

PROPOSAL SKRIPSI

**PENGEMBANGAN APLIKASI AUGMENTED REALITY
BERBASIS UNITY-VUFORIA DENGAN FITUR INTERAKTIF
3D MENGGUNAKAN METODE DECISION TREE PADA
MATERI SISTEM PENCERNAAN MANUSIA**

DISUSUN OLEH

HAFIZH ALFARISY

2109020074



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

MEDAN

2025

**SISTEM INFORMASI MANAJEMEN PEMBINAAN UMKM DESA
PEMATANG JOHAR MENGGUNAKAN METODE VALUE CHAIN
ANALYSIS (VCA)**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Komputer (S.Kom) dalam Program Studi Sistem Informasi pada Fakultas
Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah
Sumatera Utara**

**HAFIZH ALFARISY
NPM. 2109020074**

**PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : PENGEMBANGAN APLIKASI AUGMENTED
REALITY BERBASIS UNITY-VUFORIA DENGAN
FITUR INTERAKTIF 3D MENGGUNAKAN METODE
DECISION TREE PADA MATERI SISTEM
PENCERNAAN MANUSIA UNTUK SISWA
SEKOLAH DASAR

Nama Mahasiswa : HAFIZH ALFARISY

NPM : 2109020074

Program Studi : TEKNOLOGI INFORMASI

Menyetujui
Komisi Pembimbing



(Zuli Agustina Gultom, M.Si)
NIDN. 0130089003

Ketua Program Studi



(Fatma Sari Hutagalung, S.Kom., M.Kom)
NIDN. 0117019361

Dekan



(Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom.)
NIDN. 0127099201

PERNYATAAN ORISINALITAS

PENGEMBANGAN APLIKASI AUGMENTED REALITY BERBASIS UNITY-VUFORIA DENGAN FITUR INTERAKTIF 3D MENGGUNAKAN METODE DECISION TREE PADA MATERI SISTEM PENCERNAAN MANUSIA UNTUK SISWA SEKOLAH DASAR

SKRIPSI

Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah hasil karya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya.

Medan, Agustus 2025

Yang membuat pernyataan



Hafizh Alfarisy

NPM. 2109020074

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

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Hafizh Alfarisy
NPM : 2109020074
Program Studi : Teknologi Informasi
Karya Ilmiah : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Hak Bedas Royalti Non-Eksekutif (*Non-Exclusive Royalty free Right*) atas penelitian skripsi saya yang berjudul:

**PENGEMBANGAN APLIKASI AUGMENTED REALITY BERBASIS
UNITY-VUFORIA DENGAN FITUR INTERAKTIF 3D MENGGUNAKAN
METODE DECISION TREE PADA MATERI SISTEM PENCERNAAN
MANUSIA UNTUK SISWA SEKOLAH DASAR**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif ini, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berhak menyimpan, mengalih media, memformat, mengelola dalam bentuk database, merawat dan mempublikasikan Skripsi saya ini tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemegang dan atau sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Medan, Agustus 2025

Yang membuat pernyataan



Hafizh Alfarisy

NPM. 2109020074

RIWAYAT HIDUP

DATA PRIBADI

Nama Lengkap	: Hafizh Alfarisy
Tempat dan Tanggal Lahir	: Medan, 06 July 2002
Alamat Rumah	: Jl. Sei Selapian No.11 Medan
Telepon/Faks/HP	: 082163560497
E-mail	: hafizhalfarisy558@gmail.com
Instansi Tempat Kerja	: -
Alamat Kantor	: -

DATA PENDIDIKAN

SD	: SDN 064982	TAMAT: 2014
SMP	: SMPN 18 Medan	TAMAT: 2017
SMA	: SMA Kartika 1-2 Medan	TAMAT: 2020

KATA PENGANTAR



Penulis tentunya berterima kasih kepada berbagai pihak dalam dukungan serta doa dalam penyelesaian skripsi. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Agussani, M.AP., Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)
2. Bapak Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom. Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
3. Bapak Halim Maulana, S.T, M.Kom sebagai Wakil Dekan I Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
4. Bapak Dr. Lutfi Basit, S.Sos, M.I.Kom sebagai Wakil Dekan III Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
5. Ibu Dr. Firahmi Rizky, S.Kom, M.Kom sebagai Ketua Program Studi Sistem Informasi.
6. Ibu Yoshida Sary, S.E, S.Kom, M.Kom sebagai Sekretaris Program Studi Sistem Informasi.
7. Bapak Amrullah S.Kom., M.Kom sebagai Dosen Pembimbing, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus atas segala bimbingan, arahan, serta masukan yang sangat berarti selama proses penyusunan skripsi ini. Desikasi, kesabaran, dan waktu yang telah diberikan menjadi bekal berharga bagi penulis dalam menyelesaikan penelitian ini dengan sebaik-baiknya.
8. Ucapan terima kasih yang tak terhingga juga penulis sampaikan kepada kedua orang tua tercinta, Ayah dan Ibu, atas doa, kasih sayang, dukungan moral maupun materiil, serta semangat yang tiada henti. Segala pengorbanan dan cinta yang telah diberikan menjadi sumber kekuatan dan motivasi utama dalam menyelesaikan proses pendidikan dan penulisan skripsi ini.
9. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada teman-teman penulis yang selalu memberikan semangat, dukungan, serta motivasi dengan cara

mengajak “ayo sempro” dan “ayo sidang” yang secara tidak langsung membuat semangat penulis hingga menyelesaikan skripsi ini.

10. Penulis juga menyampaikan rasa terima kasih kepada Warga Desa Pematang Johar termasuk Staff Desa yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk melaksanakan riset tugas akhir ini.
11. Semua pihak yang terlibat langsung ataupun tidak langsung yang tidak dapat penulis ucapkan satu-persatu yang telah membantu penyelesaian skripsi ini.
12. Kepada seseorang yang pernah bersama penulis dan tidak bisa penulis sebutkan namanya. Terima kasih atas segala rasa, bantuan, dan rasa kepedulian yang tinggi yang telah diberikan saat proses penyusunan skripsi ini.
13. Untuk Mama, terima kasih sudah mendukung penuh dan tiada henti memberi semangat hingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
14. Terakhir penulis berterima kasih kepada diri penulis sendiri, karena telah menunjukkan keteguhan luar biasa dalam melalui setiap proses yang tidak mudah.

PENGEMBANGAN APLIKASI AUGMENTED REALITY BERBASIS UNITY-
VUFORIA DENGAN FITUR INTERAKTIF 3D MENGGUNAKAN METODE
DECISION TREE PADA MATERI SISTEM PENCERNAAN MANUSIA
UNTUK SISWA SEKOLAH DASAR

ABSTRAK

Pembelajaran mengenai sistem pencernaan manusia di tingkat sekolah dasar kerap mengalami hambatan karena materinya bersifat abstrak dan sulit diamati langsung. Media tradisional seperti buku teks maupun metode ceramah belum mampu memberikan representasi visual yang jelas, sehingga siswa sering menemui kesulitan dalam memahami materi. Penelitian ini bertujuan merancang aplikasi pembelajaran berbasis Augmented Reality (AR) menggunakan Unity dan Vuforia yang dipadukan dengan fitur interaktif 3D serta algoritma Decision Tree sebagai logika kuis adaptif. Pengembangan aplikasi dilakukan dengan model ADDIE yang mencakup tahap analisis, perancangan, pembuatan, implementasi, dan evaluasi. Aplikasi menampilkan visualisasi 3D organ sistem pencernaan, dilengkapi animasi, narasi, serta kuis interaktif berbasis Decision Tree yang menyesuaikan alur pembelajaran dengan jawaban siswa. Hasil pengujian menggunakan metode black-box menunjukkan seluruh fungsi berjalan sesuai rencana, meliputi pengenalan marker AR, tampilan objek 3D, interaksi pengguna, dan mekanisme kuis adaptif. Aplikasi ini diharapkan mampu meningkatkan motivasi belajar siswa, memudahkan pemahaman konsep yang abstrak, serta menjadi alternatif media pembelajaran interaktif bagi guru sekolah dasar.

Kata Kunci: Augmented Reality, Unity, Vuforia, Decision Tree, Sistem Pencernaan, Media Pembelajaran

DEVELOPMENT OF AN AUGMENTED REALITY APPLICATION BASED
ON UNITY-VUFORIA WITH 3D INTERACTIVE FEATURES USING THE
DECISION TREE METHOD ON HUMAN DIGESTIVE SYSTEM MATERIAL
FOR ELEMENTARY SCHOOL STUDENTS

ABSTRACT

Learning about the human digestive system at the elementary school level often faces challenges due to its abstract nature and the difficulty of direct observation. Conventional media such as textbooks and lectures are less effective in providing clear visual representations, which makes it harder for students to grasp the material. This study aims to design a learning application based on Augmented Reality (AR) using Unity and Vuforia, integrated with interactive 3D features and a Decision Tree algorithm as adaptive quiz logic. The development process followed the ADDIE model, consisting of analysis, design, development, implementation, and evaluation stages. The application presents 3D visualizations of digestive organs, enhanced with animations, narration, and interactive quizzes guided by a Decision Tree that adapts the learning flow according to students' responses. Testing with the black-box method showed that all features functioned properly, including AR marker recognition, 3D object display, user interaction, and adaptive quiz mechanisms. This application is expected to enhance students' learning motivation, simplify the understanding of abstract concepts, and serve as an alternative interactive learning medium for elementary school teachers.

Keywords: Augmented Reality, Unity, Vuforia, Decision Tree, Digestive System, Learning Media

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	15
1.1. Latar Belakang Masalah	15
1.2. Rumusan Masalah	17
1.3. Batasan Masalah	17
1.4. Tujuan Penelitian.....	18
1.5. Manfaat Penelitian.....	18
BAB II LANDASAN TEORI.....	20
2.1 Augmented Reality (AR)	20
2.1.1 Komponen Utama Augmented Reality (AR)	20
2.1.2 Penerapan AR dalam Pendidikan Dasar.....	21
2.1.3 Keunggulan dan Keterbatasan.....	22
2.2 Kajian Empiris Terkait Augmented Reality dan Algoritma <i>Decision Tree</i>	22
2.2.1 Pengaruh Augmented Reality terhadap Motivasi dan Hasil Belajar Siswa	23
2.2.2 Penggunaan Unity–Vuforia untuk Media Pembelajaran AR	23
2.2.3 Implementasi Algoritma Decision Tree dalam Sistem Pembelajaran.....	24
2.2.4 Langkah Langkah Perhitungan Entropy dalam Decision Tree .	26
2.3 Kerangka Teoritis dan Kerangka Pemikiran	27
2.3.1 Kerangka Teoritis.....	28
2.3.2 Kerangka Pemikiran.....	28
2.4 Model Pengembangan Sistem Pembelajaran Berbasis AR.....	29
2.4.1 Model ADDIE dalam Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis AR	31
2.4.2 Integrasi Unity–Vuforia dan Algoritma Decision Tree dalam Desain Interaktif Aplikasi.....	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	33
3.1 Pendekatan Penelitian	33
3.1.1 Model Pengembangan Perangkat Lunak.....	33
3.1.2 Pendekatan Teknikal	35

3.2 Analisi Kebutuhan Sistem.....	36
3.2.1 Kebutuhan Perangkat Keras	36
3.2.2 Kebutuhan Perangkat Lunak	37
3.2.3 Kebutuhan Fungsional.....	37
3.2.4 Kebutuhan Non-Fungsional	38
3.2.5 Diagram <i>Use-Case</i>	39
3.3 Desain Sistem.....	40
3.3.1 Perancangan Use Interface	40
3.3.2 Flowchart Sistem.....	43
3.4 Pengumpulan Data	46
3.4.1 Konsep Aplikasi Untuk Anak Sd	46
3.4.2 Materi Pelajaran Tentang Organ Pencernaan Manusia	47
3.4.3 Metode Node Decision Tree	48
3.4.4 Implementasi Algoritma ID3 (Iterative Dichotomiser 3).....	49
3.4.5 Teknologi yang digunakan: Unity, Android Studio, C#, dll	50
3.5 Metode Pengujian Blackbox (Testing)	51
3.5.1 Metode Pengujian.....	52
3.5.2 Parameter Sukse Pengujian	52
3.5.3 Responden Pengujian	53
3.5.4 Tabel Skenario Pengujian Black-Box	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Sistem Pencernaan	26
<u>Tabel 3.1</u> Tabel pengujian Black-Box	55
Tabel 4. 1 Tabel Dataset 20 Mahasiswa $\times$ 7 Pertanyaan.....	62
Tabel 4.2 Testing Pengguna	65
Tabel 4. 3 Pertanyaan 1	66
Tabel 4.4 Pertanyaan 2	66
Tabel 4.5 Pertanyaan 3	66
Tabel 4.6 Pertanyaan 4	67
Tabel 4.7 Pertanyaan 5	67

DAFTAR GAMBAR

<u>Gambar 3.1 Model ADDIE</u>	34
<u>Gambar 3.2 Use-Case Diagram</u>	39
<u>Gambar 3.3 Tampilan Utama</u>	40
<u>Gambar 3.4 Tampilan AR Pencernaan</u>	41
<u>Gambar 3.5 Tampilan Kuis</u>	42
<u>Gambar 3.6 Tampilan Halaman Petunjuk</u>	42
<u>Gambar 3.7 Halaman Tentang</u>	43
<u>Gambar 3.8 Flowchart Sistem</u>	44
Gambar 4.1 Tampilan Menu Utama	57
Gambar 4.2 Tampilan Tentang	58
Gambar 4.3 Tampilan Petunjuk	59
Gambar 4. 4 Tampilan AR dan Nama-Nama Organ	59
Gambar 4. 5 pertanyaan pilihan ganda	60
Gambar 4. 6 Tampilan hasil jawaban yang benar	60
Gambar 4. 7 Tampilan hasil yang salah	61
Gambar 4.8 Activity Diagram	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Materi sistem pencernaan sangat abstrak dan konseptual, mencakup proses di organ dalam tubuh yang sulit diamati secara langsung, menggunakan banyak istilah asing, dan sangat kompleks untuk dipahami, sehingga sulit bagi siswa untuk memahami dan membayangkan prosesnya, yang dapat menyebabkan miskonsepsi dan Media audiovisual dengan kombinasi visual dan suara dapat sangat membantu dalam penguasaan konsep yang abstrak. (Stevi & Haryanto, 2020). Di sisi lain, praktik pembelajaran di sekolah masih bergantung pada buku teks dan metode ceramah, yang mengurangi interaktivitas dan pemahaman konsep secara mendalam. Oleh karena itu, dibutuhkan media pembelajaran yang mampu menghadirkan visualisasi proses pencernaan secara nyata dan interaktif, salah satunya dengan memanfaatkan teknologi multimedia seperti augmented reality (AR).

