akan memproyeksikan atau memunculkan model 3D satwa tepat di atas permukaan lantai atau meja tersebut, seolah-olah satwa itu benar-benar ada di depan

pengguna. Gambaran hasil proyeksi objek satwa menggunakan metode pelacakan ini ditunjukkan pada Gambar 3.2.



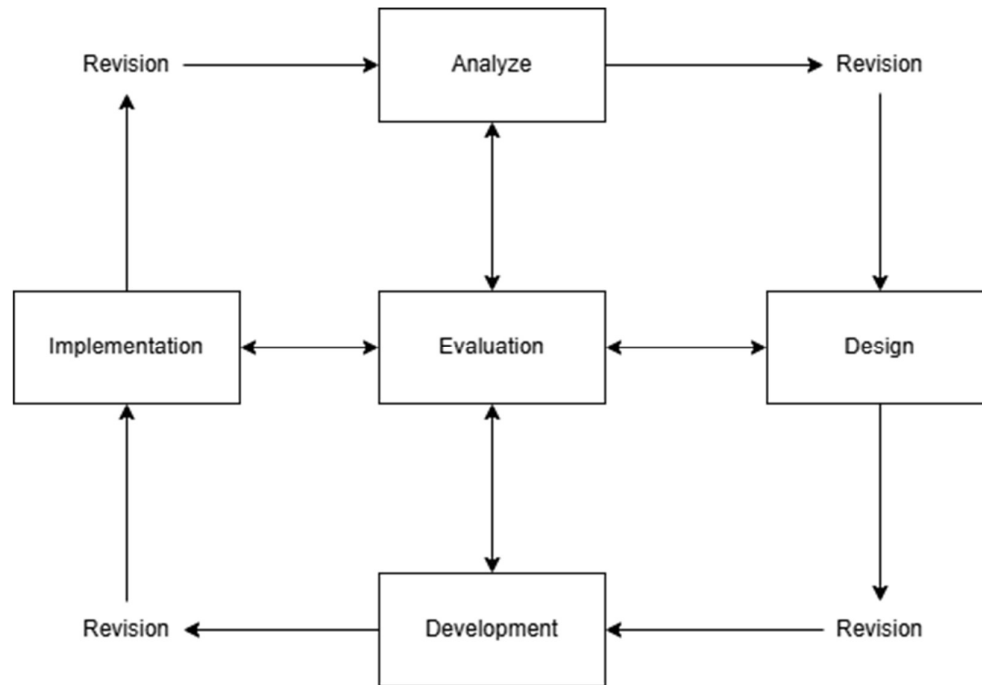
Gambar 3.2 Visual objek 3D satwa menggunakan markerless tracking

Keunggulan penggunaan metode *markerless tracking* seperti gambar 3.2 diatas adalah memberikan kebebasan bagi pengguna. Pengguna dapat melihat model satwa dalam ukuran yang nyata, mengelilinginya dari berbagai sudut, dan menggunakan aplikasi ini di mana saja tanpa harus repot membawa atau mencetak kartu penanda.

3.4 Metode Pelaksanaan

Penelitian ini menerapkan metode Research and Development (R&D) dengan menggunakan model pengembangan ADDIE. Model ini terdiri dari lima tahapan terstruktur yang meliputi analisis, perancangan, pengembangan, implementasi, hingga evaluasi akhir. Pilihan model ini didasarkan pada alur kerjanya yang sistematis, di mana setiap tahapan memiliki fungsi kontrol yang jelas untuk memastikan produk media pembelajaran yang dihasilkan benar-

benar valid dan sesuai kebutuhan. Bagan alur kerja dari kerangka model ADDIE yang diterapkan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Model ADDIE

Berdasarkan Gambar 3.3 di atas, setiap tahapan saling berhubungan dan bergerak maju secara berurutan untuk menghasilkan produk media pembelajaran yang valid. Adapun rincian dari masing-masing tahapan pelaksanaan ADDIE dalam penelitian ini diuraikan sebagai berikut:

3.4.1 Analysis

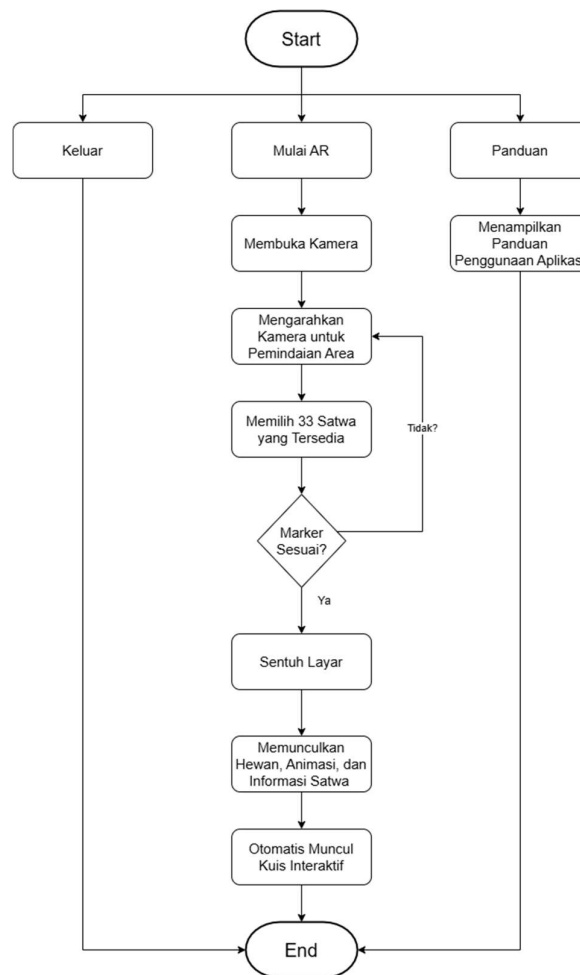
Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan data dan analisis kebutuhan sistem. Informasi mendetail mengenai anatomi, habitat, dan status pelestarian satwa dikumpulkan sebagai materi utama. Selain itu, dilakukan juga analisis terhadap spesifikasi perangkat keras (telepon pintar) yang dibutuhkan agar aplikasi dapat berjalan optimal.

3.4.2 Design

Tahap perancangan bertujuan untuk membuat cetak biru (blueprint) dan desain arsitektur aplikasi secara menyeluruh sebelum masuk ke tahap produksi. Pada fase ini, perancangan sistem logika dimodelkan menggunakan standar

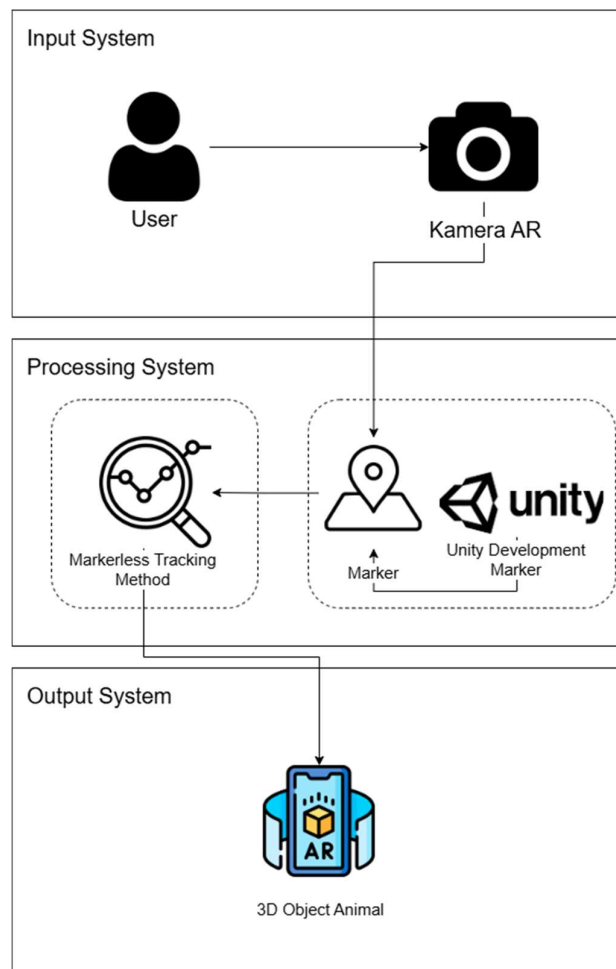
Unified Modeling Language (UML) yang terdiri dari Use Case Diagram dan Activity Diagram. Use Case Diagram dirancang untuk memetakan batasan hak akses serta interaksi antara pengguna dengan seluruh fitur fungsional yang ada di dalam aplikasi. Sementara itu, Activity Diagram digunakan untuk menggambarkan secara rinci urutan aktivitas dinamis pengguna, mulai dari proses pemindaian permukaan datar hingga memunculkan model satwa beserta kuisnya.

Selain pemodelan UML, alur interaksi pengguna di dalam aplikasi juga divisualisasikan secara runtut melalui diagram alir (flowchart) yang ditunjukkan pada Gambar 3.4 berikut.



Gambar 3.4 Flowchart Rancangan Aplikasi

Melalui Gambar 3.4 tersebut, dapat dipahami langkah-langkah pengguna mulai dari membuka aplikasi, menentukan mode usia, hingga memindai permukaan datar untuk memunculkan model satwa beserta kuisnya. Selain berfokus pada alur kerja dan pengalaman pengguna, perancangan arsitektur perangkat lunak serta pemetaan komponen sistem juga harus dirumuskan secara jelas. Fase ini memastikan bahwa seluruh elemen teknis, mulai dari fungsionalitas kamera, pemrosesan visual, hingga manajemen konten edukasi, dapat bekerja bersama sebagai satu kesatuan sistem yang utuh. Rancangan hubungan antarkomponen perangkat lunak tersebut secara keseluruhan digambarkan melalui desain sistem pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Design System

Berdasarkan Gambar 3.5 di atas, desain sistem memetakan secara terperinci bagaimana setiap komponen saling terhubung dan bertukar data, mulai dari komponen pelacakan kamera Augmented Reality (AR), hingga penampilan informasi yang adaptif sesuai dengan pilihan pengguna.

3.4.3 Development

Tahap pengembangan merupakan proses realisasi dan produksi massal dari seluruh rencana digital yang telah disusun pada tahap perancangan. Tahap ini memakan waktu paling lama karena melibatkan pembuatan aset grafis tiga dimensi (3D) dan penyusunan kode program utama secara bersamaan. Pengerjaan dibagi ke dalam dua perangkat lunak utama, yaitu Blender dan Unity.

Proses pertama dilakukan di dalam perangkat lunak Blender untuk memproduksi 33 aset karakter satwa. Tahapan di Blender meliputi pemodelan bentuk tubuh satwa (3D modeling), pewarnaan kulit (texturing), penulangan kerangka tubuh (rigging), hingga pembuatan siklus gerakan alami seperti posisi diam (idle) dan berjalan (walk) menggunakan variabel kontrol IsWalk. Proses kedua adalah memindahkan seluruh aset 3D tersebut ke dalam game engine Unity. Di dalam Unity, tata letak antarmuka (UI) disusun, komponen audio disematkan, dan penulisan kode skrip C# diterapkan untuk mengaktifkan fungsi pustaka AR Foundation agar sistem dapat melakukan pelacakan permukaan datar secara otomatis tanpa bantuan kartu penanda (markerless tracking).

3.4.4 Implementation

Tahap implementasi merupakan fase uji coba nyata di mana aplikasi yang telah selesai diproduksi pada tahap pengembangan akan mulai diterapkan langsung pada perangkat fisik. Tujuan utama dari tahap ini adalah untuk melihat performa asli aplikasi di luar lingkungan komputer pengembangan (*developer environment*).

Langkah awal pada tahap ini adalah mengekspor keseluruhan proyek dari Unity menjadi sebuah berkas fail instalasi berformat APK (*Android*

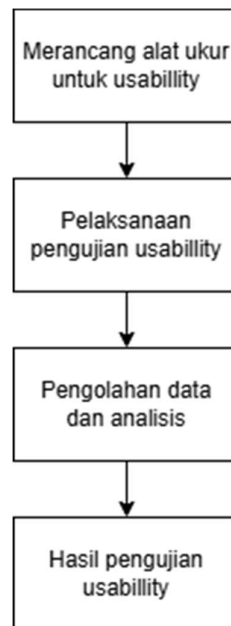
Package Kit). Pada pengaturan kompilasi (*Build Settings*), sistem operasi minimum ditetapkan pada Android 8.0 (Oreo), dengan rekomendasi penggunaan pada Android 10 ke atas. Penetapan versi ini dilakukan agar integrasi pustaka *AR Foundation* dengan perangkat keras ponsel dapat memproses pelacakan spasial secara optimal dan lancar.

