

**PENERAPAN ALGORITMA FISHER YATES SHUFFLE DAN FUZZY  
TSUKAMOTO DALAM PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN  
PADA MATERI SEKOLAH DASAR BERBASIS AUGMENTED REALITY  
MENGUNAKAN MODEL PENGEMBANGAN HANNAFIN & PECK**

**SKRIPSI**

**UTARI ANGGITA**

**191402002**



**PROGRAM STUDI S1 TEKNOLOGI INFORMASI  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI  
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2024**

**PENERAPAN ALGORITMA FISHER YATES SHUFFLE DAN FUZZY  
TSUKAMOTO DALAM PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN  
PADA MATERI SEKOLAH DASAR BERBASIS AUGMENTED REALITY  
MENGUNAKAN MODEL PENGEMBANGAN HANNAFIN & PECK**

**SKRIPSI**

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

**UTARI ANGGITA**

191402002



**PROGRAM STUDI S1 TEKNOLOGI INFORMASI  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI  
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA**

**MEDAN**

**2024**

**PERSETUJUAN**

Judul : Penerapan Algoritma Fisher Yates Shuffle dan Fuzzy Tsukamoto Dalam Pengembangan Media Pembelajaran Pada Materi Sekolah Dasar Berbasis Augmented Reality Menggunakan Model Pengembangan Hannafin & Peck

Kategori : Skripsi

Nama Mahasiswa : Utari Anggita

Nomor Induk Mahasiswa : 191402002

Program Studi : Sarjana (S1) Teknologi Informasi

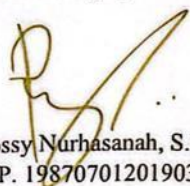
Fakultas : Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi

Universitas Sumatera Utara

Medan, 14 Juni 2024

Komisi Pembimbing :

Pembimbing 2,



Rossy Nurhasanah, S.Kom., M.Kom  
NIP. 198707012019032016

Pembimbing 1,



Ulfi Andayani, S.Kom., M.Kom  
NIP. 198604192015042004

Diketahui/disetujui oleh  
Program Studi S1 Teknologi Informasi  
Ketua,



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



**PERNYATAAN**

**PENERAPAN ALGORITMA FISHER YATES SHUFFLE DAN FUZZY  
TSUKAMOTO DALAM PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN PADA  
MATERI SEKOLAH DASAR BERBASIS AUGMENTED REALITY  
MENGUNAKAN MODEL PENGEMBANGAN HANNAFIN & PECK**

**SKRIPSI**

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

Medan, 14 Juni 2024



Utari Anggita

191402002

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis bersyukur kepada Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, yang senantiasa memberkahi, memberi rezeki, memberi Rahmat dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk dapat lulus dan meraih gelar Sarjana Komputer dalam Program Studi S1 Teknologi Informasi di bawah Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Sumatera Utara.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua orang yang selalu memberikan bantuan, mendoakan serta selalu mendukung penulis selama proses penyelesaian skripsi ini. Penulis secara tulus mengakui bahwa pencapaian ini tidak akan tercapai tanpa dukungan dan bantuan dari semua orang ataupun pihak yang terlibat, yaitu:

1. Penulis bersyukur kepada Allah SWT, karena dengan izin dan berkat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Keluarga penulis Bapak Sugiono, S.Pd. dan Ibu Siti Asni, S.Pd yang selalu mendoakan dan mendukung penulis tanpa menuntut serta memberatkan penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Maya Silvi Lydia B.Sc., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Sumatera Utara.
4. Bapak Dedy Arisandy S.T., M.Kom. selaku Ketua Program Studi S1 Teknologi Informasi Universitas Sumatera Utara.
5. Ibu Ulfi Andayani, S.Kom., M.Kom. selaku Dosen Pembimbing I yang selalu membimbing, memotivasi serta mendukung penulis.
6. Ibu Rossy Nurhasanah, S.Kom., M.Kom. selaku Dosen Pembimbing II yang selalu membimbing, memotivasi serta mendukung penulis.
7. Saudara penulis, Bang Bagus Wicaksono, Kak Ayu Rahmadani dan Kak Gita Anisa Utami yang selalu mendukung serta memberikan doa kepada penulis.

8. Sahabat penulis Wini Ambar Sari yang selalu menemani, mendukung dan mendoakan penulis.
9. Teman-teman dekat penulis di masa perkuliahan yaitu Dini Mustika, Nada Salsabila, Naufal Baginda, Alya Syafitri, Adela Nopriana dan Dwiki Affandi yang selalu menemani penulis selama masa perkuliahan.
10. Teman-teman SMA penulis yaitu Ade Irma, Anjana, Fauzi, Fadhillah, Amel dan Aji yang selalu memberikan doa dan mendukung penulis.
11. Keluarga Besar Teknologi Informasi USU 2019 yang telah menjalani masa perkuliahan ini bersama dengan penulis.
12. Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah turut serta, baik secara langsung ataupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga penulis berharap diberikan kritikan serta masukan yang bermanfaat demi perbaikan penyusunan skripsi dimasa depan. Penulis berharap agar skripsi ini dapat memberikan manfaat positif bagi pembaca serta berkontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan bagi masyarakat.

Medan, 14 Juni 2024



Penulis

## ABSTRAK

Pengenalan sifat-sifat cahaya merupakan salah satu topik yang diajarkan kepada peserta didik pada tingkat IV SD. Namun, karena media pembelajaran yang digunakan masih konvensional, peserta didik masih kesulitan memahami materi tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan AR menjadi sebuah alternatif media dan metode belajar yang inovatif, interaktif dan menarik sehingga mampu meningkatkan semangat belajar peserta didik untuk mempelajari materi sifat - sifat cahaya. AR merupakan sebuah teknologi yang mampu memvisualisasikan objek virtual 3D menjadi bagian dari lingkungan dunia nyata secara realtime. Penelitian ini menerapkan model Hannafin and Peck dalam pengembangannya, yang melibatkan tiga tahap utama, yakni analisis, desain, dan pengembangan serta implementasi. Setiap tahap akan melibatkan evaluasi dan perbaikan. Aplikasi ini menerapkan algoritma Fisher Yates Shuffle untuk mengacak soal pada kuis, kemudian algoritma Fuzzy Tsukamoto digunakan dalam penentuan skor akhir. Hasil penelitian diketahui bahwa media pembelajaran AR materi sifat-sifat cahaya pada ahli media memperoleh nilai 88.88%, pengujian pada ahli materi memperoleh nilai 86.66%. Kemudian hasil uji coba yang dilakukan ke peserta didik dibagi menjadi empat aspek yaitu aspek Perhatian (*attention*) mendapat nilai 90.77%, aspek relevansi (*relevance*) mendapat nilai 89.44%, aspek percaya diri (*confidence*) mendapat nilai 89.22% dan Kepuasan (*satisfaction*) mendapat nilai 90.11%. Sehingga kesimpulan yang dapat diambil yaitu media belajar AR materi sifat - sifat cahaya sudah sesuai dan sangat layak untuk digunakan.

Kata Kunci: *Augmented Reality*, Sifat-sifat Cahaya, Hannafin and Peck, *Fisher Yates Shuffle*, *Fuzzy Tsukamoto*

**APPLICATION OF FISHER YATES SHUFFLE AND FUZZY TSUKAMOTO  
ALGORITHMS IN THE DEVELOPMENT OF LEARNING MEDIA ON  
AUGMENTED REALITY-BASED ELEMENTARY SCHOOL MATERIALS  
USING THE HANNAFIN & PECK DEVELOPMENT MODEL**

**ABSTRACT**

The introduction of the properties of light is one of the topics taught to students at level IV of primary school. However, because the learning media used is still conventional, students still have difficulty understanding the material. This research aims to apply AR as an alternative media and learning method that is innovative, interactive and interesting so that it can increase the enthusiasm of students to learn the material of the properties of light. AR is a technology that is able to visualize 3D virtual objects into part of the real world environment in realtime. This research applies the Hannafin and Peck model in its development, which involves three main stages, namely analysis, design, and development and implementation. Each stage will involve evaluation and improvement. This application applies the Fisher Yates Shuffle algorithm to randomize questions on the quiz, then the Fuzzy Tsukamoto algorithm is used in determining the final score. The results of the study showed that AR learning media on the properties of light material on media experts obtained a score of 88.88%, testing on material experts obtained a score of 86.66%. Then the results of the trial conducted to students are divided into four aspects, namely the attention aspect (attention) gets a value of 90.77%, the relevance aspect (relevance) gets a value of 89.44%, the confidence aspect gets a value of 89.22% and satisfaction (satisfaction) gets a value of 90.11%. So the conclusion that can be drawn is that the AR learning media material for the properties of light is appropriate and very suitable for use.

**Keywords:** Augmented Reality, Properties of Light, Hannafin and Peck, Fisher Yates Shuffle, Fuzzy Tsukamoto



## DAFTAR ISI

<b>PERSETUJUAN</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN</b>	<b>iv</b>
<b>UCAPAN TERIMAKASIH</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I</b>	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Metodologi Penelitian .....	5
1.7 Sistematika Penulisan.....	6
<b>BAB 2</b>	<b>8</b>
<b>LANDASAN TEORI</b>	<b>8</b>
2.1 Media Pembelajaran .....	8
2.2 Media Pembelajaran Interaktif .....	9
2.3 Model Pengembangan Penelitian .....	11
2.3.1 Model Pengembangan Berbasis Produk Menggunakan Hannafin and Peck	12
2.4 Komponen Multimedia .....	13
2.5 Materi Sifat – Sifat Cahaya .....	14

2.5.1	Cahaya Merambat Lurus	15
2.5.2	Cahaya Dapat Dipantulkan	15
2.5.3	Cahaya Menembus Benda Bening	16
2.5.4	Cahaya dibiaskan	16
2.5.5	Cahaya dapat diuraikan	17
2.6	Augmented Reality	17
2.7	Fisher-Yates Shuffle	19
2.8	Logika Fuzzy	20
2.8.1	Himpunan Fuzzy	21
2.8.2	Fungsi Keanggotaan	21
2.8.3	Fuzzy Tsukamoto	24
2.9	Pemodelan Objek 3D	25
2.10	Objek 3D	26
2.11	Blender	27
2.12	Unity	28
2.13	Vuforia	29
2.14	Android	31
2.15	Penelitian Terdahulu	31
<b>BAB 3</b>		<b>36</b>
<b>METODE PENELITIAN</b>		<b>36</b>
3.1	Tujuan Khusus Penelitian	36
3.2	Subjek dan Objek Penelitian	36
3.3	Metode Pengumpulan Data	37
3.3.1	Observasi	37
3.3.2	Wawancara	37
3.4	Data Terkumpul	37
3.5	Instrumen Penelitian	38
3.4.1	Instrumen untuk Ahli Media	38
3.4.2	Instrumen untuk Ahli Materi	39
3.4.3	Instrumen untuk pengguna	40
3.6	Teknik Analisis Data	40
3.7	Prosedur Pengembangan	42
3.6.1	Analisis Kebutuhan	42
3.6.2	Desain	42
3.6.3	Pengembangan/Implementasi	58

3.8	Fisher Yates Shuffle .....	58
3.9	Fuzzy Tsukamoto .....	59
3.8.1	Himpunan Fuzzy	60
3.8.2	Fuzzifikasi	60
3.8.3	Fuzzy Rules	63
3.8.4	Inferensi dan Defuzzyfikasi	64
<b>BAB 4</b>		<b>66</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		<b>66</b>
4.1	Deskripsi Hasil Pengembangan.....	66
4.1.1	Analisis Kebutuhan	66
4.1.2	Desain	69
4.1.3	Pengembangan dan Implementasi	70
4.2	Pengujian Sistem.....	74
4.2.1	BlackboxTesting	74
4.2.2	Pengujian Algoritma Fisher yates Shuffle	77
4.2.3	Pengujian Algoritma Fuzzy Tsukamoto	79
4.2.4	Hasil Uji Coba Pengguna	80
<b>BAB 5</b>		<b>83</b>
<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>		<b>83</b>
5.1	Kesimpulan.....	83
5.2	Saran.....	84
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		<b>85</b>
<b>LAMPIRAN</b>		<b>89</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Contoh Perhitungan Algoritma Fisher Yates Shuffle .....	20
<b>Tabel 2. 2</b> Tabel Penelitian Terdahulu .....	33
<b>Tabel 3. 1</b> Tabel Instrumen Ahli Media .....	39
<b>Tabel 3. 2</b> Tabel Instrumen Ahli Materi .....	39
<b>Tabel 3. 3</b> Tabel Instrumen Angket Motivasi Pengguna .....	40
<b>Tabel 3. 4</b> Tabel Pedoman Skor Penilaian .....	41
<b>Tabel 3. 5</b> Tabel Kriteria Kelayakan Media .....	41
<b>Tabel 3. 6</b> Tabel Storyboard .....	49
<b>Tabel 3. 7</b> Tabel Wireframe .....	51
<b>Tabel 3. 8</b> Tabel Variabel Input Himpunan Fuzzy .....	60
<b>Tabel 3. 9</b> Tabel Variabel Output Himpunan Fuzzy .....	60
<b>Tabel 3. 10</b> Tabel Aturan Fuzzy .....	63
<b>Tabel 4. 1</b> Tabel Profil Peserta Didik .....	66
<b>Tabel 4. 2</b> Tabel Spesifikasi Perangkat Keras .....	68
<b>Tabel 4. 3</b> Tabel Spesifikasi Handphone .....	69
<b>Tabel 4. 4</b> Tabel Spesifikasi Perangkat Lunak .....	69
<b>Tabel 4. 5</b> Tabel Review Desain oleh Pembimbing .....	70
<b>Tabel 4. 6</b> Tabel Uji Blackbox .....	74
<b>Tabel 4. 7</b> Tabel Uji Halaman Main Menu .....	75
<b>Tabel 4. 8</b> Tabel Uji Halaman Augmented Reality .....	75
<b>Tabel 4. 9</b> Tabel Uji Halaman Panduan .....	75
<b>Tabel 4. 10</b> Tabel Uji Halaman Materi .....	76
<b>Tabel 4. 11</b> Tabel Uji Halaman Kuis .....	76
<b>Tabel 4. 12</b> Tabel Pengujian Algoritma Fisher Yates Shuffle .....	77
<b>Tabel 4. 13</b> Tabel Pengujian Algoritma Fuzzy Tsukamoto .....	80
<b>Tabel 4. 14</b> Tabel Review Ahli Media .....	80
<b>Tabel 4. 15</b> Tabel Hasil Validasi Media Tiap Aspek .....	81
<b>Tabel 4. 16</b> Tabel Hasil Validasi Ahli Materi .....	81
<b>Tabel 4. 17</b> Tabel Hasil Angket Peserta Didik .....	82

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Media Pembelajaran Interaktif .....	10
<b>Gambar 2. 2</b> Model Hannafin dan Peck .....	12
<b>Gambar 2. 3</b> Cahaya Merambat Lurus .....	15
<b>Gambar 2. 4</b> Cahaya Dipantulkan .....	16
<b>Gambar 2. 5</b> Cahaya Menembus Benda Bening.....	16
<b>Gambar 2. 6</b> Cahaya Dapat Dibiaskan .....	16
<b>Gambar 2. 7</b> Cahaya Dapat Diuraikan.....	17
<b>Gambar 2. 8</b> Cara Kerja Umum Augmented Reality .....	17
<b>Gambar 2. 9</b> Marker .....	18
<b>Gambar 2. 10</b> Representasi Linear Naik.....	22
<b>Gambar 2. 11</b> Representasi Linear Turun.....	22
<b>Gambar 2. 12</b> Representasi Kurva Segitiga.....	23
<b>Gambar 2. 13</b> Representasi Kurva Trapesium.....	23
<b>Gambar 2. 14</b> Objek 3D .....	27
<b>Gambar 3. 1</b> Arsitektur Umum.....	43
<b>Gambar 3. 2</b> Peta Jalan Penggunaan Aplikasi .....	47
<b>Gambar 3. 3</b> Activity Diagram .....	48
<b>Gambar 3. 4</b> Rancangan Model 3D Sifat Cahaya Merambat Lurus.....	54
<b>Gambar 3. 5</b> Texture dan Warna Sifat Cahaya Merambat Lurus .....	55
<b>Gambar 3. 6</b> Rancangan Model 3D Sifat Cahaya Menembus Benda Bening.....	55
<b>Gambar 3. 7</b> Texture dan Warna Sifat Cahaya Menembus Benda Bening .....	55
<b>Gambar 3. 8</b> Rancangan Model 3D Sifat Cahaya Dapat dipantulkan .....	56
<b>Gambar 3. 9</b> Textur dan Warna Model 3D Sifat Cahaya Dapat dipantulkan.....	56
<b>Gambar 3. 10</b> Rancangan Model 3D Sifat Cahaya Dapat dibiaskan.....	56
<b>Gambar 3. 11</b> Texture dan Warna Model 3D Sifat Cahaya Dapat Dibiaskan.....	57
<b>Gambar 3. 12</b> Rancangan Model 3D Sifat Cahaya Dapat diuraikan.....	57
<b>Gambar 3. 13</b> Texture dan Warna Model 3D Sifat Cahaya Dapat diuraikan.....	57
<b>Gambar 3. 14</b> Fungsi Keanggotaan Waktu .....	60
<b>Gambar 3. 15</b> Fungsi Keanggotaan Poin.....	61
<b>Gambar 3. 16</b> Fungsi Keanggotaan Skor.....	62

<b>Gambar 4. 1</b> Memprogram Scene Main Menu .....	71
<b>Gambar 4. 2</b> Tampilan Splashscreen .....	71
<b>Gambar 4. 3</b> Tampilan Menu Utama .....	72
<b>Gambar 4. 4</b> Tampilan Menu AR .....	72
<b>Gambar 4. 5</b> Tampilan Menu Panduan .....	72
<b>Gambar 4. 6</b> Tampilan Menu Materi .....	73
<b>Gambar 4. 7</b> Tampilan Menu Panduan .....	73
<b>Gambar 4. 8</b> Tampilan Skor Akhir .....	73
<b>Gambar 4. 9</b> Tampilan Leaderboard Skor .....	74
<b>Gambar 4. 10</b> Hasil Pengujian Algoritma Fisher Yates Shuffle .....	77
<b>Gambar 4. 11</b> Hasil Pengujian Algoritma Fuzzy Tsukamoto.....	79

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Era digital yang sudah pesat dan berkembang memberi banyak kemudahan bagi manusia dalam aktivitas sehari-hari. Perkembangan yang cepat dalam teknologi harus sejalan dengan peningkatan kualitas sumber daya manusia agar kemajuan dalam ilmu pengetahuan dan teknologi dapat mencapai tujuan yang sesuai. Salah satu teknologi yang umum digunakan adalah *Smartphone*. Berdasarkan data Newzoo, Indonesia berada di urutan keempat dalam daftar negara pengguna smartphone terbanyak di dunia. Penggunaan *smartphone* saat ini bukan hanya sebatas untuk berkomunikasi saja, namun sudah dapat digunakan dalam berbagai hal dan diberagam bidang, termasuk di dalamnya di bidang pendidikan.

Pada proses pembelajaran sangat diperlukan adanya motivasi bagi peserta didik. Dengan adanya motivasi belajar, peserta didik akan mempunyai dorongan untuk mengikuti proses pembelajaran. Hal ini berkaitan dengan cara penyampaian materi dan media belajar yang digunakan oleh pengajar. Hamalik (Arsyad 2002:15) menyatakan bahwa penggunaan media belajar yang sesuai pada proses belajar akan menumbuhkan minat dan keingintahuan, menciptakan motivasi dan juga inspirasi yang dapat membawa pengaruh psikologi peserta didik. Saat ini, kurikulum yang diterapkan yaitu kurikulum merdeka. Salah satu penekanan dari kurikulum merdeka adalah pembelajaran tematik integratif. Pendekatan pembelajaran tematik melibatkan penggabungan beberapa Kompetensi dasar (KD) dari beragam materi pelajaran menjadi satu kesatuan yang disajikan dalam bentuk tema. Kurikulum merdeka juga menerapkan pendekatan saintifik, dimana pendekatan saintifik lebih mengutamakan keaktifan peserta didik dalam mengonstruksi pengetahuan, sehingga dibutuhkan sarana pembelajaran yang dikemas dengan menarik agar peserta didik merasa tertarik dengan suatu materi dan lebih terlibat pada proses pembelajaran.