Penggunaan ilustrasi dua dimensi dalam buku sebagai media mengajar sistem pencernaan belum mampu memberikan gambaran nyata. Siswa hanya mendapatkan penjelasan dari guru melalui ceramah, tanpa visualisasi yang realistis mengenai bagaimana makanan dicerna dan bergerak di dalam sistem organ (Fitria et al., 2022). Media pembelajaran berbasis teknologi perlu dikembangkan agar siswa lebih aktif, tidak cepat bosan, dan proses belajar menjadi lebih bermakna. Sayangnya, media konvensional seperti gambar dua dimensi dalam buku teks belum cukup membantu pemahaman siswa. Guru cenderung menggunakan metode ceramah tanpa mendemonstrasikan alur pencernaan secara realistis (Fitria et al., 2022).

Minat belajar yang rendah menjadi kendala utama dalam pembelajaran. Salah satu faktor penyebabnya adalah kurangnya variasi bahan ajar atau media pembelajaran yang digunakan oleh guru di sekolah. Penggunaan teknologi dalam pengembangan bahan ajar dapat diterapkan dalam proses pembelajaran untuk membantu siswa dalam memahami materi. Visualisasi spasial melalui Augmented Reality mampu mengurangi beban kognitif siswa(Syafii & Gusnia Putri, 2021).

Dalam dunia pendidikan modern, metode pembelajaran konvensional kian kurang relevan karena minimnya interaktivitas dan daya tarik bagi siswa sekolah dasar. AR atau Augmented Reality hadir sebagai teknologi yang mampu menggabungkan objek nyata dengan elemen virtual dalam ruang yang sama, memberikan pengalaman belajar yang imersif dan kontekstual(Agus Rofi'i, 2023). Dalam penerapannya, AR dapat meningkatkan pemahaman terhadap konsep abstrak seperti sistem pencernaan manusia melalui visualisasi 3D yang konkret dan interaktif. Interaksi langsung dengan materi melalui AR tidak hanya menumbuhkan minat belajar siswa, namun juga membantu mengatasi kesulitan pemahaman konsep yang tidak dapat diamati secara langsung dalam ruang kelas(Agus Rofi'i, 2023).

Dalam pembelajaran berbasis digital, penting untuk menciptakan interaksi adaptif yang mampu menyesuaikan konten sesuai kemampuan dan respons siswa. Algoritma decision tree memberikan struktur adaptif tersebut, memungkinkan sistem memilih jalur pembelajaran berdasarkan pemahaman siswa. Proses ini dilakukan secara sekuensial, di mana sistem mengikuti jawaban siswa dan menyesuaikan pertanyaan atau materi berikutnya secara otomatis berdasarkan struktur pohon keputusan yang telah dibangun sebelumnya. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi pembelajaran, tetapi juga

menghindarkan siswa dari pengulangan materi yang telah mereka kuasai(Liu et al., 2020).

Penelitian oleh (Muhammad Ridwan Alfarisi Hizbillah, 2022) mengembangkan aplikasi media pembelajaran sistem pencernaan manusia berbasis augmented reality untuk siswa sekolah dasar. Aplikasi ini dirancang menggunakan Unity dan Vuforia, dengan model pengembangan ADDIE. Hasil validasi menunjukkan bahwa aplikasi ini sangat layak digunakan, dengan nilai kelayakan dari ahli media sebesar 84,62%, ahli materi sebesar 87,5%, dan uji coba kepada siswa sebesar 82,93%. Aplikasi ini memudahkan siswa dalam memahami materi sistem pencernaan manusia secara interaktif dan menarik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang dan mengembangkan aplikasi AR interaktif berbasis Unity-Vuforia?
2. Bagaimana implementasi algoritma Decision Tree dalam aplikasi Augmented Reality untuk menyajikan materi sistem pencernaan manusia kepada siswa sekolah dasar?
3. Bagaimana respon siswa sekolah dasar terhadap penggunaan aplikasi Augmented Reality?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terfokus dan terarah, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Materi pembelajaran yang dikembangkan dibatasi hanya pada topik sistem pencernaan manusia, meliputi pengenalan organ, fungsi, dan alur pencernaan sesuai kurikulum kelas V SD.
2. Aplikasi dikembangkan menggunakan Unity 3D sebagai game engine dan Vuforia SDK sebagai library pendeteksi marker berbasis kamera.
3. Interaksi pengguna dalam aplikasi dibatasi pada bentuk kuis adaptif, tampilan informasi 3D, dan respon visual/audio berdasarkan jawaban siswa.

1.4 Tujuan Penelitian

Studi ini berkonsentrasi pada topik-topik berikut agar tugas akhir ini lebih focus yang lebih jelas dan terarah:

1. Merancang dan mengembangkan aplikasi pembelajaran berbasis Augmented Reality (AR) yang menampilkan materi sistem pencernaan manusia untuk siswa Sekolah Dasar.
2. Mengimplementasikan algoritma Decision Tree sebagai logika interaksi adaptif yang memungkinkan jalur pembelajaran atau kuis yang berbeda berdasarkan respons siswa.
3. Meningkatkan pengalaman belajar siswa melalui media visual yang konkret, realistis, dan dapat dimanipulasi, guna mendukung pemahaman konsep abstrak seperti sistem pencernaan.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut yang beragam, baik secara teoretis maupun praktis:

1. **Manfaat Teoritis:** penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu di bidang teknologi pembelajaran, khususnya pemanfaatan Augmented Reality (AR) dalam konteks pendidikan dasar. Integrasi antara Unity dan Vuforia sebagai platform pengembang menunjukkan relevansi tinggi dalam mendukung pembelajaran interaktif berbasis visual. Selain itu, penelitian ini memperkuat teori interaksi adaptif melalui penerapan algoritma Decision Tree yang mampu merespons perilaku siswa dalam jalur pembelajaran yang dipersonalisasi. Dalam konteks pendidikan IPA, khususnya sistem pencernaan, visualisasi objek tiga dimensi yang dirancang dalam aplikasi ini menambah referensi mengenai efektivitas pendekatan visual-spasial untuk memahami konsep yang abstrak.
2. **Manfaat Praktis:** Secara praktis, hasil dari penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh guru sebagai media bantu ajar yang inovatif untuk menyampaikan materi sistem pencernaan secara lebih menarik dan mudah dipahami oleh siswa. Aplikasi ini diharapkan mampu meningkatkan motivasi belajar siswa karena menawarkan pengalaman belajar yang imersif dan menyenangkan. Siswa dapat belajar secara aktif melalui interaksi langsung dengan objek 3D, menjawab kuis, dan mendapatkan umpan balik sesuai dengan kemampuannya.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Augmented Reality (AR)

Augmented Reality (AR) merupakan teknologi yang memungkinkan penggabungan objek virtual ke dalam lingkungan nyata secara real-time, menciptakan pengalaman belajar yang imersif dan interaktif. Teknologi ini berkembang dari multimedia pembelajaran dan virtual reality, serta bekerja dengan cara menampilkan elemen digital seperti model 3D di atas tampilan dunia nyata melalui perangkat seperti ponsel atau tablet (Zuo et al., 2025). Dalam konteks pendidikan, AR telah banyak digunakan untuk menyajikan konsep yang kompleks dan abstrak secara lebih konkret, seperti pada mata pelajaran sains dan geometri. Penerapan AR terbukti mampu meningkatkan motivasi belajar, keterlibatan siswa, serta menurunkan beban kognitif karena siswa dapat langsung berinteraksi dengan objek virtual yang kontekstual dan realistis (Zuo et al., 2025). Oleh karena itu, penggunaan AR sangat relevan dalam pengembangan media pembelajaran berbasis visual seperti sistem pencernaan manusia, yang sulit diamati langsung namun dapat divisualisasikan melalui objek tiga dimensi interaktif berbasis Unity dan Vuforia.

2.1.1 Komponen Utama Augmented Reality (AR)

Menurut (Indria Permana et al., 2024), objek tiga dimensi yang ditampilkan melalui AR mampu memberikan tampilan antarmuka yang menarik dan menyerupai bentuk asli, menjadikannya lebih mudah dipahami oleh siswa sekolah dasar. Dalam sistem *Augmented Reality*, terdapat tiga komponen utama yang bekerja secara terintegrasi untuk menciptakan pengalaman realitas ditambah, yaitu perangkat input, perangkat proses, dan perangkat output.

1. **Perangkat Input:** Perangkat input berfungsi untuk mengumpulkan informasi dari lingkungan nyata yang akan diproses oleh sistem augmented reality (AR). Komponen utama perangkat input adalah kamera dan sensor. Sensor seperti gyroscope, accelerometer, dan GPS juga mendeteksi arah, posisi, dan orientasi perangkat secara akurat, sehingga posisi objek virtual dapat disesuaikan secara dinamis.
2. **Perangkat Proses:** Setelah data dari dunia nyata dikumpulkan, perangkat proses akan mengelola data tersebut untuk menghasilkan pengalaman AR yang stabil dan responsif. Di sini, sistem akan melakukan sejumlah tugas, termasuk deteksi marker, pelacakan posisi, perhitungan orientasi, dan integrasi objek 3D, sehingga objek virtual akan ditampilkan dengan tampilan yang seolah-olah mereka menyatu dengan lingkungan nyata.
3. **Perangkat Output:** Perangkat output bertanggung jawab untuk menampilkan hasil penggabungan antara objek virtual dan dunia nyata kepada pengguna. Output utama biasanya ditampilkan melalui layar smartphone atau tablet, di mana pengguna dapat melihat elemen digital muncul di atas citra lingkungan nyata. Dalam beberapa aplikasi, output juga dapat berupa suara (melalui *speaker*) atau getaran (melalui *haptic feedback*) untuk meningkatkan aspek interaktif dan imersif dari pengalaman AR.

2.1.2 Penerapan AR dalam Pendidikan Dasar

Penggunaan teknologi *Augmented Reality* dalam pembelajaran sains di sekolah dasar terbukti dapat meningkatkan keterlibatan dan pemahaman siswa terhadap materi yang sulit divisualisasikan, seperti sistem pencernaan manusia. Melalui teknologi ini, siswa dapat memanipulasi objek tiga dimensi dari organ tubuh manusia secara langsung

dalam lingkungan nyata, sehingga konsep yang sebelumnya abstrak menjadi lebih mudah dipahami (Azzahra & Ayu Kristiana Dewi, 2024). Penerapan AR dalam kelas 5 memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi objek secara virtual dalam bentuk tiga dimensi, memperbesar, memutar, dan mengakses informasi tambahan melalui perangkat mobile. Hal ini membantu meningkatkan keterlibatan belajar, memperkuat daya ingat, dan memfasilitasi gaya belajar visual dan kinestetik. Dalam konteks pembelajaran IPA sekolah dasar, misalnya, AR sangat efektif untuk menjelaskan sistem organ tubuh manusia seperti sistem pencernaan yang tidak bisa diamati langsung.

2.1.3 Keunggulan dan Keterbatasan

Penggunaan AR dalam pengembangan aplikasi Augment Reality memiliki keunggulan dan sebagai berikut:

1. Visualisasi Materi Lebih Menarik dan Kontekstual.
2. Interaktivitas yang Meningkatkan Keterlibatan Siswa.
3. Penerapan *Decision Tree* untuk Pembelajaran Adaptif.
4. Integrasi Unity dan Vuforia yang Stabil.
5. Pembelajaran Mandiri dan Fleksibel.

Sementara itu keterbatasannya:

1. Ketergantungan pada Perangkat dan Kualitas Kamera.
2. Keterbatasan Lingkungan Fisik.
3. Skalabilitas dan Kustomisasi Terbatas.
4. Aksesibilitas bagi Semua Siswa dan keterbatasan audio atau teks.

2.2 Kajian Empiris Terkait Augmented Reality dan Algoritma *Decision Tree*

Analisis menunjukkan bahwa dengan menyediakan konten yang interaktif dan imersif, AR berkontribusi pada motivasi yang lebih tinggi, prestasi akademik yang lebih

baik, dan hasil belajar yang lebih baik. AR biasanya digunakan untuk memvisualisasikan konsep ilmiah yang abstrak dan kompleks yang sulit dijelaskan dengan metode tradisional. Unity 3D dan Vuforia SDK adalah perangkat yang paling umum digunakan saat mengembangkan aplikasi AR (Zhang et al., 2022).

2.2.1 Pengaruh Augmented Reality terhadap Motivasi dan Hasil Belajar Siswa

Teknologi *Augmented Reality* (AR) telah banyak dimanfaatkan dalam dunia pendidikan untuk meningkatkan keterlibatan siswa serta memperkuat pemahaman terhadap materi yang bersifat kompleks dan abstrak. Salah satu keunggulan utama AR adalah kemampuannya menghadirkan objek tiga dimensi yang dapat divisualisasikan secara langsung dalam lingkungan belajar. Dalam konteks pembelajaran di sekolah dasar, AR terbukti mampu meningkatkan motivasi dan hasil belajar siswa (Zhang et al., 2022). Karena kemampuan untuk membuat pengalaman belajar yang interaktif dan mendalam, *augmented reality* (AR) telah menjadi salah satu teknologi yang paling populer di bidang pendidikan. Menurut (Zulfadli et al., 2023), penggunaan AR dapat meningkatkan keterlibatan siswa, meningkatkan pemahaman mereka tentang konsep yang kompleks, dan mendukung pembelajaran yang lebih kontekstual dan personal. Teknologi ini sangat efektif digunakan oleh siswa sekolah dasar untuk menjelaskan konsep abstrak seperti pencernaan manusia. Siswa akan lebih termotivasi dan antusias dalam proses belajar jika mereka melihat bagian tubuh dalam visualisasi 3D yang dapat diputar dan diinteraksikan. Ini dapat meningkatkan hasil belajar secara signifikan.