3.4.5 Evaluation

Tahap evaluasi merupakan fase penilaian akhir sekaligus penentu dalam model pengembangan ADDIE. Fase ini bertujuan untuk mengukur secara komprehensif kelayakan fungsional sistem, kenyamanan interaksi pengguna (*usability*), serta efektivitas aplikasi sebagai instrumen edukasi pengenalan satwa yang valid. Mengingat aplikasi ini memiliki dua tujuan utama, yakni sebagai produk perangkat lunak yang fungsional dan sebagai media pembelajaran interaktif, maka proses evaluasi pada penelitian ini secara tegas dibagi menjadi dua prosedur pengujian utama. Pemisahan ini dilakukan agar instrumen penilaian dapat disesuaikan secara spesifik dengan target responden, sehingga hasil data yang diperoleh menjadi lebih objektif, terukur, dan akurat.

a. Pengujian Kualitas dan Kelayakan Sistem (*User Acceptance Test / UAT*)

Evaluasi tahap pertama berfokus pada pengujian teknis, validitas konten, dan kenyamanan antarmuka (*usability*). Pengujian ini ditujukan secara eksklusif kepada 5 orang responden yang berasal dari jajaran manajemen internal dan pakar di Kebun Binatang Surabaya (KBS). Keterlibatan pihak manajemen KBS sangat krusial karena mereka bertindak sebagai validator ahli (*expert judgment*) yang akan mengevaluasi apakah representasi 33 model satwa 3D dan informasi tekstual di dalam aplikasi sudah selaras dengan fakta empiris di lapangan. Selain itu, mereka juga bertugas menilai kelayakan keseluruhan fungsi sistem sebelum produk akhir ini didistribusikan kepada masyarakat umum. Alur pelaksanaan pengujian kelayakan sistem oleh pihak manajemen KBS ini dapat dilihat secara rinci pada Gambar 3.6 berikut.



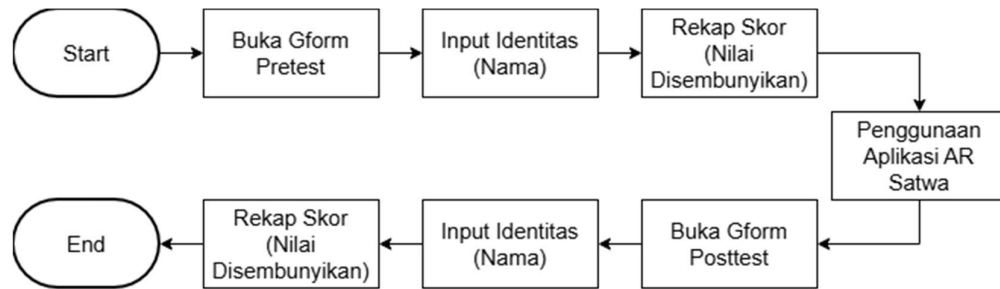
Gambar 3.6 Alur Pengujian Usability

Berdasarkan Gambar 3.6 di atas, proses pengujian diawali dengan penyerahan prototipe aplikasi kepada pihak manajemen KBS untuk dieksplorasi secara langsung pada perangkat seluler. Setelah pihak manajemen berinteraksi dengan berbagai fitur aplikasi, seperti pemindaian *markerless* dan pengoperasian menu, mereka akan memberikan penilaian akhir serta umpan balik tertulis melalui instrumen kuesioner UAT yang telah disediakan oleh peneliti. Data hasil kuesioner ini nantinya akan menjadi dasar pertimbangan kelayakan aplikasi.

b. Pengujian Efektivitas Edukasi (*Pretest* dan *Posttest*)

Evaluasi tahap kedua dirancang secara khusus untuk mengukur tingkat keberhasilan aplikasi dalam menyampaikan materi edukasi kepada target sasaran. Pengujian ini ditujukan kepada 100 orang responden umum melalui metode eksperimen (*one-group pretest-posttest design*). Untuk meminimalisasi bias dan menjaga objektivitas penilaian, pengumpulan data dilakukan menggunakan formulir digital terintegrasi (*Google Form*) yang hanya menampilkan kolom identitas nama dan butir soal kuis. Skor akhir atau hasil pengerjaan kuis sengaja disembunyikan dari tampilan layar responden dan

seluruh nilainya akan terekam secara otomatis ke dalam rekapitulasi lembar kerja (*Spreadsheet*) rahasia milik peneliti. Alur pelaksanaan dari proses evaluasi pemahaman responden ini divisualisasikan pada Gambar 3.7 berikut.



Gambar 3.7 Alur Pretest dan Posttest

Merujuk pada Gambar 3.7 di atas, alur pengujian eksperimental ini dilaksanakan dalam tiga tahapan yang berurutan. Pertama, sesaat sebelum mengenal atau menggunakan aplikasi, responden diwajibkan untuk menjawab instrumen soal evaluasi awal (*pretest*). Kedua, responden diberikan waktu untuk mengoperasikan, mengeksplorasi fitur *Augmented Reality* (AR), dan membaca panel informasi satwa di dalam aplikasi. Ketiga, setelah durasi penggunaan aplikasi selesai, responden wajib mengerjakan kembali instrumen soal evaluasi akhir (*posttest*). Perbandingan skor antara tahapan pertama dan ketiga inilah yang akan menentukan ada atau tidaknya peningkatan pemahaman dari pengguna

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengembangan Sistem

Tahap pengembangan sistem ini merupakan realisasi dari rancangan yang telah dibuat menggunakan model ADDIE. Hasil dari masing-masing tahapan pengembangan diuraikan sebagai berikut:

4.1.1 Hasil Analisis (Analysis)

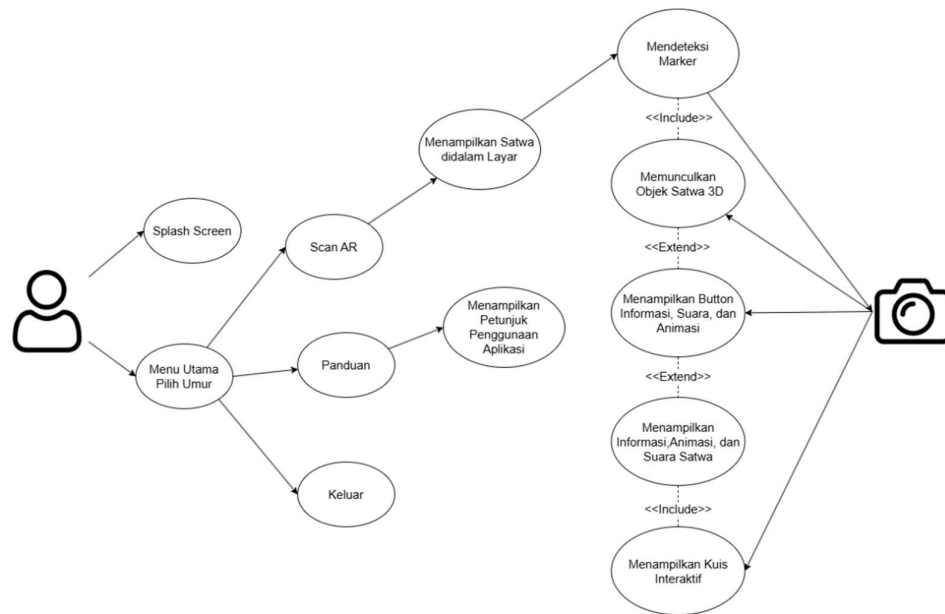
Tahap perancangan menghasilkan rancangan arsitektur sistem berbasis Unified Modeling Language (UML) dan struktur antarmuka pengguna (User Interface atau UI). Pemodelan sistem direpresentasikan melalui Use Case Diagram dan Activity Diagram untuk memperjelas fungsionalitas aplikasi secara keseluruhan. Setelah pemodelan sistem selesai dirancang, langkah selanjutnya adalah menerjemahkan alur tersebut ke dalam desain visual antarmuka aplikasi. Desain visual ini dirancang secara sistematis agar ramah pengguna (*user-friendly*) dan sesuai dengan tahapan interaksi pengguna di dalam aplikasi.

4.1.2 Hasil Perancangan (Design)

Tahap perancangan menghasilkan rancangan arsitektur sistem berbasis *Unified Modeling Language* (UML) dan struktur antarmuka pengguna (*User Interface* atau UI). Pemodelan sistem direpresentasikan melalui *Use Case Diagram* dan *Activity Diagram* untuk memperjelas fungsionalitas aplikasi secara keseluruhan. Setelah pemodelan sistem selesai dirancang, langkah selanjutnya adalah menerjemahkan alur tersebut ke dalam desain visual antarmuka aplikasi. Desain visual ini dirancang secara sistematis agar ramah pengguna (*user-friendly*) dan sesuai dengan tahapan interaksi pengguna di dalam aplikasi. Hasil perancangan antarmuka aplikasi tersebut diuraikan ke dalam beberapa poin berikut:

a. Use Case Diagram

Langkah pertama dalam perancangan sistem adalah memetakan interaksi fungsional antara pengguna dengan sistem aplikasi menggunakan pemodelan *Use Case Diagram*. Diagram ini berfungsi untuk memperjelas batasan hak akses pengguna serta mengidentifikasi fitur-fitur utama apa saja yang dapat dioperasikan di dalam aplikasi. Rancangan *Use Case Diagram* pada aplikasi pengenalan satwa ini ditunjukkan pada Gambar 4.1 berikut.



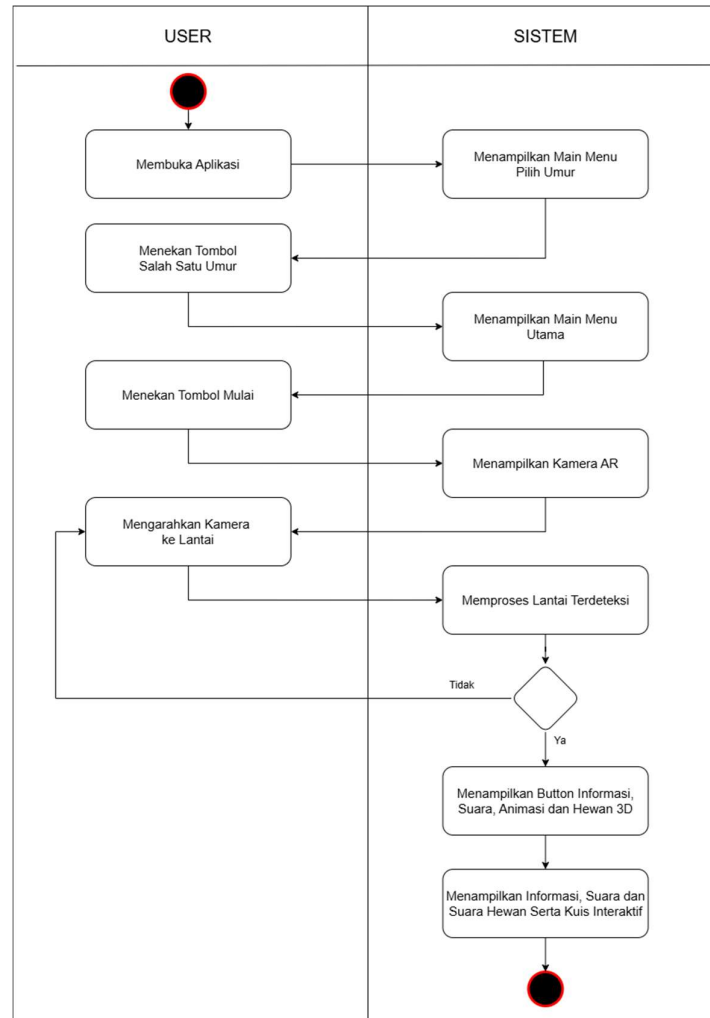
Gambar 4.1 Use Case Diagram Aplikasi

Berdasarkan Gambar 4.1 di atas, aktor tunggal dalam sistem ini adalah pengguna. Pengguna memiliki akses penuh untuk menjalankan beberapa fungsionalitas utama, yang meliputi pemilihan mode usia, eksplorasi menu satwa, penggunaan fitur pelacakan Augmented Reality (AR), dan penyelesaian kuis interaktif.

b. Activity Diagram Memulai AR

Setelah fitur utama teridentifikasi pada Use Case, proses selanjutnya adalah merinci alur kerja dari fitur tersebut. Pemodelan pertama adalah Activity Diagram untuk proses memulai AR. Diagram ini memvisualisasikan urutan aktivitas dinamis saat pengguna mengakses fitur pelacakan kamera hingga

objek 3D berhasil diproyeksikan. Rancangan Activity Diagram memulai AR ditunjukkan pada Gambar 4.2 berikut.