Umumnya media belajar yang digunakan oleh peserta didik adalah buku tematik pegangan siswa. Kemudian penyampaian materi pelajaran yang sering sekali digunakan oleh guru adalah metode ceramah. Namun, metode ceramah dianggap kurang efektif dikarenakan peserta didik cenderung pasif dan ada kemungkinan materi yang disampaikan tidak diterima sepenuhnya oleh peserta didik. Menurut (Nurfadhillah *et al.*, 2021) anak sekolah dasar menjadi tertarik, responsif dan antusias dengan kegiatan belajar menggunakan media audio visual. Pemanfaatan teknologi Audio Visual memberikan dampak positif pada belajar siswa serta dapat menumbuhkan minat belajar mereka dalam mempelajari materi yang sulit seperti materi pada mata pelajaran IPA, terutama untuk siswa yang memiliki preferensi belajar secara visual (Kirani & Guntur, 2023). Materi sifat-sifat cahaya adalah materi IPA yang sulit bagi peserta didik untuk memahaminya (Tampubolon, 2022), faktor - faktor penyebab peserta didik mengalami kesulitan untuk memahami sifat – sifat cahaya adalah guru kurang berperan aktif dalam penggunaan sarana belajar, sehingga peserta didik tidak tertarik untuk membaca dan mempelajari materi tersebut. Oleh karena itu, dibutuhkan media belajar yang menarik serta dapat memvisualisasikan pemikiran siswa mengenai sifat – sifat cahaya, sehingga dapat menumbuhkan motivasi, minat dan ketertarikan siswa dalam mempelajari serta memahami materi tersebut.

Media pembelajaran yang inovasi dan menarik saat ini adalah penggunaan media pembelajaran berbasis teknologi. Salah satunya yaitu menyatukan *game* dan edukasi sebagai media pembelajaran yang interaktif. *Augmented reality* adalah suatu teknologi yang memiliki kemampuan untuk menghubungkan dunia nyata dan dunia maya. Teknologi *augmented reality* mampu membantu pengguna untuk dapat memvisualisasikan objek virtual 2 dimensi ataupun 3 dimensi menjadi bagian dari lingkungan dunia nyata secara realtime dengan menggunakan bantuan kamera (Putra, 2020). *Augmented reality* memiliki potensi besar dalam bidang pendidikan sebagai media pembelajaran yang interaktif, inovatif serta menarik bagi peserta didik. *Augmented reality* dapat dimanfaatkan sebagai alat bantu pada proses pembelajaran. Penggunaan alat bantu berbasis *augmented reality* ini sangat menguntungkan dalam peningkatan proses pembelajaran, dikarenakan teknologi *augmented reality* memiliki elemen hiburan yang mampu meningkatkan minat dan ketertarikan peserta didik



dalam belajar. Pemanfaatan *augmented reality* menjadi alat pembelajaran diharapkan dapat meningkatkan kualitas pengalaman belajar.

Pemanfaatan media belajar bertujuan agar dapat meningkatkan ketertarikan serta semangat belajar siswa sehingga dapat memahami suatu materi pembelajaran. Dalam mengukur tingkat pemahaman peserta didik mengenai suatu materi maka diperlukan adanya asesmen. Salah satu asesmen yang dapat diterapkan yaitu dengan bermain kuis. Dalam pengembangan aplikasi *augmented reality* ini algoritma *Fisher Yates Shuffle* dan *Fuzzy tsukamoto* diterapkan untuk pembuatan kuis. Algoritma *Fisher Yates Shuffle* adalah *shuffling algorithms* atau algoritma pengacak yang digunakan untuk menerapkan metode pengacak urutan soal, oleh karena itu urutan soal yang muncul pada kuis menjadi berbeda. Keunggulan dari algoritma ini adalah metode pengacakannya yang efektif dan kompleksitas algoritmanya yang optimal yaitu  $O(n)$  (Luarsa et al., 2016). Kemudian dalam suatu permainan, skor digunakan untuk menentukan nilai yang diperoleh oleh pengguna setelah bermain kuis. Dalam penentuan skor akhir kuis pada aplikasi *augmented reality* ini menerapkan algoritma *fuzzy Tsukamoto*. Setiap konsekuensi dari aturan IF-THEN dalam metode Tsukamoto harus direpresentasikan menjadi himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan monoton. Salah satu keunggulan dari metode Fuzzy Tsukamoto adalah fleksibilitasnya terhadap data dan kemampuan dalam memberikan respons berdasarkan informasi yang memiliki sifat kualitatif, tidak pasti dan tidak akurat, serta tetap mempertahankan sifat intuitifnya.

Sebelumnya, pengembangan *augmented reality* sebagai metode pembelajaran telah dilakukan. Contohnya adalah penelitian yang dilaksanakan oleh (Yang et al., 2022), peneliti melakukan perancangan media belajar matematika dengan menggunakan teknologi AR, tujuan penelitian untuk menghasilkan rancangan media belajar matematika identifikasi bangun ruang dan bangun datar berbasis AR yang diperuntukkan bagi peserta didik tingkat II sekolah dasar. Dalam penelitian ini memperlihatkan bahwa teknologi AR dapat dirancang dengan visual yang interaktif. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Nurhasan et al., 2020), dimana peneliti membangun media pembelajaran berbasis *augmented reality* mengenai Garuda Wisnu Kencana (GWK), yang merupakan destinasi pariwisata di Bali. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa aplikasi berjalan sesuai dengan tujuannya, dan dinyatakan dapat menarik minat belajar peserta didik. Peneliti menerapkan algoritma *fisher yates shuffle*

dalam pengembangan aplikasi *augmented reality* yang digunakan untuk mengacak soal kuis, dan hasil yang didapatkan yaitu pengacakan soal pada *game* berjalan dengan baik dan optimal, namun perhitungan skor akhir pada penelitian tersebut hanya berdasarkan benar dan salah saja tanpa memperhitungkan waktu pengerjaan soal secara keseluruhan.

Pada penelitian ini, peneliti menerapkan model pengembangan Hannafin and Peck. Metode pengembang ini merupakan model desain pembelajaran yang berfokus kepada penciptaan produk. Metode pengembangan ini dapat digunakan dikarenakan proses pengembangan produk ini memiliki Langkah-langkah yang terstruktur, mudah dimengerti, serta dilakukan secara sistematis sesuai dengan kebutuhan media pembelajaran yang akan dikembangkan (Nadzir, 2023). Model pengembangan ini melibatkan tiga tahapan, yakni tahap analisis kebutuhan, tahap desain, dan tahap pengembangan serta implementasi. Pengembangan hanna fin and peck memiliki kelebihan yaitu model ini melakukan evaluasi dan iterasi pada setiap tahap dan model ini dapat menghasilkan produk pembelajaran dikarenakan berorientasi pada produk.

Dengan mempertimbangkan latar belakang masalah tersebut, peneliti akan melakukan penelitian dengan judul “Penerapan Algoritma Fisher Yates Shuffle dan Fuzzy Tsukamoto Dalam Pengembangan Media Pembelajaran Pada Materi Sekolah Dasar Berbasis Augmented Reality Menggunakan Model Pengembangan Hannafin & Peck”

## **1.2 Rumusan Masalah**

Umumnya sekolah masih menggunakan buku teks sebagai media pembelajaran, dan pengajar masih menggunakan metode ceramah untuk menyampaikan materi. Hal ini menyebabkan adanya keterbatasan dan minimnya daya tarik peserta didik dalam proses belajar. Oleh karena itu, dibutuhkan media pembelajaran yang didukung oleh teknologi interaktif multimedia yang dapat meningkatkan daya tarik peserta didik dalam proses pembelajaran.

## **1.3 Batasan Masalah**

Dalam pengerjaan dari penelitian ini diberikan cakupan batasan yaitu:

1. Rancangan aplikasi membahas materi sifat – sifat cahaya pada tingkat IV Sekolah Dasar.

2. Desain 3D hanya model yang terdapat pada materi.
3. Aplikasi dapat dijalankan pada sistem operasi Android.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan teknologi *Augmented Reality* menjadi sebuah alternatif media dan metode pembelajaran dalam menyampaikan suatu materi. Memberikan edukasi melalui media pembelajaran yang menarik serta berbeda dari media pembelajaran yang ada sebelumnya diharapkan akan meningkatkan motivasi peserta didik dalam belajar.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan media dan metode pembelajaran yang berbeda, menarik, inovatif dan interaktif, sehingga meningkatkan motivasi, minat serta daya tarik peserta didik dalam belajar.
2. Mendorong peserta didik untuk dapat memahami materi sifat – sifat cahaya.
3. Pada penelitian ini, terdapat asesmen berupa kuis yang diharapkan dapat mengukur pemahaman peserta didik akan materi sifat – sifat cahaya, kuis ini menerapkan algoritma *Fisher Yates Shuffle* dalam mengacak urutan soal dalam *game*, serta menggunakan algoritma *Fuzzy Tsukamoto* dalam penentuan skor.

#### 1.6 Metodologi Penelitian

Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini:

1. Studi Literatur

Peneliti mengumpulkan data serta informasi melalui buku, jurnal, skripsi dan referensi lain terkait dengan penulisan tugas akhir, yaitu mengenai 3D Objek, *Augmented Reality*, *Blender*, *Unity* dan *Vuforia*.

2. Analisis Permasalahan

Peneliti melakukan analisa permasalahan melalui informasi yang telah dikumpulkan pada tahap sebelumnya, sehingga akan menemukan metode yang sesuai untuk dapat mengatasi masalah yang ditemukan dalam permasalahan penelitian ini.

### 3. Perancangan Sistem

Setelah melalui langkah analisis, berikutnya peneliti melakukan perancangan sistem berdasarkan hasil analisis sebelumnya untuk membangun arsitektur umum dan kebutuhan material yaitu perancangan *software* dan *interface* sebagai bahan untuk program.

### 4. Implementasi

Setelah tahapan analisis dan perancangan sistem, selanjutnya penulis melakukan pengembangan aplikasi perangkat lunak sesuai dengan analisis dan desain telah disusun.

### 5. Pengujian

Pengujian dilakukan pada aplikasi oleh peneliti untuk memastikan bahwa desain yang dibuat tepat dengan tujuan dan sasaran penelitian.

### 6. Penyusunan Laporan

Tahapan ini penulis menyusun laporan yang mempresentasikan hasil dari penelitian yang dibuat.

## 1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini terdiri dari lima bab, yang terdiri dari:

### **Bab 1: Pendahuluan**

Bab pendahuluan berisi latar belakang, rumusan, batasan dari masalah yang diangkat dilanjutkan dengan tujuan, manfaat, metodologi dari penelitian serta sistematika penulisan.

### **Bab 2: Landasan Teori**

Bab dua berisikan kerangka teoritis terkait dengan penelitian dan masalah dalam penelitian. Teori tersebut akan menjadi dasar pengetahuan yang diperlukan untuk memahami penelitian tersebut.

### **Bab 3: Metode Penelitian**

Bab tiga berisi perancangan arsitektur umum, rancangan sistem dan metode penelitian yang digunakan dalam membangun aplikasi.

**Bab 4: Hasil dan Pembahasan**

Bab empat berisi pembahasan mengenai penerapan hasil serta pengujian terhadap sistem yang sudah dibangun. Pada bab ini, dijelaskan bagaimana sistem diterapkan dalam praktiknya.

**Bab 5: Kesimpulan dan Saran**

Bab ini memuat tentang hasil akhir dari penelitian yang diutarakan dalam kesimpulan maupun dengan saran-saran yang ada untuk penelitian yang lebih sempurna kedepannya.

## **BAB 2**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Media Pembelajaran**

Media merupakan bentuk jamak dari kata "medium" yang berasal dari bahasa Latin, mengacu pada sesuatu yang bertindak sebagai perantara atau pengantar. Definisi media menurut Asosiasi Pendidikan Nasional (NEA) yaitu segala objek yang dapat dimanipulasi, dijelajahi, dibaca, didengar dan dibahas bersama dengan alat yang digunakan untuk kegiatan tersebut. Kemudian menurut *Association of Education Communication Technology* (AECT) alat belajar mencakup semua sumber yang dapat dipergunakan sebagai sarana pembelajaran bagi pelajar, termasuk data, individu, atau objek. Menurut Gagne' and Briggs yang dikutip oleh Arsyad (2017: 4), alat belajar merujuk kepada perangkat fisik yang digunakan untuk menyajikan materi pelajaran, seperti buku, kaset, perekam video, film, foto, televisi, grafik dan lainnya.

Media pembelajaran menurut (Hamka, 2018) merupakan alat peraga, baik berbentuk fisik ataupun nonfisik, yang berperan sebagai penghubung antara peserta didik dengan pengajar untuk memfasilitasi pemahaman materi secara lebih efisien serta efektif. Sehingga dapat diterima oleh siswa dengan cepat dan secara utuh serta dapat menarik minat peserta didik pada materi selanjutnya. Media belajar membantu proses pembelajaran dengan menyampaikan pesan dengan mudah dipahami dan memastikan pencapaian tujuan pembelajaran dengan efektif serta efisien (Nurrita, 2018). Menurut (Dewi, 2017) media adalah alat yang berfungsi sebagai perantara dalam mendorong berbagai aspek perkembangan anak pada masa kanak-kanak, seperti aspek fisik motorik, moral, agama, Bahasa, kognitif, seni dan emosional.

Menurut Hamalik (2005:26), manfaat umum dari media belajar adalah memungkinkan guru dan siswa berinteraksi lebih baik, yang menghasilkan proses pembelajaran yang lebih efektif serta efisien. Beberapa manfaat spesifik dari media belajar adalah sebagai berikut:

1. Dalam menyampaikan materi suatu pelajaran dapat disampaikan dengan cara yang beragam.
2. Dalam pelaksanaan pembelajaran menjadi terperinci dan jelas, menghibur serta menarik. Karena disajikan dalam bentuk yang berbeda.
3. Pembelajaran menjadi lebih responsif dan melibatkan interaksi yang lebih aktif. Tanpa adanya media belajar, guru cenderung berkomunikasi dalam satu arah karena tidak ada interaksi antara guru dengan peserta didik secara dua arah
4. Dengan adanya media pembelajaran akan mempermudah untuk mencapai tujuan belajar dengan menggunakan waktu dan energi secara efisien dan optimal.
5. Peningkatan mutu pencapaian belajar siswa.
6. Selama proses belajar, penggunaan media pembelajaran dapat terjadi di berbagai tempat dan waktu.
7. Penggunaan media belajar dapat menginspirasi siswa untuk mengembangkan sikap positif pada materi pelajaran serta proses pembelajaran.
8. Membangun posisi pengajar menuju posisi yang lebih positif dan efektif.

## **2.2 Media Pembelajaran Interaktif**

Media pembelajaran memfasilitasi pembelajaran individu dan kelompok dengan menyediakan berbagai sumber di luar diri siswa. Sehingga media berfungsi untuk memenuhi kebutuhan belajar siswa. Dengan demikian, dalam beberapa konteks atau situasi, media pembelajaran bisa menggantikan peran pengajar, khususnya sebagai penyedia informasi. Program multimedia interaktif merupakan salah satu media yang mampu memenuhi fungsi dan situasi tersebut. Suyitno (2016:102) mengatakan bahwa sarana pembelajaran interaktif terdiri dari simulasi, teks, serta visual, mampu meningkatkan pemahaman siswa tentang konsep, memberikan pemahaman yang lebih jelas tentang materi yang dipelajari dan kesempatan untuk mengimplementasikan pengetahuan yang dimiliki. Namun, menurut Yanto (2019), media pembelajaran interaktif merupakan sarana yang dimanfaatkan oleh guru saat memberikan

pengajaran kepada peserta didik, serta melibatkan interaksi antara peserta didik dan media. Pada penggunaannya, terjadi interaksi timbal balik di antara peserta didik dan media, dimana keduanya saling berhubungan dan memberikan respons satu sama lain.



**Gambar 2. 1** Media Pembelajaran Interaktif (Sumber: <https://literasiguru.com>)

Kelebihan penggunaan multimedia interaktif sebagai media pembelajaran adalah untuk memudahkan dalam menyajikan materi pembelajaran serta meningkatkan kejelasan materi yang disampaikan, terutama dalam konteks pembelajaran IPA. Keuntungan dari pemanfaatan multimedia interaktif selama proses belajar menurut (Triana *et al.*, 2021) yaitu:

1. Pembelajaran menjadi lebih dinamis serta inovatif dengan adanya sistem interaktif.
2. Dalam upaya menciptakan terobosan dalam pembelajaran, pendidik dihadapkan pada tuntutan untuk menjadi inovatif dan kreatif.
3. Mampu menggabungkan gambar, audio, musik, video atau animasi, dan teks menjadi kombinasi yang bekerja bersama dan saling melengkapi satu sama lain untuk meraih tujuan pembelajaran.
4. Pencapaian tujuan pembelajaran sesuai dengan harapan terjadi, karena adanya peningkatan motivasi peserta didik yang terpacu.
5. Materi tervisualisasikan dengan baik, terutama pada materi yang sulit dimengerti apabila hanya dijelaskan dengan ceramah dan hanya menggunakan alat media belajar konvensional.
6. Mendidik peserta didik agar dapat mandiri dalam mencari dan memperoleh pengetahuan pembelajaran.



### 2.3 Model Pengembangan Penelitian

Penelitian dan pengembangan merupakan serangkaian proses atau langkah-langkah yang bertujuan untuk menciptakan produk baru atau menyempurnakan produk yang sudah ada, dengan pertanggungjawaban yang jelas. Dalam mengembangkan media pembelajaran, perlu memperhatikan model-model pengembangan untuk memastikan kualitasnya. Penggunaan model pengembangan bahan pembelajaran yang dirancang secara sistematis dan sesuai dengan teori akan menjamin kualitas isi media pembelajaran. Menurut (Rusmayana, 2021) model pengembangan desain pembelajaran diklasifikasikan berdasarkan orientasi yaitu sebagai berikut:

1. Model Pengembangan Berorientasi Kelas

Model pengembangan berorientasi pada kelas memiliki tujuan untuk membantu tugas guru dalam merencanakan pembelajaran didalam kelas, yang biasanya ditujukan untuk mendesain pembelajaran yang hanya dilakukan setiap dua jam pelajaran atau lebih. Contoh dari jenis model pengembangan ini adalah model ASSURE.

2. Model Pengembangan Berorientasi Sistem

Model pengembangan ini merupakan model untuk mengembangkan pembelajaran berskala luas, seperti desain sistem suatu pelatihan, kurikulum sekolah, dan lainnya. Contoh dari jenis model pengembangan ini adalah ADDIE.

3. Model Pengembangan Berorientasi Produk

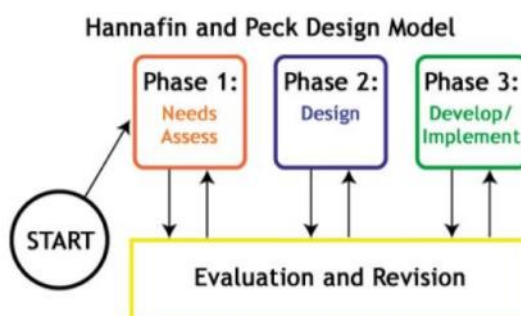
Model yang berorientasi produk merupakan model yang dikembangkan untuk menghasilkan produk pembelajaran seperti media pembelajaran. Model produk biasanya berorientasikan pada hasil, misalnya dengan memasukkan multimedia diantara strategi yang diterapkan. Contoh dari jenis model pengembangan ini adalah Hannafin and Peck.

Model pengembangan yang digunakan pada penelitian ini yaitu model pengembangan Hannafin and Peck, karena model pengembangan ini merupakan model pengembangan yang berorientasikan pada produk.

### 2.3.1 Model Pengembangan Berbasis Produk Menggunakan Hannafin and Peck

Dalam melakukan suatu penelitian, model pengembangan Hannafin and Peck adalah salah satu kerangka kerja yang dapat diterapkan. Menurut Tegeh (2014), model pengembangan Hannafin and Peck merupakan model pengembangan pembelajaran yang berorientasi pada produk, pengembangan ini sederhana, akan tetapi elegan. Kelebihan dari model hannafin and peck adalah model ini menekankan pada proses penilaian dan juga pengulangan yang melibatkan ketiga fase yang ada, lalu model hannafin and peck juga dapat menentukan hal utama dari apa yang dibutuhkan dalam pendidikan dan model ini juga dapat memecahkan kesenjangan dari analisis performance (Dahmayanti et al., 2024).

Dalam model Hannafin dan Peck, terdapat tiga tahapan, yaitu analisis kebutuhan, desain, dan pengembangan serta implementasi. Disetiap tahapannya melibatkan proses penilaian serta perbaikan. Penjelasan lebih lanjut mengenai model Hannafin dan Peck dapat ditemukan pada gambar 2.2.