2.2.2 Penggunaan Unity–Vuforia untuk Media Pembelajaran AR

Unity, dipadukan dengan Vuforia SDK, telah terbukti menjadi platform unggul dalam pengembangan media pembelajaran AR berbasis marker. Dalam studi (Afnan et al., 2021), empat aplikasi AR dirancang dengan Unity–Vuforia untuk pembelajaran

alfabet, angka, hewan, dan geografi. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan motivasi dan prestasi belajar siswa sekolah dasar dibanding metode konvensional. Penelitian oleh (Afnan et al., 2021) menyatakan bahwa penerapan Augmented Reality (AR) dalam pendidikan dasar secara signifikan meningkatkan motivasi dan hasil belajar siswa. Studi ini mengevaluasi empat aplikasi AR interaktif yang dikembangkan dengan Unity dan Vuforia, mencakup pembelajaran alfabet, angka, hewan, dan geografi. Hasilnya menunjukkan bahwa siswa yang belajar menggunakan aplikasi AR menunjukkan peningkatan performa akademik yang lebih tinggi dibandingkan siswa yang belajar dengan metode tradisional. AR menciptakan lingkungan belajar yang lebih menyenangkan, atraktif, dan mendorong partisipasi aktif siswa dalam mengeksplorasi materi. Visualisasi tiga dimensi yang ditampilkan melalui kamera smartphone atau tablet membuat pembelajaran menjadi lebih konkret, terutama untuk konsep-konsep abstrak seperti struktur tubuh manusia.

Teknologi *Augmented Reality* (AR) memiliki potensi besar dalam meningkatkan motivasi dan hasil belajar siswa sekolah dasar. Seperti yang dijelaskan oleh (Desierto, 2020), aplikasi AR mampu menciptakan proses belajar yang lebih bermakna, dinamis, dan produktif. Dengan memanfaatkan visualisasi 3D serta interaksi langsung melalui perangkat mobile, siswa dapat menikmati pengalaman belajar yang lebih menarik dan kontekstual. Aplikasi *GoonAR*, yang dikembangkan dengan Unity dan Vuforia, terbukti memfasilitasi proses belajar membaca bagi anak usia 6–7 tahun dengan memberikan pengalaman membaca yang imersif dan menyenangkan. Pembelajaran semacam ini dapat memperkuat daya ingat siswa terhadap materi yang disampaikan dan meningkatkan ketertarikan mereka dalam mengikuti Pelajaran.

2.2.3 Implementasi Algoritma Decision Tree dalam Sistem Pembelajaran

Algoritma *Decision Tree* memiliki potensi besar untuk meningkatkan personalisasi proses belajar siswa jika diterapkan dalam sistem pembelajaran adaptif. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Asia Bataineh, 2025), model *Decision Tree* yang dikombinasikan dengan pembelajaran inkremental dan penyesuaian parameter adaptif dapat mengatasi kelemahan model statis dalam menghadapi perubahan perilaku belajar siswa secara bertahap. Model adaptif seperti *Gradient Boosted Decision Tree* (GBDT) yang diuji dalam penelitian ini menunjukkan akurasi prediksi hingga 84%, lebih tinggi dibandingkan dengan model statis yang mencapai hanya 77%. Temuan ini menunjukkan bahwa Oleh karena itu, algoritma *Decision Tree* sangat cocok untuk aplikasi pembelajaran adaptif yang membuat media interaktif berbasis AR. khususnya dalam menyampaikan materi kompleks seperti sistem pencernaan manusia kepada siswa sekolah dasar.

Dalam konteks sistem pembelajaran adaptif, algoritma *Decision Tree* menjadi salah satu model yang paling banyak digunakan karena kemampuannya dalam memberikan interpretasi yang jelas terhadap proses pengambilan keputusan. (Gligorea et al., 2023) menjelaskan bahwa algoritma ini tidak hanya menawarkan tingkat akurasi yang tinggi dalam prediksi performa siswa, tetapi juga memberikan transparansi dalam logika pemilihannya, yang sangat penting dalam lingkungan pendidikan. Transparansi ini memungkinkan guru atau sistem pembelajaran untuk memahami dasar pemilihan materi atau evaluasi yang disarankan kepada siswa. Dengan demikian, *Decision Tree* menjadi model yang ideal untuk dikombinasikan dengan teknologi seperti *Augmented Reality* dalam membangun aplikasi edukatif berbasis adaptasi, di mana konten yang ditampilkan bisa disesuaikan secara dinamis berdasarkan kebutuhan dan capaian masing-masing siswa.

2.2.4 Langkah Langkah Perhitungan Entropy dalam Decision Tree

Dalam penerapan algoritma *Decision Tree* pada sistem pembelajaran adaptif berbasis *Augmented Reality* (AR), salah satu elemen utama yang digunakan adalah perhitungan *entropy*. *Entropy* mengukur tingkat ketidakpastian dalam suatu dataset dan digunakan untuk menentukan atribut terbaik yang dapat memisahkan data secara optimal pada setiap node dalam struktur pohon keputusan.

1. Penentuan Dataset Langkah awal adalah mengidentifikasi dataset yang terdiri dari fitur (atribut) dan label kelas. Misalnya, dalam konteks kuis interaktif sistem pencernaan, data dapat disusun sebagai berikut:

Tabel
Data

No	Jawaban Soal 1	Jawaban Soal 2	Status (Label Kelas)
1	Benar	Benar	Lanjut
2	Benar	Salah	Ulangi
3	Salah	-	Ulangi
4	Benar	Benar	Lanjut
5	Salah	-	Ulangi

2.1
Sistem

Pencernaan

Label "Status" menunjukkan respons sistem terhadap jawaban siswa, yang akan digunakan sebagai dasar perhitungan.

2. Perhitungan *Entropy* Dataset *Entropy* dari keseluruhan data dihitung menggunakan rumus:

$$Entropy(S) = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$$

Di mana p_i adalah proporsi data dalam kelas ke i . Dalam contoh di atas:

2 data "Lanjut" $\rightarrow p_1 = 0,5$

2 data "Ulangi" $\rightarrow p_2 = 0,5$

$$Entropy(S) = -(0,5 \cdot \log_2 0,5 + 0,5 \cdot \log_2 0,5) = 1$$

3. Perhitungan *Entropy* Berdasarkan Atribut Selanjutnya, hitung *entropy* dari masing-masing subset yang terbentuk berdasarkan atribut "Jawaban Siswa":

Jawaban = Benar: 2 data → semua “Lanjut” → Entropy = 0

Jawaban = Salah: 2 data → semua “Ulangi” → Entropy = 0

Maka *entropy* rata-rata untuk atribut tersebut adalah:

$$Entropy_{atribut} = \left(\frac{2}{4}\right) \cdot 0 + \left(\frac{2}{4}\right) \cdot 0 = 0$$

4. Penghitungan *Information Gain* (IG) menunjukkan seberapa besar pengurangan *entropy* yang terjadi setelah data dibagi berdasarkan atribut tertentu: Nilai gain tertinggi menunjukkan atribut terbaik yang dipilih sebagai node dalam pohon keputusan.
5. Penentuan Node dan Percabangan Atribut dengan *Information Gain* tertinggi dijadikan node akar. Cabang-cabang dibuat berdasarkan nilai dari atribut tersebut. Proses ini diulang secara rekursif pada setiap subset hingga semua data dikelompokkan ke dalam kelas yang seragam.
6. Proses Terminasi algoritma berhenti ketika: Seluruh data dalam satu subset memiliki kelas yang sama (*entropy* = 0), tidak ada lagi atribut yang tersisa untuk digunakan, atau telah mencapai kedalaman maksimal yang telah ditentukan sebelumnya.

2.3 Kerangka Teoritis dan Kerangka Pemikiran

Penelitian ini didasarkan pada berbagai teori dan konsep yang saling berkaitan, yang menjadi landasan dalam proses pengembangan aplikasi Augmented Reality (AR) berbasis Unity-Vuforia dengan fitur interaktif 3D serta algoritma Decision Tree. Pemilihan teori yang tepat bertujuan untuk memperkuat arah pengembangan aplikasi dan

memastikan bahwa hasil yang dicapai selaras dengan kebutuhan dan karakteristik pengguna, yakni siswa sekolah dasar.

2.3.1 Kerangka Teoritis

Sebagai dasar untuk pengembangan aplikasi pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR) yang menggunakan algoritma *Decision Tree*. Teori konstruktivisme menjadi pendekatan utama dalam pembelajaran sains untuk siswa sekolah dasar. Teori ini menekankan bahwa siswa secara aktif membangun pengetahuan melalui pengalaman nyata dan interaksi langsung dengan lingkungan belajar mereka. (Baharuddin et al., 2020) menyatakan bahwa teknologi *augmented reality* (AR) membantu lingkungan belajar konstruktivis dengan memberikan visualisasi objek 3D yang memungkinkan siswa mempelajari konten secara aktif dan mandiri.

Augmented reality (AR) menggabungkan informasi digital dengan lingkungan nyata secara interaktif. Ini memungkinkan visualisasi tiga dimensi dan manipulasi objek yang kompleks, seperti struktur tubuh manusia, dari berbagai sudut pandang. Ini secara signifikan meningkatkan motivasi dan pemahaman siswa dalam pembelajaran berbasis eksperimen (Shiue et al., 2019). AR memungkinkan pengembangan lingkungan belajar kontekstual dan konstruktivis di mana siswa dapat berinteraksi langsung dengan objek pembelajaran untuk meningkatkan pemahaman mereka.

2.3.2 Kerangka Pemikiran

Studi oleh (Nazar et al., 2024) menemukan bahwa aplikasi berbasis *Augmented Reality* (AR) yang dibuat dengan Unity dan Vuforia membantu siswa memahami konsep abstrak, seperti sifat kimia elemen. Analisis kebutuhan, desain aplikasi, pengembangan, implementasi dalam pembelajaran, dan evaluasi hasil belajar siswa adalah semua langkah yang termasuk dalam pengembangan aplikasi tersebut menggunakan model ADDIE.

Hal ini sangat relevan untuk mendukung kerangka pikiranmu dalam penelitianmu, yang bertujuan untuk meningkatkan pemahaman siswa sekolah dasar tentang materi sistem pencernaan manusia. Dengan menggunakan visualisasi 3D interaktif berbasis AR dan algoritma *Decision Tree*, soal adaptif dapat dipersonalisasi.

Untuk mendukung aktivitas pembelajaran membaca di sekolah dasar, penelitian ini menggunakan model ADDIE (Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, Evaluasi) untuk membuat permainan berbasis AR. Model ini membantu menyusun proses pengembangan secara terstruktur dan memastikan bahwa aplikasi yang dibuat sesuai dengan kebutuhan pengguna, yang menghasilkan peningkatan motivasi dan hasil belajar yang lebih baik (Mahardhika et al., 2023).

Dalam mengembangkan aplikasi pembelajaran ini, digunakan pendekatan model ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation) sebagai kerangka kerja sistematis. Model ini terbukti efektif dalam pengembangan media AR edukatif, karena mampu menyesuaikan produk dengan kebutuhan pengguna, meningkatkan efektivitas pembelajaran, serta menghasilkan hasil belajar yang lebih baik (Ismail et al., 2021). Tahap analisis dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan siswa dan guru, tahap desain dan pengembangan difokuskan pada pembuatan aplikasi dengan visualisasi interaktif, diikuti implementasi dalam pembelajaran IPA, serta evaluasi untuk menilai dampaknya terhadap pemahaman dan motivasi belajar siswa.

2.4 Model Pengembangan Sistem Pembelajaran Berbasis AR

Untuk menghasilkan sistem pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR), pendekatan metodologis yang sistematis dan terstruktur diperlukan. Pendekatan ini diperlukan agar media yang dibuat sesuai dengan kebutuhan pembelajaran dan demografi pengguna, khususnya siswa sekolah dasar. Model ADDIE, yang terdiri dari lima tahapan

utama: analisis, desain, pengembangan, penerapan, dan evaluasi, adalah salah satu model yang banyak digunakan dalam pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi. Model ini memungkinkan pengembang melakukan proses perencanaan, pengembangan, hingga pengujian efektivitas produk yang mereka buat.

Tahap pertama, analisis, bertujuan untuk menentukan tujuan pembelajaran, kebutuhan pengguna, dan hambatan dalam proses pembelajaran. Tahap ini dilakukan dalam rangka pembelajaran IPA tentang sistem pencernaan manusia di tingkat sekolah dasar. Tahap ini dilakukan dengan mengamati kesulitan yang dihadapi siswa saat menggunakan metode konvensional untuk memahami bagaimana organ pencernaan terdiri dan berfungsi. Pada tahap desain, konten pembelajaran, skenario penggunaan, tampilan visual 3D, dan struktur logika soal yang didukung oleh algoritma *Decision Tree* dirancang. Pada tahap pengembangan, aplikasi berbasis Unity dan Vuforia dengan fitur AR memungkinkan siswa berinteraksi secara visual dengan model anatomi tubuh manusia. Selain itu, evaluasi adaptif berbasis *Decision Tree Logic*, yang menyesuaikan tingkat kesulitan soal dengan kemampuan siswa.

(Ismail et al., 2021) menunjukkan bahwa model ADDIE memberikan struktur yang jelas untuk merancang aplikasi pembelajaran berbasis AR yang mendukung visualisasi materi abstrak dan meningkatkan pengalaman belajar. Penelitian serupa oleh (Mahardhika et al., 2023) juga menunjukkan bahwa penggunaan model ADDIE dalam pembuatan permainan edukatif berbasis AR memberikan da Selain itu, (Nazar et al., 2024) menggunakan pendekatan ADDIE untuk membuat media AR berbasis Unity dan Vuforia dalam pembelajaran sains; terbukti meningkatkan pemahaman konsep dan keterlibatan siswa.

Dengan mempertimbangkan temuan-temuan tersebut, model ADDIE dipilih sebagai metode utama untuk mengembangkan aplikasi pembelajaran ini. Model ini menawarkan fleksibilitas untuk menyesuaikan materi, ketepatan dalam proses desain interaktif, dan evaluasi menyeluruh tentang keberhasilan penerapan media pembelajaran berbasis AR dengan fitur algoritma *Decision Tree*.

2.4.1 Model ADDIE dalam Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis AR

Model ADDIE merupakan salah satu pendekatan sistematis yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem pembelajaran berbasis teknologi, termasuk media berbasis *Augmented Reality* (AR). Model ini terdiri dari lima tahap utama, yaitu *Analysis*, *Design*, *Development*, *Implementation*, dan *Evaluation*. Setiap tahapan memiliki peran penting dalam memastikan bahwa produk akhir sesuai dengan kebutuhan pengguna dan tujuan pembelajaran yang ditetapkan.