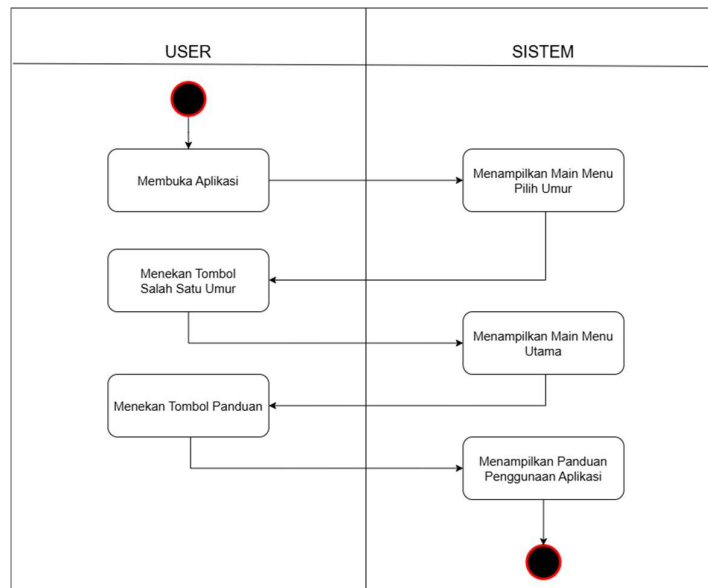


Gambar 4.2 Activity Diagram Memulai Augmented Reality (AR)

Merujuk pada Gambar 4.2 di atas, alur aktivitas digambarkan secara berurutan. Proses dimulai saat pengguna memilih menu AR dan sistem meminta izin akses kamera perangkat. Setelah izin diberikan, pengguna menyorotkan kamera untuk memindai permukaan datar. Saat permukaan terdeteksi dan pengguna memberikan sentuhan pada layar, sistem akan merespons dengan memunculkan model 3D satwa, panel teks deskripsi, serta kuis interaktif secara bersamaan.

c. Activity Diagram Panduan Penggunaan Aplikasi

Pemodelan kedua adalah Activity Diagram untuk fitur panduan penggunaan aplikasi. Fitur ini dirancang untuk membantu pengguna baru memahami tata cara pengoperasian aplikasi secara menyeluruh sebelum mereka mencoba fitur utama AR. Rancangan alur dari menu panduan penggunaan ini divisualisasikan pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3 Activity Diagram Panduan Penggunaan Aplikasi

Berdasarkan Gambar 4.3 tersebut, alur aktivitas dimulai ketika pengguna menekan tombol panduan pada menu utama. Sistem kemudian akan memuat dan menampilkan halaman yang berisi instruksi visual maupun tekstual mengenai langkah-langkah memindai area, memunculkan hewan, dan menjawab kuis. Setelah pengguna selesai membaca dan memahami instruksi tersebut, mereka dapat menekan tombol kembali untuk keluar dari halaman panduan dan mengakhiri aktivitas tersebut.

d. Tampilan Menu Utama

Menu utama merupakan halaman pusat navigasi yang akan dihadapi oleh pengguna setelah melewati halaman pembuka (splash screen). Halaman ini dirancang secara ergonomis dengan penempatan tombol yang mudah dijangkau

oleh ibu jari pengguna. Desain visual dari antarmuka menu utama aplikasi dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut



Gambar 4.4 Tampilan Menu Utama Aplikasi

Berdasarkan Gambar 4.4 tersebut, alur aktivitas dimulai ketika pengguna menekan tombol panduan pada menu utama. Sistem kemudian akan memuat dan menampilkan halaman yang berisi instruksi visual maupun tekstual mengenai langkah-langkah memindai area, memunculkan hewan, dan menjawab kuis. Setelah pengguna selesai membaca dan memahami instruksi tersebut, mereka dapat menekan tombol kembali untuk keluar dari halaman panduan dan mengakhiri aktivitas tersebut.

e. Tampilan Mode Usia 3-14 Tahun (Mode Junior)

Aplikasi ini dilengkapi dengan fitur penyesuaian konten berdasarkan rentang usia untuk memaksimalkan efektivitas penyampaian informasi. Pada mode usia 3 hingga 14 tahun atau mode Junior, antarmuka dirancang secara

khusus menggunakan warna-warna yang lebih cerah, visual yang menyenangkan, serta penyajian teks dengan diksi bahasa yang sangat sederhana agar mudah dicerna oleh anak-anak. Desain antarmuka untuk mode usia ini ditunjukkan pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Tampilan Antarmuka Mode Usia 3-14 Tahun

Merujuk pada Gambar 4.5 di atas, tata letak informasi dirancang agar tidak membebani kognitif pengguna usia dini. Panel informasi menampilkan poin-poin singkat yang berfokus pada visual satwa dan fakta-fakta dasar yang menarik, sehingga anak-anak dapat belajar mengenal satwa tanpa merasa bosan atau kebingungan dengan istilah akademis yang rumit.

f. Tampilan Mode Usia 14 Tahun ke Atas (Mode Senior)

Berbeda dengan mode Junior, tampilan untuk pengguna berusia 14 tahun ke atas atau mode Senior dirancang dengan pendekatan yang lebih komprehensif dan akademis. Mode ini ditujukan untuk remaja dan orang dewasa yang

membutuhkan informasi mendetail mengenai taksonomi, habitat spesifik, dan status konservasi satwa. Tampilan antarmuka untuk mode usia 14 tahun ke atas dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut.



Gambar 4.6 Tampilan Antarmuka Mode Usia 14 Tahun ke Atas

Mengamati Gambar 4.6 di atas, panel informasi pada mode ini disajikan dalam format teks paragraf yang lebih padat dan menggunakan tata bahasa Indonesia yang lebih baku. Desain panel tetap dibuat transparan sebagian agar tidak sepenuhnya menutupi proyeksi objek 3D satwa yang sedang ditampilkan di layar telepon pintar pengguna.

g. Tampilan Menu Pilih Hewan

Sebelum masuk ke fitur utama AR, pengguna diwajibkan untuk memilih objek satwa yang ingin ditampilkan. Antarmuka pemilihan hewan ini memuat daftar pustaka dari 33 jenis satwa yang datanya dihimpun langsung dari Kebun

Binatang Surabaya (KBS). Desain antarmuka untuk menu pemilihan hewan ditunjukkan pada Gambar 4.7 berikut.

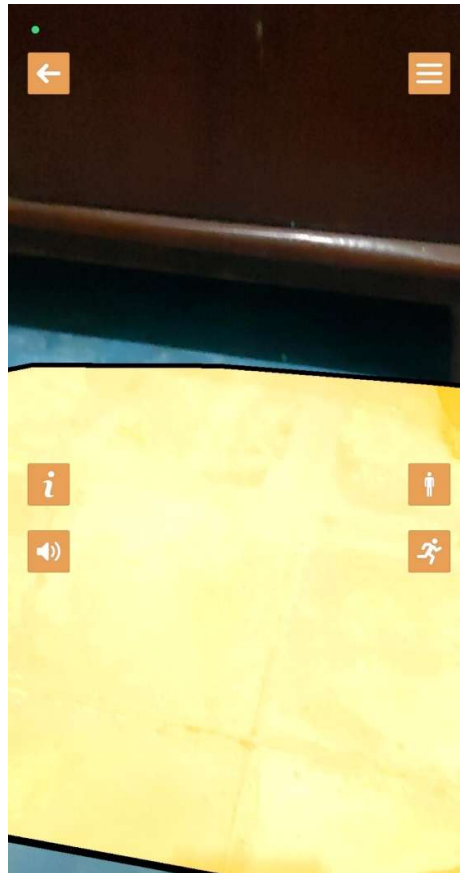


Gambar 4.7 Tampilan Antarmuka Menu Pemilihan Hewan

Melalui Gambar 4.7 tersebut, pengguna disuguhkan dengan deretan kartu atau nama dari masing-masing satwa yang disusun secara rapi berupa grid atau daftar gulir (scrollable list). Pengguna cukup melakukan sentuhan (tap) pada salah satu ikon satwa untuk melangkah ke tahap memunculkan objek hewan.

h. Tampilan Pelacakan Kamera (*Camera Tracking*)

Setelah satwa dipilih, aplikasi akan secara otomatis mengaktifkan kamera belakang perangkat seluler dan memulai proses pelacakan tanpa penanda (markerless tracking). Pada tahap ini, sistem akan mencari bidang atau permukaan datar di lingkungan sekitar pengguna untuk dijadikan tempat berpijak bagi model 3D satwa. Indikator visual dari proses pelacakan kamera ini divisualisasikan pada Gambar 4.8 berikut.



Gambar 4.8 Tampilan Pelacakan Permukaan Datar

Pada Gambar 4.8 di atas, sistem memberikan panduan visual kepada pengguna berupa jaring-jaring titik (point cloud) atau indikator grafis lainnya yang muncul di atas layar. Indikator ini menandakan bahwa teknologi plane detection telah berhasil mengenali permukaan datar secara stabil, dan pengguna dapat menyentuh area tersebut untuk memicu kemunculan objek.

i. Tampilan Objek Satwa Muncul di Layar

Fase puncak dari pengalaman AR di dalam aplikasi ini adalah saat model 3D satwa berhasil diproyeksikan secara nyata di atas permukaan lantai atau meja pengguna. Pada antarmuka ini, pengguna dapat berinteraksi melihat animasi gerakan satwa dari berbagai sudut pandang kamera. Hasil proyeksi objek 3D di layar ditunjukkan pada Gambar 4.9 berikut.



Gambar 4.9 Tampilan Objek 3D Satwa di Layar Aplikasi

Berdasarkan Gambar 4.9 tersebut, objek satwa dirender dengan pencahayaan dan proporsi ukuran yang disesuaikan dengan lingkungan nyata. Hal ini memberikan ilusi optik yang meyakinkan seolah-olah hewan tersebut benar-benar hadir secara fisik di depan pengguna.

j. Tampilan Deskripsi Hewan

Bersamaan dengan munculnya objek 3D satwa di lingkungan nyata pengguna, sistem juga bisa menampilkan panel teks deskripsi yang berisi informasi edukatif mengenai satwa tersebut. Antarmuka panel deskripsi ini menyesuaikan dengan pilihan mode usia yang telah ditentukan pada awal penggunaan. Visualisasi tata letak deskripsi satwa saat mode AR berjalan dapat dilihat pada Gambar 4.10 berikut.



Gambar 4.10 Tampilan Panel Deskripsi Satwa

Sesuai dengan Gambar 4.10 di atas, tata letak teks deskripsi ditempatkan di posisi yang strategis agar mudah dibaca namun tidak menghalangi pandangan utama pengguna terhadap model 3D satwa yang sedang diproyeksikan.

k. Tampilan Kuis Interaktif Terintegrasi

Sebagai fitur hiburan tambahan sekaligus sarana evaluasi, aplikasi ini memunculkan kuis interaktif secara otomatis saat pengguna sedang berada di dalam lingkungan AR. Fitur kuis ini dirancang secara adaptif menyesuaikan dengan mode usia yang telah dipilih oleh pengguna pada saat pertama kali menjalankan aplikasi. Perbedaan utama dari penyesuaian ini terletak pada tingkat kesulitan dan jumlah opsi pilihan ganda yang disajikan.

Desain antarmuka kuis untuk mode usia 3 hingga 14 tahun dirancang sangat sederhana dengan hanya menampilkan dua pilihan jawaban. Pendekatan ini bertujuan agar anak-anak atau pengguna usia dini tidak merasa terbebani secara kognitif dan dapat lebih mudah mengambil keputusan saat memilih jawaban.

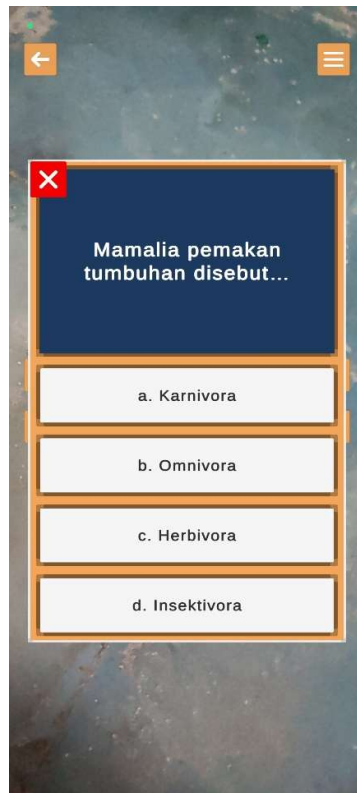
Visualisasi dari kuis untuk mode usia 3 hingga 14 tahun dapat dilihat pada Gambar 4.11 berikut.



Gambar 4.11 Tampilan Kuis Interaktif Usia 3 hingga 14 Tahun

Berdasarkan Gambar 4.11 di atas, pertanyaan kuis disajikan dengan kalimat yang singkat dan langsung diikuti oleh dua tombol pilihan jawaban yang terlihat jelas di layar.

Sementara itu, untuk pengguna pada mode usia 14 tahun ke atas, kuis dirancang dengan tingkat tantangan yang lebih tinggi guna menguji pemahaman analitis mereka secara lebih mendalam. Antarmuka kuis pada mode ini menampilkan empat opsi pilihan jawaban berganda yang menyerupai format ujian standar. Desain antarmuka kuis untuk mode usia 14 tahun ke atas ditunjukkan pada Gambar 4.12 berikut.