**Gambar 2. 2** Model Hannafin dan Peck (Laila Nursafitri et al., 2023)

#### a) Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan adalah langkah yang penting dalam mengidentifikasi permasalahan-permasalahan yang ada, seperti menemukan kesenjangan dan kebutuhan melalui kegiatan analisis dengan tujuan mendapatkan spesifikasi produk yang jelas. Kegiatan analisis kebutuhan mencakup berbagai aspek seperti analisis target pengguna, materi ataupun isi konten, tujuan serta menganalisis media dan mengidentifikasi hambatan yang mungkin muncul selama proses pengembangan.

b) Desain

Pada tahap desain semua data dan informasi yang telah dikumpulkan dari tahap analisis kebutuhan akan disusun menjadi dokumen yang akan berfungsi sebagai dasar dalam pembuatan media pembelajaran. *Flowchart*, *storyboard*, dan *activity diagram* adalah beberapa contoh bentuk yang digunakan dalam tahap desain.

c) Pengembangan dan Implementasi

Hasil dari tahap ini mencakup diagram alur, pengujian, dan evaluasi. Dokumen *storyboard* digunakan sebagai panduan dalam membuat diagram alir, yang mendukung dalam pengembangan media belajar berbasis AR. Pada tahap ini, evaluasi kelancaran media dilakukan. Hasil evaluasi serta pengujian akan menjadi penilaian terhadap kualitas media.

Pada ketiga tahapan diatas akan dilakukan penilaian dan revisi pada setiap fasenya.

## 2.4 Komponen Multimedia

Multimedia adalah gabungan dari beberapa unsur yang digabungkan dalam bentuk aplikasi presentasi interaktif. Unsur-unsur dalam multimedia meliputi teks, grafik/foto, audio, video, dan animasi. Menurut Munir (2012:16) komponen multimedia adalah sebagai berikut:

a) Teks

Teks berfungsi sebagai dasar pengolahan kata dan informasi dalam multimedia karena terdiri dari kumpulan huruf yang terdiri dari kata ataupun kalimat yang memberikan penjelasan dari maksud ataupun materi pembelajaran sehingga pembaca bisa memahaminya.

b) Grafis

Grafis memegang peran penting pada multimedia. Grafis, atau yang juga dikenal dengan sebutan gambar (*picture, drawing atau image*), merupakan metode yang efektif untuk menyampaikan informasi.

c) Gambar

Gambar adalah cara untuk menyampaikan informasi secara visual. Pemanfaatan Gambar dapat membuat presentasi multimedia lebih menarik dan menghindari kebosanan daripada hanya menggunakan teks saja.

#### d) Video

Pada dasarnya, video merupakan suatu media yang memperlihatkan simulasi dari objek atau peristiwa nyata. Video adalah cara yang menarik untuk menyampaikan informasi, dan dalam multimedia, video digunakan dalam memperlihatkan suatu aksi ataupun kegiatan.

#### e) Animasi

Animasi yaitu representasi yang mengintegrasikan suara, teks, dan grafik pada gerakan. Animasi pada konteks multimedia merupakan penggunaan teknologi komputer dalam mengerakkan berbagai lapisan.

#### f) Audio

Audio merujuk pada berbagai jenis suara digital seperti narasi, musik, serta elemen lainnya yang dapat didengar sebagai latar belakang Audio. Penggunaan audio dapat memperkuat daya ingat dan memberikan manfaat besar bagi individu dengan keterbatasan penglihatan.

#### g) Interaktivitas

Interaktivitas merupakan konsep yang melandasi pembuatan program multimedia. Ini memungkinkan pengguna untuk mengakses beragam jenis media atau jalur dalam program multimedia, sehingga meningkatkan signifikansi dan kepuasan pengguna. Interaktivitas juga dikenal sebagai desain antarmuka atau desain faktor manusia. Ada dua jenis struktur interaktivitas, yaitu struktur linear yang menyajikan satu opsi kondisi kepada pengguna, dan struktur non-linear yang menawarkan beragam opsi kepada *user*.

## 2.5 Materi Sifat – Sifat Cahaya

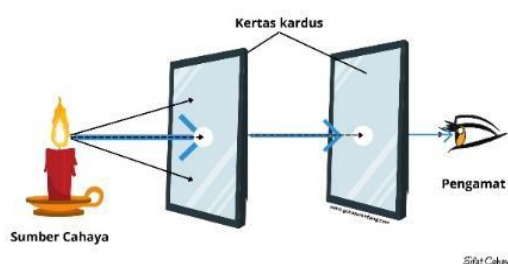
Dalam aktivitas sehari-hari, cahaya sangat dibutuhkan untuk kelangsungan hidup dan penerang. Contohnya proses fotosintesis tumbuhan memerlukan cahaya untuk melakukannya. Cahaya merupakan gelombang elektromagnetik yang mampu menyebar pada ruangan yang hampa. Cahaya terbentuk dari partikel-partikel kecil dan halus yang dipancarkan dari sumbernya ke segala arah. Cahaya diklasifikasikan menjadi dua jenis berdasarkan sumbernya, yaitu sumber cahaya alami dan sumber cahaya buatan. Pengertian sumber cahaya alami adalah cahaya yang menghasilkan cahaya secara alami, seperti matahari yang merupakan sumber cahaya paling besar pada tata surya. Sedangkan pengertian sumber cahaya buatan yaitu cahaya yang dapat

memancar yang diciptakan oleh manusia, misalnya seperti lampu, lilin, senter, lampu neon, lampu minyak, dan lainnya. Kedua sumber cahaya memiliki kelebihan dan kekurangan masing – masing, misalnya kelebihan pada sumber cahaya alami yang memiliki sifat yang tidak menentu, tergantung pada iklim, cuaca dan musim. Kekurangan pada sinar cahaya matahari terdapat sinar *ultraviolet* (UV) yang dapat merusak struktur permukaan suatu material. Sedangkan pada sumber cahaya buatan kelebihanannya adalah peletakan dan kestabilan cahayanya dapat diatur, namun pada pembuatan cahaya buatan membutuhkan biaya tertentu.

Cahaya sangat penting bagi manusia setiap hari karena penglihatan manusia sangat tergantung pada cahaya. Beberapa sifat – sifat cahaya yang dipelajari oleh peserta didik pada tingkat 4 yang berpedoman pada buku pegangan tematik siswa dan dijelaskan oleh (Sudarsih, 2020) yaitu sebagai berikut:

#### 2.5.1 Cahaya Merambat Lurus

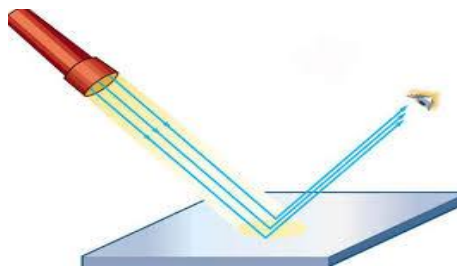
Sifat cahaya dapat terjadi apabila cahaya melalui suatu medium tertentu. Contohnya apabila menyalakan senter, maka cahaya dari senter akan menyala dan merambat lurus sesuai arah yang diinginkan. Namun tidak semua objek dapat menghalangi cahaya, benda ataupun objek yang transparan memungkinkan cahaya melewatinya. contohnya seperti sinar matahari yang masuk melalui jendela, sehingga membuat ruangan terang.



**Gambar 2. 3** Cahaya Merambat Lurus (Sumber: [www.gurusumedang.com](http://www.gurusumedang.com))

#### 2.5.2 Cahaya Dapat Dipantulkan

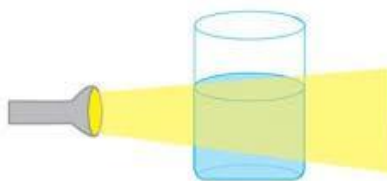
Sifat cahaya ini akan terjadi ketika cahaya memantul dari permukaan yang datar serta licin, sehingga mengakibatkan cahaya dipantulkan secara teratur. Contohnya apabila seseorang melihat bayangannya melalui cermin, hal tersebut terjadi dikarenakan cahaya dipantulkan oleh cermin.



**Gambar 2. 4** Cahaya Dipantulkan (Sumber: <https://materiipa.com/>)

### 2.5.3 Cahaya Menembus Benda Bening

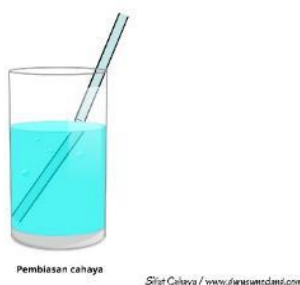
Benda bening merupakan jenis benda yang memungkinkan cahaya untuk melewati mereka tanpa mengalami hambatan atau perubahan yang signifikan. Contohnya seperti saat melihat cahaya senter menembus gelas yang bening. Dengan benda bening tersebut, cahaya akan tetap menembus meskipun ada penghalangnya, karena gelas tersebut terbuat dari benda bening.



**Gambar 2. 5** Cahaya Menembus Benda Bening (Sumber: <https://berita.99.co/>)

### 2.5.4 Cahaya dibiaskan

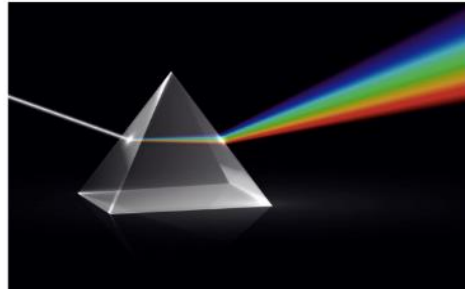
Pembiasan merupakan proses membelokkan arah rambat cahaya ketika merambat dari satu media menuju media lain yang kerapatannya tidak sama. Contohnya adalah sebuah pensil yang akan tampak seperti patah saat masuk kedalam gelas transparan dan berisi air.



**Gambar 2. 6** Cahaya Dapat Dibiaskan (Sumber: [www.gurusumedang.com](http://www.gurusumedang.com))

### 2.5.5 Cahaya dapat diuraikan

Pelangi dapat terjadi dikarenakan fenomena dispersi cahaya. Proses urai cahaya putih menjadi spektrum beragam warna disebut dengan dispersi. Meskipun sinar matahari tampak putih, sebenarnya terdiri dari banyak warna. Ketika sinar matahari melewati tetes-tetes air di awan, terjadi pemisahan warna sehingga terbentuklah pelangi.



**Gambar 2. 7** Cahaya Dapat Diuraikan (Sumber: [www.quipper.com](http://www.quipper.com))

## 2.6 Augmented Reality

Teknologi Augmented Reality (AR) ini mengintegrasikan objek 2D dan 3D ke lingkungan nyata dan menampilkan objek tersebut secara real-time dan berjalan interaktif. Teknologi *augmented reality* membutuhkan bantuan kamera smartphone untuk menampilkan bentuk visual dari suatu objek pada layar smartphone. *Augmented Reality* (AR) merujuk pada lingkungan di mana elemen dunia nyata digabungkan dengan elemen virtual ciptaan komputer, sehingga tidak ada lagi batasan yang membedakan keduanya. Dengan kata lain, AR menghadirkan objek virtual ke dalam lingkungan nyata. Integrasi objek nyata dan *virtual* dapat dilakukan melalui teknologi display yang tepat dan interaktif melalui perangkat khusus. Maka dalam hal ini dibutuhkan kamera handphone ataupun webcam untuk dapat mendeteksi gambar ataupun pola sehingga dapat menampilkan informasi terkait.



**Gambar 2. 8** Cara Kerja Umum Augmented Reality (Safitri et al., 2018)

Penggunaan teknologi *Augmented Reality* sangat luas dan digunakan pada berbagai bidang, seperti pada bidang kesehatan, bidang pendidikan, manufaktur dan reparasi, hiburan, navigasi, dan lainnya. Terdapat dua metode yang dikembangkan dan dapat digunakan yaitu *Markerless* tanpa adanya penanda dan juga dengan menggunakan penanda yang disebut *Marker*.

*Marker Based Tracking* merupakan teknologi *Augmented Reality* yang merupakan hasil gabungan antara *computer vision* dan *image processing*. Pada metode *marker based tracking*, *augmented reality* menggunakan marker objek 2D yang memiliki pola serta mampu dikenali oleh perangkat seperti smartphone ataupun komputer melalui kamera. Marker yang digunakan harus dibuat terlebih dahulu, lalu memasukkannya kedalam sebuah database agar nantinya dapat memunculkan objek 3D.



**Gambar 2. 9** Marker (Sumber: [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net))

*Markerless* yaitu metode dimana penggunaanya tidak mencetak *marker* untuk memunculkan suatu elemen digital. Aplikasi akan tetap memindai objek, tetapi ruang lingkup pemindaian lebih besar daripada *Tracking* berbasis marker. *Markerless Augmented Reality* menggunakan titik, garis, sudut dan tekstur lainnya melalui kamera. Menurut (Mahardika et al., 2019) beberapa macam teknik *markerless* yaitu:

#### 1. *Face Tracking*

Menerapkan algoritma yang telah diperbaharui, komputer secara umum mampu mendeteksi wajah seseorang dengan mengidentifikasi posisi mata, hidung, serta mulut seseorang. Komputer akan mengabaikan objek yang ada disekelilingnya, misal bangunan, perabotan, kendaraan, dan sebagainya.

#### 2. *3D Object Tracking*

Teknik ini dapat mengarah dan mendeteksi segala sesuatu disekitarnya, seperti motor, handphone, meja dan lainnya.



### 3. *Motion Tracking*

Teknik ini memungkinkan kamera bisa mendeteksi pergerakan, *Motion Tracking* sudah secara luas dipergunakan dalam produksi film untuk mensimulasikan gerakan secara realistis.

### 4. *GPS Based Tracking*

Dengan menggunakan fitur Kompas dan sensor GPS smartphone. Cara kerja *GPS Based Tracking* dimana aplikasi *Augmented Reality* akan mengumpulkan data dari sensor GPS dan kompas akan menampilkannya pada posisi yang telah ditentukan pada sistem secara real-time. *Game Pokémon Go* adalah contoh penggunaan penggunaan GPS Based Tracking.

## 2.7 Fisher-Yates Shuffle

Penemu *Fisher Yates Shuffle* adalah Ronald Fisher dan Frank Yates. *Fisher-Yates Shuffle* yaitu sebuah algoritma acak yang digunakan dalam pengacakan urutan item dalam sebuah array (Harsadi et al., 2022). Permutasi yang dibuat oleh algoritma ini memiliki kemungkinan yang sama untuk muncul. Artinya, setiap permutasi memiliki bobot yang sama dan tidak dibedakan. Analisis statistik *Fisher Yates Shuffle* dilakukan menggunakan analisis frekuensi untuk mengevaluasinya dan menemukan bahwa keunggulan utamanya adalah kecepatan prosesnya. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Octaviani et al., 2023) algoritma Fisher Yates Shuffle lebih unggul dalam hal efektivitas metode pengacakan dan kompleksitas algoritma yang optimal, algoritma ini menghasilkan distribusi acak yang lebih baik dibandingkan LCM.

Tahapan pengacakan soal dengan Metode dasar *Fisher Yates Shuffle* yang digunakan agar menghasilkan suatu permutasi acak untuk angka 1 sampai  $N$  adalah sebagai berikut:

1. Tulis daftar soal 1 hingga soal  $n$  (range).
2. Pilihlah sebuah soal acak  $x$  diantara 1 sampai jumlah soal yang belum dicoret.
3. Hitung mulai dari bawah, coret soal  $x$  yang belum dicoret, kemudian tulis soal tersebut di tempat lain.
4. Ulangi langkah 2 dan 3 sampai semua range tercoret.
5. Urutan soal yang ditulis pada langkah 3 adalah permutasi acak dari soal awal.

**Tabel 2. 1** Contoh Perhitungan Algoritma Fisher Yates Shuffle

Range	Roll	Scratch	Result
		12345	
1 – 5	3	12 <b>5</b> 4	<b>3</b>
1 – 4	1	<b>4</b> 25	<b>3 1</b>
1 – 3	2	<b>45</b>	<b>3 1 2</b>
1 – 2	2	<b>4</b>	<b>3 1 2 5</b>
<b>Hasil Pengacakan</b>			<b>4 3 1 2 5</b>

Tabel 1 menunjukkan tahapan algoritma *Fisher Yates Shuffle*, yang mana *Range* adalah panjang bilangan yang masih tersedia, kemudian *Roll* adalah angka yang terpilih dari seluruh kumpulan angka yang tersedia., *Scratch* merupakan daftar soal yang belum dipilih dan *Result* merupakan hasil semua soal yang telah dilakukan pengacakan.

## 2.8 Logika Fuzzy

Logika fuzzy yaitu bagian dari sistem kecerdasan buatan (AI) yang dapat mengembangkan dan meniru keahlian berpikir seseorang untuk menghasilkan algoritma yang dapat digunakan oleh mesin. Logika fuzzy mengubah pernyataan yang tidak jelas menjadi pernyataan yang logis. Umumnya logika ini digunakan sebagai metode penghitungan yang memanfaatkan variabel linguistik sebagai alternatif untuk perhitungan menggunakan bilangan. Fuzzy logic digunakan sebagai penghubung masalah dari inputan menuju output yang diharapkan. Menurut Prihatini pada (Setiawan *et al.*, 2018) pada himpunan fuzzy, nilai keanggotaan dari himpunan fuzzy memiliki rentang nilai dari 0 hingga 1.

Alasan para peneliti memilih untuk menerapkan logika fuzzy, yaitu sebagai berikut:

1. Logika fuzzy memiliki konsep yang mudah dipahami. Dasar matematis dari logika fuzzy mudah dimengerti dan relatif simpel.
2. Fleksibilitas logika fuzzy yang tinggi.
3. Toleransi logika fuzzy pada data yang tidak presisi.

4. Kemampuan untuk memodelkan fungsi non-linear yang rumit dengan logik fuzzy.
5. Logika fuzzy memungkinkan penggunaan langsung pengalaman ahli tanpa instruksi khusus.
6. Logika fuzzy mampu berintegrasi menggunakan metode kendali konvensional.
7. Logika fuzzy berlandaskan penggunaan bahasa natural (Setiawan *et al.*, 2018).

#### 2.8.1 Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy adalah suatu kumpulan yang merepresentasikan situasi tertentu pada suatu variable fuzzy. Himpunan ini merupakan model matematik dari data kualitatif ataupun kuantitatif yang bersifat samar, yang umumnya dihasilkan dari bentuk linguistik atau bahasa. Sebelum dikenal dengan istilah logika fuzzy, konsep logika ini biasanya disebut sebagai himpunan klasik atau logika tegas (*crisp logic*). Pada logika ini, nilai-nilai hanya dapat bersifat tegas, yaitu 0 atau 1, yang sering diasosiasikan dengan "benar" atau "salah".(Setiawan *et al.*, 2018).

Berikut adalah beberapa konsep yang perlu dimengerti dalam mempelajari sistem fuzzy:

1. Variabel fuzzy, yaitu faktor yang dianalisis dalam fuzzy sistem. Misal penghasilan, suhu, umur, dan lainnya.
2. Himpunan fuzzy, adalah kategori yang merepresentasikan kondisi tertentu dari suatu variable fuzzy. Misalnya seperti variable suhu terbagi menjadi tiga himpunan yaitu panas, sedang dan dingin.
3. Semesta pembicaraan, yaitu semua nilai yang diperbolehkan untuk digunakan pada variable fuzzy. Nilai tersebut berupa suatu angka positif ataupun negative. Misal semesta pembicaraan pada variabel umur [10 20].
4. Domain himpunan, yaitu seluruh nilai yang diperbolehkan pada semesta pembicaraan serta pada himpunan fuzzy. Misalnya kurus [0 40], sedang [40 70], dan gemuk [70 100].

#### 2.8.2 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menggambarkan bagaimana titik-titik data masukan dipetakan ke dalam nilai keanggotaan, dan biasanya berada dalam kisaran antara 0 hingga 1 (Renartha Kusuma *et al.*, 2020). Metode yang dapat

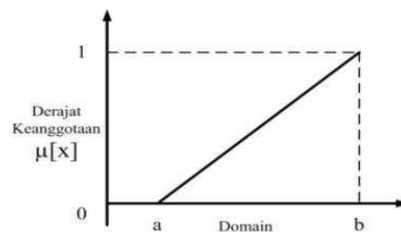
digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan yaitu dengan menggunakan pendekatan fungsi (Setiawan *et al.*, 2018). Berikut ini adalah beberapa kurva yang bisa digunakan untuk menentukan fungsi keanggotaan:

a. Representasi linear

Sebuah garis lurus menunjukkan pemetaan input ke derajat keanggotaan, dua fungsi linear berikut adalah:

- Representasi linear naik

Pada pusat peningkatan himpunan, nilai domain memiliki derajat keanggotaan rendah (0) dan bergerak ke kanan hingga mencapai nilai domain dengan derajat keanggotaan tinggi.