Pada tahap *Analysis*, pengembang mengidentifikasi masalah pembelajaran dan kebutuhan siswa serta guru. Selanjutnya, tahap *Design* mencakup perencanaan media yang mencakup struktur isi, rancangan tampilan visual, interaksi pengguna, serta instrumen evaluasi. Tahap *Development* melibatkan proses produksi media AR berbasis Unity dan Vuforia yang menyajikan visualisasi 3D dari sistem pencernaan manusia. Tahap *Implementation* adalah tahap uji coba media pada siswa sekolah dasar, sedangkan *Evaluation* merupakan proses penilaian efektivitas media berdasarkan umpan balik dan hasil belajar siswa.

Menurut (Branch, 2010), model ADDIE memberikan kerangka yang fleksibel dan iteratif, memungkinkan pengembang untuk merevisi dan menyempurnakan desain

berdasarkan hasil evaluasi di setiap tahap. Hal ini menjadikan ADDIE sangat sesuai dalam pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi seperti AR, karena memastikan proses yang sistematis dan berorientasi pada pencapaian hasil belajar yang optimal.

2.4.2 Integrasi Unity–Vuforia dan Algoritma Decision Tree dalam Desain Interaktif Aplikasi

Karena kemampuan mereka untuk memvisualisasikan objek tiga dimensi secara realistis dan interaktif, platform Unity dan plugin Vuforia banyak digunakan dalam pengembangan aplikasi berbasis *Augmented Reality*. Unity berfungsi sebagai game engine yang mendukung pengembangan antarmuka interaktif dan animasi 3D, sementara Vuforia memberikan kemampuan untuk pelacakan gambar (image tracking) dan pengenalan marker untuk memproyeksikan objek AR di dunia nyata.

penggunaan Unity dan Vuforia dalam pengembangan aplikasi AR memberikan kemudahan dalam membuat tampilan visual yang menarik dan dapat disesuaikan dengan berbagai kebutuhan pembelajaran. Mereka juga menunjukkan bahwa AR berbasis Unity–Vuforia efektif digunakan untuk pembelajaran mandiri maupun berbasis kelas karena meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa dalam proses belajar (Ismail et al., 2021).

Sebagai tambahan, (Nazar et al., 2024) mendukung integrasi AR dengan algoritma Decision Tree untuk meningkatkan efektivitas evaluasi pembelajaran. Dalam konteks aplikasi ini, algoritma *Decision Tree* digunakan untuk menyesuaikan soal evaluasi berdasarkan jawaban siswa sebelumnya, sehingga menciptakan pengalaman belajar yang personal dan adaptif. Sistem ini memungkinkan siswa untuk mendapatkan soal yang sesuai dengan tingkat penguasaan materi, yang pada akhirnya dapat mendorong peningkatan pemahaman dan hasil belajar. aplikasi yang dikembangkan diharapkan

mampu menjawab tantangan dalam pembelajaran konsep abstrak seperti sistem pencernaan manusia.

BAB III

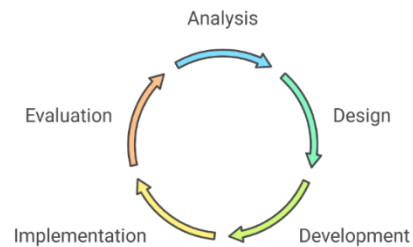
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian

Pendekatan penelitian ini tergolong sebagai penelitian terapan karena bertujuan untuk mengembangkan aplikasi *Augmented Reality* (AR) berbasis Unity-Vuforia yang dilengkapi dengan fitur interaktif 3D dan algoritma *Decision Tree* sebagai media pembelajaran sistem pencernaan manusia bagi siswa sekolah dasar. Dalam proses pengembangannya, digunakan pendekatan Rekayasa Perangkat Lunak (RPL) yang melibatkan tahapan sistematis mulai dari analisis kebutuhan pengguna, desain sistem, pengembangan aplikasi, hingga tahap implementasi dan pengujian. Fokus utama dari penelitian ini adalah untuk mengatasi tantangan pembelajaran konvensional melalui pemanfaatan teknologi berbasis AR mobile.

3.1.1 Model Pengembangan Perangkat Lunak

Dalam penelitian ini, model pengembangan perangkat lunak yang digunakan adalah model ADDIE. Model ini dipilih karena memiliki langkah-langkah yang jelas dan terstruktur. ADDIE sangat cocok digunakan dalam pengembangan media pembelajaran karena bisa disesuaikan dengan kebutuhan siswa dan mudah diterapkan. Tahapan model ini mencakup:



Gambar 3.1 Model ADDIE

1. Analisis: Mengumpulkan informasi tentang kebutuhan siswa, materi pelajaran, serta kendala yang dihadapi guru dan siswa dalam pembelajaran sistem pencernaan manusia.
2. Desain: Membuat rancangan tampilan aplikasi, alur penggunaan, dan fitur-fitur utama, termasuk objek 3D dan sistem evaluasi menggunakan *Decision Tree*.
3. Pengembangan: Membuat aplikasi dengan software Unity dan Vuforia, serta mengembangkan soal interaktif dan fitur evaluasi adaptif.
4. Implementasi: Mencoba aplikasi langsung di kelas bersama siswa SD untuk melihat bagaimana aplikasi digunakan dalam pembelajaran.
5. Evaluasi: Mengumpulkan tanggapan dari siswa dan guru, serta melihat hasil belajar siswa setelah menggunakan aplikasi.

3.1.2 Pendekatan Teknikal

Pendekatan teknis dalam penelitian ini meliputi mencakup beberapa aspek yang mendukung proses pengembangan sebagai berikut:

1. Platform Pengembangan interaktif berbasis 3D dan *Augmented Reality* (AR).
2. *software development* Vuforia SDK
3. Bahasa Pemrograman C# (C-Sharp)
4. Pembuatan Objek 3D Interaktif
5. Integrasi Algoritma *Decision Tree*
6. Pemanfaatan Marker dan Kamera
7. Pengujian dan Debugging
8. Distribusi dan Penggunaan Aplikasi Android.

Dalam proses pengembangan aplikasi ini, digunakan pendekatan teknis berbasis teknologi *Augmented Reality* (AR) yang diintegrasikan dengan mesin pengembangan game Unity 3D serta Vuforia SDK sebagai pustaka pendeteksi marker. Pendekatan teknis ini bertujuan untuk membangun sistem yang mampu menampilkan objek 3D

secara interaktif ketika kamera perangkat mobile diarahkan ke marker tertentu, sekaligus memberikan pengalaman belajar yang imersif dan edukatif kepada siswa.

3.2 Analisi Kebutuhan Sistem

Analisis kebutuhan sistem dilakukan untuk merancang aplikasi yang sesuai dengan kebutuhan pengguna, tujuan pembelajaran, dan kemampuan teknis perangkat yang digunakan. Analisis ini mencakup kebutuhan Perangkat Keras, Kebutuhan Perangkat lunak, kebutuhan Fungsional, kebutuhan Non-Fungsional.

3.2.1 Kebutuhan Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan dalam proses Pengembang (Developer) sebagai berikut:

1. Prosesor: Intel Core i5 atau setara
2. Ram: Minimal 8 GB
3. Penyimpanan: SSD minimal 256GB
4. VGA: Terintegrasi atau dedicate
5. Sistem Operasi: windows 10 atau macOS terbaru

Perangkat Pengguna (*End-User*)

1. Perangkat: Smartphone/Tablet Android.
2. Sistem Operasi Android 8.0 atau lebih tinggi.
3. Kamera belakang minimal 5 MP.
4. RAM Minimal 2 GB.
5. Penyimpanan Minimal tersedia 200 MB ruang kosong.
6. Akses sentuhan layar (*touchscreen*).

3.2.2 Kebutuhan Perangkat Lunak

Dalam proses pengembangan aplikasi *Augmented Reality* ini dibutuhkan beberapa perangkat lunak sebagai berikut:

1. Unity 3D: Platform utama untuk membangun aplikasi berbasis AR
2. Vuforia SDK: Plugin AR untuk mengenali dan melacak marker dan membuat 3D
3. Visual Studio Code Menulis dan menyusun skrip dalam bahasa C#
4. Android SDK & JDK Untuk proses *build* dan *deployment* aplikasi ke Android
5. Adobe Illustrator Photoshop: Mendesain marker AR dan elemen UI

Agara aplikasi dapat digunakan dengan baik oleh siswa, pengguna membutuhkan perangkat lunak sebagai berikut:

1. Sistem Operasi Android: Menjadi platform tempat aplikasi dijalankan
2. Aplikasi APK (produk jadi): Aplikasi pembelajaran yang telah dikembangkan dan dinstal di perangkat Android

3.2.3 Kebutuhan Fungsional

Aplikasi yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki beberapa kebutuhan Fungsional sebagai berikut :

1. Aplikasi dapat mengenali marker (gambar tertentu) melalui kamera perangkat.
2. Aplikasi dapat menampilkan objek 3D organ sistem pencernaan secara responsif
3. Aplikasi menyediakan interaksi berupa tombol yang menampilkan penjelasan suara, dan teks.
4. Aplikasi menyajikan fitur *decision tree* yang memungkinkan siswa memilih jawaban atas pertanyaan dan mendapatkan *feedback* secara langsung.
5. Aplikasi menampilkan tampilan antarmuka yang mudah dipahami oleh siswa sekolah dasar.

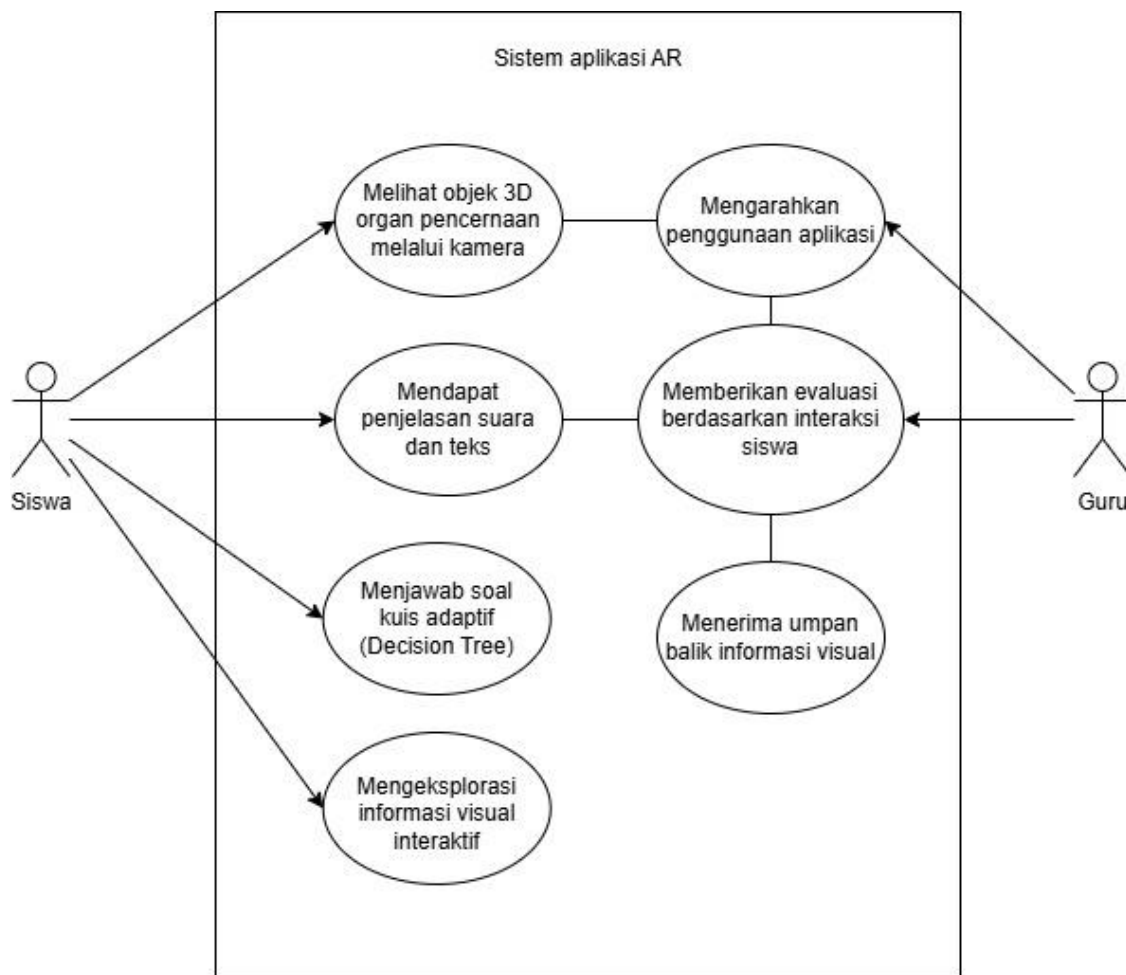
3.2.4 Kebutuhan Non-Fungsional

Aplikasi yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki beberapa kebutuhan Non-Fungsional sebagai berikut

1. Kemudahan penggunaan (*usability*): Aplikasi dirancang dengan antarmuka sederhana dan visual menarik, sehingga mudah digunakan oleh siswa SD tanpa perlu pelatihan khusus.
2. Kinerja (*performance*): Aplikasi mampu berjalan lancar tanpa lag saat memuat objek 3D atau membaca marker.
3. Portabilitas: Aplikasi dapat diinstal dan dijalankan pada berbagai tipe perangkat Android dengan spesifikasi minimal.
4. Keamanan: Tidak ada data pribadi yang disimpan atau dikirim ke internet (karena berjalan secara offline).
5. Ketahanan (*reliability*): Aplikasi tetap berjalan stabil meskipun digunakan berulang kali dalam sesi belajar.

3.2.5 Diagram Use-Case

Use-Case Diagram ini membantu dan menyusun untuk menggambarkan bagaimana pengguna (siswa dan guru) akan berinteraksi dengan aplikasi. *use case diagram*, kita bisa lebih jelas memetakan setiap fitur atau fungsi aplikasi yang dapat diakses oleh aktor (pengguna) dan bagaimana mereka berinteraksi dengan sistem. Hal ini berguna untuk memastikan bahwa aplikasi dapat memenuhi tujuan pembelajaran dan memberikan pengalaman yang optimal bagi siswa.