Gambar 4.12 Tampilan Kuis Interaktif Usia 14 Tahun ke Atas

Merujuk pada Gambar 4.12 tersebut, pengguna dihadapkan pada variasi pilihan jawaban yang lebih kompleks. Terlepas dari mode usia yang dimainkan, kedua jenis kuis ini memiliki sistem umpan balik otomatis yang terintegrasi. Jika pengguna menekan tombol jawaban yang tepat, sistem akan memunculkan indikator visual berwarna hijau untuk memvalidasi keberhasilan tersebut. Sebaliknya, apabila pengguna memilih jawaban yang keliru, sistem akan seketika menampilkan indikator visual peringatan berwarna merah beserta informasi perbaikan agar pengguna dapat langsung mengoreksi dan belajar dari kesalahan tersebut.

4.1.3 Hasil Pengembangan (Development)

Tahap pengembangan merupakan proses realisasi dari seluruh rancangan yang telah dibuat ke dalam bentuk perangkat lunak yang fungsional. Pada tahap ini, keseluruhan proses produksi dan integrasi sistem dilakukan menggunakan *game engine* Unity. Proses pengembangan di dalam Unity ini

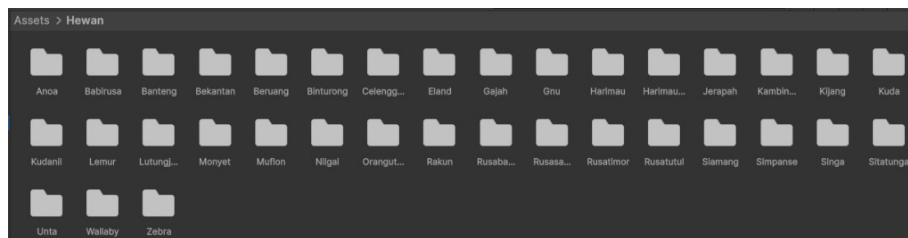
secara garis besar dibagi menjadi tiga tahap utama operasional, yaitu pengelolaan aset digital, pengaturan ruang kerja layar (*scene*), dan penulisan skrip pemrograman untuk logika interaktif. Hasil implementasi dari ketiga tahapan tersebut diuraikan secara rinci sebagai berikut:

a. Pengelolaan Aset Aplikasi

Pengelolaan aset merupakan langkah krusial untuk memastikan seluruh komponen visual, audio, dan data tersusun dengan rapi di dalam direktori proyek Unity. Aset yang digunakan dalam penelitian ini mencakup beberapa kategori dasar.

1.) Asset Hewan Asli

Aset hewan asli merupakan berkas model tiga dimensi (3D) mentah dari 33 jenis satwa yang sebelumnya telah diproduksi melalui perangkat lunak Blender. Berkas ini diimpor ke dalam direktori Unity untuk digunakan sebagai objek utama proyeksi Augmented Reality (AR). Tampilan direktori penyimpanan aset hewan asli ini dapat dilihat pada Gambar 4.13 berikut.



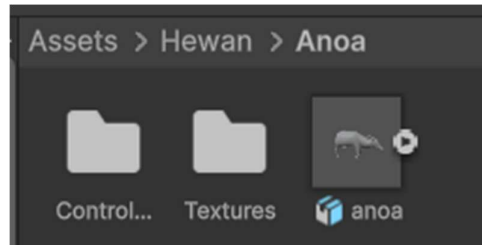
Gambar 4.13 Tampilan Direktori Asset Hewan Asli di Unity

Berdasarkan Gambar 4.13 di atas, seluruh berkas model satwa disusun dalam satu map khusus agar mudah diakses. Aset ini masih berupa kerangka dasar yang belum memiliki pengaturan perilaku proyeksional untuk lingkungan AR.

2.) Asset di dalam Hewan Asli

Setelah model 3D diimpor, peneliti perlu mengatur komponen internal yang melekat di dalam aset hewan asli tersebut. Komponen ini meliputi material warna (*texture*), pengaturan tulang penggerak (*rigging*), serta

kumpulan data animasi gerak seperti posisi diam dan berjalan. Komponen internal pembentuk model satwa ini ditunjukkan pada Gambar 4.14 berikut.

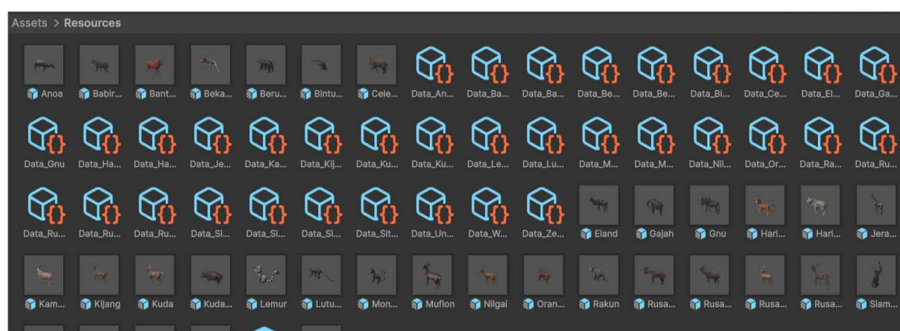


Gambar 4.14 Tampilan Komponen Asset di dalam Hewan Asli

Merujuk pada Gambar 4.14 tersebut, setiap model hewan memiliki lapisan material dan komponen *Animator* yang bertugas mengontrol transisi pergerakan satwa agar terlihat hidup dan natural saat ditampilkan di layar.

3.) Asset Prefab dan Data Hewan

Untuk mengoptimalkan kinerja aplikasi saat memunculkan objek di dunia nyata, model satwa yang telah dilengkapi tekstur dan animasi kemudian diubah menjadi *Prefab* (objek siap pakai). Bersamaan dengan itu, data informasi teks untuk masing-masing satwa dikonfigurasi agar menempel pada *Prefab* yang bersesuaian. Hasil konversi objek menjadi *Prefab* beserta datanya dapat dilihat pada Gambar 4.15 berikut.



Gambar 4.15 Tampilan Asset Prefab dan Data Hewan

Sesuai dengan Gambar 4.15 di atas, format *Prefab* memungkinkan sistem untuk memanggil dan memunculkan model satwa secara instan kapan pun sensor kamera berhasil mendeteksi permukaan datar tanpa harus memuat ulang data model dari awal.

4.) Asset Audio Hewan

Selain elemen visual, aplikasi ini juga didukung oleh elemen suara untuk memberikan pengalaman multimedia yang menyeluruh. Aset audio ini meliputi efek suara latar, suara klik tombol, serta efek suara khas dari masing-masing satwa peliharaan Kebun Binatang Surabaya (KBS). Kumpulan berkas suara ini divisualisasikan pada Gambar 4.16 berikut.



Gambar 4.16 Tampilan Direktori Asset Audio Hewan

Melalui Gambar 4.16 tersebut, seluruh berkas audio disimpan dengan format yang ringan dan diatur tingkat volumenya agar tidak mengganggu kejelasan informasi visual saat aplikasi sedang dioperasikan oleh pengguna.

5.) Asset Icon di dalam Aplikasi

Aset antarmuka pengguna terdiri dari kumpulan gambar dua dimensi (2D) yang difungsikan sebagai tombol, panel latar belakang, serta ikon representasi satwa. Elemen grafis ini sangat penting untuk membangun kenyamanan navigasi (*user interface*). Kumpulan aset ikon aplikasi ini ditunjukkan pada Gambar 4.17 berikut.

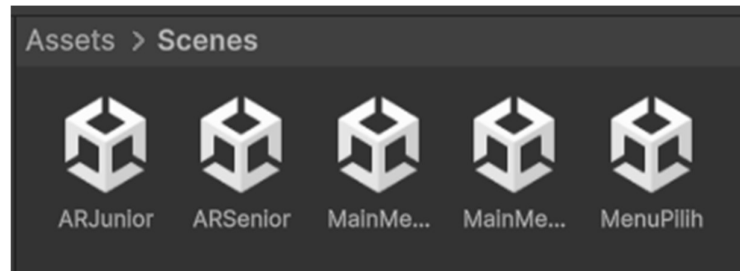


Gambar 4.17 Tampilan Direktori Asset Icon Aplikasi

Mengamati Gambar 4.17 di atas, seluruh gambar ikon telah disesuaikan resolusinya dan dikonversi menjadi format *Sprite* di dalam Unity agar dapat dipasang pada kerangka kanvas antarmuka secara proporsional.

6.) Asset Semua Scene

Agar perpindahan antarhalaman aplikasi berjalan sistematis, peneliti membuat map khusus untuk menyimpan seluruh *scene* atau ruang layar kerja. Direktori ini berfungsi untuk memastikan bahwa seluruh halaman telah terdaftar dalam sistem pembangunan aplikasi (*Build Settings*). Tampilan daftar aset *scene* ini dapat dilihat pada Gambar 4.18 berikut.

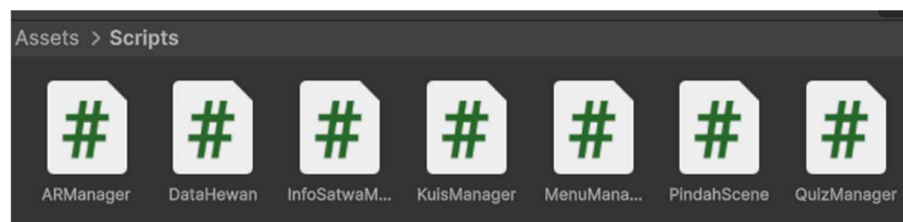


Gambar 4.18 Tampilan Direktori Asset Semua Scene

Berdasarkan Gambar 4.18 tersebut, pemisahan *scene* ini membantu mengisolasi beban memori perangkat sehingga aplikasi hanya akan memuat data grafis dan logika yang diperlukan pada halaman aktif saja.

7.) Asset Script yang Digunakan

Logika pemrograman aplikasi diatur melalui sekumpulan skrip berbasis bahasa C#. Seluruh skrip ini dikumpulkan dalam satu lokasi untuk memudahkan proses pemeliharaan perbaikan kesalahan (*debugging*). Direktori penyimpanan aset skrip ini ditunjukkan pada Gambar 4.19 berikut.



Gambar 4.19 Tampilan Direktori Asset Script C#

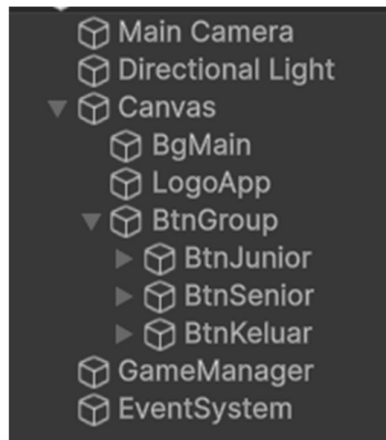
Merujuk pada Gambar 4.19 di atas, setiap skrip memiliki fungsi yang spesifik dan terpisah, mulai dari pengatur antarmuka hingga pengatur kamera pemindai, untuk menjaga agar arsitektur perangkat lunak tetap rapi dan tidak saling tumpang tindih.

b. Pengaturan *Scene* (*Scene Management*)

Pengaturan *scene* berfokus pada perancangan tata letak elemen di setiap halaman utama aplikasi. Terdapat tiga *scene* utama yang dikembangkan dalam penelitian ini.

1.) Main Menu Pilih Umur

Scene ini merupakan halaman paling awal yang muncul setelah proses pemuatan data selesai. Halaman ini bertugas menangkap input dasar dari pengguna untuk menentukan mode informasi yang akan ditampilkan selanjutnya. Tata letak *scene* pemilihan umur ini dapat dilihat pada Gambar 4.20 berikut.

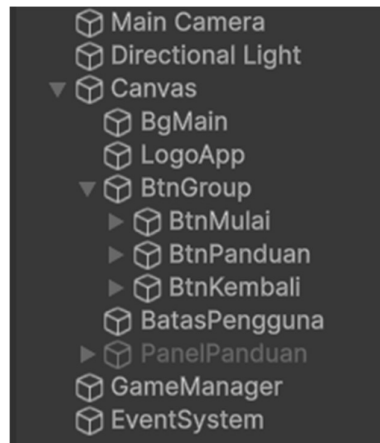


Gambar 4.20 Tampilan Scene Main Menu Pilih Umur

Berdasarkan Gambar 4.20 di atas, peneliti menempatkan dua tombol berukuran besar untuk kategori Junior dan Senior pada kanvas layar untuk memudahkan pengguna baru dalam memulai interaksi.

2.) Main Menu Setelah Pilih Umur (Junior dan Senior)

Setelah pengguna memilih rentang usia, sistem akan memuat *scene* menu utama yang menampilkan katalog daftar 33 satwa. Tampilan halaman ini akan menyesuaikan warna dan struktur bahasanya secara dinamis berdasarkan memori pilihan usia sebelumnya. Susunan *scene* katalog satwa ini ditunjukkan pada Gambar 4.21 berikut.