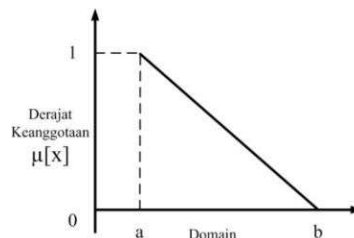
**Gambar 2. 10** Representasi Linear Naik (Setiawan et al., 2018)

Adapun bentuk fungsi keanggotaannya sebagai berikut:

$$\mu [X] \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (2.1)$$

- Representasi linear turun

Representasi linier dimulai dari nilai domain yang memiliki derajat keanggotaannya paling tinggi, yang berada di sisi kiri, dan menurun ke nilai domain dengan derajat keanggotaan terendah.



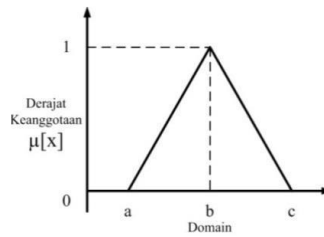
**Gambar 2. 11** Representasi Linear Turun (Setiawan et al., 2018)

Adapun bentuk fungsi keanggotaannya sebagai berikut:

$$\mu [X] \begin{cases} 1; & x \geq b \\ \frac{b-x}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 0; & x \leq a \end{cases} \quad (2.2)$$

b. Representasi Kurva Segitiga

Kurva ini adalah kombinasi antara dua garis linear. Parameter  $\{a, b, c\}$  menetapkan fungsi keanggotaan segitiga.



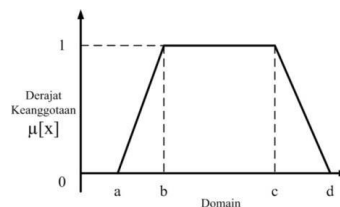
**Gambar 2. 12** Representasi Kurva Segitiga (Setiawan et al., 2018)

Adapun bentuk fungsi keanggotaannya sebagai berikut:

$$\mu [X] \begin{cases} 0; & x \geq c \text{ atau } x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.3)$$

c. Representasi Kurva Trapesium

Tidak seperti kurva segitiga, fungsi keanggotaan kurva trapesium terdiri dari empat parameter:  $\{a, b, c, \text{ dan } d\}$ .



**Gambar 2. 13** Representasi Kurva Trapesium (Setiawan et al., 2018)

Adapun bentuk fungsi keanggotaannya sebagai berikut:

$$\mu [X] \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ \frac{d-x}{d-c} & x \geq d \\ 1 & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.4)$$

### 2.8.3 Fuzzy Tsukamoto

Metode Fuzzy Tsukamoto dikenal sebagai pendekatan dengan keunggulan sangat fleksibel dan mampu menangani data tidak presisi (Ferdiansyah & Hidayat, 2018). Dalam Tsukamoto setiap aturannya dijelaskan melalui himpunan fuzzy yang menggunakan fungsi keanggotaan yang monoton. Dalam memperoleh nilai output yang jelas, langkah defuzzifikasi dilakukan. Proses ini melibatkan mengubah input (yang berbentuk himpunan fuzzy dari komposisi aturan fuzzy) menjadi nilai di dalam domain himpunan fuzzy tersebut.

Model fuzzy tsukamoto biasanya digambarkan sebagai If (X is A) and (Y is B) Then (Z is C), di mana A, B, dan C merupakan himpunan fuzzy. Dengan demikian, tahapan metode model ini adalah sebagai berikut:

- Fuzzifikasi
- Membentuk pemahaman *fuzzy* atau aturan dalam bentuk *If... Then*
- Inferensi
- Defuzzyfikasi

Proses defuzzyfikasi dihitung dengan menggunakan rata-rata (*average*), dengan persamaan 2.5 berikut:

$$Z = \sum \frac{\alpha_n + z_n}{\alpha_n}$$

Keterangan:

- $Z^*$  : Hasil
- $Z$  : nilai output setiap variable
- $\alpha_n$  : Fungsi Keanggotaan

## 2.9 Pemodelan Objek 3D

### 2.9.1 Metode Pemodelan 3D

Terdapat beragam metode yang bisa digunakan untuk menciptakan model 3D, tentunya untuk menghasilkan objek yang jelas dan sesuai dengan contoh yang ingin dibuat bisa menerapkan beberapa metode yang relevan. Metode tersebut diurai sebagai berikut:

#### 1. *Image based Rendering (IBR)*

Metode ini memanfaatkan kumpulan gambar sebagai sumber data utama untuk membuat representasi visual dari suatu objek. Output dari metode ini adalah menghasilkan gambar panorama yang menampilkan objek ataupun lingkungan dengan rotasi 360°, hal ini disebabkan karena IBR menggambarkan kondisi sekitaran 3D langsung berdasarkan gambar originalnya.

#### 2. *Image-based modelling (IBM)*

IBM menggunakan foto objek penelitian sebagai bahan dasar proses pemodelan. Metode ini menghasilkan model 3D sederhana berdasarkan foto yang telah diambil.

#### 3. *Range-based modelling (RBM)*

Sensor yang aktif seperti sinar X digunakan pada metode RBM, Pphotogrammetri, laser scanner serta SAR, yang secara langsung menangkap datageometris dari suatu objek. Namun, sensor tersebut memerlukan pencahayaan buatan atau proyeksi pola.

#### 4. *Combination of image and rangebased modelling*

Metode ini menggabungkan data dari metode *image-based modelling* dan *range-based modelling* untuk meningkatkan kualitas dan akurasi model. Dengan memadukan informasi visual dan kedalaman, model 3D yang dihasilkan akan lebih baik dan terperinci. Biasanya bangun dasar seperti permukaan planer dapat menerapkan *image-base modelling*, namun untuk detail objek yang cukup sulit dapat menerapkan model *range-based modeling* (Adela, 2022).

Dalam penelitian ini peneliti menerapkan metode *Image-based Modelling* (IBM) sebagai acuan dalam pemodelan objek 3d.

### 2.9.2 Tahapan Pemodelan 3D

Berikut ini adalah beberapa tahapan dalam proses pemodelan 3D, yaitu:

1. *Sculpting*

Merupakan proses pembentukan objek 3D dengan cara memahat sehingga menyerupai objek asli. Ini sering digunakan untuk membuat objek organik, karakter, atau bentuk-bentuk yang memerlukan detail yang lebih kompleks. *Sculpting* dapat membuat bentuk dasar objek 3D dengan menambah atau mengurangi detail sesuai yang diinginkan.

2. *Materializing*

Merupakan proses pemberian material atau bahan visual pada objek 3D. Ini mencakup pemilihan dan penyesuaian properti visual seperti warna, kecerahan dan refleksi untuk memberikan objek tampilan yang diinginkan.

3. *Texturing dan Coloring*

*Texturing* merupakan proses pemberian tekstur pada permukaan objek 3D. tekstur memberikan detail visual seperti serat kayu, kerutan, ataupun tekstur berkarat. *Coloring* merupakan proses yang focus pada pemberian warna pada objek. Kedua tahapan ini bekerja sama dalam memberikan tampilan yang lebih realistis dan memperkaya visualisasi objek.

4. *Rendering*

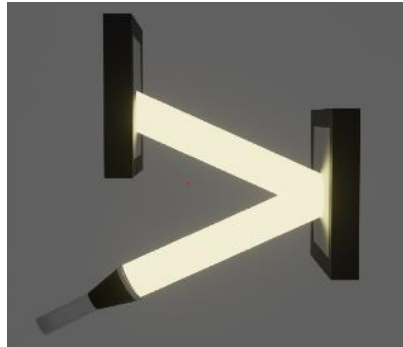
Merupakan proses menghasilkan objek 2D ataupun 3D yang telah dibuat, yang melibatkan shading, pencahayaan, dan pemrosesan visual lainnya untuk menghasilkan gambar akhir dan dapat digunakan untuk presentasi, animasi ataupun produk film. *Rendering* memungkinkan model 3D diubah menjadi gambar dan dapat dilihat ataupun diapresiasi oleh mata manusia.

### 2.10 Objek 3D

Dimensi (3D) merupakan sebuah benda ataupun ruang yang mempunyai tiga dimensi geometris yaitu panjang, tinggi serta lebar yang memiliki bentuk (Hidayah & Amalah, 2020). Contoh 3D objek ataupun benda yaitu piramida, bola atau benda spasial lainnya. Karakteristik dari tiga dimensi merujuk kepada 3D spasial, dimana tiga dimensi menandakan sebuah titik koordinat X, Y, dan Z. Konsep "3D" bisa diterapkan dalam beragam konteks serta terkait dengan aspek lain misalnya format kualitatif tambahan



seperti video 3D, film 3D, dan kacamata 3D. Computer grafik terutama dalam pengembangan 3D, telah mengalami perkembangan yang pesat. Banyak kemudahan dan fitur baru yang diperkenalkan oleh berbagai vendor dalam upaya mereka dalam menarik minat konsumen terhadap produk-produk mereka. Perangkat lunak yang mendukung pembuatan 3D adalah Autodesk Maya atau Blender.



**Gambar 2. 14** Objek 3D

### 2.11 Blender

Blender merupakan sebuah platform pembuatan 3D yang bersifat open source serta gratis. Blender mendukung semua tahapan 3D seperti modelling, rigging, simulasi, animasi, rendering, bahkan pengeditan video serta pembuatan game. Beberapa kelebihan dari Blender adalah sebagai berikut:

1. **Open Source**, aplikasi Blender adalah perangkat lunak sumber terbuka yang memperbolehkan *user* untuk memodifikasi kode sumbernya untuk penggunaan komersial maupun pribadi, selama hal tersebut sesuai dengan ketentuan lisensi perangkat lunak yang bersangkutan.
2. **Multi Platform**, Blender adalah aplikasi *open-source* yang digunakan bagi platform dan sistem operasi, termasuk Mac, Windows, dan Linux. File yang dibuat di Linux tidak akan berubah saat dibuka di Mac atau Windows versi.
3. **Update**, pembaruan aplikasi lebih cepat daripada software lainnya. Update dapat ditemukan di [graphicall.org](http://graphicall.org).
4. **Free**, Blender adalah aplikasi gratis yang memungkinkan siapapun untuk berpartisipasi dalam pengembangannya menjadi lebih baik lagi. Aplikasi ini gratis bukan karena kurang diminati, namun karena fiturnya sangat menakjubkan, dan tidak dapat ditandingkan dengan uang.

5. **Lengkap**, Daripada software 3D lainnya, Blender memiliki fitur yang lengkap seperti Game Engine, Video Editing, Sculpting serta Node Compositing.
6. **Ringan**, Blender tidak membutuhkan banyak sistem untuk bekerja, ini merupakan keunggulannya dibandingkan dengan perangkat lunak sejenis. Blender memiliki prosesor Pentium 4, RAM 512MB, dan kartu grafis VGA onboard yang memungkinkannya beroperasi dengan lancar.
7. **Komunitas Terbuka**, user dapat bergabung dengan komunitas Blender yang sudah ada di dunia tanpa membayar. Mulai dari pemula hingga yang sudah ahli menerima saran dari siapapun secara terbuka, kemudian saling berbagai tips, tutorial dan file juga secara terbuka. Contohnya adalah OPEN MOVIE garapan Blender Institute (Blender Foundation, 2023).

## 2.12 Unity

Unity merupakan salah satu perangkat lunak yang mengolah grafik, suara, gambar dan input lainnya yang digunakan dalam pembuatan game 3D yang cepat dan mudah. Aplikasi ini salah satu *game engine multi-platform* seperti Android, Windows, iOS, Linux, Mac OS, game console (PS, XBOX, nintendo wii) bahkan sampai Smart tv (Unity Technologies, 2023). Untuk mengaktifkan Unity, yang saat ini sedang dikembangkan dalam berbasis Augmented Reality, lisensi diperlukan. Selain itu, Unity tersedia secara gratis untuk pengguna dan dapat didistribusikan dalam bentuk standalone (.exe) dan secara web. Namun, dapat didistribusikan di berbagai platform memerlukan lisensi. Misalnya, saat ingin mengaktifkan sebagai pengguna gratis, langkah pertama adalah mendownload perangkat lunaknya dari situs web resminya. Setelah itu, Unity akan meminta untuk terhubung ke internet untuk aktivasi. Setelah proses aktivasi selesai, Unity akan secara otomatis berjalan dan siap digunakan.

Unity memungkinkan para pengembang untuk dapat menciptakan game ataupun aplikasi yang interaktif dengan grafik dan fitur – fitur khusus seperti animasi, suara, fisika dan lainnya. Unity juga mendukung bahasa pemrograman seperti C#, JavaScript dan boo, sehingga mempermudah para pengembang untuk membuat game dan aplikasi. diberbagai platform.

### 2.13 Vuforia

Vuforia adalah sebuah Kit Pengembangan Perangkat Lunak (SDK) Augmented Reality untuk perangkat seluler yang memfasilitasi pengembangan aplikasi AR. Dengan memanfaatkan teknologi computer vision, Vuforia mampu secara real-time melacak dan mengenali gambar target serta objek 3D sederhana. Keunggulan utama Vuforia adalah stabilitasnya dalam pengenalan gambar dan penyediaan fitur yang memungkinkan aplikasi berjalan lancar di perangkat seluler. Platform Vuforia memungkinkan pengembang menciptakan aplikasi yang dapat dijalankan pada berbagai beragam model handphone serta tablet dengan dukungan sistem operasi Android, iOS dan Unity 3D.

Target Vuforia adalah benda yang terdapat di dunia nyata yang bisa dikenali oleh kamera dan menampilkan benda secara maya. Vuforia memiliki fitur pengenalan objek sebagai berikut:

1. *Image target*

Merupakan target paling umum digunakan, target *Image target* adalah gambar yang berfungsi sebagai penanda, memungkinkan sistem untuk mengenali dan melacaknya. Contoh *image target* meliputi gambar halaman majalah, poster, kartu ucapan, dan sejenisnya.

2. *Multi Target*

Merupakan jenis target yang mampu menampilkan gambar Augmented 3D sederhana karena memiliki banyak gambar target, dan pada tiap target memiliki letak geometri yang dapat diatur.

3. *VuMark Target*

Merupakan jenis target yang unik, dapat berupa logo atau simbol khusus yang dapat diakses atau dideteksi oleh aplikasi. Target *VuMark* dapat digunakan pada suatu produk atau merek tertentu untuk mendapatkan pengalaman AR yang terintegrasi.

4. *Cloud Recognition*

Fasilitas Vuforia yang satu ini adalah solusi pengenalan gambar pada kelas perusahaan yang memungkinkan aplikasi dapat mengenali dan mendeteksi jutaan Image Target. Pengenalan *cloud recogniton* tersedia sebagai Cloud dan Cloud Plus add-ons. Penggunaannya ditentukan dengan jumlah total pengenalan gambar atau “recos”, per bulan yang dilakukan oleh aplikasi. Setiap reco dihitung saat target cocok. Fasilitas

tersebut ideal untuk aplikasi yang membutuhkan banyak target ataupun target yang sering diperbarui.

#### 5. *Model Target*

Target model memungkinkan aplikasi yang dibuat dengan mesin Vuforia untuk mengenali dan mendeteksi bentuk objek di dunia nyata. Contoh-contoh objek yang dapat digunakan termasuk perabotan, peralatan dapur, mobil, dan landmark arsitektur

#### 6. *Cylinder Target*

Salah satu jenis target yang digunakan untuk mampu mendeteksi objek berbentuk silinder ataupun kerucut, seperti botol dan kaleng.

#### 7. *Barcode Scanner*

Jenis target yang satu ini memungkinkan pengguna untuk dapat mendeteksi dan membaca berbagai jenis *barcode* dan kode QR dengan perangkat genggam dan perangkat kaca mata. Dengan melakukan pemindaian beberapa barcode sekaligus secara otomatis akan membantu identifikasi produk secara cepat dan mudah. (Vuforia Library, 2023).

Ada beberapa komponen – komponen penting yang diperlukan agar Vuforia dapat bekerja dengan baik, diantaranya sebagai berikut:

##### a. Kamera

Kamera memiliki peranan krusial dalam menangkap dan meneruskan setiap frame ke tracker. Pengembang hanya perlu memberikan instruksi pada kamera untuk memulai dan menghentikan proses penangkapan gambar.

##### b. *Image Converter*

Suatu komponen yang dapat mengubah citra dari kamera kedalam suatu format yang dapat diproses oleh Vuforia.

##### c. *Tracker*

Tracker merupakan suatu komponen yang dapat mendeteksi dan mengenali image target yang telah ditentukan.

##### d. *Video Background Renderer*

Mengambil *image* melalui kamera yang ada saat ini dan menyimpannya pada objek status. Perangkat yang digunakan memengaruhi kinerja pembuat latar belakang video.

e. *Application Code*

inisiasi seluruh elemen, lalu menjalankan tiga tahap penting pada kode aplikasi, yaitu:

1. *Query state object object* pada marker atau pada target baru yang terdeteksi.
2. Perbaruan logika aplikasi untuk pada tiap inputan terbaru.
3. *Render* grafis *augmented* yang dimasukkan.

f. *Target Resource*

Berupa gambar ataupun objek yang akan menjadi target ataupun marker untuk menampilkan elemen augmented reality (Saputro & Saputra, 2015).

## 2.14 Android

Android pertama kali dibuat oleh Android, Inc. dengan bantuan keuangan dari Google, ditahun 2005 sebelum Google membeli perusahaan tersebut. Platform perangkat lunak ini didasarkan pada kernel Linux dan ditujukan untuk penggunaan pada smartphone dan tablet. Sistem operasi Android secara resmi diperkenalkan di tahun 2007. Fokus antarmuka pengguna Android adalah interaksi langsung dengan layar sentuh dengan melakukan hal-hal seperti yang terjadi di dunia nyata, seperti menggesek, mencubit, mengetuk, serta membalikkan (Sagara, 2008).

Android adalah sistem operasi, aplikasi kunci, dan middleware untuk perangkat seluler. Proses pengembangan aplikasi pada platform Android umumnya melibatkan penggunaan bahasa pemrograman Java. Pembuatan sistem operasi android bertujuan untuk dapat menyediakan *platform* terbuka, sehingga memudahkan pengembang membuat aplikasi baru didalamnya, tidak ada batasan sehingga pengembang dapat lebih berkembang dan kreatif.

## 2.15 Penelitian Terdahulu

Sebelumnya sudah dilakukan beberapa pengembangan teknologi *Augmented Reality* sebagai sarana pembelajaran yang menarik dan interaktif, misalnya penelitian yang dilaksanakan oleh (Nurhasan *et al.*, 2020) peneliti membangun sarana pembelajaran berbasis *augmented reality* mengenai Garuda Wisnu Kencana (GWC), yang merupakan tujuan wisata di Bali. Penelitian ini menerapkan pendekatan *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC). Pada penelitian ini memanfaatkan pendekatan

*Simultaneous Markerless* dengan *library Vuforia SDK* dan menerapkan *Fisher Yates Shuffle* dalam randomisasi soal pada kuis. Hasil uji coba menunjukkan bahwa aplikasi berhasil mencapai tujuannya dengan baik dan berhasil menarik minat belajar peserta didik sebesar 86,3%. Berdasarkan hasil implementasi penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa metode Fisher Yates Shuffle dapat menjadi pilihan yang optimal serta efisien untuk mengacak soal dalam game.

Penelitian yang dilakukan oleh (Ulfa & Dewanto, 2021) bertujuan untuk membuat sebuah aplikasi pendidikan yang memperkenalkan wayang kulit berbasis multimedia dan menggunakan teknologi AR. Dalam penelitian ini, digunakan metode waterfall dalam pengembangannya. Untuk mengacak pertanyaan dalam kuis, aplikasi tersebut menggunakan algoritma Linear Congruent Method (LCM). Hasil uji coba blackbox menunjukkan bahwa aplikasi tersebut mendapat persentase 100%, menunjukkan bahwa aplikasi tersebut layak digunakan dan berfungsi dengan baik. Selain itu, hasil uji coba oleh guru menunjukkan bahwa aspek desain mendapatkan skor 88%, aspek informasi mendapatkan skor 92%, dan materi mendapatkan skor 90%.

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh (Sulistiyowati *et al.*, 2021) membahas mengenai pengenalan rumah adat bagian barat Indonesia dengan menerapkan teknologi *augmented reality* sebagai implementasinya, penelitian bertujuan untuk membuat alat pembelajaran baru yang dapat membantu anak sekolah mempelajari rumah adat Indonesia. Aplikasi yang dibangun menggunakan metode markerbased tracking dan menggunakan metode pengembangan system waterfall. Kemudian terdapat *game* kuis dalam aplikasi yang melibatkan pengacakan soal melalui *Shuffle Random* ntuk mengevaluasi pemahaman setelah mempelajari materi tentang rumah adat. Berdasarkan uji coba yang dilakukan, diperoleh hasil dari beberapa segi yaitu pada segi desain menghasilkan 91% dan segi informasi menghasilkan 91%. Sehingga kesimpulan yang didapat aplikasi ini bekerja dengan baik dan mudah digunakan.