Gambar 3.2 Use-Case Diagram

3.3 Desain Sistem

Desain sistem untuk aplikasi *Augmented Reality* (AR) yang dikembangkan bertujuan untuk menyediakan pengalaman belajar yang interaktif dan menarik bagi siswa sekolah dasar dalam memahami materi sistem pencernaan manusia. Perancangan *user interface*, *Flowchart* Sistem, adalah komponen desain sistem yang memberikan gambaran tentang alur kerja dan hubungan antar komponen sistem.

3.3.1 Perancangan Use Interface

a. Halaman Utama

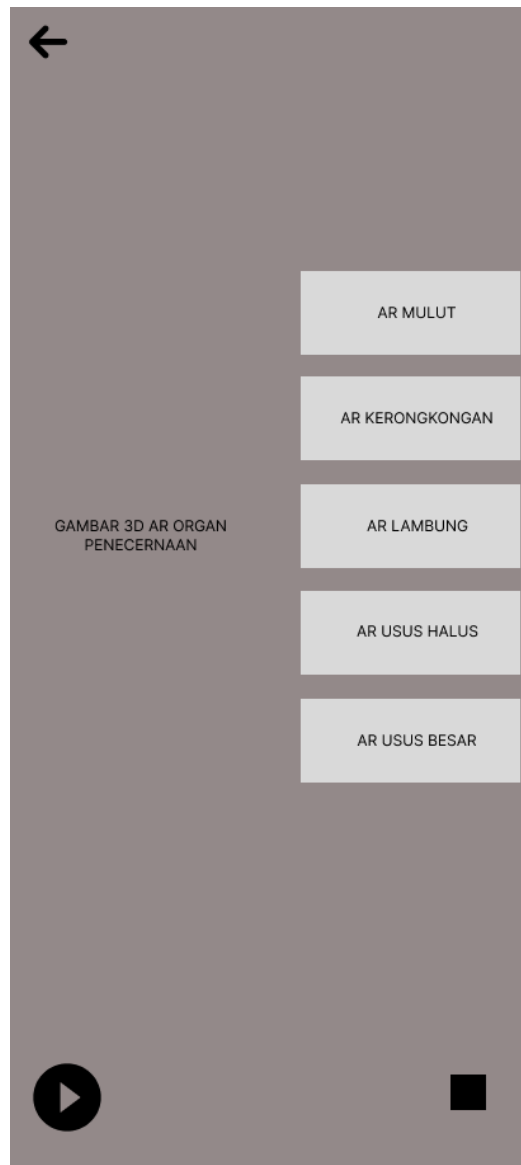
Halaman utama menampilkan 4 menu pilihan, AR Pencernaan, Petunjuk, Tentang, dan keluar.



Gambar 3.3 Tampilan Utama

b. Halaman AR Pencernaan

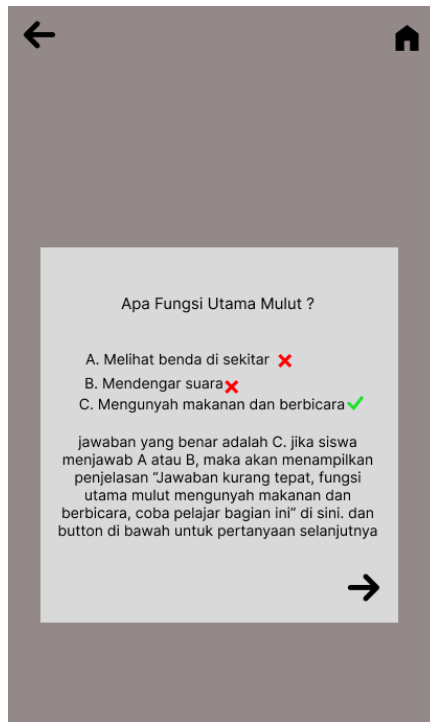
Apabila memilih menu AR Pencernaan maka akan menampilkan gambar 3D organ pencernaan, Pilihan kuis organ pencernaan “AR”, Tombol *play*, Tombol *stop*, Dan tombol Kembali.



Gambar 3.4 Tampilan AR Pencernaan

c. Halaman Kuis

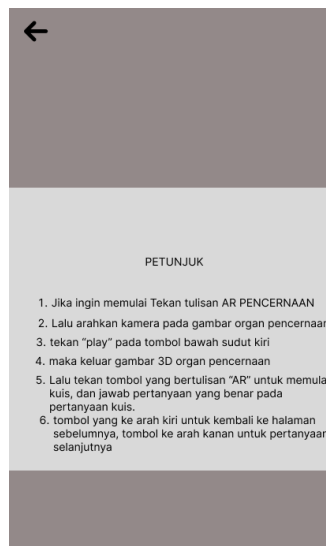
Tampilan Kuis pertanyaan dari menekan tombol yang bertuliskan “AR”, Tombol Kembali, dan Tombol pertanyaan selanjutnya.



Gambar 3.5 Tampilan Kuis

d. Halaman Petunjuk

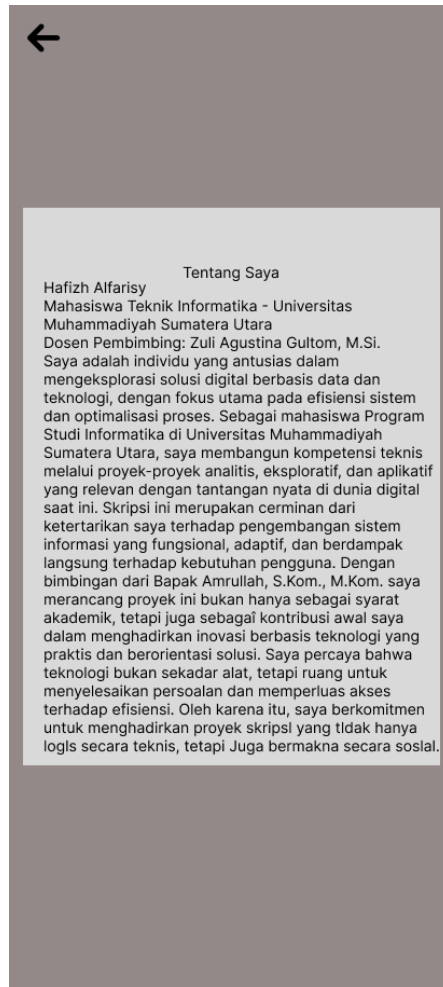
Pada halaman petunjuk menampilkan text yang bertuliskan cara memakai aplikasi AR pencernaan Sistem Pencernaan.



Gambar 3.6 Tampilan Halaman Petunjuk

e. Halaman Tentang

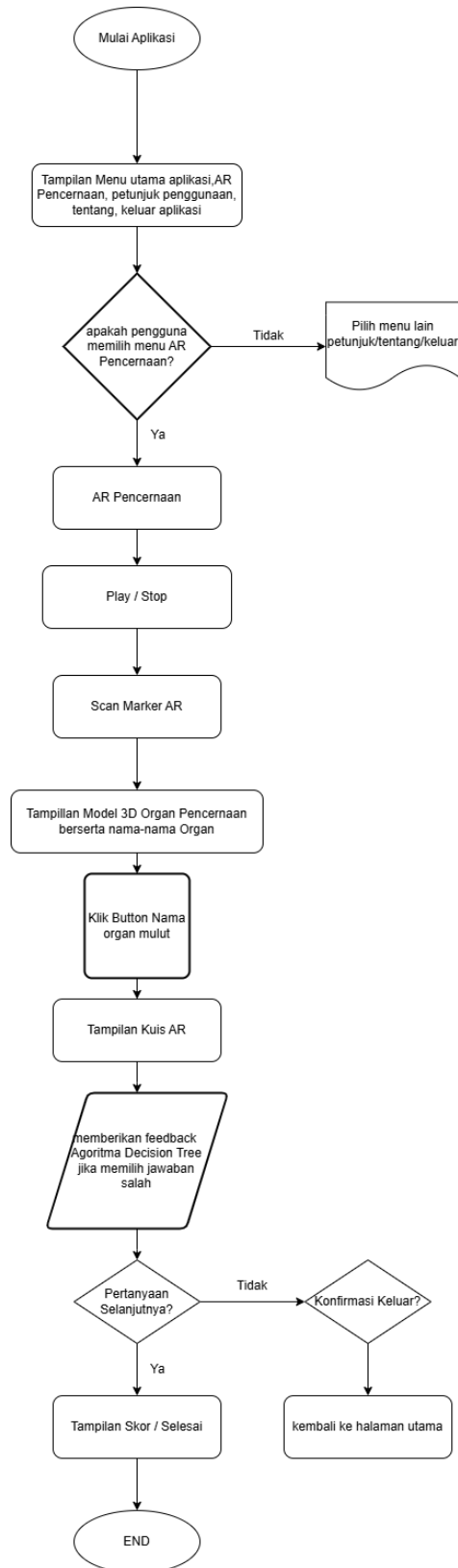
Tampilan menu tentang yaitu menggambarkan proses ketika *user* membuka tombol tentang.



Gambar 3.7 Halaman Tentang

3.3.2 Flowchart Sistem

Flowchart sistem ini menggambarkan alur proses aplikasi *Augmented Reality* Sistem pencernaan, mulai dari tampilan awal hingga interaksi di setiap fitur utama, baik dalam mode *AR Viewer* maupun *Decision Tree Quiz*. berikut tampilan gambarnya flowchart:



Gambar 3.8 *Flowchart* Sistem

Berikut adalah Langkah Langkah penjelasan dari *flowchart* sistem:

1. Proses dimulai saat pengguna membuka aplikasi *Augmented Reality* (AR) Sistem Pencernaan.
2. Aplikasi menampilkan halaman utama yang berisi empat menu utama, yaitu AR Pencernaan, Petunjuk, Tentang, Keluar.
3. Jika pengguna memilih menu "Petunjuk", sistem akan menampilkan halaman Petunjuk yang berisi teks mengenai cara menggunakan aplikasi AR Sistem Pencernaan.
4. Jika pengguna memilih menu "Tentang", sistem akan menampilkan halaman Tentang yang berisi informasi mengenai pengembang atau informasi tentang aplikasi.
5. Jika pengguna memilih menu "AR Pencernaan", sistem akan mengaktifkan kamera dan menampilkan tampilan AR *Viewer*.
6. Pada tampilan AR *Viewer*, kamera perangkat akan mendeteksi marker. Jika marker dikenali, maka aplikasi akan menampilkan objek 3D dari organ pencernaan manusia.
7. Di halaman AR *Viewer*, pengguna dapat menggunakan beberapa tombol kontrol, yaitu: Tombol "*Play*" untuk memulai animasi atau narasi dari organ yang ditampilkan, Tombol "*Stop*" untuk menghentikan animasi atau narasi, dan Tombol "*Kembali*" untuk kembali ke halaman utama.
8. Di halaman AR *Viewer*, pengguna juga dapat memilih menu Kuis untuk mengakses *Decision Tree Quiz*.
9. Sistem akan menampilkan tampilan Kuis yang berisi pertanyaan berbasis algoritma *Decision Tree*. Jika jawaban yang dipilih benar, sistem akan melanjutkan ke

pertanyaan berikutnya, Jika jawaban salah, sistem akan memberikan umpan balik (feedback) dan memungkinkan pengguna untuk mencoba lagi.

10. Di tampilan Kuis, terdapat tombol navigasi, yaitu: Tombol "Kembali" untuk kembali ke halaman *AR Viewer* dan Tombol "Pertanyaan selanjutnya" jika jawaban benar.
11. Pengguna dapat kapan saja kembali ke halaman utama dan memilih menu "Keluar" untuk menutup aplikasi.

3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi yang diperlukan dalam proses perancangan dan pengembangan aplikasi *Augmented Reality* (AR) interaktif 3D berbasis Unity-Vuforia, serta penerapan algoritma *Decision Tree* dalam materi sistem pencernaan manusia. Data yang dikumpulkan meliputi kebutuhan pengguna, referensi materi ajar, serta aspek teknis pengembangan aplikasi.

Dalam penelitian ini, acuan materi sistem pencernaan manusia diambil berdasarkan Kurikulum Merdeka 2024 untuk tingkat Sekolah Dasar (SD) kelas V. Materi diadaptasi dari buku Ilmu Pengetahuan Alam (*IPA*) untuk SD/MI Kelas V yang diterbitkan oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia, serta buku referensi pendukung lain yang relevan dengan topik pembelajaran.

3.4.1 Konsep Aplikasi Untuk Anak Sd

Konsep aplikasi yang dikembangkan dalam penelitian ini dirancang khusus untuk mendukung proses pembelajaran siswa Sekolah Dasar (SD), terutama pada materi sistem pencernaan manusia. Aplikasi ini mengintegrasikan teknologi *Augmented Reality* (AR) berbasis Unity-Vuforia dengan fitur interaktif 3D dan algoritma *Decision Tree*, agar mampu menghadirkan pengalaman belajar yang lebih menarik, mudah dipahami, dan

interaktif. Perancangan aplikasi ini mengacu pada beberapa prinsip dasar yang bertujuan agar aplikasi benar-benar sesuai dengan karakteristik dan kebutuhan belajar siswa Sekolah Dasar (SD), yaitu:

1. Sesuai dengan Tahap Perkembangan Kognitif Anak SD: Aplikasi dirancang dengan mempertimbangkan bahwa siswa SD, khususnya kelas V, berada pada tahap *operasional konkret* menurut teori perkembangan kognitif Piaget.
2. Kesesuaian dengan Kurikulum: Materi yang diangkat dalam aplikasi disesuaikan dengan Kurikulum Merdeka 2024, khususnya pada kompetensi dasar dan capaian pembelajaran untuk mata pelajaran IPA di kelas V SD. Buku acuan utama adalah Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) untuk SD/MI Kelas V, serta sumber resmi dari Kemendikbudristek.
3. *User Interface* (UI) dan *User Experience* (UX) yang Ramah Anak: Antarmuka dirancang agar sederhana, intuitif, dan menarik bagi anak. Penggunaan warna yang cerah, karakter animasi, suara narasi, dan interaksi yang mudah dipahami.
4. Interaktivitas Tinggi: Aplikasi tidak hanya menyajikan informasi secara pasif, tetapi memungkinkan siswa untuk berinteraksi dengan model 3D, memilih bagian organ, memutar tampilan, serta menjawab pertanyaan berbasis algoritma *Decision Tree*.
5. Pembelajaran Adaptif: Dengan algoritma *Decision Tree*, aplikasi dapat menyesuaikan jalur pembelajaran berdasarkan pilihan atau jawaban siswa, sehingga memberikan pengalaman belajar yang lebih personal dan adaptif.
6. Aksesibilitas: Aplikasi dirancang agar dapat dijalankan pada perangkat mobile berbasis Android dengan spesifikasi yang umum dimiliki sekolah dasar atau siswa, sehingga tidak membatasi penggunaan hanya pada perangkat kelas atas.