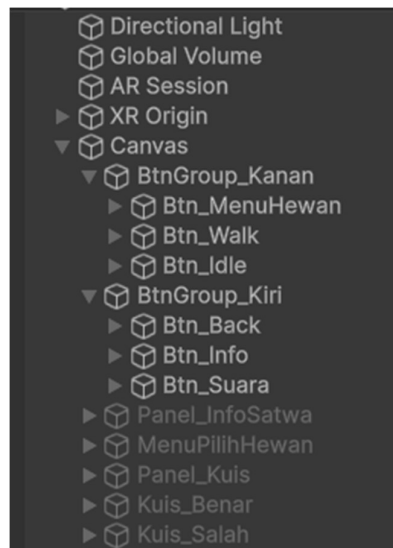


Gambar 4.21 Tampilan Scene Menu Katalog Satwa

Sesuai dengan Gambar 4.21 tersebut, *scene* ini menampung komponen daftar gulir yang memuat seluruh aset ikon satwa beserta tombol navigasi menuju ruang panduan dan ruang tentang pengembang aplikasi.

3.) Di dalam AR

Scene ini merupakan inti dari aplikasi pengenalan satwa karena memuat komponen pustaka *AR Foundation*. Pada halaman ini, latar belakang ruang kerja tidak lagi berupa warna solid, melainkan umpan visual langsung dari kamera perangkat seluler pengguna. Pengaturan komponen pada *scene* AR ini dapat dilihat pada Gambar 4.22 berikut.



Gambar 4.22 Tampilan Scene Di dalam AR

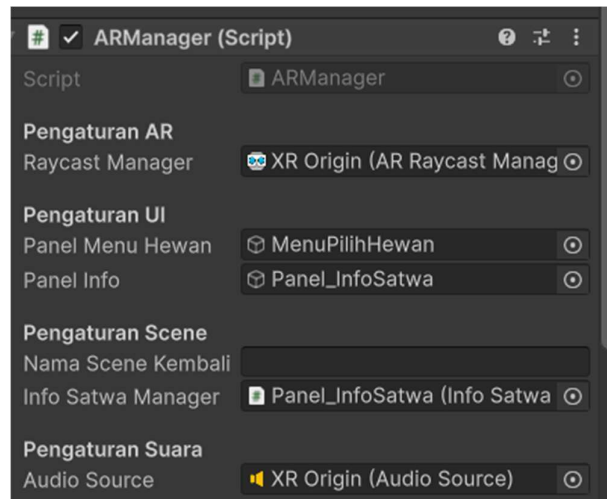
Mengacu pada Gambar 4.22 di atas, *scene* ini dilengkapi dengan objek manajer sesi AR yang bertugas menganalisis ruang tiga dimensi di dunia nyata untuk mencari permukaan datar tempat *Prefab* satwa akan diproyeksikan.

c. Implementasi Skrip Pemrograman (*Scripting*)

Untuk menghidupkan seluruh aset dan *scene* yang telah disusun, peneliti mengimplementasikan logika instruksi melalui beberapa skrip C# utama.

1.) Script AR Manager

Untuk menghidupkan seluruh aset dan *scene* yang telah disusun, peneliti mengimplementasikan logika instruksi melalui beberapa skrip C# utama. Skrip ini tidak berdiri sendiri, melainkan dilekatkan (*attach*) sebagai komponen ke dalam objek di Unity. Parameter dari setiap skrip tersebut kemudian diatur secara visual melalui antarmuka jendela *Inspector*.



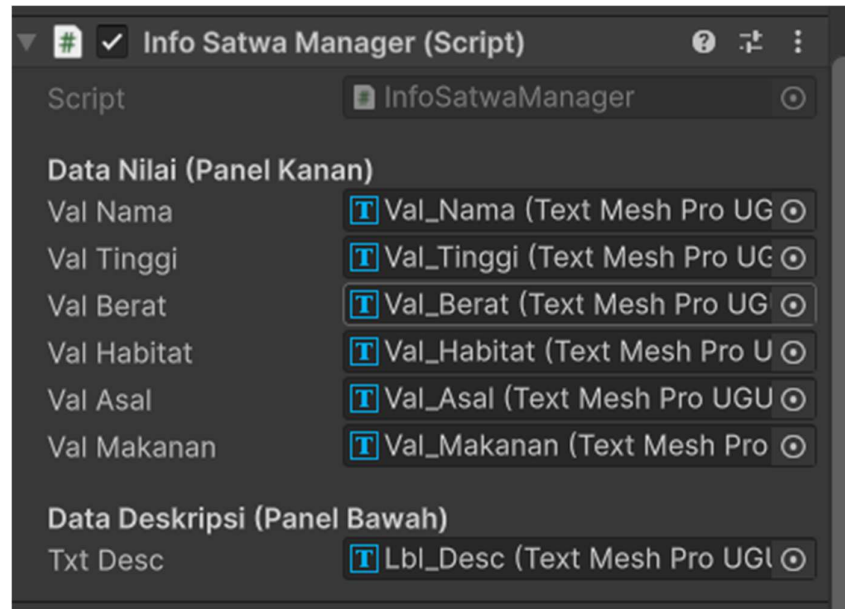
Gambar 4.23 Tampilan Komponen Script AR Manager

Melalui Gambar 4.23 tersebut, terlihat prosedur fungsi *Raycast* yang memancarkan garis virtual dari titik sentuh layar pengguna menuju ke permukaan datar fisik untuk memastikan objek satwa ditempatkan pada posisi yang stabil dan presisi.

2.) Script Info Satwa Manager

Skrip ini bertugas menangani pemuatan data edukasi satwa. Saat sebuah objek 3D satwa berhasil dimunculkan, komponen skrip ini akan mengambil

data teks yang relevan dan menampilkannya pada panel deskripsi di layar antarmuka pengguna. Tampilan pengaturan komponen pemuat informasi satwa ini di dalam jendela *Inspector* dapat dilihat pada Gambar 4.24 berikut.

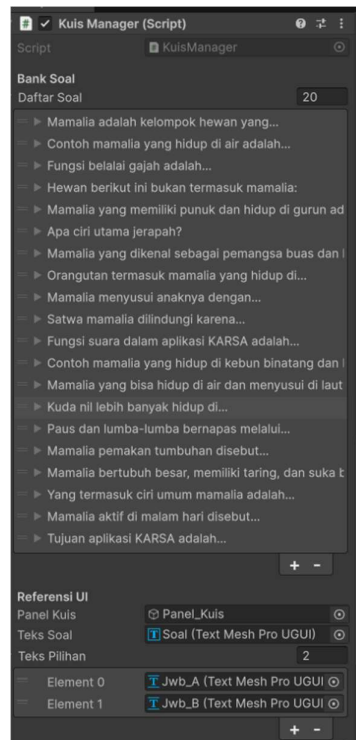


Gambar 4.24 Tampilan Komponen Script Info Satwa Manager

Berdasarkan Gambar 4.24 di atas, komponen skrip menampilkan beberapa parameter masukan data yang telah saling dihubungkan. Parameter ini mencakup kolom referensi untuk komponen teks UI di kanvas, lokasi pelekatan gambar ikon satwa, serta pengaturan variabel yang mendeteksi status mode usia pengguna untuk menentukan apakah sistem harus memuat deskripsi teks versi Junior atau versi Senior.

3.) Script Soal Kuis

Skrip terakhir adalah komponen sistem logika untuk evaluasi interaktif pengguna. Komponen skrip ini mengatur alur kemunculan pertanyaan kuis, menyusun jumlah ketersediaan pilihan ganda, serta memberikan respon validasi yang tepat terhadap jawaban pengguna. Tampilan komponen algoritma kuis pada jendela *Inspector* ditunjukkan pada Gambar 4.25 berikut.



Gambar 4.25 Tampilan Komponen Script Soal Kuis

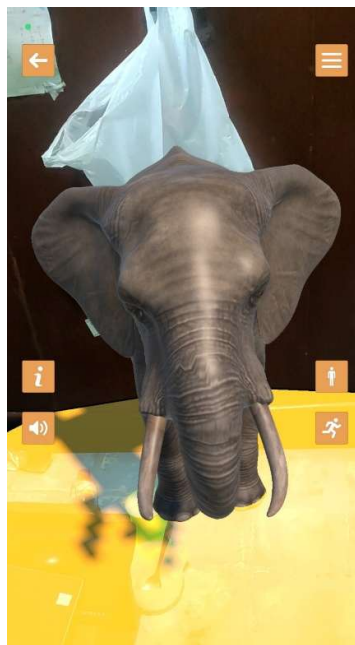
Merujuk pada Gambar 4.25 tersebut, jendela *Inspector* menampilkan susunan daftar variabel interaksi kuis yang sangat terperinci. Di dalam komponen tersebut terdapat kolom referensi untuk elemen teks pertanyaan, tautan elemen tombol UI untuk pilihan jawaban, serta referensi objek indikator panel warna. Indikator panel warna ini diatur agar dieksekusi menjadi warna hijau saat jawaban benar dan warna merah saat jawaban keliru guna memberikan umpan balik konfirmasi langsung kepada pengguna.

4.1.4 Hasil Implementasi (Implementation)

Tahap implementasi merupakan fase pembuktian di mana perangkat lunak yang telah selesai dirakit dan dikonfigurasi pada tahap pengembangan akan diuji coba penerapannya secara langsung di lingkungan nyata. Pada tahap ini, keseluruhan proyek dari perangkat lunak Unity diekspor dan dikompilasi menjadi sebuah berkas instalasi mandiri dengan format APK (*Android Package Kit*). Berkas APK tersebut kemudian dipindahkan dan dipasang (*install*) secara

langsung ke dalam perangkat telepon pintar berbasis sistem operasi Android milik peneliti untuk memastikan bahwa aplikasi dapat dijalankan di luar lingkungan komputer pengembangan.

Fokus utama dari implementasi ini adalah untuk melihat performa asli aplikasi saat berinteraksi dengan dunia fisik pengguna. Pengujian nyata dilakukan dengan membuka aplikasi, memilih mode usia, memilih satwa, lalu mengarahkan sensor kamera belakang telepon pintar ke area permukaan datar seperti lantai atau meja. Sistem kemudian akan memproses tangkapan visual tersebut untuk memunculkan model 3D satwa di lingkungan fisik pengguna. Tangkapan layar dari hasil implementasi *Augmented Reality* (AR) di lingkungan nyata ini ditunjukkan pada Gambar 4.26 berikut.



Gambar 4.26 Hasil Implementasi Proyeksi AR Markerless

Berdasarkan Gambar 4.26 di atas, hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem pustaka *AR Foundation* mampu berfungsi dengan baik pada perangkat fisik. Aplikasi berhasil melakukan pelacakan permukaan tak berpenanda (*markerless tracking*) secara akurat tanpa mengalami kegagalan sistem (*crash*). Model 3D satwa beserta panel deskripsi teks dan kuis interaktifnya dapat muncul dengan proporsi ukuran yang pas dan tetap

menempel stabil pada koordinat permukaan lantai dunia nyata meskipun pengguna menggerakkan kamera perangkat ke berbagai sudut pandang yang berbeda.

4.2 Hasil Evaluasi dan Pengujian

Tahap evaluasi dan pengujian dilakukan untuk mengukur kualitas fungsional perangkat lunak serta melihat dampak edukasi dari aplikasi yang telah dikembangkan. Sesuai dengan metode penelitian yang dirancang, pengolahan data statistik dari instrumen evaluasi ini dibagi menjadi dua bagian pengujian utama. Hasil dari kedua pengujian tersebut dijabarkan pada sub-bab berikut.