Penelitian ini berbeda dari penelitian sebelumnya dalam hal penggunaan metode pengembangan serta algoritma pengacakan soal yang diterapkan. Penelitian ini menggunakan model pengembangan Hannafin & Peck sebagai metode pengembangan, sedangkan penelitian sebelumnya menggunakan pendekatan lain. Selain itu, algoritma pengacakan soal yang digunakan dalam penelitian ini adalah

Fisher Yates Shuffle, berbeda dari algoritma yang digunakan dalam penelitian sebelumnya. Selain itu, penelitian ini juga menerapkan algoritma Fuzzy Tsukamoto dalam penentuan skor kuis, yang merupakan tambahan dari penelitian sebelumnya.

**Tabel 2. 2** Tabel Penelitian Terdahulu

No.	Penulis	Algoritma/Teknologi	Tahun	Keterangan
1	Murfi & Rukun	<i>Augmented Reality</i> pada perangkat jaringan komputer	2020	Penelitian bertujuan untuk menciptakan sarana belajar berbasis augmented reality serta sumber daya pembelajaran alternatif yang mendukung pemahaman pengenalan perangkat jaringan komputer bagi guru dan siswa. Penelitian ini menerapkan metode penelitian dan pengembangan (R&D). Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan augmented reality sebagai media pembelajaran sangat mudah digunakan dan bermanfaat bagi guru dan siswa. Media pembelajaran yang dibuat telah terbukti berhasil, sesuai, dan cocok untuk diterapkan dalam proses pembelajaran.
2	Nurhasan <i>et al.</i> ,	<i>Augmented Reality</i> pada media pembelajaran wisata dan menerapkan	2020	Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan media belajar berbasis Augmented Reality (AR) tentang Garuda Wisnu Kencana (GWK), sebuah tujuan wisata terkenal di Bali. Dalam

No.	Penulis	Algoritma/Teknologi	Tahun	Keterangan
		Fisher Ytaes Shuffle		penelitian ini, digunakan metode Fisher Yates Shuffle dalam mengacak soal pada kuis yang disediakan dalam aplikasi. Hasil uji coba menunjukkan bahwa aplikasi berhasil mencapai tujuan dengan baik dan berhasil menarik minat belajar peserta didik, dengan presentase kepuasan sebesar 86,3%. Hasil implementasi menunjukkan metode Fisher Yates Shuffle efektif dan efisien dalam mengacak soal game.
3	Ulfa & Dewanto	<i>Augmented Reality</i> dengan Implementasi Algoritma <i>Linear Congruent Method</i>	2021	Penelitian ini bertujuan untuk membuat aplikasi pembelajaran yang membahas pengenalan wayang kulit dengan dukungan multimedia dan teknologi augmented reality. Untuk mengacak kuis, media ini menggunakan algoritma Metode Linear Congruent (LCM). Hasil pengujian blackbox menunjukkan persentase 100%, menandakan bahwa aplikasi ini layak digunakan dan berfungsi dengan baik. Pengujian terhadap guru menunjukkan hasil 88% dari segi desain, 92% dari segi informasi, dan 90% segi materi.



No.	Penulis	Algoritma/Teknologi	Tahun	Keterangan
4	Sulistiyowati <i>et al.</i> ,	Augmented Reality sebagai pengenalan objek rumah adat	2021	Tujuan penelitian ini adalah menciptakan metode pembelajaran baru bagi anak sekolah dalam mempelajari tentang rumah adat Indonesia. Algoritma Shuffle Random diimplementasikan dalam game kuis. Aplikasi ini terbukti mudah digunakan dan berfungsi dengan baik, dengan tingkat kepuasan mencapai 91% untuk aspek desain dan 91% untuk aspek informasi, berdasarkan hasil uji coba.
5	Yang <i>et al.</i> ,	Augmented Reality pada media pembelajaran matematika	2022	Tujuan penelitian ini yaitu mengembangkan media belajar materi matematika yang memanfaatkan Augmented Reality (AR) untuk membantu siswa kelas dua sekolah dasar dalam mempelajari konsep bangun ruang dan bangun datar. Hasil dari pengujian aplikasi menunjukkan kesesuaian dan kemampuan penggunaan yang baik berdasarkan hasil uji coba blackbox.

## **BAB 3**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Tujuan Khusus Penelitian**

Tujuan dari pengembangan berikut yaitu menciptakan sebuah produk berupa media belajar yang menggunakan platform Android yang memanfaatkan teknologi AR untuk mengajarkan materi tentang sifat-sifat cahaya dalam pelajaran IPA di tingkat sekolah dasar. Diharapkan aplikasi dapat membantu peserta didik kelas IV SD untuk memahami dan menguasai materi mengenai materi sifat-sifat cahaya.

Tujuan spesifik pengembangan adalah menjelaskan tahapan model pengembangan yang mencakup:

1. Melakukan tahapan analisis kebutuhan.
2. Melakukan tahapan mendesain.
3. Melakukan tahap pengembangan dan implementasi.

#### **3.2 Subjek dan Objek Penelitian**

Penilaian media pembelajaran adalah subjek penelitian pengembangan media pembelajaran ini. Berikut adalah para responden yang akan melakukan penilaian:

a. Ahli Media

Ahli media adalah seseorang yang memahami pengembangan serta pemanfaatan media. Peran ahli media dalam pengembangan media pembelajaran yaitu untuk memberikan saran serta masukan mengenai kualitas media pembelajaran *augmented reality* materi sifat – sifat cahaya.

b. Ahli Materi

Ahli materi adalah seseorang yang memiliki pengetahuan tentang materi pembelajaran. Ahli materi pada penelitian ini merupakan seseorang yang sangat menguasai materi sifat – sifat cahaya. Ahli materi yang ideal dalam kasus ini adalah guru pengampu mata pelajaran IPA.

### c. Pengguna

Peserta didik tingkat SD kelas 4 merupakan target utama pengguna dari media pembelajaran *augmented reality* ini. Mereka adalah orang yang akan menggunakan produk ini untuk memperoleh pemahaman materi pembelajaran mengenai sifat-sifat cahaya dengan bantuan teknologi augmented reality.

Penelitian ini berfokus pada pengembangan media belajar Augmented Reality terkait dengan topik ataupun materi tentang sifat-sifat cahaya.

## 3.3 Metode Pengumpulan Data

### 3.3.1 Observasi

Teknik pengumpulam dataa dilakukan dengan mengadakan peninjauan langsung pada permasalahan dan objek penelitian yng diambil. Kemudian mengamati penggunaan media dan metode mengajar dalam menyampaikan materi dikelas. Metode yang digunakan adalah observasi yang terbuka, yang berarti peneliti berpartisipasi secara langsung dalam pengamatan situasi nyata di lapangan. Kegiatan observasi dilakukan dan digunakan pada tahap analisis kebutuhan.

### 3.3.2 Wawancara

Wawancara tidak terstruktur menjadi pilihan dari metode yang dibawakan dalam sesi pengumpulan data. Metode wawancara tidak mengikuti pedoman wawancara yang sudah disusun dengan sistematis serta lengkap. pertanyaan yang diajukan berdasarkan kebutuhan pengumpulan data. Wawancara dilakukan dan digunakan pada tahap anlisis kebutuhan.

## 3.4 Data Terkumpul

Berikut ini beberapa data – data yang didapatkan dari hasil observasi dan wawancara, yaitu:

1. Pengguna media pembelajaran berbasis *augmented reality* ini yaitu peserta didik kelas IV sekolah dasar, yang mana jumlah peserta didiknya yaitu 30 peserta.
2. Sekolah yang dijadikan sebagai tempat penelitian yaitu SDN 101830 Tanjung Selamat.

3. Materi yang dibahas pada aplikasi *augmented reality* ini adalah materi sifat – sifat cahaya. Referensi materi sifat – sifat cahaya terdapat pada buku tematik siswa kelas IV tema 5 yang berjudul “Pahlawanku”.
4. Kemudian, terdapat menu kuis dalam aplikasi *augmented reality* ini, di mana bank soal berisi 50 pertanyaan. Setelah dilakukan pengacakan, hanya 10 pertanyaan yang akan ditampilkan dan dijawab oleh pengguna.
5. Terdapat dua ahli yang akan memberikan penilaian terhadap media pembelajaran berbasis *augmented reality* yang dibuat yaitu ahli materi yang akan menilai materi yang terdapat pada aplikasi dan ahli media yang akan menilai kualitas media pembelajaran *augmented reality* yang sudah dibuat.

### 3.5 Instrumen Penelitian

Metode pengumpul data yaitu teknik ataupun pendekatan yang digunakan dalam pengumpulan informasi atau data dalam suatu penelitian. Namun, alat yang digunakan peneliti untuk mengumpulkan dan mendapatkan data dikenal sebagai instrumen pengumpul data. Untuk pengakumulasian data penelitian ini, peneliti memanfaatkan angket ataupun kuesioner. Salah satu metode pengumpulan data adalah kuesioner, yang memberikan responden runtutan pernyataan tertulis dan meminta mereka untuk mengisi atau menjawab pertanyaan. (Sugiyono, 2017:142). Angket akan diberikan kepada ahli media dan ahli materi yang terdiri dari dosen dan guru pengampu mata pelajaran. Kuesioner ini menggunakan model kuesioner tertutup, dimana pilihan jawaban sudah tersedia pada angket dan akan dipilih oleh responden.

#### 3.4.1 Instrumen untuk Ahli Media

Instrumen validasi kelayakan media diperuntukkan bagi pakar media. Validasi yang dilakukan ahli media bertujuan untuk menilai kesesuaian sarana belajar dari berbagai aspek. Proses ini melibatkan penggunaan lembar validasi yang berisi pernyataan-pernyataan, di mana ahli media memberikan penilaian, masukan serta saran untuk perbaikan jika diperlukan. Aspek, indikator serta pernyataan – pernyataan yang digunakan bersumber dari penelitian yang dilakukan oleh (Ernawati, 2017) yang telah dimodifikasi.

**Tabel 3. 1** Tabel Instrumen Ahli Media

No	Aspek	Indikator	Jumlah butir
1	Desain Tampilan ( <i>User Interface</i> )	<i>Display</i>	3
		Kualitas teks	3
		Audio	3
2	<i>Auxiliary information</i>	Petunjuk penggunaan	3
3	<i>Navigation</i>	Bantuan navigasi	3
4	Penggunaan Bahasa	Penggunaan bahasa yang tepat dan sesuai	3

### 3.4.2 Instrumen untuk Ahli Materi

Instrumen validasi kelayakan materi ditujukan kepada pakar Materi. Tujuan dari validasi kelayakan adalah untuk menguji kecocokan media pembelajaran dengan aspek materi. Proses validasi ini menggunakan lembar penilaian yang berisi pernyataan-pernyataan, di mana pakar materi menilai dan menyarankan perbaikan jika diperlukan. Aspek, indikator serta pernyataan – pernyataan yang digunakan bersumber dari penelitian yang dilakukan oleh (Sagara, 2022) yang telah dimodifikasi.

**Tabel 3. 2** Tabel Instrumen Ahli Materi

No	Aspek	Indikator	Jumlah butir
1	Kurikulum	Keselarasan SK dan KD dengan Materi	3
2	Penyajian Materi	Penyajian materi lengkap dan sistematis	3
		Penyajian materi dikomponen media tepat dan kedalaman materi baik	3
3	Penggunaan Bahasa	Penggunaan bahasa yang tepat dan sesuai	3
4	Manfaat	Media pendukung dapat digunakan dalam menjelaskan materi	3

### 3.4.3 Instrumen untuk pengguna

Penelitian ini mengumpulkan data dengan memanfaatkan angket atau kuesioner. Fokus penggunaan kuesioner yaitu untuk mengetahui seberapa bersemangat peserta didik untuk menggunakan media pembelajaran Augmented Reality (AR) dalam pembelajaran sifat-sifat cahaya. Aspek, indikator serta pernyataan – pernyataan yang digunakan bersumber dari penelitian yang dilakukan oleh (Pratama, 2018) yang telah dimodifikasi.

**Tabel 3. 3** Tabel Instrumen Angket Motivasi Pengguna

No	Indikator	Angket Motivasi	
		Nomor Pernyataan Positif	Nomor Pernyataan Negatif
1	Perhatian ( <i>Attention</i> )	10,11,17	9,12,18
2	Relevansi ( <i>Relevance</i> )	6,8,19	3,13,20
3	Percaya Diri ( <i>Convidence</i> )	1,16,21	2,5,22
4	Kepuasan ( <i>Satisfaction</i> )	4,7,23	14,15,24

### 3.6 Teknik Analisis Data

Untuk mengevaluasi kelayakan dari media pembelajaran yang dibuat, maka dibutuhkan adanya validasi dari ahli. Setelah meninjau media belajar yang telah dibuat oleh peneliti, maka para pakar akan memberikan kritikan dan saran yang membangun terhadap media belajar yang akan dibuat. Kritikan dan masukan tersebut akan menjadi landasan untuk memperbaiki produk agar lebih baik lagi. Produk akan diberikan penilaian setelah diperbaiki sesuai dengan masukan para ahli. Setelah dievaluasi secara deskriptif kualitatif, data penilaian yang dikumpulkan oleh validator akan digunakan sebagai referensi untuk revisi produk, sehingga menghasilkan produk yang memiliki kualitas dan kelayakan yang baik. Validator akan menilai desain produk yang dibuat dengan menggunakan lembar validasi.

Skala Likert, yang mencakup beberapa pernyataan positif atau negatif tentang suatu hal, digunakan sebagai pengukur hasil penilaian seluruh aspek. Prinsipnya adalah untuk menetapkan posisi seseorang dalam suatu urutan sikap terhadap sesuatu, dimulai sikap sangat negatif hingga sangat positif. Butir jawaban dikategorikan

kedalam tiga pilihan, empat pilihan ataupun lima pilihan. Pedoman penskoran yang diterapkan adalah sebagai berikut:

**Tabel 3. 4** Tabel Pedoman Skor Penilaian

Penilaian	Keterangan	Skor	Skor
		Positif	Negatif
SS	Sangat Setuju	5	1
S	Setuju	4	2
RR	Ragu-Ragu	3	3
TS	Tidak Setuju	2	4
STS	Sangat Tidak Setuju	1	5

Kemudian informasi dan data yang didapat dianalisis untuk melihat kelayakan media dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

P = Skor yang dihitung

S = Jumlah skor yang didapat

N = Jumlah skor maksimal

Hasil yang didapatkan akan diubah menjadi bentuk kualitatif yang mengacu pada table interpretasi skor kelayakan yang dikemukakan oleh Arikunto & Safruddin (2010), seperti berikut:

**Tabel 3. 5** Tabel Kriteria Kelayakan Media

No	Skor Persen	Kategori
1	<21 %	Sangat Tidak Layak
2	21-40 %	Tidak Layak
3	41-60 %	Cukup
4	61-80 %	Layak
5	81 – 100 %	Sangat Layak

### 3.7 Prosedur Pengembangan

Pengembangan media pembelajaran *augmented reality* materi sifat-sifat cahaya menggunakan kerangka kerja Hannafin and Peck. Model tersebut mencakup tiga tahapan utama, analisis kebutuhan, desain, dan pengembangan serta implementasi, dimana disetiap fasenya akan dilakukan evaluasi dan revisi sehingga aplikasi yang dibuat menjadi lebih baik dan layak untuk digunakan.

#### 3.6.1 Analisis Kebutuhan

Fase pertama dalam pembuatan platform media belajar interaktif yaitu analisis kebutuhan. Tahapan ini bertujuan untuk menemukan segala hal yang dibutuhkan yang terkait dengan pengembangan media belajar yang interaktif. Analisis kebutuhan mencakup analisis tujuan pembelajaran, pengguna, materi, serta analisis media yang digunakan. Dalam tahap analisis, dilakukan observasi langsung, serta wawancara dengan guru IPA dan peserta didik.

#### 3.6.2 Desain

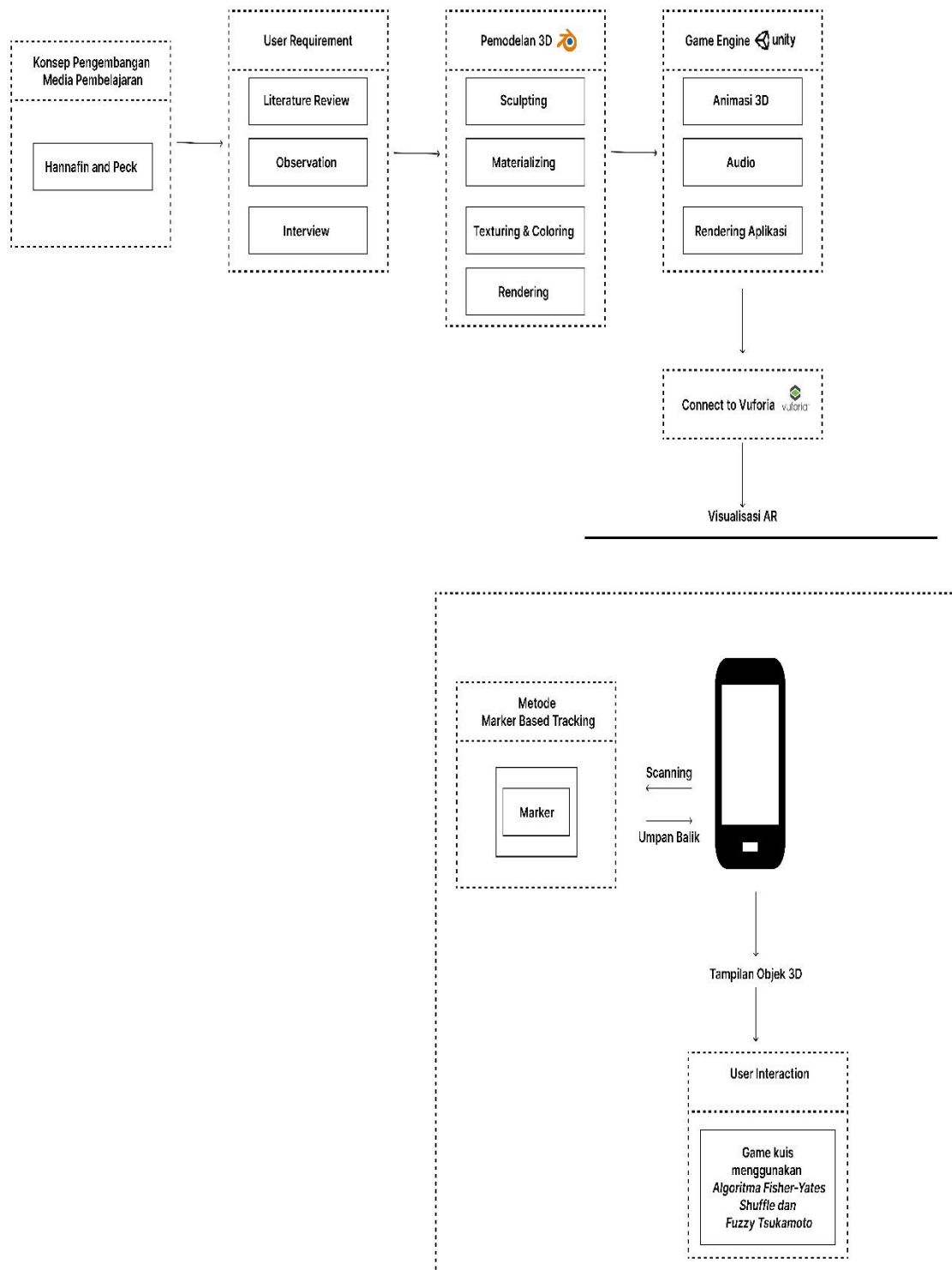
Pada fase desain, informasi yang telah didapat pada fase analisis kebutuhan akan dibuat menjadi bentuk dokumen, dimana dokumen tersebut akan menjadi acuan pada pengembangan media pembelajaran. Tujuan fase ini yaitu untuk menemukan serta mencatat metode yang paling efektif untuk memenuhi tujuan pembuatan media pembelajaran. Dalam tahap desain, pengembangan difokuskan pada rancangan sarana pembelajaran. Pada fase desain akan menghasilkan dokumen berupa *flowchart*, *activity diagram* dan *storyboard* yang dibuat berdasarkan kebutuhan peserta didik dan berdasarkan hasil analisa kebutuhan. *Flowchart*, *activity diagram*, *storyboard* dan *wireframe* digunakan untuk mempermudah pengembangan suatu media agar dapat berjalan sesuai dengan spesifikasi produk. Dengan menggunakan *flowchart*, *activity diagram*, *storyboard* dan *wireframe* desain media pembelajaran yang akan dibuat menjadi lebih tergambar dengan jelas bagaimana pengoperasian aplikasi ini nantinya.