3.4.2 Materi Pelajaran Tentang Organ Pencernaan Manusia

Materi yang digunakan dalam pengembangan aplikasi ini berfokus pada sistem pencernaan manusia, yang merupakan bagian dari kompetensi dasar dalam mata pelajaran IPA untuk siswa Sekolah Dasar kelas V. Penyusunan materi mengacu pada Kurikulum Merdeka 2024, serta menggunakan buku *Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) untuk SD/MI Kelas V* yang diterbitkan oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia sebagai sumber utama, serta beberapa referensi pendukung lain yang terpercaya. Materi yang dikembangkan dalam aplikasi mencakup struktur organ pencernaan manusia beserta fungsinya, meliputi:

1. Mulut: Sebagai organ awal dalam proses pencernaan, tempat terjadinya pencernaan mekanis dan kimiawi pertama.
2. Kerongkongan (Esofagus): Saluran yang menghubungkan mulut dengan lambung, tempat pergerakan bolus makanan melalui gerakan peristaltik.
3. Lambung: Organ yang berfungsi mengolah makanan secara kimiawi dengan bantuan enzim dan asam lambung.
4. Usus Halus: Tempat utama penyerapan zat gizi dari makanan yang telah dicerna.
5. Usus Besar: Tempat penyerapan air dan pembentukan feses.

3.4.3 Metode Node Decision Tree

Pengumpulan data terkait penerapan metode *node Decision Tree* dalam aplikasi dilakukan melalui studi literatur, wawancara dengan guru IPA sekolah dasar, serta observasi proses pembelajaran di kelas. Data yang dikumpulkan bertujuan untuk memahami bagaimana proses berpikir siswa dalam mempelajari materi sistem pencernaan manusia, serta bagaimana skema feedback berbasis pengambilan keputusan dapat diterapkan secara efektif pada media pembelajaran berbasis *Augmented Reality*.

Dalam proses pengumpulan data, juga ditemukan bahwa penting bagi aplikasi untuk memecah materi menjadi bagian-bagian kecil yang mudah dipahami, sesuai dengan tingkat perkembangan kognitif siswa sekolah dasar. *Node-node* dalam *Decision Tree* juga dirancang berdasarkan analisis alur proses pencernaan yang diperoleh dari buku Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) untuk SD/MI Kelas V dan kurikulum yang berlaku, sehingga setiap jalur keputusan yang dilalui siswa tetap sesuai dengan struktur materi yang diajarkan di sekolah.

Dengan pendekatan ini, aplikasi dapat menyediakan pengalaman belajar yang personal dan adaptif, di mana siswa tidak hanya mengikuti alur yang sama, melainkan akan diarahkan sesuai dengan tingkat pemahaman mereka. Selain itu, data interaksi siswa pada setiap *node* dapat menjadi bahan evaluasi untuk mengukur keberhasilan pemahaman konsep yang telah diajarkan.

3.4.4 Implementasi Algoritma ID3 (Iterative Dichotomiser 3)

Untuk membangun fitur kuis adaptif dalam aplikasi *Augmented Reality* ini, digunakan pendekatan algoritma ID3 (Iterative Dichotomiser 3), yang merupakan salah satu metode paling umum dalam pembuatan *decision tree* pada data kategorikal. ID3 bekerja dengan prinsip seleksi atribut berdasarkan nilai Information Gain tertinggi untuk membentuk node pada setiap percabangan dalam pohon keputusan.

Langkah-langkah algoritma ID3 dalam penelitian ini:

1. Menentukan Dataset

Dataset dibentuk dari hasil interaksi siswa dengan soal-soal kuis, yang terdiri atas jawaban (atribut) dan label keputusan (Lanjut atau Ulangi). Contoh:

Soal 1 = Benar, Soal 2 = Salah, Status = Ulangi

2. Menghitung Entropi Awal (Entropy(S))

Entropi digunakan untuk mengukur ketidakpastian data pada label kelas.

$$H(S) = - \sum_i p_i \cdot \log_2 p_i$$

3. Menghitung Entropi Tiap Atribut

Entropi dihitung ulang untuk setiap atribut (contoh: Jawaban Soal 1, Soal 2) berdasarkan pembagian data.

4. Menghitung Information Gain

$$IG(S, A) = H(S) - \sum_{v \in \text{values}(A)} \frac{|S_v|}{|S|} \cdot H(S_v)$$

Atribut dengan nilai gain tertinggi akan dipilih sebagai *node* akar atau *node* berikutnya.

5. Membangun Pohon Secara Rekursif

Setelah *node* dipilih, data dibagi menjadi subset, dan proses dihitung kembali pada setiap subset hingga kondisi terminasi (entropi = 0 atau atribut habis).

6. Terminasi dan Pembuatan Daun (Leaf Node)

Jika semua data dalam subset memiliki label yang sama, maka *node* tersebut menjadi *leaf* dengan keputusan tetap.

3.4.5 Teknologi yang digunakan: Unity, Android Studio, C#, dll

Pengumpulan data mengenai teknologi yang digunakan dalam pengembangan aplikasi dilakukan untuk menentukan pilihan platform, bahasa pemrograman, dan perangkat pendukung yang paling sesuai agar aplikasi dapat berjalan optimal serta memenuhi kebutuhan pembelajaran siswa Sekolah Dasar. Tujuan utama dari pengumpulan data ini adalah untuk memastikan bahwa teknologi yang dipilih mendukung pengembangan aplikasi *Augmented Reality* berbasis Unity-Vuforia dengan

fitur interaktif 3D dan algoritma *Decision Tree*, sekaligus dapat dioperasikan dengan baik pada perangkat yang tersedia di lingkungan pendidikan dasar. Berdasarkan hasil pengumpulan data, ditetapkan sejumlah teknologi utama yang digunakan dalam pengembangan aplikasi ini, yaitu sebagai berikut:

1. Unity 3D sebagai platform utama pengembangan aplikasi. Unity menyediakan lingkungan yang fleksibel dan mendukung integrasi teknologi AR serta memungkinkan pembuatan konten 3D yang interaktif dan menarik.
2. Vuforia *Engine* sebagai framework yang memungkinkan pengenalan marker atau *image* target untuk pemicu tampilan model AR di perangkat mobile.
3. Bahasa Pemrograman C# (C Sharp) digunakan dalam Unity untuk mengembangkan logika aplikasi, interaksi pengguna, serta penerapan algoritma *Decision Tree*.
4. Android Studio digunakan sebagai lingkungan pengembangan tambahan untuk proses build, pengujian, dan optimasi aplikasi pada perangkat Android.
5. Blender digunakan untuk pembuatan dan pengolahan model 3D organ pencernaan manusia yang akan ditampilkan dalam aplikasi.
6. Adobe Photoshop atau perangkat lunak grafis sejenis digunakan untuk pembuatan elemen visual pendukung, seperti ikon, latar belakang, dan teks informasi.

3.5 Metode Pengujian Blackbox (Testing)

Dalam pengembangan aplikasi Augmented Reality berbasis Unity-Vuforia dengan fitur interaktif 3D menggunakan algoritma *Decision Tree* pada materi sistem pencernaan manusia untuk siswa sekolah dasar, tahap pengujian aplikasi menjadi bagian penting untuk memastikan bahwa seluruh fitur yang dikembangkan dapat berjalan dengan baik, sesuai dengan kebutuhan pengguna. Metode pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *black-box testing*. Metode ini dipilih karena fokus utamanya adalah

pada pengujian fungsi dan keluaran aplikasi, tanpa melihat struktur internal kode atau algoritma yang digunakan.

3.5.1 Metode Pengujian

Pengujian pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *metode Black-Box Testing* yang difokuskan pada pengujian fungsi-fungsi yang ada, Proses pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini mencakup:

1. Fitur *Augmented Reality* (AR)
2. Interaksi 3D
3. Fitur *Decision Tree* (Kuis Interaktif)
4. Navigasi Menu dan Antar Muka
5. Kompatibilitas dan Performa Aplikasi
6. Stabilitas Aplikasi

3.5.2 Parameter Sukses Pengujian

Parameter keberhasilan (success criteria) pada pengujian ini ditentukan berdasarkan beberapa indikator berikut:

1. Keberhasilan Fungsional
 - a. Kemampuan aplikasi mengenali *marker* AR.
 - b. Kemunculan dan tampilan model 3D organ pencernaan.
 - c. Interaksi pengguna dengan model 3D (rotasi, zoom, seleksi organ).
 - d. Kinerja algoritma *Decision Tree* dalam fitur kuis dan jalur pembelajaran adaptif.
 - e. Navigasi menu berjalan lancar tanpa error.

- f. Jika semua fungsi tersebut dapat dijalankan sesuai dengan skenario pengujian, maka parameter keberhasilan fungsional dianggap tercapai.
2. Stabilitas Aplikasi
 - a. Aplikasi dapat dijalankan tanpa terjadi *crash* atau *force close*.
 - b. Game berjalan lancar tanpa lag pada perangkat Android dengan spesifikasi minimal RAM 2 GB.
3. Usability (Kemudahan Penggunaan)
 - a. Tampilan antarmuka (*user interface*) intuitif dan sesuai dengan usia pengguna.
 - b. Penggunaan bahasa yang sederhana dan mudah dipahami.
 - c. Tombol navigasi dan menu jelas serta mudah diakses.
 - d. Interaksi dengan model 3D dan fitur kuis dapat dilakukan tanpa bimbingan khusus.
 - e. Apabila siswa SD dapat menjalankan aplikasi dengan lancar setelah instruksi singkat, maka aspek usability dinyatakan tercapai.
4. Tingkat Kepuasan Pengguna:
 - a. Berdasarkan hasil kuesioner yang diberikan kepada responden, minimal 80% responden menyatakan bahwa game membantu mereka dalam mengenal ibu kota negara dan membuat proses belajar menjadi menyenangkan.

3.5.3 Responden Pengujian

Responden yang dilibatkan dalam pengujian ini adalah siswa Sekolah Dasar (SD) kelas V hingga kelas VI, yang merupakan target pengguna utama dari aplikasi edukasi berbasis *Augmented Reality* (AR) dengan fitur interaktif 3D dan algoritma *Decision Tree* pada materi sistem pencernaan manusia.

1. Kriteria Responden:

- a. Siswa SD kelas V dan VI yang sudah mendapatkan atau sedang mempelajari materi sistem pencernaan manusia.
 - b. Siswa yang terbiasa menggunakan perangkat Android (smartphone atau tablet) sebagai media belajar atau hiburan.
 - c. Siswa yang bersedia mengikuti proses pengujian aplikasi serta memberikan umpan balik melalui kuesioner atau diskusi.
2. Jumlah responden:
- a. Jumlah responden yang dilibatkan dalam pengujian disesuaikan dengan kapasitas kelas dan ketersediaan perangkat, dengan rentang antara 10 hingga 20 siswa.
3. Peran responden:
- a. Siswa berperan sebagai pengguna utama yang akan mengoperasikan aplikasi secara langsung. Siswa akan menguji seluruh fitur aplikasi, memberikan respon terhadap kuis interaktif, dan berinteraksi dengan model 3D. Setelah itu, siswa diharapkan mengisi kuesioner untuk mengevaluasi kemudahan penggunaan, keseruan aplikasi, dan seberapa besar aplikasi membantu dalam memahami materi.
 - b. Guru berperan sebagai evaluator yang mengamati jalannya pengujian, memberikan penilaian tentang kualitas materi dan manfaat aplikasi dalam proses belajar mengajar, serta memberikan masukan untuk pengembangan aplikasi ke depannya.

3.5.4 Tabel Skenario Pengujian Black-Box

Tabel 3.1 Tabel pengujian Black-Box

No.	Fitur yang Diuji	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Status
1	Pengenalan Marker AR	Kamera diarahkan ke marker gambar yang sesuai	Aplikasi dapat mengenali marker dan menampilkan model 3D organ pencernaan	Belum Diuji
2	Tampilan Model 3D Organ Pencernaan	Model 3D organ pencernaan muncul setelah marker dikenali	Model 3D organ pencernaan ditampilkan dengan baik, proporsional, dan sesuai posisi marker	Belum Diuji
3	Interaksi 3D (rotasi, zoom, seleksi organ)	Pengguna dapat memutar (rotate), memperbesar (zoom), dan memilih bagian organ tertentu	Model 3D dapat dirotasi, dizoom, dan organ dapat dipilih dengan responsif	Belum Diuji
4	Fitur Decision Tree (kuis interaktif)	Pengguna menjawab pertanyaan pada kuis berbasis decision tree	Aplikasi memberikan umpan balik (feedback) sesuai jawaban, dan menyesuaikan soal berikutnya	Belum Diuji
5	Navigasi Menu	Navigasi antar halaman menu utama, AR, Petunjuk, Tentang, Keluar	Semua menu dapat diakses dengan lancar tanpa error	Belum Diuji
6	Kompatibilitas Perangkat Android	Aplikasi dijalankan pada perangkat Android dengan RAM minimal 2GB	Aplikasi berjalan lancar tanpa crash atau lag	Belum Diuji
7	Stabilitas Aplikasi	Aplikasi digunakan dalam sesi belajar selama 30 menit atau	Aplikasi tetap berjalan stabil tanpa force close atau freeze	Belum Diuji

		lebih		
8	Usability (Kemudahan Penggunaan)	Siswa SD menggunakan aplikasi dengan panduan singkat	Siswa dapat menggunakan aplikasi dengan antarmuka yang mudah dipahami, tombol yang jelas, bahasa yang sederhana	Belum Diuji
9	Kinerja Algoritma Decision Tree	Penggunaan fitur kuis adaptif selama interaksi	Jalur soal berubah sesuai jawaban siswa sebelumnya, sistem adaptif bekerja sesuai logika decision tree	Belum Diuji
10	Kualitas Tampilan Visual dan Audio	Visual model 3D dan audio narasi muncul saat diaktifkan	Visual dan audio tampil dengan kualitas yang jelas, tidak ada gangguan visual/audio	Belum Diuji

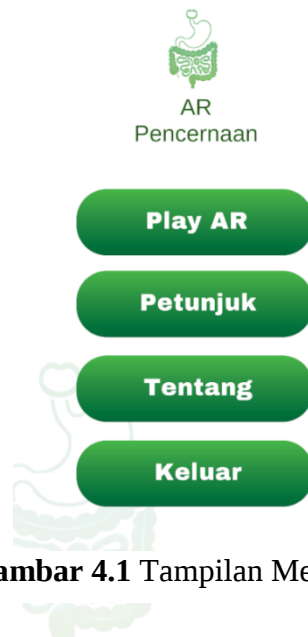
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

1. Tampilan Menu Utama

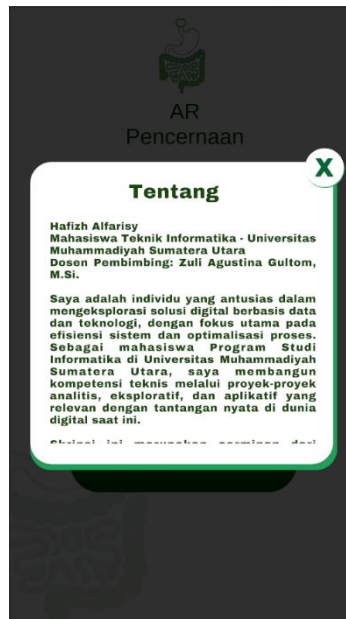
Terdapat logo berbentuk ilustrasi organ pencernaan yang merepresentasikan tema aplikasi. Di bawah logo, tercantum judul aplikasi “AR Pencernaan” sebagai identitas utama.