4.2.1 Hasil Uji Kelayakan Sistem (User Acceptance Test / UAT)

Pengujian kelayakan sistem atau UAT dilakukan untuk memvalidasi kualitas fungsional dan kenyamanan antarmuka aplikasi secara langsung. Pengujian ini melibatkan 5 orang responden ahli dari pihak manajemen internal Kebun Binatang Surabaya (KBS). Pengumpulan data penilaian menggunakan instrumen kuesioner dengan standar pengukuran Skala Likert. Skala ini digunakan untuk mengukur tingkat persetujuan responden terhadap kualitas operasional aplikasi. Rincian bobot penilaian dari Skala Likert yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Bobot Penilaian User Acceptance Test menggunakan skala Likert

Keterangan	Bobot	Presentase
Sangat Setuju	5	80-100 %
Setuju	4	60-79 %
Ragu-Ragu	3	40-59 %
Tidak Setuju	2	20-39 %
Sangat Tidak Setuju	1	0-19 %

Berdasarkan Tabel 4.1 di atas, bobot penilaian dibagi menjadi lima tingkatan skor. Instrumen kuesioner UAT tersebut terdiri dari 10 butir pertanyaan yang berfokus pada kualitas fitur *Augmented Reality* dan keakuratan

materi edukasi satwa. Hasil perolehan jawaban dari 5 responden ahli terhadap 10 butir pertanyaan tersebut disajikan secara rinci pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Pertanyaan dan Jawaban Bobot Penilaian UAT

No.	Pertanyaan	STS	TS	RG	ST	SS
1.	Saya berpikir akan menggunakan aplikasi ini lagi.	0	2	3	0	0
2.	Saya merasa aplikasi ini rumit untuk digunakan.	0	5	0	0	0
3.	Saya merasa aplikasi ini mudah digunakan.	0	0	0	3	2
4.	Saya membutuhkan bantuan dari orang lain dalam menggunakan aplikasi ini.	0	1	1	2	1
5.	Saya merasa fitur-fitur dalam aplikasi ini berjalan dengan semestinya.	0	0	1	4	0
6.	Saya merasa ada banyak hal yang tidak konsisten (tidak serasi pada aplikasi ini)	2	2	1	0	0
7.	Saya merasa orang lain akan memahami cara menggunakan aplikasi ini dengan cepat.	0	1	3	2	0
8.	Saya merasa aplikasi ini membingungkan	0	4	1	0	0
9.	Saya merasa tidak ada hambatan dalam menggunakan aplikasi ini	0	0	2	3	0
10.	Saya perlu membiasakan diri terlebih dahulu sebelum menggunakan aplikasi ini	0	0	0	5	0

Merujuk pada Tabel 4.2 tersebut, kumpulan skor jawaban dari para responden ahli kemudian dikonversi menjadi bentuk persentase untuk mengetahui tingkat kelayakan pada setiap butir pertanyaannya. Rekapitulasi dari hasil perhitungan persentase kelayakan *User Acceptance Testing* (UAT) ini ditampilkan pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Hasil Persentase Jawaban UAT

Pertanyaan	Nilai					STS	TS	RG	ST	SS
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.	0	2	3	0	0	0%	40%	60%	0%	0%
2.	0	5	0	0	0	0%	100%	0%	0%	0%
3.	0	0	0	3	2	0%	0%	0%	60%	40%
4.	0	1	1	2	1	0%	20%	20%	40%	20%
5.	0	0	1	4	0	0%	0%	20%	80%	0%
6.	2	2	1	0	0	40%	40%	20%	0%	0%
7.	0	0	3	2	0	0%	0%	60%	40%	0%
8.	0	4	1	0	0	0%	80%	20%	0%	0%
9.	0	0	2	3	0	0%	0%	40%	60%	0%
10.	0	0	0	5	0	0%	0%	0%	100%	0%
Rata-rata	0.2	1.4	1.2	1.9	0.3	4%	28%	24%	38%	6%

Mengacu pada Tabel 4.3 di atas, nilai persentase kelayakan untuk setiap pertanyaan didapatkan melalui perhitungan matematis sesuai dengan rumus pengujian statistik persentase yang telah dijabarkan pada Bab 2. Skor aktual dari keseluruhan responden dibandingkan dengan skor ideal maksimal untuk mendapatkan besaran persentase kelayakan per pertanyaan.

Setelah persentase dari kesepuluh pertanyaan tersebut dihitung, data dikumpulkan dan diakumulasikan untuk mendapatkan nilai akhir. Data rekapitulasi ini kemudian dipadukan dengan perhitungan ukuran pemusatan statistik deskriptif untuk merumuskan kesimpulan kuantitatif secara menyeluruh. Hasil akhir dari pengolahan data kuesioner *User Acceptance Testing* (UAT) ini dirangkum secara lengkap pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Hasil Pengolahan Keseluruhan Jawaban User Acceptance Testing

No.	Parameter Statistik	Hasil Analisis
1.	Rata-rata Skor Keseluruhan (<i>Mean</i>)	3.14
2.	Nilai Tengah (<i>Median</i>)	3
3.	Skor Paling Sering Muncul (<i>Modus</i>)	4
4.	Standar Deviasi	1.03
5.	Persentase Kelayakan Total	62.8%

Berdasarkan Tabel 4.4 di atas, hasil pengolahan data akhir menunjukkan bahwa aplikasi pengenalan satwa mendapatkan tingkat penerimaan yang positif dari para pakar. Dari perhitungan statistik deskriptif terhadap total skor responden, diperoleh nilai rata-rata (*mean*) kelayakan sebesar 3.14. Nilai tengah (*median*) dari kumpulan data penilaian tersebut terukur sebesar 3. Skor penilaian yang paling sering muncul atau *modus* dari evaluasi pihak manajemen adalah 4. Selanjutnya, tingkat persebaran data yang diukur melalui standar deviasi menunjukkan angka sebesar 1.03.

Seluruh parameter statistik tersebut bermuara pada pencapaian persentase kelayakan total sebesar 62.8%. Mengacu pada kriteria interval penilaian persentase Skala Likert, pencapaian angka tersebut masuk ke dalam kategori persetujuan yang positif atau cukup kuat. Hal ini membuktikan bahwa antarmuka, validitas materi edukasi, dan fungsi *Augmented Reality* pada aplikasi ini secara keseluruhan dinilai Layak dan fungsional untuk digunakan sebagai media interaktif.

4.2.2 Hasil Uji Efektivitas Edukasi (Pretest dan Posttest)

Pengujian efektivitas edukasi bertujuan untuk mengukur seberapa besar peningkatan pemahaman pengguna terhadap materi pengenalan satwa setelah berinteraksi dengan aplikasi *Augmented Reality*. Pengujian ini melibatkan 100 orang responden yang diwajibkan mengerjakan soal evaluasi awal (*pretest*) sebelum menggunakan aplikasi, dan soal evaluasi akhir (*posttest*) setelah selesai mengeksplorasi aplikasi. Mengingat jumlah populasi data yang besar,

rekapitulasi sebagian sampel data dari skor pengujian tersebut ditampilkan pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Sampel Rekapitulasi Skor Pre-test dan Post test Responden

No.	Nama Responden	Skor Pretest	Skor Posttest
1	Surya Setiadi	85	95
2	Moch. Rohaeni	70	80
3	Ririn Purwaningsih	75	80
4	Zeze	65	95
5	Leon	80	95
6	Riska Tri W	80	95
7	Yudi	75	95
8	Ria Pertiwi	65	95
9	Komang Wahyu	75	95
10	Puji harefa	80	95
11	efendi	65	95
12	Irfan	75	100
13	Aditya anggraini	75	100
14	Gunawan p	75	90
15	Candra	60	100
16	Intan s	60	100
17	Risma diana p	100	85
18	Lilis wati	65	100
19	entin yuni	55	95
20	nova latifah	100	100
21	Inda irawati	55	90
22	Hasanah s	55	100
23	Ayu kurniasih d	75	100
24	Aris	70	100
25	Moch sarla	65	85
26	Maulana	65	100

27	feri sarda	70	95
28	rizal mukti	70	100
29	edira k	70	80
30	Asri aminah	75	90
31	Desi	75	95
32	Ida m.n	80	95
33	bayu	80	95
34	Rizkii	80	95
35	Rayu ani l	80	100
36	Imas	85	100
37	Ika	75	100
38	Dahlya	100	100
39	Tia	90	100
40	Lieli	85	90
41	doni	90	90
42	roni	70	95
43	Erik	75	90
44	linda	85	100
45	meisha	100	100
46	simon	100	95
47	zaenal Wijaya	85	85
48	intan m.	85	95
49	Yustia A	85	90
50	hendra luki	80	100
51	SALIM	65	100
52	Suwardi	85	90
53	Rusdi	85	-
54	amin muh	85	95
55	Nana	80	95
56	PUTRI NUGRAHA	80	95

57	saefulullah	80	95
58	zainal rizki m	80	95
59	hasan syah	95	85
60	usman rohim	95	85
61	heni yelani	70	85
62	ANisa	90	90
63	Yulia	100	100
64	Ernawati yuli	100	75
65	Evi	100	100
66	Roni	100	90
67	Rahman U	95	75
68	Nurhasanah	75	90
69	Ibnu	85	95
70	Anggi	70	95
71	Lin firdaus	70	90
72	Yuli	95	85
73	Aan Okto	95	90
74	Andre	90	85
75	Ela	80	90
76	Ruslan	80	90
77	Meri	100	90
78	Surati	100	95
79	Karin	85	90
80	Wulan	90	80
81	Ari	95	85
82	Antoni	85	85
83	dini lirtang	85	95
84	rohmat	90	100
85	yuni	85	95
86	rina	80	95

87	surati	80	90
88	Saputra	95	95
89	Nugroho	95	90
90	marlina	80	85
91	clarissa wijaya	100	95
92	jessica	95	95
93	kevin	100	95
94	Steven	95	95
95	Jonathan lim	90	85
96	adrian	100	95
97	Michelle	90	90
98	Richard	95	90
99	Nugi	95	90
100	nadil	100	85

Merujuk pada Tabel 4.5, data skor dari keseluruhan 100 responden diolah menggunakan pendekatan statistik deskriptif. Langkah ini dilakukan guna mengukur pergeseran ukuran pemusatan dan distribusi data sebelum dan sesudah intervensi media. Mengingat instrumen evaluasi berisi pertanyaan fundamental mengenai satwa, pengujian ini secara efektif mengukur seberapa jauh aplikasi mampu memperkuat pemahaman awal yang telah dimiliki oleh responden. Hasil komparasi metrik statistik antara *pretest* dan *posttest* disajikan secara rinci pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Hasil Pengolahan Statistik Data Pretest dan Posttest

No.	Parameter Statistik	Hasil Pretest	Hasil Posttest
1.	Rata-rata (Mean)	82.7	92.7
2.	Nilai Tengah (<i>Median</i>)	85	95
3.	Nilai Sering Muncul (<i>Modus</i>)	80 dan 85	95
4.	Standar Deviasi	12.09	6.02

Berdasarkan Tabel 4.6 di atas, terlihat dengan jelas peningkatan pemahaman kognitif dari para responden. Pada hasil pengujian tahap awal,

perolehan nilai rata-rata responden berada di angka 82.7 dengan standar deviasi sebesar 12.09. Setelah responden diberikan kesempatan untuk menggunakan dan mengeksplorasi informasi visual di dalam aplikasi, nilai rata-rata pada tahap akhir tercatat naik secara signifikan menjadi 92.7 dengan standar deviasi yang menyusut menjadi 6.02. Penyusutan nilai standar deviasi ini menandakan bahwa pemahaman seluruh responden menjadi lebih merata dan seragam setelah berinteraksi dengan aplikasi.

Perbandingan peningkatan angka antara pengujian awal dan akhir tersebut menjadi bukti kuantitatif yang valid. Meskipun pengguna telah memiliki pemahaman dasar yang baik sejak awal, penggunaan aplikasi *Augmented Reality* tetap terbukti efektif dalam memberikan informasi tambahan untuk menunjang peningkatan pengetahuan pengguna terhadap materi edukasi satwa secara komprehensif.

4.3 Pembahasan

Bagian ini membahas secara komprehensif interpretasi analitis dari hasil pengolahan data statistik yang telah dijabarkan pada sub-bab sebelumnya. Pembahasan difokuskan pada pengungkapan sebab akibat teknis atas tingkat kelayakan fungsional perangkat lunak dan analisis kognitif terhadap efektivitas aplikasi sebagai media edukasi.

4.3.1 Pembahasan Kelayakan Aplikasi

Hasil Uji Kelayakan Sistem (*User Acceptance Test*) yang melibatkan pakar manajemen dari Kebun Binatang Surabaya (KBS) menghasilkan persentase kelayakan total sebesar 62.8% dengan nilai rata rata 3.14. Secara analitis, perolehan angka yang berada pada kategori positif ini membuktikan bahwa integrasi antara antarmuka pengguna dan logika pemrograman pelacakan bidang (*plane detection*) telah berjalan dengan efisien. Nilai modus 4 yang mendominasi penilaian pakar mengindikasikan bahwa teknologi pelacakan tanpa penanda (*markerless tracking*) dari pustaka *AR Foundation* berhasil memecahkan masalah fleksibilitas ruang. Pengguna tidak lagi bergantung pada media cetak, melainkan dapat langsung memproyeksikan objek pada berbagai tekstur permukaan di lingkungan nyata.

Lebih dari itu, tingkat penerimaan pakar yang tinggi ini juga dipengaruhi oleh kualitas aset visual di dalam aplikasi. Proporsi anatomi, tekstur, dan pembobotan tulang (*weight painting*) pada 33 model tiga dimensi mamalia seperti singa, beruang, dan anoa dinilai telah memenuhi standar akurasi zoologi. Keberhasilan implementasi siklus animasi dasar seperti pergerakan diam (*idle*) dan berjalan (*walk*) pada objek hewan turut menjadi faktor penentu yang membuat lingkungan *Augmented Reality* terasa lebih hidup, sehingga pakar manajemen KBS sepakat bahwa aplikasi ini sangat layak dan valid untuk merepresentasikan satwa di dunia nyata.

4.3.2 Pembahasan Peningkatan Pemahaman Pengguna

Analisis uji efektivitas membuktikan bahwa aplikasi sukses menjadi katalisator pembelajaran interaktif, yang ditunjukkan oleh lonjakan rata-rata nilai responden dari 82,7 (*pretest*) menjadi 92,7 (*posttest*). Integrasi antarmuka panel informasi dengan proyeksi satwa 3D terbukti efektif dalam menurunkan beban kognitif pengguna saat memvisualisasikan wujud asli hewan.