Evaluasi dan revisi dilakukan sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya, pada fase desain penilaian akan dilakukan dengan cara berdiskusi dengan dosen pembimbing.



### 3.7.2.1 Arsitektur Umum

Berikut adalah arsitektur umum perancangan sistem:



**Gambar 3. 1** Arsitektur Umum

Pada penelitian ini, arsitektur umum dari perancangan sistem ditunjukkan pada gambar 3.1, berikut ini kerja sistem arsitektur umum:

### 1. Konsep Pengembangan Pendidikan

Model pengembangan Hannafin and Peck diterapkan di penelitian ini. Hannafin and peck mencakup dari tiga tahap, yaitu sebagai berikut:

- Analisa kebutuhan

Analisa kebutuhan adalah tahap awal dari model pengembangan Hannafin dan Peck. Pada tahapan pertama, berbagai kebutuhan untuk pembuatan media pembelajaran diidentifikasi, termasuk analisis tujuan pembelajaran, analisis pengguna, analisis materi, dan analisis media yang digunakan.

- Desain

Tahapan kedua adalah desain. Tahap desain memiliki tujuan untuk menemukan dan mendokumentasikan teknik yang paling baik untuk menggapai tujuan pembuatan media belajar. Seluruh informasi yang diperoleh dari tahap analisis kebutuhan akan disusun menjadi dokumen yang akan dimanfaatkan sebagai referensi untuk membuat media belajar. Hasil yang didapat berupa dokumen peta jalan aplikasi, *activity diagram*, *storyboard*, *wireframe* dan pemodelan 3D yang dibuat berdasarkan kebutuhan peserta didik yang dibuat berdasarkan analisa kebutuhan.

- Pengembangan dan implementasi

Tahapan ketiga, pengembangan serta implementasi, akan menghasilkan diagram alir, pengujian, dan penilaian. Dokumen yang telah dibuat pada tahap desain seperti peta jalan aplikasi, *activity diagram*, *storyboard*, *wireframe* dan pemodelan 3D akan menjadi landasan dalam proses pembuatan aplikasi media pembelajaran.

Dalam model pengembangan hannafin and peck, evaluasi dan revisi perlu dijalankan dalam setiap tahapan.

### 2. *User Requirement*

Untuk mendapatkan data dan informasi kebutuhan pengguna, peneliti melakukan beberapa kegiatan yaitu sebagai berikut:

- *Observation*, merupakan aktivitas yang dilakukan dengan mengamati secara Langsung suatu objek tertentu untuk memperoleh data. Observasi dilakukan di SDN 101830 Tanjung Selamat.
- *Interview*, merupakan aktivitas tanya jawab secara lisan untuk mendapatkan informasi. wawancara dilakukan dengan guru pengampu mata pelajaran.
- *Literature Review*, merupakan proses membaca sejumlah referensi yang bertujuan sebagai pengumpulan data. Referensi dapat berupa buku, jurnal, artikel dan sumber lainnya.

### 3. Pemodelan 3D

Pemodelan 3D dibuat menggunakan aplikasi *Blender*; berikut ini beberapa tahapan dalam pemodelan 3D yaitu:

- *Sculpting*, merupakan proses pembentukan objek 3D dengan cara memahat sehingga menyerupai objek asli. *Sculpting* dapat membuat bentuk dasar objek 3D dengan menambah ataupun mengurangi detail, menyesuaikan bentuk dan tekstur sesuai dengan detail yang diinginkan.
- *Materializing*, tahap *materializing* yaitu memberikan material ataupun bahan pada objek 3D, misalnya seperti mengatur kecerahan, warna dan transparansi sehingga objek yang dibuat terlihat seperti objek sesungguhnya.
- *Texturing & Coloring*, proses memberikan tekstur pada permukaan model 3D yang dibuat sehingga membuat objek terlihat realistis. Kemudian memberikan warna pada objek 3D dengan tujuan untuk memberikan *finishing touch* sehingga terlihat lebih hidup dan menarik.
- *Rendering*, merupakan tahap akhir dalam pemodelan 3D. Pada tahap *rendering* model 3D yang telah dibuat akan diekspor agar dapat diaplikasikan kedalam *Game Engine*.

### 4. Game Engine

*Game engine* dibuat menggunakan *Unity*, penjelasannya sebagai berikut:

- Animasi 3D  
Membuat gerakan - gerakan pada objek 3D yang sudah dibuat, agar tampilan objek terlihat lebih nyata.
- Audio  
Menambahkan suara yang diperlukan kedalam *Unity*, sehingga nantinya akan membuat aplikasi lebih menarik dan interaktif.

- Rendering Aplikasi

Pada tahap rendering, aplikasi akan di render dalam bentuk .apk, sehingga user dapat menginstall aplikasi yang sudah dibuat pada perangkat *android*.

5. *Connect to Vuforia*

Vuforia SDK yang diberikan oleh Qualcomm, memfasilitasi semua pengembang dalam pembuatan aplikasi Augmented Reality dengan menyediakan berbagai alat dan sumber daya yang diperlukan. Vuforia dapat digunakan sebagai database *marker* yang akan digunakan. Kemudian vuforia akan dihubungkan dengan Unity, sehingga memungkinkan pengembang untuk mengakses fitur – fitur Vuforia langsung dari Unity. Dengan menggunakan teknologi visi komputer, Vuforia dapat melacak dan mendeteksi gambar serta objek 3D menggunakan kamera.

6. Visualisasi AR

Aplikasi *augmented reality* menggunakan *metode markerbased tracking*, dimana user akan melakukan scan marker menggunakan kamera smartphone, jika terdeteksi dan valid maka akan menampilkan objek 3D beserta deskripsi objek 3D.

7. *User Interaction*

User dapat bermain kuis, permainan kuis merupakan salah satu kegiatan yang dilakukan pada *metode assessment for learning*. Permainan kuis bertujuan untuk menilai pemahaman peserta didik akan materi sifat – sifat cahaya. Permainan kuis dibuat menggunakan aplikasi *Unity*. Kemudian pada kuis juga menerapkan *Algoritma Fisher-Yates Shuffle* dan *Algoritma Fuzzy Tsukamoto*. Tujuan penerapan keduanya pada aplikasi adalah sebagai berikut:

- *Fisher Yates Shuffle*

Fisher-Yates shuffle diterapkan untuk merandomisasi urutan elemen dalam suatu himpunan terhingga, sehingga menghasilkan permutasi acak dari himpunan tersebut. Penerapan algoritma ini pada aplikasi bertujuan untuk melakukan pengacakan soal – soal kuis. Sehingga soal yang muncul akan berbeda dalam setiap permainan

- *Fuzzy Tsukamoto*

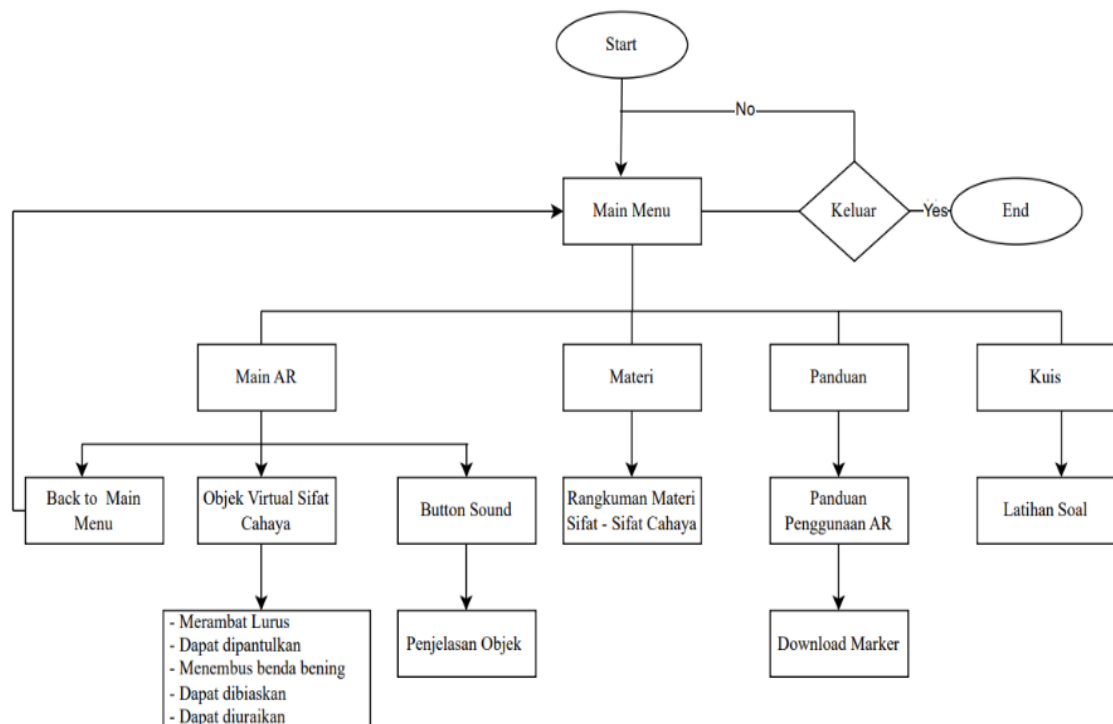
Penerapan *Fuzzy Tsukamoto* pada aplikasi bertujuan untuk digunakan sebagai pendukung keputusan dalam penentuan *score* akhir pada game kuis berdasarkan jawaban dan waktu yang didapatkan user saat bermain kuis.

### 8. Output

Output yang dihasilkan adalah augmented reality materi sifat – sifat cahaya yang bisa digunakan sebagai media pembelajaran.

#### 3.7.2.2 Peta Jalan Penggunaan Aplikasi

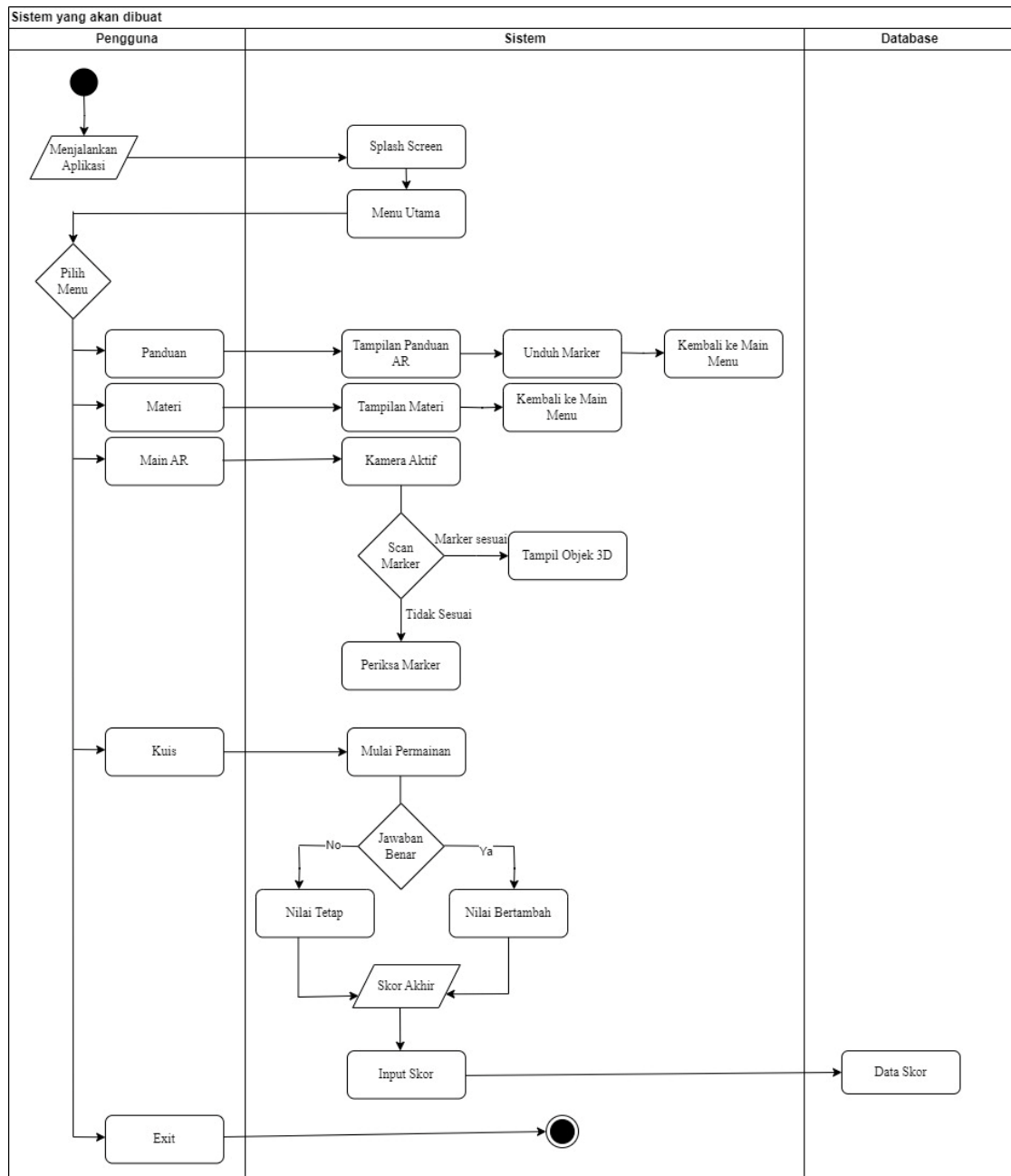
Berikut adalah peta jalan penggunaan aplikasi yang terdapat pada aplikasi AR media pembelajaran materi sifat-sifat cahaya:



**Gambar 3. 2** Peta Jalan Penggunaan Aplikasi

#### 3.7.2.3 Activity Diagram

Tahap berikutnya adalah membuat *activity diagram* untuk menunjukkan kegiatan yang terjadi pada sistem. Di bawah ini adalah diagram aktivitas untuk aplikasi AR media pembelajaran materi sifat-sifat cahaya:



**Gambar 3.3** Activity Diagram


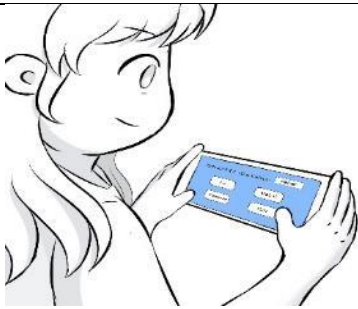

Hal pertama yang dilakukan *user* adalah membuka aplikasi sehingga akan muncul beberapa menu utama yang dapat dipilih oleh *user*. Pada menu Panduan, akan muncul tata cara penggunaan aplikasi dan terdapat tombol unduh untuk mengunduh marker yang terdapat pada *gdrive*. Pada menu Materi, *user* dapat membaca materi sifat – sifat cahaya lebih terperinci lagi. Pada menu AR, *user* melakukan *scan* marker sehingga dapat memunculkan objek 3D. Kemudian terdapat menu Kuis, dimana *user* dapat bermain kuis setelah mempelajari materi sifat-sifat cahaya. Pada menu Kuis, nantinya akan ada skor akhir setelah *user* bermain kuis, skor akhir tersebut akan

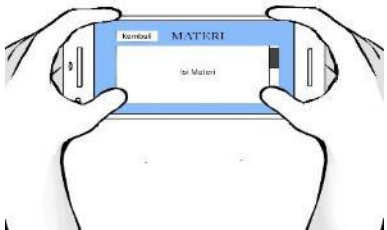



disimpan pada *database* dengan format txt. *Database* ini terkenal dengan kesederhanaannya dalam pembuatannya dan juga protabilitasnya sehingga dapat dibuka diberbagai *platform*.

#### 3.7.2.4 Storyboard

*Storyboard* dibuat untuk memudahkan proses pembuatan aplikasi. Dalam *storyboard* akan menampilkan halaman-halaman yang akan ditampilkan menggambarkan interaksi yang dilakukan pengguna dengan aplikasi yang dibangun dalam bentuk sketsa. Berikut ini merupakan *Storyboard* pada aplikasi AR media pembelajaran materi sifat-sifat cahaya:

**Tabel 3. 6** Tabel *Storyboard*

No	Tampilan	Keterangan
1		<i>Scene</i> pertama menampilkan keadaan dimana <i>user</i> membuka aplikasi ARSHine, dan saat membuka aplikasi maka akan muncul <i>splashscreen</i> yang menampilkan nama aplikasi.
2		<i>Scene</i> kedua menampilkan keadaan dimana <i>user</i> berada pada halaman menu utama. Ada empat menu yaitu Menu AR, Menu Panduan, Menu Materi, serta Menu Kuis.
3		<i>Scene</i> ketiga menampilkan keadaan dimana <i>user</i> membuka menu panduan, menu panduan berisi instruksi penggunaan <i>augmented reality</i> . Pengguna dapat mengunduh marker yang akan digunakan pada penggunaan <i>augmented reality</i> .


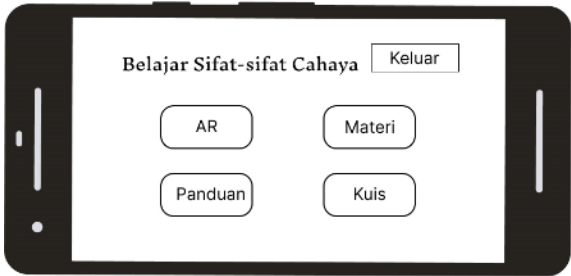
No	Tampilan	Keterangan
4		<p><i>Scene</i> keempat menampilkan keadaan dimana <i>user</i> membuka menu materi, <i>user</i> dapat membaca rangkuman materi mengenai sifat-sifat cahaya dan mempelajarinya.</p>
5		<p><i>Scene</i> kelima menampilkan keadaan dimana <i>user</i> memilih menu main AR, kemudian <i>user</i> melakukan <i>scan marker</i> sehingga memunculkan objek 3D</p>
6		<p><i>Scene</i> keenam menampilkan keadaan dimana <i>user</i> bermain kuis, setelah membaca panduan, membaca materi dan bermain AR, <i>user</i> bermain kuis untuk mengukur pemahaman mereka akan materi sifat-sifat cahaya.</p>
7		<p><i>Scene</i> ketujuh, setelah <i>user</i> bermain kuis dan mendapatkan skor akhir, maka <i>user</i> dapat menginput skor terbaru. Skor yang lebih tinggi akan menggantikan posisi skor yang lebih rendah untuk ditampilkan pada <i>list highscore</i>.</p>


### 3.7.2.5 Wireframe


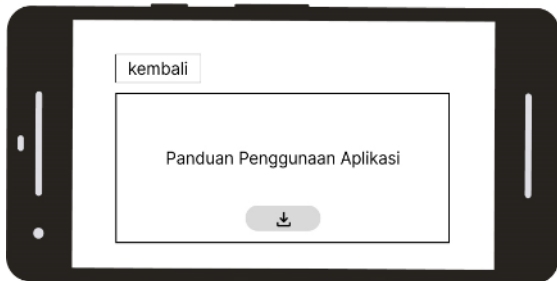
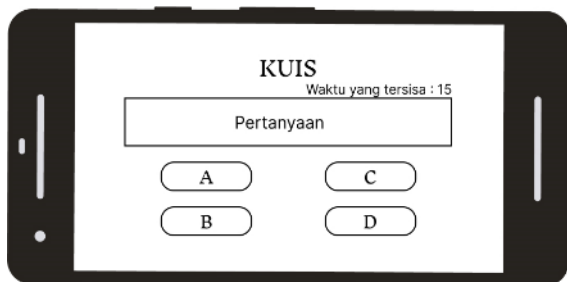
*Wireframe* merupakan representasi visual sederhana yang digunakan untuk merencanakan ataupun menggambarkan elemen-elemen utama dalam sebuah aplikasi, misalnya seperti posisi konten, navigasi ataupun fitur lainnya.