Gambar 4.1 Tampilan Menu Utama

2. Tampilan Tentang

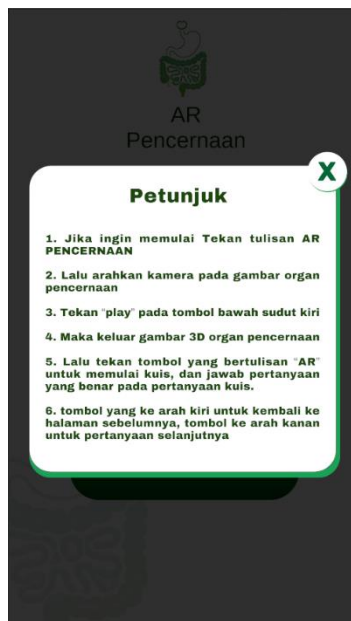
Menampilkan informasi mengenai latar belakang, tujuan, serta pengembang aplikasi.



Gambar 4.2 Tampilan Tentang

3. Tampilan Petunjuk

Menampilkan informasi mengenai latar belakang, tujuan, serta pengembang aplikasi.



Gambar 4.3 Tampilan Petunjuk

4. Tampilan AR dan Nama-Nama organ

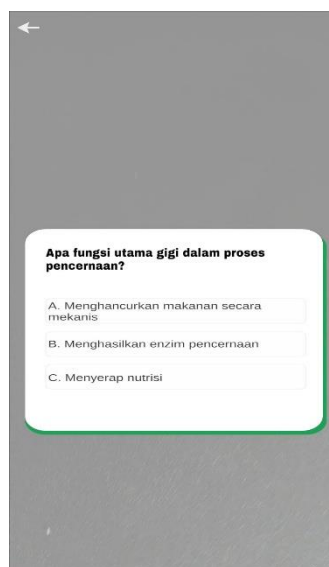
Saat menekan tombol Play AR pada tampilan menu utama, akan menampilkan gambar seperti di bawah ini. arahkan kamera ke barcode dan akan menampilkan organ pencernaan manusia beserta nama nama organ.



Gambar 4. 4 Tampilan AR dan Nama-Nama Organ

5. Tampilan pertanyaan pilihan ganda

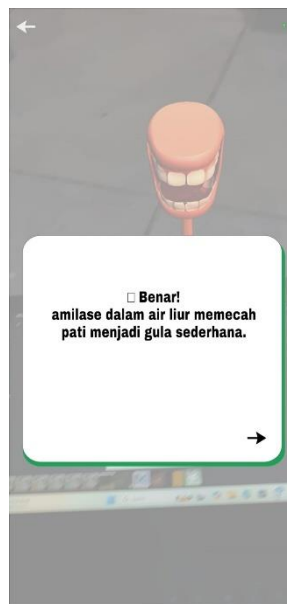
setelah memilih salah satu nama organ seperti mulut akan menampilkan pertanyaan pilihan ganda seperti gambar di bawah



Gambar 4. 5 pertanyaan pilihan ganda

6. Tampilan hasil jawaban yang benar

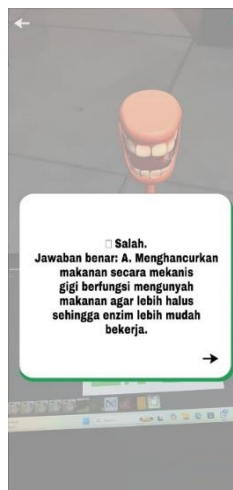
jika menjawab pertanyaan yang benar maka pohon decision tree akan menampilkan penjelasan dan menggiring ke arah pertanyaan selanjutnya



Gambar 4. 6 Tampilan hasil jawaban yang benar

7. Tampilan hasil yang salah

Jika memilih jawaban yang salah maka decision tree akan memberikan feed back seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 4. 7 Tampilan hasil yang salah

4.2 Pembahasan

Pembahasan meliputi kebutuhan perangkat, hasil yang digunakan dan pengujian pada penelitian ini :

1. Perangkat Pengembang (Developer):
 - a. Prosesor: Intel Core i5 generasi ke-8 atau setara.
 - b. RAM: Minimal 8 GB (disarankan 16 GB untuk rendering 3D lebih cepat).
 - c. Penyimpanan: SSD 256 GB atau lebih.
 - d. GPU: NVIDIA GeForce GTX 1050 Ti atau setara (untuk mendukung render model 3D).
 - e. Sistem Operasi: Windows 10/11 atau macOS terbaru.
2. Perangkat Pengguna (End-User):
 - a. Smartphone/Tablet Android.
 - b. Sistem Operasi Android minimal versi 8.0 (Oreo) atau lebih tinggi.
 - c. RAM minimal 2 GB (disarankan 4 GB).
 - d. Kamera belakang minimal 5 MP untuk mendeteksi marker AR.
 - e. Penyimpanan internal minimal tersedia 200 MB untuk instalasi aplikasi.
 - f. Layar sentuh (touchscreen).

4.3 Cara Perhitungan Persentase Keberhasilan Sistem

1. Jenis Pertanyaan

Jenis pertanyaan pada game ini berupa Pilihan Ganda a,b,c Jawaban berupa pengetahuan (ada jawaban benar dan jawaban salah).

2. Cara Menghitung

total uji coba siswa ada 20 siswa dengan 7 pertanyaan sesuai dengan 7 organ pencernaan manusia, cara menghitungnya:

- Jumlah responden 20 siswa dan Jumlah pertanyaan 7 soal. Maka total item jawaban $20 \times 7 = 140$ jawaban
- setiap jawaban dievaluasi Jika Benar $\rightarrow$ 1 poin, Jika Salah $\rightarrow$ 0 poin

Total Skor Aktual = jumlah semua jawaban benar, Skor Maksimal = 105 (kalau semua siswa jawab benar)

3. Rumus Smart Mathematic untuk Pilihan Ganda

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Jumlah jawaban benar}}{\text{Jumlah seluruh item}} \times 100\%$$

4. Tabel Dataset 20 Mahasiswa $\times$ 7 Pertanyaan

Tabel 4. 1 Tabel Dataset 20 Mahasiswa $\times$ 7 Pertanyaan

Mahasiswa	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Jumlah Benar	Status
M1	B	B	B	B	B	B	B	7	Paham
M2	B	B	S	B	B	B	B	6	Paham
M3	B	S	B	B	B	S	B	5	Paham
M4	S	S	B	S	B	B	B	4	Belum Paham
M5	B	B	B	B	S	B	B	6	Paham
M6	B	B	B	B	B	S	B	6	Paham
M7	S	B	B	B	B	B	B	6	Paham
M8	B	S	S	S	B	B	S	3	Belum Paham
M9	B	B	B	B	B	B	S	6	Paham
M10	B	B	S	B	B	B	B	6	Paham

M11	S	S	S	S	S	S	S	0	Belum Paham
M12	B	B	S	B	S	B	B	5	Paham
M13	B	B	B	S	B	B	B	6	Paham
M14	B	S	S	S	B	B	S	3	Belum Paham
M15	B	B	B	B	B	B	B	7	Paham
M16	S	B	S	B	S	B	S	3	Belum Paham
M17	B	B	B	B	S	B	B	6	Paham
M18	B	S	B	B	B	B	B	6	Paham
M19	B	B	S	B	B	S	B	5	Paham
M20	B	B	B	B	B	B	B	7	Paham

Jawaban Siswa di tandai dengan B (Benar) atau S (Salah), lalu dihitung jumlah benar nya dan diberi status : Paham → jika jumlah benar ≥ 5 , Belum Paham → jika jumlah benar < 5

kepanjangan dari “Q” adalah *Question* (pertanyaan) pertanyaan 1 dan seterusnya sampai pertanyaan ke 7

5. Rekapitulasi

Jumlah Mahasiswa yang Paham = 15 orang, Jumlah Mahasiswa yang Belum Paham = 5 orang, Total jawaban yang benar = 112, Total jawaban yang salah = 28, Total item jawaban = 140. lalu gunakan rumus untuk menghitung presentase nya dengan rumus Smart Mathematic

$$Persentase\ Paham = \frac{112}{140} \times 100\% = 80\%$$

hasil dari rumus di atas, Tingkat pemahaman siswa sd pada materi sistem pencernaan ada 80%(hasil baik)

4.4 Decision Tree

Pada penelitian ini metode yang digunakan *Decision Tree*, Di game AR 3D *Decision Tree* bekerja sebagai logika untuk membantu aplikasi mengambil keputusan berdasarkan pilihan atau jawaban pemain. cara kerjanya di game ini adalah

1. Input dari pemain

Jika pemain memilih organ seperti Lambung, lalu muncul pertanyaan

“Apa fungsi Utama lambung?”

a. Mencerna Protein

b. mengedarkan oksigen

c. menyaring darah

2. *Decision Tree* memproses jawaban

Kalau pilih a → benar, maka pohon decision tree akan membawa ke pertanyaan selanjutnya. Kalau pilih b atau c → salah, decision tree akan mengarahkan ke feedback (misalnya: “menampilkan penjelasan singkat tentang fungsi lambung”).

3. Hasil

Hasil dari *Decision Tree* pada peneltian ini berupa point skor pemain dan menentukan jalur pertanyaan berikutnya.

4.5 Testing Pengguna

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa baik aplikasi yang telah dikembangkan dapat digunakan secara langsung oleh pengguna. Pada tahap ini, aplikasi diuji pada sekelompok pengguna di luar tim pengembang untuk mengumpulkan umpan balik tentang fitur, tampilan, dan kemudahan penggunaan. berikut list nama pengguna Siswa SD

Tabel 4.2 Testing Pengguna

No	Nama Lengkap	Kelas	Jenis Kelamin
1	Adibah Naura Azzahra	VI SD	Perempuan
2	Aulia Izzatunnisa	VI SD	Perempuan
3	Carissa Bilqis Lubis	VI SD	Perempuan
4	Dinda Fadillah Lestari	VI SD	Perempuan
5	Frans Kenzo Sibarani	VI SD	Laki-Laki
6	Hanif Firzan Sabani	VI SD	Laki-Laki
7	Jihan Lathifah	VI SD	Perempuan
8	M. Abidzar	VI SD	Laki-Laki
9	M. Sandy Syahputra	VI SD	Laki-Laki
10	Nadine Rafanda	VI SD	Perempuan
11	Nur Alya Janna	VI SD	
12	Raisa Rivie Annabel Shimony L. Tobing	VI SD	Perempuan
13	Reyfan Hasbi Berutu	VI SD	Laki-Laki
14	Tengku Atalla Syauqi	VI SD	Laki-Laki
15	Yunika Affiqah Hutabarat	VI SD	Perempuan
16	Zefanya Michel Siahaan	VI SD	Perempuan
17	Muhammad Luthfi Ramadhan	VI SD	Laki-Laki
18	Marsha Hutajulu	VI SD	Laki-Laki
19	Marsya Chaelyn Simatupang	VI SD	Perempuan
20	Melanie Kanzza Aqila Br. Sibarani	VI SD	Perempuan

1. Apakah fungsi dapat berjalan dengan baik?

Tabel 4. 3 Pertanyaan 1

Kategori Jawaban	Frekuensi Jawaban	Jumlah Sampel	Persentase (%)
Sangat Baik	6	20	30%
baik	11	20	55%
Cukup baik	3	20	15%
Tidak baik	0	20	0 %

Berdasarkan tabel pengujian 4.3 diatas memiliki persentase sangat baik 30%, Baik 55%, cukup baik 15%, dan tidak baik 0 %

2. Apakah anda puas dengan aplikasi ini?

Tabel 4.4 Pertanyaan 2

Kategori Jawaban	Frekuensi Jawaban	Jumlah Sampel	Persentase (%)
Sangat Puas	9	20	45%
Puas	5	20	25%
Cukup Puas	6	20	30%
Tidak puas	0	20	0 %

Berdasarkan tabel pengujian 4.3 diatas memiliki persentase sangat puas 45%, puas 25%, cukup puas 30%, dan tidak puas 0 %

3. Apakah aplikasi AR ini mudah digunakan?

Tabel 4.5 Pertanyaan 3

Kategori Jawaban	Frekuensi Jawaban	Jumlah Sampel	Persentase (%)
Sangat mudah	5	20	25%
Mudah	6	20	30%
Cukup Mudah	9	20	45%
Tidak Mudah	0	20	0 %

Berdasarkan tabel pengujian 4.3 diatas memiliki persentase sangat mudah 25%, mudah 30%, cukup mudah 45%, dan tidak mudah 0 %

4. Apakah informasi yang ditampilkan dengan AR mudah dipahami?

Tabel 4.6 Pertanyaan 4

Kategori Jawaban	Frekuensi Jawaban	Jumlah Sampel	Persentase (%)
Sangat Mudah	5	20	25%
Mudah	12	20	60%
Cukup mudah	3	20	15%
Tidak mudah	0	8	0 %

Berdasarkan tabel pengujian 4.3 diatas memiliki persentase sangat mudah 25%, Mudah 60%, cukup mudah 15%, dan tidak mudah 0 %

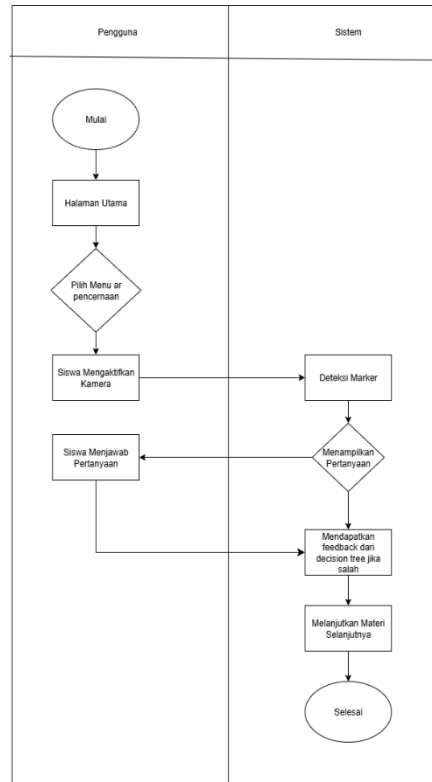
5. Apakah Anda merasa lebih tertarik belajar dengan bantuan AR dibandingkan media pembelajaran biasa?