Temuan esensial lainnya adalah penyusutan standar deviasi secara drastis dari 12,09 menjadi 6,02. Penyempitan rentang ini menegaskan bahwa aplikasi *Augmented Reality* berfungsi sebagai penyeimbang literasi. Stimulasi visual dari model 3D memfasilitasi responden bernilai awal rendah untuk mengejar pemahaman responden bernilai tinggi. Kesimpulannya, interaktivitas spasial di dalam aplikasi merupakan faktor utama yang membuat edukasi satwa menjadi lebih merata, seragam, dan mudah dipahami oleh seluruh lapisan pengguna.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan serangkaian tahapan penelitian mulai dari perancangan, pembuatan aset model tiga dimensi, penulisan skrip logika, hingga pengujian implementasi aplikasi *Augmented Reality* pengenalan satwa yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan utama sebagai berikut:

- a. Perangkat lunak edukasi pengenalan satwa berbasis *Augmented Reality* telah berhasil dikembangkan secara utuh menggunakan mesin permainan Unity yang diintegrasikan dengan pustaka *AR Foundation*. Algoritma pelacakan permukaan tanpa penanda (*markerless tracking*) di dalam aplikasi terbukti mampu mendeteksi bidang datar dan memproyeksikan 33 aset model satwa tiga dimensi secara stabil di lingkungan fisik pengguna.
- b. Hasil evaluasi kelayakan perangkat lunak melalui *User Acceptance Test* (UAT) yang melibatkan lima pakar manajemen dari Kebun Binatang Surabaya (KBS) menunjukkan hasil yang positif. Aplikasi memperoleh persentase kelayakan akhir sebesar 62.8%. Pencapaian ini mengonfirmasi bahwa antarmuka pengguna, stabilitas proyeksi *Augmented Reality*, serta validitas informasi pada panel deskripsi satwa dinilai layak dan fungsional untuk digunakan sebagai media edukasi publik.
- c. Implementasi aplikasi terbukti secara empiris mampu memberikan dampak edukasi yang signifikan terhadap pengguna. Melalui pengujian efektivitas kepada 100 orang responden, tercatat adanya lonjakan pemahaman kognitif yang dibuktikan oleh kenaikan nilai rata rata pengujian awal (*pretest*) dari angka 82.7 menjadi 92.7 pada pengujian akhir (*posttest*). Selain itu, penyusutan standar deviasi dari 12.09 menjadi 6.02 menegaskan bahwa aplikasi ini sangat efektif dalam meratakan dan menyeragamkan pemahaman seluruh pengguna secara komprehensif.

5.2 Saran

Untuk menyempurnakan keterbatasan pada sistem saat ini dan mendorong pengembangan penelitian yang lebih luas di masa mendatang, terdapat beberapa saran teknis dan akademis yang dapat dipertimbangkan:

- a. Pengembangan selanjutnya sangat disarankan untuk mengintegrasikan fitur panduan audio (voice over) yang dapat membacakan teks pada panel informasi satwa secara otomatis. Penambahan indra pendengaran ini akan membuat aplikasi menjadi jauh lebih interaktif dan ramah aksesibilitas, khususnya bagi segmen pengguna anak-anak yang belum lancar membaca materi deskripsi yang panjang.
- b. Perluasan ruang lingkup basis data satwa dapat direalisasikan dengan menambahkan lebih banyak model selain 33 satwa yang sudah ada. Penambahan ini dapat diiringi dengan pembuatan variasi animasi pergerakan di dalam perangkat lunak pemodelan yang lebih kompleks, serta penambahan ornamen lingkungan virtual (virtual environment) yang merepresentasikan habitat asli masing-masing hewan untuk meningkatkan pengalaman imersi pengguna.
- c. Optimalisasi ukuran berkas (file size) dan pemrosesan poligon (mesh) pada aset tiga dimensi perlu dipertimbangkan agar perangkat lunak dapat berjalan dengan rasio bingkai per detik (framerate) yang lebih tinggi. Optimalisasi tingkat lanjut ini bertujuan untuk memastikan aplikasi tetap dapat beroperasi secara ringan dan lancar meskipun dijalankan pada perangkat telepon pintar dengan spesifikasi keras tingkat menengah ke bawah.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriksen, H., & Avianto, D. (2023). Application Mobile-Based Augmented Reality for Endemic Animals of Central Kalimantan. *Jurnal Riset Informatika*, 365-372.
- Apen Sitinjak, B., Dita Mahatmanti, A., Natalia, D., Putri, A., & Zahra Majidiah, K. (2023). Implementasi Augmented Reality Pada Pengenalan Hewan Menggunakan Univity dan Vuforia. *Research Gate*, 1-10.
- Azzahra, P. S. (2024). PERANCANGAN APLIKASI MEDIA PEMBELAJARAN AUGMENTED REALITY (AR) PENGENALAN STRUKTUR LAPISAN BUMI BERBASIS ANDROID MENGGUNAKAN UNITY 3D. *JKSTRA*, 124-133.
- Damastuti, F. A., & Robihul, M. M. (2022, Juni). Pengembangan Multimedia Interaktif Pengenalan Hewan Untuk Anak TK Berbasis Augmented Reality (AR). *Jurnal Teknologi Informasi dan Terapan (J-TIT)*, 19-28.
- Febriana Dewi, P. R. (2022). Augmented Reality Introduction to Animals of the Archipelago to Grow the Nation's Love for Children. *Jurnal Informatika dan Teknologi Informasi*, 359-370.
- Firman Alamsyah, D. Z. (2024). APLIKASI MOBILE PEMBELAJARAN BERBASIS GAME MENGGUNAKAN UNITY 3D. *Institut Teknologi Nasional Malang*, 8528-8535.
- Hidayat, A. M. (2023). PENGGUNAAN GAME EDUKASI BERBASIS ANDROID TENTANG PENGENALAN HEWAN LANGKA MENGGUNAKAN TEKNOLOGI AUGMENTED REALITY. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika (JATI)*, 1123-1129.
- Ika Maharani, K. A. (2023). PEMANFAATAN TEKNOLOGI AUGMENTED REALITY SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN PENGENALAN SATWA DI SEKOLAH. *Jurnal TEKINKOM*, 2023.
- Jani Tarigan, I. S. (2024). PERANCANGAN APLIKASI MEDIA PEMBELAJARAN MATEMATIKA BANGUN RUANG BERBASIS AUGMENTED REALITY (AR) UNTUK SISWA SEKOLAH DASAR. *Jurnal TIMES*, 150-166.
- Khairan Naufallinho, M. A. (2025). Rancangan Aplikasi Augmented Reality Pengenalan Buah-Buahan Tropis Pada SMPN 1 Kibin Menggunakan

- Unity 3D Dan Blender. *Jurnal Sosial dan Teknologi (SOSTECH)*, 3040-3059.
- Khatib Sulaiman, T. R. (2023, 12 10). Penerapan Visualisasi 3D Furniture Pada Desain Interior Rumah dengan Pemanfaatan Fitur Plane Detection Augmented Reality. *Indonesian Journal of Computer Science Attribution*, 12, 2023-4144.
- Kurnia, U. I. (2025). Pelatihan Blender Untuk Pengembangan Media Pembelajaran Augmented Reality (AR) Bagi Mahasiswa. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bangsa*, 3196-3201.
- Putra, Y. I. (2024). Penerapan Augmented Reality Dengan Metode Markerless Pada Museum Megalodon. *JAMASTIKA*, 178-186.
- Rafif Midopta, R. A. (2021). Implementasi Augmented Reality Untuk Sosialisasi Dan Edukasi Tentang Flora Dan Fauna Langka Di Indonesia. *Jutisi: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 528-535.
- Rahmat, N. (2021). Augmented Reality untuk Materi Bangun Ruang Menggunakan Unity 3D, Vuforia SDK dan Aplikasi Blender. *JURNAL TIKA*, 86-92.
- Salim, A. H. (2024). Pemanfaatan Assemblr Edu Sebagai Media Augmented Reality Untuk Mendukung Pembelajaran Mandiri Kata kunci. *Jurnal Ilmah Ilmu Pendidikan (JIIP)*, 8935-8943.
- Utami, P. D. (2022). Development of The "Kisah Si Jojo" Android Application Based on Augmented Reality with Unity 3D. *Journal of Software Engineering, Information and Communication Technology (SEICT)*, 45-56.

Lampiran

Lampiran 1. Source Code AR Manager

```
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.XR.ARFoundation;
using UnityEngine.XR.ARSubsystems;
using UnityEngine.InputSystem;
using UnityEngine.EventSystems;
using UnityEngine.SceneManagement;
public class ARManager : MonoBehaviour
{
    [Header("Pengaturan AR")]
    public ARRaycastManager raycastManager;
    [Header("Pengaturan UI")]
    public GameObject panelMenuHewan;
    public GameObject panelInfo;
    [Header("Pengaturan Scene")]
    public string namaSceneKembali;
    private List<ARRaycastHit> hits = new List<ARRaycastHit>();
    public InfoSatwaManager infoSatwaManager;
    private GameObject selectedPrefab;
    private GameObject spawnedObject;
    [Header("Pengaturan Suara")]
    public AudioSource audioSource;
    private AudioClip suaraAktif;
    void Start()
    {
        if (raycastManager == null)
        {
            raycastManager = GetComponent<ARRaycastManager>();
        }
    }
    void Update()
    {
        if (Pointer.current != null &&
            Pointer.current.press.wasPressedThisFrame)
```

```

        {
            if (EventSystem.current != null &&
EventSystem.current.IsPointerOverGameObject())
            {
                return;
            }
            Vector2 kordinatSentuhan =
Pointer.current.position.ReadValue();
            if (selectedPrefab == null)
            {
                return;
            }
            if (raycastManager != null)
            {
                if (raycastManager.Raycast(kordinatSentuhan, hits,
TrackableType.Planes))
                {
                    Handheld.Vibrate();
                    Pose hitPose = hits[0].pose;
                    if (spawnedObject != null)
                    {
                        Destroy(spawnedObject);
                    }
                    spawnedObject = Instantiate(selectedPrefab,
hitPose.position, hitPose.rotation);
                }
            }
        }
    }

    public void PilihHewan(string namaHewan)
    {
        selectedPrefab = Resources.Load<GameObject>(namaHewan);
        DataHewan dataNya = Resources.Load<DataHewan>("Data_" +
namaHewan);
        if (dataNya != null)
        {
            if (infoSatwaManager != null)
            {

```

```

        infoSatwaManager.TampilkanInfo(dataNya);
    }
    suaraAktif = dataNya.suaraHewan;
}
if (panelMenuHewan != null)
panelMenuHewan.SetActive(false);
}
public void BukaMenuHewan()
{
    if (panelMenuHewan != null)
    {
        panelMenuHewan.SetActive(!panelMenuHewan.activeSelf);
        if (panelInfo != null && panelMenuHewan.activeSelf)
panelInfo.SetActive(false);
    }
}
public void BukaInfo()
{
    if (panelInfo != null)
    {
        panelInfo.SetActive(!panelInfo.activeSelf);
        if (panelMenuHewan != null && panelInfo.activeSelf)
panelMenuHewan.SetActive(false);
    }
}
public void TutupInfo()
{
    if (panelInfo != null) panelInfo.SetActive(false);
}
public void TombolKembali()
{
    SceneManager.LoadScene(namaSceneKembali);
}
public void AnimasiJalan()
{
    if (spawnedObject != null)
    {

```

```

        Animator anim =
spawnnedObject.GetComponentInChildren<Animator>();
        if (anim != null)
        {
            anim.SetBool("IsWalking", true);
        }
    }
}
public void AnimasiDiam()
{
    if (spawnnedObject != null)
    {
        Animator[] semuaAnim =
spawnnedObject.GetComponentsInChildren<Animator>();

        foreach (Animator anim in semuaAnim)
        {
            if (anim.runtimeAnimatorController != null)
            {
                anim.SetBool("IsWalking", false);
            }
        }
    }
}
public void PutarSuara()
{
    if (suaraAktif != null && audioSource != null)
    {
        audioSource.clip = suaraAktif;
        audioSource.Play();
    }
    else
    {
        Debug.LogWarning("Suara belum ada atau Audio Source
kosong!");
    }
}
}

```

Lampiran 2. Source Code Menu Manager

```
using UnityEngine;
using UnityEngine.SceneManagement;
public class MenuManager : MonoBehaviour
{
    [Header("Pengaturan Scene")]
    [Tooltip("Pastikan nama ini sama persis dengan nama file Scene AR Anda")]
    public string namaSceneAR = "ARDisplay";
    [Header("Pengaturan UI")]
    [Tooltip("Masukkan objek Panel Panduan ke sini")]
    public GameObject panelPanduan;
    void Start()
    {
        // Memastikan Panel Panduan dalam keadaan tersembunyi saat
        // aplikasi baru dibuka
        if (panelPanduan != null)
        {
            panelPanduan.SetActive(false);
        }
    }
    // --- FUNGSI TOMBOL START ---
    public void MulaiAR()
    {
        Debug.Log("Memasuki Mode AR...");
        SceneManager.LoadScene(namaSceneAR);
    }
    // --- FUNGSI TOMBOL PANDUAN ---
    public void BukaPanduan()
    {
        if (panelPanduan != null)
        {
            panelPanduan.SetActive(true); // Memunculkan panel
        }
    }
    // --- FUNGSI TOMBOL TUTUP PANDUAN (X) ---
    public void TutupPanduan()
    {
        if (panelPanduan != null)
        {
            panelPanduan.SetActive(false); // Menyembunyikan panel
        }
    }
    // --- FUNGSI TOMBOL KELUAR ---
    public void KeluarAplikasi()
    {
        Debug.Log("Aplikasi Ditutup");
        Application.Quit(); // Catatan: Ini hanya akan menutup
        // aplikasi jika sudah di-build ke HP
    }
}
```