Tabel 3. 7 Tabel Wireframe

No	Nama	Desain	Keterangan
1	<b>Layar Splash</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Layar splash dalah suatu antarmuka terdiri dari halaman yang berisi gambar atau logo, dan nama aplikasi AR.</li> </ul>
2	<b>Menu Utama</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Saat Aplikasi dibuka maka menu utama akan menampilkan menu-menu yaitu AR, Materi, Panduan, dan tentunya Kuis.</li> <li>Menu AR untuk membuka aplikasi AR</li> <li>Menu Materi berisi ringkasan materi sifat – sifat cahaya.</li> <li>Menu Panduan berisi penjelasan panduan penggunaan aplikasi</li> <li>Menu kuis merupakan <i>user interaction</i>, dimana <i>user</i> dapat bermain kuis</li> <li>Tombol keluar digunakan untuk meninggalkan aplikasi.</li> </ul>

No	Nama	Desain	Keterangan
3	<b>Menu AR</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Di menu AR <i>user</i> melakukan scan marker sehingga menampilkan objek 3D.</li> <li>• Tombol suara digunakan untuk memberikan penjelasan terkait objek yang ditampilkan</li> <li>• Tombol zoom-in digunakan untuk memperbesar 3D objek.</li> <li>• Tombol zoom-out digunakan untuk memperkecil 3D objek.</li> <li>• Tombol putar digunakan untuk memutar objek 3D.</li> <li>• Tombol lanjut untuk lanjut ke objek berikutnya.</li> <li>• Tombol <i>back</i> untuk kembali ke Menu Utama.</li> </ul>
4	<b>Menu Materi</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materi yang dipilih oleh user mengenai sifat – sifat cahaya.</li> </ul>

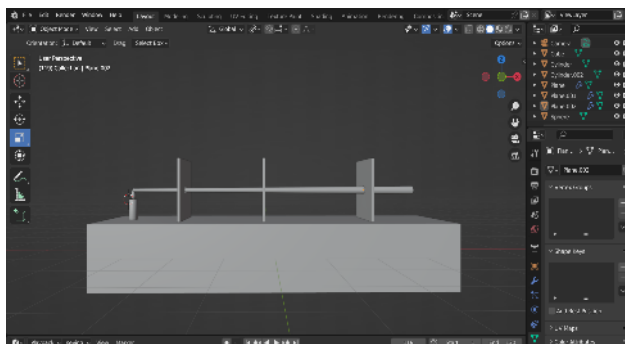
No	Nama	Desain	Keterangan
			<p>User dapat melakukan <i>scroll</i> untuk melihat dan membaca materi.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tombol <i>back</i> untuk kembali ke Menu Utama.</li> </ul>
5	<b>Menu Panduan</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Halaman panduan berisi tentang panduan penggunaan <i>Augmented Reality</i>.</li> <li>Tombol download untuk unduh marker.</li> <li>Tombol <i>back</i> untuk kembali ke Menu Utama.</li> </ul>
6	<b>Menu Kuis</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Pada menu kuis <i>user</i> akan menjawab pertanyaan yang muncul dengan memilih salah satu jawaban yang benar.</li> <li>Terdapat batas waktu untuk <i>user</i> dalam menjawab setiap soal.</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Pada akhir permainan terdapat 2 tombol yaitu <b><i>Coba lagi</i></b> dan <b><i>Home</i></b> (balik ke menu utama).</li> <li>Penentuan skor</li> </ul>

No	Nama	Desain	Keterangan
			didasarkan pada jawaban atas pertanyaan dan waktu yang diperlukan untuk menjawab, diproses dengan metode Fuzzy Tsukamoto, yang menghasilkan bintang dan skor akhir

### 3.7.2.6 Pemberian Tekstur dan Warna

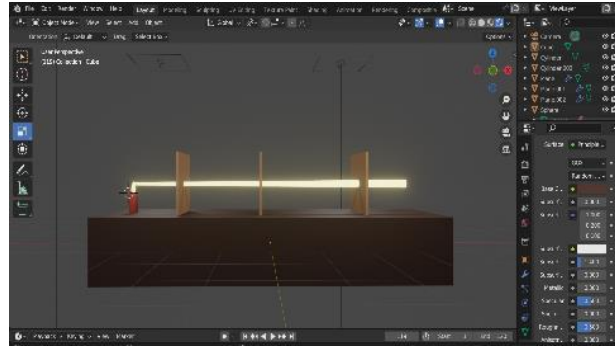
Sebelum ketahap pembuatan aplikasi tentunya harus membuat model objek 3D terlebih dahulu. Objek 3D merupakan hal utama dalam sistem aplikasi AR ini. Berikut proses pembuatan objek 3D yang digunakan:

#### 1. Model 3D Sifat Cahaya Merambat Lurus



**Gambar 3. 4** Rancangan Model 3D Sifat Cahaya Merambat Lurus

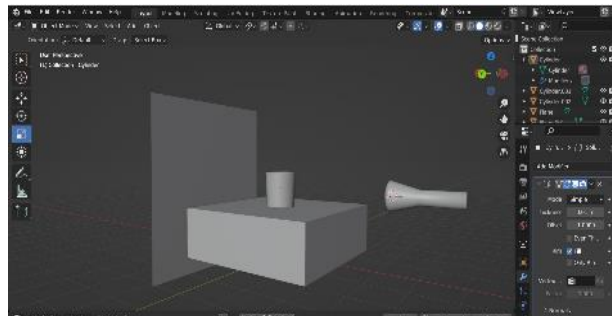
Model sifat cahaya merambat lurus yang menjadi objek 3D merupakan implementasi dari objek 2D sifat cahaya yang terdapat pada buku pelajaran.



**Gambar 3.5** Texture dan Warna Sifat Cahaya Merambat Lurus

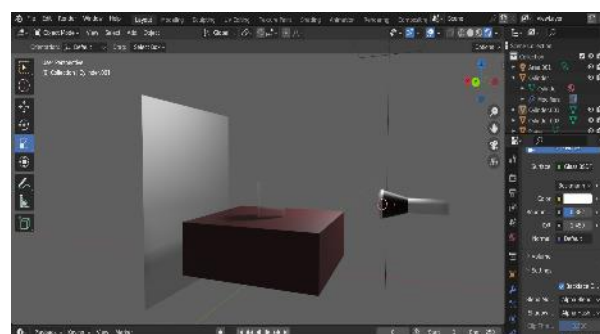
Gambar 3.5 menunjukkan model 3D cahaya merambat lurus yang sudah diberi tekstur dan warna

## 2. Model 3D Sifat Cahaya Menembus Benda Bening



**Gambar 3.6** Rancangan Model 3D Sifat Cahaya Menembus Benda Bening

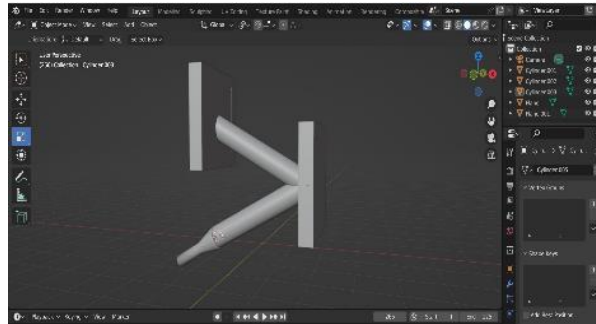
Model sifat cahaya menembus benda bening yang menjadi objek 3D merupakan implementasi dari objek 2D sifat cahaya yang terdapat pada buku pelajaran.



**Gambar 3.7** Texture dan Warna Sifat Cahaya Menembus Benda Bening

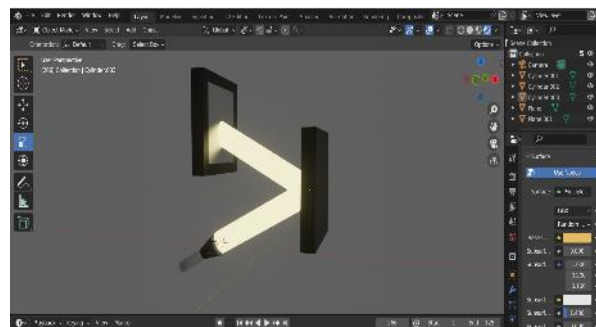
Gambar 3.7 menunjukkan model 3D cahaya merambat lurus yang sudah diberi tekstur dan warna

### 3. Model 3D Sifat Cahaya Dapat dipantulkan



**Gambar 3. 8** Rancangan Model 3D Sifat Cahaya Dapat dipantulkan

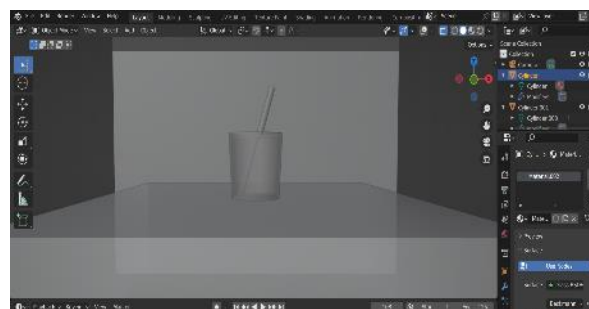
Model sifat cahaya dapat dipantulkan yang menjadi objek 3D merupakan implementasi dari objek 2D sifat cahaya yang terdapat pada buku pelajaran.



**Gambar 3. 9** Textur dan Warna Model 3D Sifat Cahaya Dapat dipantulkan

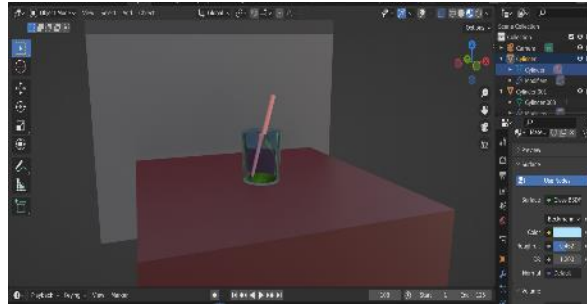
Gambar 3.9 menunjukkan model 3D cahaya merambat lurus yang sudah diberi tekstur dan warna

### 4. Model 3D Sifat Cahaya Dapat dibiaskan



**Gambar 3. 10** Rancangan Model 3D Sifat Cahaya Dapat dibiaskan

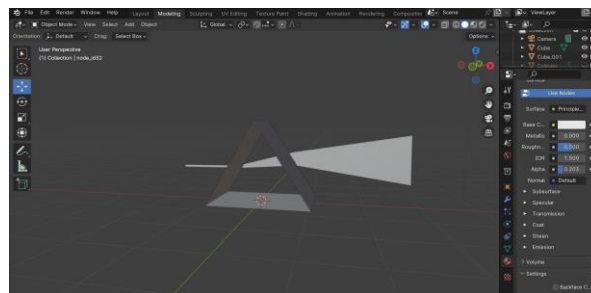
Model sifat cahaya dapat dibiaskan yang menjadi objek 3D merupakan implementasi dari objek 2D sifat cahaya yang terdapat pada buku pelajaran.



**Gambar 3. 11** Texture dan Warna Model 3D Sifat Cahaya Dapat Dibiaskan

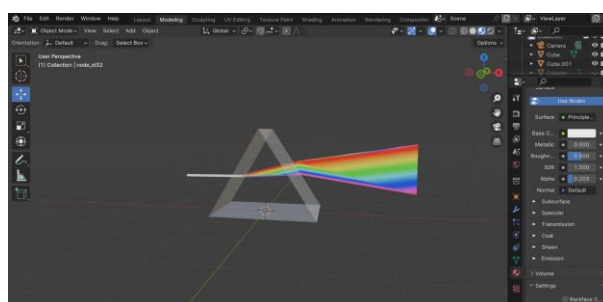
Gambar 3.9 menunjukkan model 3D cahaya merambat lurus yang sudah diberi tekstur dan warna

## 5. Model 3D Sifat Cahaya Dapat Diuraikan



**Gambar 3. 12** Rancangan Model 3D Sifat Cahaya Dapat diuraikan

Model sifat cahaya dapat diuraikan yang menjadi objek 3D merupakan implementasi dari objek 2D sifat cahaya yang terdapat pada buku pelajaran.



**Gambar 3. 13** Texture dan Warna Model 3D Sifat Cahaya Dapat diuraikan

Gambar 3.13 menunjukkan model 3D cahaya merambat lurus yang sudah diberi tekstur dan warna

### 3.6.3 Pengembangan/Implementasi

Tahap implementasi dan pengembangan merupakan tahap ketiga. Kegiatan yang dilakukan pada tahapan ini mencakup pembuatan diagram alur, pengujian, serta evaluasi. Dokumen yang telah dibuat pada fase desain yaitu peta jalan aplikasi, *activity diagram*, *storyboard*, *wireframe* dan pemodelan 3D yang akan digunakan sebagai dasar untuk membuat diagram alur yang akan membantu dalam tahapan pengembangan media belajar *augmented reality*. Penilaian akan dilakukan untuk mengevaluasi kelancaran dan kualitas media yang dihasilkan.

## 3.8 Fisher Yates Shuffle

Algoritma ini digunakan dalam proses pengacakan soal kuis yang dikeluarkan.

### 1. Inisialisasi Variabel

- 'n' adalah jumlah elemen dalam 'KumpulanSoal'
- 'urutanAcak' adalah list yang akan menyimpan urutan awal sebelum pengacakan.

### 2. Log Urutan Awal

- Mencetak log urutan awal sebelum pengacakan.

### 3. Loop *Fisher Yates Shuffle*

- Mengacak soal menggunakan algoritma *Fisher Yates Shuffle* pada elemen-elemen 'KumpulanSoal' dan mencatat urutan hasil pengacakan dalam 'urutanAcak'. Menggunakan loop for dari n-1 hingga 0, algoritma Fisher-Yates melakukan pertukaran elemen secara acak. Setiap iterasi loop, sebuah indeks acak j dipilih dengan menggunakan `Random.Range(0, i + 1)`. Elemen pada indeks i dan j dalam KumpulanSoal ditukar, sehingga menghasilkan efek pengacakan.

### 4. Tampilan Hasil Pengacakan

- Mencetak log hasil pengacakan urutan menggunakan variable 'hasilPengacakan'.

Berikut potongan *script* pengacakan soal algoritma Fisher Yates Shuffle:

```
void Shuffle(List<Soal> KumpulanSoal)
{
```



```

int n = KumpulanSoal.Count;
List<int> urutanAcak = new List<int>();
Debug.Log("Urutan awal:");
for (int k = 0; k < n; k++)
{
    Debug.Log("Soal Ke " + k);
    urutanAcak.Add(k);
}
for (int i = n - 1; i > 0; i--)
{
    int j = Random.Range(0, i + 1);
    Soal temp = KumpulanSoal[i];
    KumpulanSoal[i] = KumpulanSoal[j];
    KumpulanSoal[j] = temp;
    int tempUrutan = urutanAcak[i];
    urutanAcak[i] = urutanAcak[j];
    urutanAcak[j] = tempUrutan;
}
string hasilPengacakan = "Hasil Pengacakan: ";
for (int k = 0; k < n; k++)
{
    hasilPengacakan += urutanAcak[k] + ", ";
}
Debug.Log(hasilPengacakan.TrimEnd(',', ' '));

```

### 3.9 Fuzzy Tsukamoto

Penerapan *Fuzzy Tsukamoto* pada pengembangan aplikasi ini digunakan sebagai penentuan skor akhir berdasarkan poin dan waktu yang hasilnya berupa skor ahir dan bintang. Terdapat beberapa tahapan dalam penerapan *fuzzy Tsukamoto* dalam penentuan skor, yaitu sebagai berikut:

### 3.8.1 Himpunan Fuzzy

Berikut merupakan desain *variabel input* serta *output* bagi fungsi keanggotaan waktu, poin serta skor.

**Tabel 3. 8** Tabel Variabel Input Himpunan Fuzzy

Input	Nilai Linguistik	Rentang Nilai
Waktu	Cepat	0-110
	Sedang	55-200
	Lambat	155-200
Poin	Sedikit	0-50
	Sedang	30-90
	Banyak	70-100

**Tabel 3. 9** Tabel Variabel Output Himpunan Fuzzy

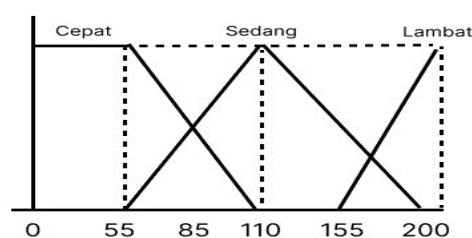
Output	Nilai Linguistik	Rentang Nilai
Skor Akhir	Kurang	0-59
	Sedang	60-79
	Banyak	80-100

### 3.8.2 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi yaitu proses memetakan nilai numerik menjadi himpunan fuzzy serta menetapkan Tingkat ataupun derajat keanggotaan. Dalam penelitian ini, dua variabel *input* serta satu variabel *output* digunakan. yaitu himpunan keanggotaan nilai waktu dan himpunan keanggotaan nilai poin sebagai *variable input*, sedangkan *variable output* adalah skor akhir. Berikut variable anggota Fuzzy Tsukamoto:

#### a. Fungsi Keanggotaan Waktu

Tiga kategori variabel waktu adalah cepat, sedang, dan lambat. Dapat dilihat pada grafik dibawah ini:



**Gambar 3. 14** Fungsi Keanggotaan Waktu

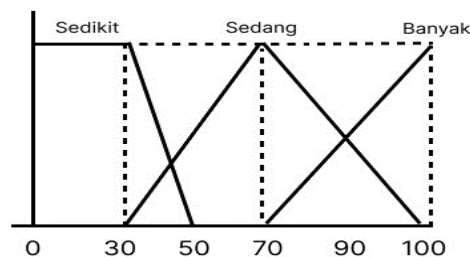
Gambar diatas menunjukkan grafik nilai bagi variable waktu dengan tiga kehipunan yaitu cepat, sedang dan lambat. Untuk himpunan cepat rentang angka dimulai dari 0 hingga 110. Untuk himpunan fuzy sedang rentang angka mulai dari 55 hingga 200, dan himpunan fuzzy lambat memiliki rentang nilai 155 hingga 200, nilai derajat keanggotaan waktu sebagai beirkut:

$$\mu_{\text{Cepat}}(x) \begin{cases} 1; & x \leq 0 \\ \frac{110-x}{110-0}; & 0 \leq x \leq 110 \\ 0; & x \geq 110 \end{cases} \quad (3.1)$$

$$\mu_{\text{Sedang}}(x) \begin{cases} 0; & x \leq 55 \\ \frac{x-55}{110-55}; & 55 \leq x \leq 110 \\ \frac{200-x}{200-110}; & 110 \leq x \leq 200 \\ 0; & x \geq 200 \end{cases} \quad (3.2)$$

$$\mu_{\text{Lambat}}(x) \begin{cases} 0; & x \leq 155 \\ \frac{x-155}{200-155}; & 155 \leq x \leq 200 \\ 1; & x \geq 200 \end{cases} \quad (3.3)$$

b. Fungsi Keanggotaan Poin



**Gambar 3. 15** Fungsi Keanggotaan Poin

Gambar diatas menunjukkan grafik nilai bagi variable poin dengan tiga kehipunan yaitu sedikit, sedang serta banyak. Himpunan fuzzy sedikit rentang angka mulai dari 0 hingga 50. Himpunan fuzzy sedang rentang angka mulai dari 30 hingga

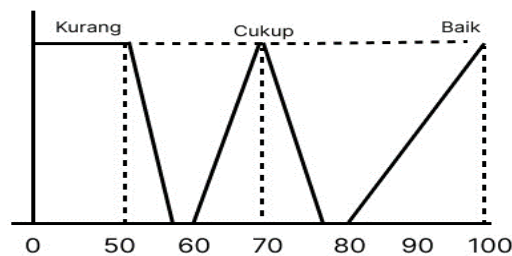
100, serta himpunan fuzzy banyak rentang angka mulai 70 hingga 100, nilai derajat keanggotaan poin sebagai berikut:

$$\mu_{\text{Sedikit}}(x) \begin{cases} 1; & x \leq 0 \\ \frac{50-x}{50-0}; & 0 \leq x \leq 50 \\ 0; & x \geq 50 \end{cases} \quad (3.4)$$

$$\mu_{\text{Sedang}}(x) \begin{cases} 0; & x \leq 30 \\ \frac{x-30}{70-30}; & 30 \leq x \leq 70 \\ \frac{100-x}{100-70}; & 70 \leq x \leq 100 \end{cases} \quad (3.5)$$

$$\mu_{\text{Banyak}}(x) \begin{cases} 0; & x \leq 70 \\ \frac{x-70}{100-70}; & 70 \leq x \leq 100 \\ 1; & x \geq 100 \end{cases} \quad (3.6)$$

c. Fungsi Keanggotaan Skor



**Gambar 3. 16** Fungsi Keanggotaan Skor

Gambar diatas menunjukkan grafik nilai bagi variable skor dengan tiga kehimpunan yaitu kurang, cukup dan baik. Untuk himpunan fuzy kurang rentang rentang angka mulai dari 0 hingga 59. Himpunan fuzzy cukup rentang rentang angka mulai dari 60 hingga 79, dan himpunan fuzzy baik memiliki rentang nilai 80 hingga 100, nilai derajat keanggotaan skor sebagai berikut:

$$\mu_{\text{Kurang}}(x) \begin{cases} 1; & x \leq 0 \\ \frac{59-x}{59-0}; & 0 \leq x \leq 59 \\ 0; & x \geq 59 \end{cases} \quad (3.7)$$

$$\mu_{\text{Cukup}}(x) \begin{cases} 0; & x \geq 60 \\ \frac{x-60}{70-60}; & 60 \leq x \leq 70 \\ \frac{79-x}{79-70} & 70 \leq x \leq 79 \end{cases} \quad (3.8)$$

$$\mu_{\text{Baik}}(x) \begin{cases} 0; & x \leq 80 \\ \frac{x-80}{100-80}; & 80 \leq x \leq 100 \\ 1; & x \geq 100 \end{cases} \quad (3.9)$$

### 3.8.3 Fuzzy Rules

Pada langkah ini terdapat *rules* yang digunakan dalam penghitungan skor akhir, ada sembilan aturan yang digunakan didapat dari dua variabel input, yaitu poin dan waktu.