Tabel 4.7 Pertanyaan 5

Kategori Jawaban	Frekuensi Jawaban	Jumlah Sampel	Persentase (%)
Sangat Setuju	6	20	30%
Setuju	11	20	55%
Cukup Setuju	3	20	15%
Tidak Setuju	0	8	0 %

Berdasarkan tabel pengujian 4.3 diatas memiliki persentase sangat setuju 30%, setuju 55%, cukup setuju 15%, dan tidak setuju 0 %

4.6 Activity Diagram



Gambar 4.8 Activity Diagram

Activity diagram yang ditampilkan menggambarkan alur interaksi antara pengguna dengan sistem dalam aplikasi edukasi berbasis Augmented Reality (AR). Proses dimulai ketika pengguna membuka aplikasi dan masuk ke halaman utama. Pada halaman utama, terdapat beberapa pilihan menu, yaitu AR pencernaan, petunjuk, dan tentang. Dari titik ini, pengguna dapat menentukan alur yang akan dijalani.

Jika pengguna memilih menu petunjuk, maka aplikasi akan menampilkan halaman petunjuk yang berisi informasi mengenai cara penggunaan aplikasi. Selanjutnya pengguna juga dapat mengakses halaman tentang untuk mengetahui informasi lebih lanjut mengenai aplikasi yang sedang digunakan. Setelah melalui tahapan tersebut, aktivitas berakhir dengan kondisi selesai.

Berbeda halnya jika pengguna memilih menu AR pencernaan. Sistem secara otomatis akan mengaktifkan kamera perangkat untuk melakukan proses pendeteksian marker. Setelah kamera aktif, sistem akan berusaha mendeteksi marker yang diarahkan oleh pengguna. Ketika marker berhasil dikenali, sistem akan menampilkan pertanyaan yang sesuai dengan materi yang terkandung dalam marker tersebut. Pengguna kemudian memberikan jawaban atas pertanyaan yang muncul, dan sistem memberikan umpan balik atau feedback sesuai dengan jawaban yang diberikan, apakah benar atau salah. Setelah feedback ditampilkan, proses berakhir dengan kondisi selesai.

Secara keseluruhan, activity diagram ini memperlihatkan dua jalur utama interaksi pengguna dengan aplikasi. Jalur pertama lebih sederhana karena hanya menampilkan informasi berupa petunjuk dan tentang aplikasi. Jalur kedua melibatkan pemanfaatan teknologi AR melalui kamera yang digunakan untuk mendeteksi marker, menampilkan pertanyaan, dan memberikan feedback. Dengan pembagian swimlane, diagram ini juga memperjelas peran pengguna yang lebih berfokus pada pemilihan menu serta interaksi, sedangkan sistem bertanggung jawab dalam menjalankan fungsi teknis seperti aktivasi kamera, deteksi marker, penampilan pertanyaan, hingga pemberian feedback.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berikut ini adalah beberapa hasil dari perancangan dan implementasi yang telah dilakukan

4. Penelitian berhasil mengembangkan aplikasi AR berbasis Unity-Vuforia dengan fitur visualisasi 3D organ pencernaan manusia yang dilengkapi animasi dan narasi penjelasan.
5. Implementasi algoritma Decision Tree pada fitur kuis adaptif berjalan dengan baik, mampu memberikan jalur soal berbeda sesuai jawaban siswa, sehingga meningkatkan efektivitas evaluasi.
6. Hasil pengujian black-box menunjukkan semua fitur berjalan sesuai rencana tanpa error, dan aplikasi stabil digunakan pada perangkat Android dengan spesifikasi minimal.
7. Uji coba kepada siswa menunjukkan respon positif, di mana mayoritas siswa merasa terbantu memahami materi, lebih termotivasi belajar, dan menganggap aplikasi ini menyenangkan.
8. Aplikasi ini layak digunakan sebagai media pembelajaran tambahan untuk mendukung guru dalam mengajarkan materi sistem pencernaan di sekolah dasar.

5.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut, penulis memberikan beberapa saran:

1. Pengembangan Materi

Aplikasi dapat diperluas ke materi IPA lain, seperti sistem pernapasan, peredaran darah, atau rangka manusia.

2. Fitur Gamifikasi

Penambahan skor, level, dan penghargaan (badge) akan membuat aplikasi lebih menarik.

3. Teknologi Markerless

Penggunaan AR markerless dapat meningkatkan fleksibilitas aplikasi tanpa bergantung pada gambar tertentu.

4. Skala Pengujian

Pengujian aplikasi sebaiknya melibatkan responden dalam jumlah lebih besar dan dari sekolah berbeda, agar hasil lebih representatif.

5. Integrasi dengan Kurikulum Digital

Aplikasi dapat diintegrasikan dengan platform e-learning sekolah sehingga penggunaannya lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Afnan, Muhammad, K., Khan, N., Lee, M. Y., Imran, A. S., & Sajjad, M. (2021). School of the future: A comprehensive study on the effectiveness of augmented reality as a tool for primary school children's education. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/app11115277>
- Agus Rofi'i. (2023). Implementasi Media Pembelajaran Augmented Reality (AR) dalam. *Jurnal Elementaria Edukasia*, 6(1), 344–350. <https://doi.org/10.31949/jee.v6i1.4754>
- Asia Bataineh. (2025). *2025 1st International Conference on Computational Intelligence Approaches and Applications*. IEEE.
- Azzahra, F., & Ayu Kristiana Dewi, N. (2024). Analysis of the Effectiveness of Using Augmented Reality (AR) on Science Learning in Elementary Schools: A Systematic Literature Review. *Journal of Psychology and Instruction*, 8(3), 141–149. <https://doi.org/10.23887/jpai.v8i3.79804>
- Baharuddin, N. B., Rosli, H., & Juhan, Mohd. S. (2020). Constructivism Learning Environment by Using Augmented Reality in Art History Course. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 10(8). <https://doi.org/10.6007/ijarbss/v10-i8/7497>
- Branch, R. M. (2010). Instructional design: The ADDIE approach. In *Instructional Design: The ADDIE Approach*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6>
- Desierto, A. J. R. (2020). GoonAR: A Bilingual Children Storybook through Augmented Reality Technology Using Unity with Vuforia Framework. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and*

Engineering,9(3),3681–3686.

<https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/180932020>

Fitria, Y., Iswari, L., Amini, R., Kristiawan, M., & Kiswanto, A. (2022). A R T I C L E I N F O Interactive Multimedia on Learning Achievement of the Digestive System in Elementary School. *International Journal of Elementary Education*, 6(3), 542–550.

<https://doi.org/10.23887/ijee.v6i4.53357>

Gligorea, I., Cioca, M., Oancea, R., Gorski, A. T., Gorski, H., & Tudorache, P. (2023). Adaptive Learning Using Artificial Intelligence in e-Learning: A Literature Review. In *Education Sciences* (Vol. 13, Issue 12). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).

<https://doi.org/10.3390/educsci13121216>

Indria Permana, T., Husamah, H., Irfan Nurhamdani, M., Zaskia, A., Savitri, A., & Aulia Salsabila, D. (2024). *Augmented reality in biology education: A systematic literature review*. <https://doi.org/10.22219/raden.v4i1.3>

Ismail, I., Iksan, N., Subramaniam, S. K., Abdulbaqie, A. S., Pillai, S. K., & Panessai, I. Y. (2021). Usefulness of Augmented Reality as a Tool to Support Online Learning. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer Dan Informatika*, 7(2), 277. <https://doi.org/10.26555/jiteki.v7i2.21133>

Liu, J., Loh, L., Ng, E., Chen, Y., Wood, K. L., & Lim, K. H. (2020). Self-evolving adaptive learning for personalized education. *Proceedings of the ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work, CSCW*, 317–321. <https://doi.org/10.1145/3406865.3418326>

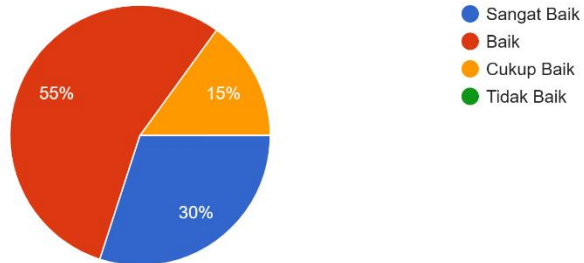
- Mahardhika, G. P., Kurniawardhani, A., & Nugroho, R. W. (2023). Augmented reality-based serious game using ADDIE model to support reading activity. *AIP Conference Proceedings*, 2508. <https://doi.org/10.1063/5.0118607>
- Muhammad Ridwan Alfarisi Hizbillah. (2022). *RANCANG BANGUN AUGMENTED REALITY SISTEM PENCERNAAN MANUSIA SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN JENJANG SEKOLAH DASAR*.
- Nazar, M., Zulfadli, Rahmatillah, Puspita, K., Setiawaty, S., & Sulastri. (2024). Development of augmented reality as a learning tool to improve student ability in comprehending chemical properties of the elements. *Chemistry Teacher International*. <https://doi.org/10.1515/cti-2023-0070>
- Shiue, Y.-M., Hsu, Y.-C., Sheng, M.-H., & Lan, C.-H. (2019). Impact of an Augmented Reality System on Students' Learning Performance for a Health Education Course. *International Journal of Management, Economics and Social Sciences*, 8(3), 195–204. <https://doi.org/10.32327/IJMESS.8.3.2019.12>
- Stevi, & Haryanto. (2020). *Need Analysis of Audio-Visual Media Development to Teach Digestive System for Elementary School*.
- Syafii, W., & Gusnia Putri, D. (2021). E-Magazine Based on Augmented Reality Digestive as Digital Learning Media for Learning Interest. *Journal of Education Technology*, 5(3), 417–424. <https://doi.org/10.23887/jet.v5>
- Zhang, J., Li, G., Huang, Q., Feng, Q., & Luo, H. (2022). Augmented Reality in K–12 Education: A Systematic Review and Meta-Analysis of the Literature from 2000 to 2020. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 14, Issue 15). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su14159725>

- Zulfadli, Z., Sunaryo, B., Wiyanatra, R. H., & Sandra, R. P. (2023). The Implementation of Augmented Reality Based on Vuforia and Unity for Interactive Learning in Introducing Ragam Randang Objects. *Andalasian International Journal of Applied Science, Engineering and Technology*, 3(2), 125–132. <https://doi.org/10.25077/aijaset.v3i2.84>
- Zuo, R., Wenling, L., & Xuemei, Z. (2025). Augmented Reality and Student Motivation: A Systematic Review (2013-2024). *Journal of Computers for Science and Mathematics Learning*, 2(1), 38–52. <https://doi.org/10.70232/jcsml.v2i1.23>

LAMPIRAN

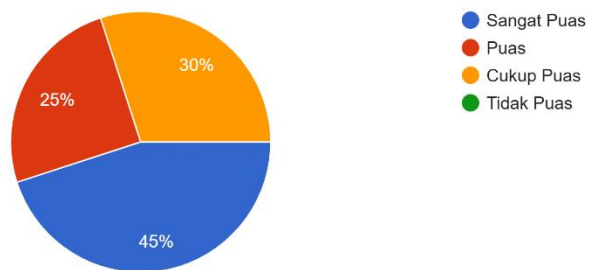
1. Apakah fungsi dapat berjalan dengan baik?

20 jawaban



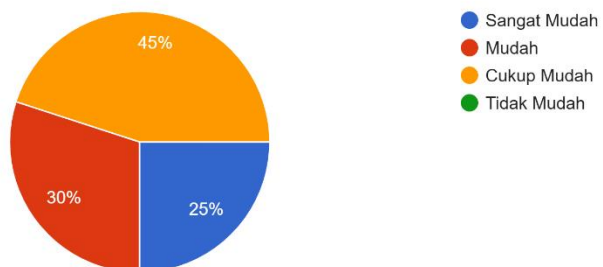
2. Apakah anda puas dengan aplikasi ini?

20 jawaban



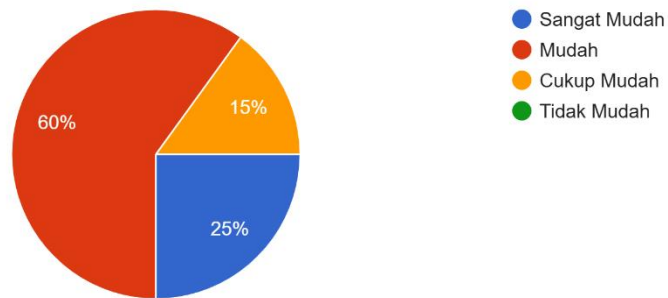
3. Apakah aplikasi AR ini mudah digunakan?

20 jawaban



4. Apakah informasi yang ditampilkan dengan AR mudah dipahami?

20 jawaban



5. Apakah Anda merasa lebih tertarik belajar dengan bantuan AR dibandingkan media pembelajaran biasa?

20 jawaban