Lampiran 3. Source Code Data Hewan

```
using UnityEngine;
[CreateAssetMenu(fileName = "DataSatwaBaru", menuName =
"Ensiklopedia AR/Buat Data Hewan")]
public class DataHewan : ScriptableObject
{
    [Header("Identitas Satwa")]
    public string namaHewan;
    [Header("Statistik Fisik")]
    public string tinggi;
    public string berat;
    public string habitat;
    public string asal;
    public string makanan;
    [Header("Informasi Lanjut")]
    [TextArea(3, 10)]
    public string deskripsi;
    [Header("Suara")]
    public AudioClip suaraHewan;
}
```

Lampiran 4. Source Code Info Satwa Manager

```
using UnityEngine;
using TMPro;
public class InfoSatwaManager : MonoBehaviour
{
    [Header("Data Nilai (Panel Kanan)")]
    public TextMeshProUGUI valNama;
    public TextMeshProUGUI valTinggi;
    public TextMeshProUGUI valBerat;
    public TextMeshProUGUI valHabitat;
    public TextMeshProUGUI valAsal;
    public TextMeshProUGUI valMakanan;
    [Header("Data Deskripsi (Panel Bawah)")]
    public TextMeshProUGUI txtDesc;
    public void TampilkanInfo(DataHewan data)
    {

```

```

        if (data == null) return;
        valNama.text = data.namaHewan;
        valTinggi.text = data.tinggi;
        valBerat.text = data.berat;
        valHabitat.text = data.habitat;
        valAsal.text = data.asal;
        valMakanan.text = data.makanan;
        txtDesc.text = data.deskripsi;
    }
}

```

Lampiran 5. Kuis Manager

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using TMPro;
using UnityEngine.UI;
[System.Serializable]
public class PertanyaanKuis
{
    [TextArea(2, 5)]
    public string soal;
    public string[] pilihanJawaban = new string[4];
    public int indeksJawabanBenar;
}
public class KuisManager : MonoBehaviour
{
    [Header("Bank Soal")]
    public List<PertanyaanKuis> daftarSoal;
    [Header("Referensi UI")]
    public GameObject panelKuis;
    public TextMeshProUGUI teksSoal;
    public TextMeshProUGUI[] teksPilihan;
    public Button[] tombolPilihan;
    [Header("Panel Feedback")]
    public GameObject panelBenar;
    public GameObject panelSalah;
    private int indexSoalSaatIni;
}

```

```

private bool kuisSedangMuncul = false;
void Start()
{
    MulaiTimerKuis();
}
public void MulaiTimerKuis()
{
    StartCoroutine(TimerKuisRoutine());
}
IEnumerator TimerKuisRoutine()
{
    while (true)
    {
        yield return new WaitForSeconds(6f);
        if (!kuisSedangMuncul && daftarSoal.Count > 0)
        {
            MunculkanKuisRandom();
        }
    }
}
void MunculkanKuisRandom()
{
    kuisSedangMuncul = true;
    panelKuis.SetActive(true);
    indexSoalSaatIni = Random.Range(0, daftarSoal.Count);
    PertanyaanKuis kuis = daftarSoal[indexSoalSaatIni];
    teksSoal.text = kuis.soal;
    for (int i = 0; i < tombolPilihan.Length; i++)
    {
        if (i >= kuis.pilihanJawaban.Length)
        {
            Debug.LogError("🚨 ERROR KETEMU: Pada soal '" +
kuis.soal + "', ukuran 'Pilihan Jawaban' di Inspector masih kurang
dari " + tombolPilihan.Length + "!");
            continue;
        }
        teksPilihan[i].text = kuis.pilihanJawaban[i];
    }
}

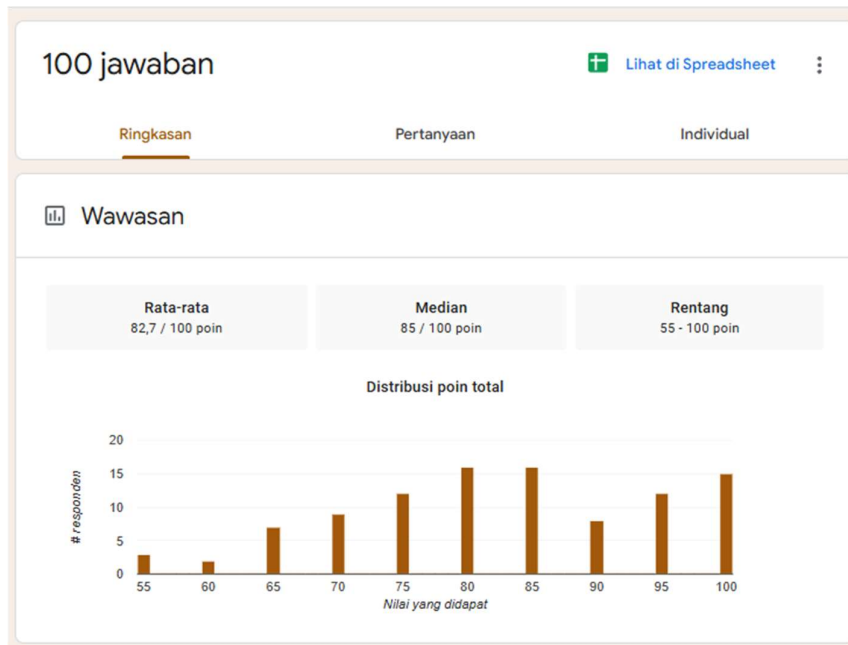
```

```

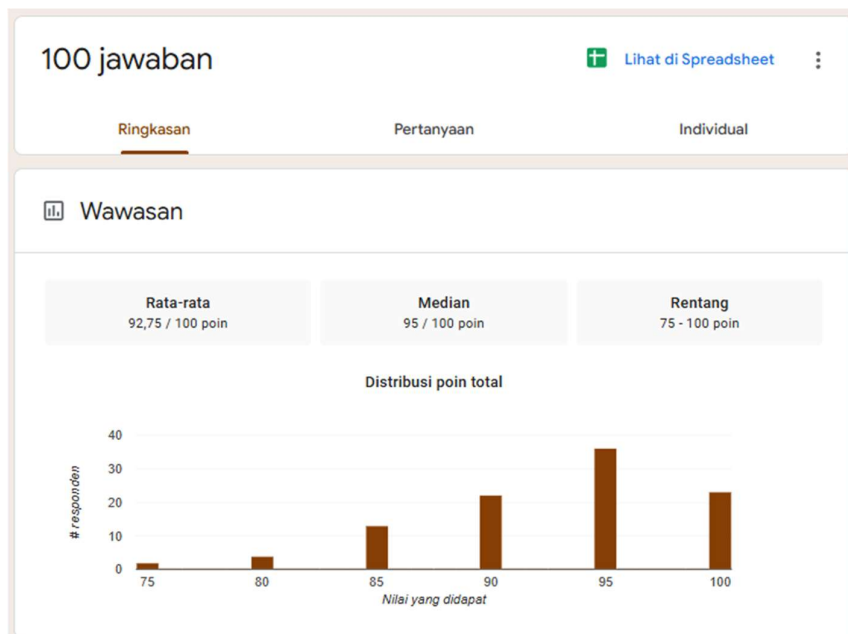
        int indexTombol = i;
        tombolPilihan[i].onClick.RemoveAllListeners();
        tombolPilihan[i].onClick.AddListener(() =>
CekJawaban(indexTombol));
    }
}
public void CekJawaban(int indexDipilih)
{
    panelKuis.SetActive(false);
    if (indexDipilih ==
daftarSoal[indexSoalSaatIni].indeksJawabanBenar)
        panelBenar.SetActive(true);
    else
        panelSalah.SetActive(true);
    Invoke("TutupFeedback", 2f);
}
void TutupFeedback()
{
    panelBenar.SetActive(false);
    panelSalah.SetActive(false);
    kuisSedangMuncul = false;
}
public void TutupKuisManual()
{
    if (panelKuis != null)
    {
        panelKuis.SetActive(false);
        kuisSedangMuncul = false;
    }
}
}

```

Lampiran 6. Hasil Pretest



Lampiran 7. Hasil Posttest



Lampiran 8. Surat Validator Sistem



Formulir Kebutuhan Sistem Tugas Akhir/Skripsi

Nama : Akbar Ilhamsyah
NIM : E41221683
Jurusan : Teknologi Informasi
Prodi : Teknik Informatika

Berikut ini adalah lembar formulir yang akan digunakan sebagai kebutuhan sistem apa saja yang diperlukan aplikasi :

1. harus android
2. tidak memberatkan HP

Surabaya, Jumat 08 Mei 2026

Mahasiswa

Akbar Ilhamsyah

Kasih Humas

Lutfy Ratri S. Spd

Lampiran 9. Surat Validator Aplikasi



Formulir Kebutuhan Aplikasi Tugas Akhir/Skripsi

Nama : Akbar Ilhamsyah
NIM : E41221683
Jurusan : Teknologi Informasi
Prodi : Teknik Informatika

Berikut ini adalah lembar formulir yang akan digunakan sebagai kebutuhan fitur apa saja yang diperlukan aplikasi :

1. harus ada suara hewan
2. ada fitur yang menarik seperti quiz
3. berikan panduan yang mudah dimengerti
4. Bedakan tingkat quiz untuk umur 20 t
5. Kategori dibedakan umur 3-13 tahun dan umur 14+

Surabaya, Jumat 08 Mei 2026

Mahasiswa

Akbar Ilhamsyah

Kasih Humas

Lutfan Pratomo, S.Pd.

Lampiran 10. Form Data User Acceptance Testing



Formulir Usability Testing Tugas Akhir/Skripsi

Jawablah pertanyaan berikut dengan memberi satu tanda centang (✓) pada setiap pertanyaan pada kolom jawaban yang tersedia.

Keterangan :

STS : Sangat Tidak Setuju	TS : Tidak Setuju	RG : Ragu-ragu
ST : Setuju	SS : Sangat Setuju	

1. Saya berpikir akan menggunakan aplikasi ini lagi.

STS	TS	RG	ST	SS
		✓		
1	2	3	4	5

2. Saya merasa aplikasi ini rumit untuk digunakan.

	✓			
1	2	3	4	5

3. Saya merasa aplikasi ini mudah digunakan.

			✓	
1	2	3	4	5

4. Saya membutuhkan bantuan dari orang lain dalam menggunakan aplikasi ini.

		✓		
1	2	3	4	5

5. Saya merasa fitur-fitur dalam aplikasi ini berjalan dengan semestinya.

			✓	
1	2	3	4	5

6. Saya merasa ada banyak hal yang tidak konsisten (tidak serasi pada aplikasi ini)

✓				
1	2	3	4	5

7. Saya merasa orang lain akan memahami cara menggunakan aplikasi ini dengan cepat.

		✓		
1	2	3	4	5

8. Saya merasa aplikasi ini membingungkan

	✓			
1	2	3	4	5

9. Saya merasa tidak ada hambatan dalam menggunakan aplikasi ini

		✓		
1	2	3	4	5

10. Saya perlu membiasakan diri terlebih dahulu sebelum menggunakan aplikasi ini

			✓	
1	2	3	4	5

Lampiran 11. Lembar Revisi

6/9/25, 12:08 PM



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI JEMBER

Lembar Revisi Seminar Proposal

Kode Dokumen : FR-JUR-062-A
Revisi : 0

LEMBAR REVISI SEMINAR PROPOSAL TUGAS AKHIR / SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Akbar Ilhamsyah
 NIM : E41221683
 Jurusan : Teknologi Informasi
 Program Studi : PSDKU-Teknik Informatika-Kab. Sidoarjo
 Tanggal Seminar : Selasa/17-06-2025
 Tempat Seminar : PSDKU SIDOARJO - SDAAULA
 Batas Akhir Revisi :

No	Revisi	Paraf
1.	Tambah Validator → a. Sistem b. kebutuhan aplikasi.	
2.	Storyboard 198. → 2 user → Pelejar (20 kebawah). → orang tua pelejar	
3.	Pengujian Pre-test & Post test → di lokasi pengguna.	
4.	Usability testing untuk Management. ICBS.	
5.	Konfirmasi playstore.	
6.	Tambah metode untuk lebih edukatif & menarik.	
7.	Interaktif & Informasi 3.	

Jember, Selasa/17-06-2025

Dosen Pembahas 1,



Adi Sucipto S.ST., M.Tr.T.
NIP. 199508242022031015

<https://sim-online.polije.ac.id/akademik/ta/pendaftaran/seminar/cetak/revisi/1#>

1/1