**Tabel 3. 10** Tabel Aturan Fuzzy

IF	Waktu	Poin	Skor
R1	Cepat	Sedikit	Cukup
R2	Cepat	Sedang	Cukup
R3	Cepat	Banyak	Baik
R4	Sedang	Sedikit	Kurang
R5	Sedang	Sedang	Cukup
R6	Sedang	Banyak	Cukup
R7	Lambat	Sedikit	Kurang
R8	Lambat	Sedang	Kurang
R9	Lambat	Banyak	Cukup

Dari tabel *rules fuzzy* diatas, diperoleh *rules fuzzy* If/Then yang menggambarkan hubungan variabel linguistik input dan output, yang disusun sebagai berikut:

1. *If (Waktu is Cepat) and (Poin is Sedikit) then (Skor is Cukup)*

2. *If (Waktu is Cepat) and (Poin is Sedang) then (Skor is Cukup)*
3. *If (Waktu is Cepat) and (Poin is Banyak) then (Skor is Baik)*
4. *If (Waktu is Sedang) and (Poin is Sedikit) then (Skor is Kurang)*
5. *If (Waktu is Sedang) and (Poin is Sedang) then (Skor is Cukup)*
6. *If (Waktu is Sedang) and (Poin is Banyak) then (Skor is Cukup)*
7. *If (Waktu is Lambat) and (Poin is Sedikit) then (Skor is Kurang)*
8. *If (Waktu is Lambat) and (Poin is Sedang) then (Skor is Kurang)*
9. *If (Waktu is Lambat) and (Poin is Banyak) then (Skor is Cukup)*

#### 3.8.4 Inferensi dan Defuzzifikasi

Inferensi berperan dalam mengonversi nilai yang pasti menjadi nilai yang tidak pasti. Sistem inferensi melakukan evaluasi terhadap fakta-fakta yang diterima dan melakukan pemeriksaan korelasi antara fakta dengan aturan-aturan yang sudah ditentukan dalam *rules* fuzzy. Selanjutnya, nilai yang dihasilkan dari tahap inferensi akan diubah menjadi nilai akhir melalui proses defuzzifikasi. Dalam mencari nilai  $\alpha$ -predikat, fungsi implikasi MIN digunakan. Nilai  $\alpha$ -predikat kemudian dimanfaatkan untuk perhitungan output hasil inferensi dengan pasti. Proses defuzzifikasi mengadopsi teknik rata-rata (*Average*) yaitu menggunakan rumus persamaan 2.5.

#### Contoh kasus

Misal nilai waktu yang diperoleh 80 dan nilai poin 60, maka langkah-langkah yang harus diambil adalah sebagai berikut:

##### 1. Fuzzyfikasi

###### a. Fungsi Waktu

Jika pemain menempuh waktu selama 80, maka nilai termasuk kedalam kategori cepat, sehingga dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

- Himpunan Fuzzy Tsukamoto cepat,  $\mu_{\text{Cepat}} = \frac{110-80}{110-0} = \frac{30}{110} = 0,27$
- Himpunan Fuzzy Tsukamoto sedang,  $\mu_{\text{Sedang}} = \frac{80-55}{110-55} = \frac{25}{55} = 0,45$
- Himpunan Fuzzy Tsukamoto lambat,  $\mu_{\text{Lambat}} = \frac{80-155}{200-155} = 0$

Jika nilai permulaan ( $a$ ) melebihi nilai input ( $x$ ), maka hasilnya adalah 0.

b. Fungsi Poin

Jika pemain mendapat poin 60, maka nilai termasuk kedalam kategori sedang, sehingga dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

- Himpunan Fuzzy Tsukamoto sedikit,  $\mu_{\text{Sedikit}} = \frac{50-60}{50-0} = 0$

Jika nilai akhir kurang dari nilai input (x), maka hasilnya adalah 0.

- Himpunan Fuzzy Tsukamoto sedang,  $\mu_{\text{Sedang}} = \frac{60-30}{70-30} = \frac{30}{40} = 0,75$
- Himpunan Fuzzy Tsukamoto banyak,  $\mu_{\text{Banyak}} = \frac{60-70}{100-70} = 0$

Jika nilai permulaan (a) melebihi nilai input (x), maka hasilnya adalah 0.

2. Inferensi

[RI] *If (Waktu is Cepat) and (Poin is Sedikit) then (Skor is Cukup).*

$$\begin{aligned}\alpha_{\text{predikat}_1} &= \mu_{\text{cepat}} \Omega \text{ sedikit} \\ &= \min (\mu_{\text{cepat}}[80], \mu_{\text{sedikit}}[60]) \\ &= \min (0,27, 0) \\ &= 0 \\ \text{Nilai } Z_1 &= 60\end{aligned}$$

Keterangan:

$\alpha_{\text{predikat}_1}$  : nilai minimal jumlah inputan.

Z : Output dari gabungan semua nilai dalam satu aturan.

3. Defuzzyfikasi

Kemudian jumlah defuzzifikasi dihitung menggunakan persamaan 2.5, yang dinyatakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}&= (0*60) + (0,27*62,7) + (0*80) + (0*59) + (0,45*64,5) + (0*60) + (0*59) + (0*69) + \\ &(0*60) / 0 + 0,27 + 0 + 0 + 0,45 + 0 + 0 + 0 + 0\end{aligned}$$

$$Z = 63,8$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai sebesar 63,8 maka pengguna akan mendapatkan skor yang cukup.

## **BAB 4**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Deskripsi Hasil Pengembangan**

Temuan penelitian ini berasal dari pengembangan yang mengadopsi model Hannafin dan Peck. Langkah-langkah yang dilakukan mencakup (1) analisis kebutuhan, (2) perancangan, dan (3) pengembangan serta implementasi:

##### **4.1.1 Analisis Kebutuhan**

Analisis ini memiliki peran penting dalam menentukan arah pengembangan AR serta mengidentifikasi tantangan yang perlu diatasi. Berikut tahapan - tahapan analisis yang dilakukan yaitu:

##### **1. Analisis Tujuan Pembelajaran**

Pada tahapan ini peneliti melakukan Analisa terhadap tujuan pembelajaran berdasarkan kurikulum Merdeka kelas IV SD mengenai sifat – sifat cahaya. Hasil yang diperoleh dari analisis tujuan pembelajaran adalah kemampuan siswa dalam melakukan identifikasi sifat-sifat cahaya dalam kehidupan. Ada 5 konsep pada materi IPA sifat-sifat cahaya yaitu cahaya merambat lurus, cahaya menembus benda bening, cahaya memantul, cahaya dibiaskan dan penguraian cahaya (dispersi).

##### **2. Analisis Pengguna**

Tahap ini peneliti melakukan wawancara dengan siswa tingkat IV SD. Wawancara dilakukan untuk dapat mengidentifikasi profil pengguna produk. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa media belajar Augmented Reality yang diciptakan sesuai dengan kebutuhan penggunanya. Sebagai hasil dari wawancara yang dilakukan, profil peserta didik yang ditemukan sebagai berikut:

**Tabel 4. 1** Tabel Profil Peserta Didik

<b>Aspek</b>	<b>Deskripsi</b>
Demografi	• Peserta didik tingkat IV SD yang tertarik menggunakan media AR berada dalam rentang usia 9 hingga 10 tahun. Menurut umur



Aspek	Deskripsi
	<p>dan tahun kelahirannya peserta didik tergolong dalam kategori <i>digital native</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rata – rata peserta didik termasuk kedalam golongan ekonomi menengah keatas.</li> <li>• Hambatan belajar yang dimiliki peserta didik yaitu kesulitannya mereka untuk memahami materi sifat-sifat cahaya, dan kurangnya pengalaman mereka dalam menggunakan augmented reality dalam proses pembelajaran.</li> </ul>
Motivasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dalam proses pembelajaran, penggunaan AR membuat belajar lebih menyenangkan dan interaktif.</li> <li>• Motivasi <i>user</i> untuk menggunakan media <i>augmented reality</i> yaitu karena ingin memahami materi sifat – sifat cahaya.</li> </ul>
Faktor Belajar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik dapat menyesuaikan gaya belajar mereka, meskipun kebanyakan dari peserta didik yang memiliki preferensi belajar secara visual.</li> </ul>

### 3. Analisis Materi

Tahpan ini peneliti menganalisis keperluan materi dengan cara berunding bersama guru pengampu mata pelajaran IPA dalam mengidentifikasi masalah dan tantangan dalam pembelajaran pembelajaran tertentu. Peneliti juga menentukan materi mana yang akan digunakan dalam pembuatan produk. Berdasarkan analisa materi yang dilakukan, dapat diketahui bahwa materi sifat – sifat cahaya merupakan materi yang cukup sulit bagi peserta didik untuk memahaminya.

Permasalahan ini didukung oleh temuan penelitian sebleumnya (Farida & Khosiah, 2022) , dimana peneliti menggunakan metode eksperimen untuk menganalisis miskonsepsi siswa terhadap mata pelajaran IPA, didapatkan hasil bahwa mayoritas siswa menghadapi kesusaham untuk paham akan materi sifat-sifat cahaya. Hal ini disebabkan oleh kecenderungan peserta didik untuk hanya membaca dan mendengarkan keterangan dari guru, namun sarana belajar masih kurang memadai. Peneltian berikutnya dilakukan oleh (Riti et al., 2022), peneliti menerapkan Certain Of Respons Index (CRI) untuk mengidentifikasi mis konsepsi IPA pada materi sifat-sifat

cahaya pada peserta didik tingkat 5 SD Katolik ST. Thersia Ende 3. Hasil penelitiannya adalah mayoritas siswa melakukan kesalahan dalam memahami konsep materi tersebut. Miskonsepsi yang terjadi berasal dari peserta didik, cara penyampaian guru serta metode pengajaran yang kurang tepat. Dari 14 siswa, 9 orang mengalami miskonsepsi cahaya merambat lurus, 9 orang miskonsepsi akan cahaya ditembus oleh benda yang bening, 9 siswa miskonsepsi cahaya bisa dipantulkan, kemudian 14 orang miskonsepsi dibiaskan, dan 8 orang miskonsepsi konsep cahaya diuraikan.

#### 4. Analisis Media

Ditahap ini, dilakukan observasi serta wawancara dengan guru pengampu mata pelajaran IPA. Tujuan melakukan observasi dan wawancara yaitu untuk meninjau sarana belajar yang dibawa oleh guru dalam menyampaikan materi sifat – sifat cahaya. Temuan dari observasi dan wawancara menunjukkan bahwa buku paket IPA dan buku tematik adalah sarana utama yang digunakan guru untuk mengajarkan materi sifat cahaya kepada peserta didik. Dalam buku yang digunakan, ditinjau lebih lanjut, isi media masih kurang mendetail tentang materi sifat cahaya. Berdasarkan analisis yang dilakukan, peneliti membuat keputusan untuk memanfaatkan teknologi augmented reality sebagai media belajar yang interaktif. Dengan memanfaatkan teknologi ini, diharapkan dapat memperjelas visualisasi gambar yang ada pada media buku yang digunakan.

#### 5. Spesifikasi Perangkat

Selanjutnya, spesifikasi perangkat lunak serta perangkat keras yang digunakan dalam membuat media AR, dan spesifikasi handphone yang digunakan sebagai alat media pembelajaran. Berikut detail lengkap spesifikasi *software*, *hardware* dan *Handphone*:

**Tabel 4. 2** Tabel Spesifikasi Perangkat Keras

No	Perangkat Keras	Komponen Perangkat
1	Laptop	Asus vivobook S14
2	Processor	Intel Core i5
3	Memory	8GB RAM
4	Storage	256GB

**Tabel 4. 3** Tabel Spesifikasi Handphone

No	Perangkat Keras	Komponen Perangkat
1	Handphone	Oppo F7
2	Processor	Eight core
3	Memory	4 GB RAM
4	Storage	64GB SSD

**Tabel 4. 4** Tabel Spesifikasi Perangkat Lunak

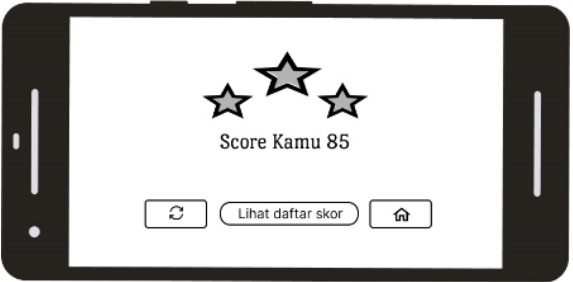


No	Perangkat Lunak
1	Sistem Operasi (Windows 11 64-bit)
2	Game Engine (Unity 3D 2018.4.36f1)
3	SDK (SDK Vuforia)
4	Sistem Operasi (Android 8.0)

Pada tahap ini, guru pengampu mata pelajaran menilai dan merevisi, memberikan kritik, dan saran selama diskusi. Namun, peneliti tidak menerima kritik atau masukan dari guru. Guru telah menyetujui spesifikasi ataupun rincian produk yang dibuat dengan menggunakan media *Augmented Reality* untuk memfasilitasi pemahaman siswa terhadap materi mengenai sifat-sifat cahaya.

#### 4.1.2 Desain

Dalam tahap ini, peneliti melakukan pembuatan desain *storyboard* yang berfungsi sebagai acuan untuk mempermudah peneliti untuk mengembangkan suatu produk. Pada tahap ini dilakukan penilaian serta perbaikan oleh dosen pembimbing dengan memberikan kritik serta saran selama berdiskusi. Adapun masukan yang diberikan yaitu menambahkan fitur *highscore* pengguna saat bermain kuis, sehingga dapat menimbulkan tantangan dan motivasi peserta didik.

Tabel 4. 5 Tabel Review Desain oleh Pembimbing

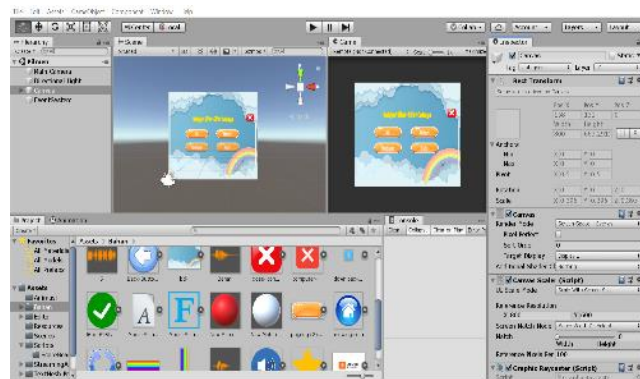
Nama	Desain	Kerangan
<i>High Score</i>		<p>User dapat melihat skor akhir dan daftar “highscore” dengan menekan tombol “Lihat daftar skor”.</p>
		<p>Tampilan <i>Highscore</i> menggunakan database untuk menyimpan skor user.</p>
		<p>Skor tertinggi yang didapat oleh user akan menggantikan posisi skor yang lebih rendah.</p>

#### 4.1.3 Pengembangan dan Implementasi

Dalam cakupan bagian yang dibahas ini akan dibagi menjadi pengembangan media pembelajaran ataupun aplikasi dan juga implementasinya . Berikut penjelasan kedua tahapan tersebut:

## 1. Pengembangan Media

Proses pengembangan media AR mengikuti *storyboard* yang sudah dirancang, kemudian diimplementasikan ke dalam pengembangan media belajar augmented reality secara menyeluruh. Media pembelajaran AR tentang sifat-sifat cahaya dibangun menggunakan Unity 3D. Kemudian dalam memprogram media peneliti menggunakan bahasa pemrograman C#. Setelah membuka Unity 3D, langkah awal adalah mengimpor aset yang diperlukan untuk membangun aplikasi AR. Aset tersebut termasuk objek 3D, audio, tombol, dan lainnya. Selanjutnya, peneliti membuat beberapa adegan (*scene*), seperti layar pembuka, menu utama, adegan utama AR, adegan materi, panduan, dan kuis.



**Gambar 4. 1** Memprogram Scene Main Menu

## 2. Implementasi Sistem

Pada bagian ini akan menampilkan aplikasi yang telah dibuat, gambar yang disajikan merupakan hasil screenshot dari program yang telah dikembangkan.

### a. Tampilan *Splashscreen*



**Gambar 4. 2** Tampilan *Splashscreen*

*Splashscreen* merupakan tampilan awal ketika membuka aplikasi. *Splashscreen* menampilkan nama aplikasi beserta logonya.

b. Tampilan Menu Utama



**Gambar 4. 3** Tampilan Menu Utama

Pengguna dapat menemukan empat menu utama: menu AR, menu Materi, menu Panduan, dan menu Kuis, serta memiliki tombol keluar untuk keluar dari aplikasi.

c. Tampilan Menu AR



**Gambar 4. 4** Tampilan Menu AR

Berdasarkan tampilan diatas, dapat diketahui bahwa pentingnya keberadaan *marker* dalam menggunakan fitur kamera AR. Menu AR dapat digunakan untuk menampilkan objek 3D dan animasi mengenai contoh penerapan sifat-sifat cahaya. Pada menu AR terdapat *sound* yang memberikan penjelasan mengenai objek 3D yang muncul, *user* dapat menjeda *sound* dan melanjutkannya. Tombol "perbesar" dan "perkecil" tersedia untuk memperbesar dan memperkecil objek, serta tombol "putar" untuk melakukan rotasi pada objek.

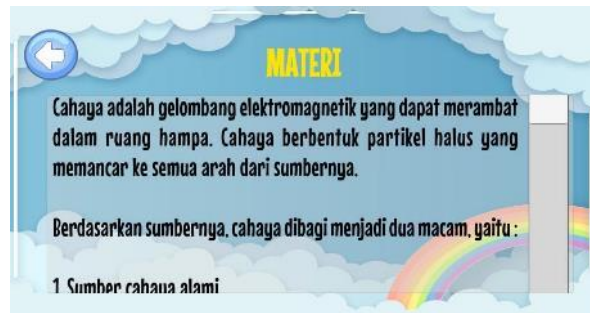
d. Tampilan Menu Panduan



**Gambar 4. 5** Tampilan Menu Panduan

Menu ini berisikan tata cara penggunaan aplikasi AR. Kemudian terdapat tombol untuk mengunduh *marker* yang diperlukan dalam memunculkan 3D objek. *Marker* yang didownload akan disimpan di *google drive*.

e. Tampilan Menu Materi



**Gambar 4. 6** Tampilan Menu Materi

Menu ini berisikan rangkuman materi mengenai sifat-sifat cahaya. Menu materi dapat dibaca sebagai materi tambahan.

f. Tampilan Menu Kuis



**Gambar 4. 7** Tampilan Menu Panduan

Kemudian menu kuis disajikan beberapa pertanyaan untuk mengukur sejauh mana pemahaman peserta didik terhadap materi. Total pertanyaan yang akan muncul ada 10 dan wajib dijawab oleh *user*. Urutan pertanyaan diacak menggunakan algoritma *Fisher Yates Shuffle*, kemudian terdapat pilihan jawaban dan juga terdapat waktu.



**Gambar 4. 8** Tampilan Skor Akhir

Tampilan skor akhir yang didapatka oleh *user* setelah bermain kuis. Skor akhir ini menerapkan *fuzzy Tsukamoto* dimana skor yang didapatkan berdasarkan jawaban dan waktu pengerjaan soal kuis.



**Gambar 4. 9** Tampilan Leaderboard Skor

Tampilan *Leaderboard skor user*, dimana user dapat mengirim skor terbaru setelah bermain kuis. Setelah skor diinput, nilai yang lebih tinggi akan menggantikan posisi nilai yang rendah yang ditampilkan pada *leaderboard*.

## 4.2 Pengujian Sistem

### 4.2.1 *BlackboxTesting*

*BlackboxTesting* merupakan tahapan dalam memvalidasi fungsionalitas serta respon yang diberikan oleh sistem secara eksternal. Tujuannya yaitu untuk menguji sistem dengan memberikan input tertentu, kemudian mengamati output yang dihasilkan sudah sesuai dengan harapan, serta mengevaluasi fungsi, performa, kehandalan dan kesesuaian dengan persyaratan yang telah ditetapkan. Apabila terdapat kesalahan pada sistem, maka akan dilakukan evaluasi ulang. Berikut merupakan pengujian *blackbox* pada aplikasi AR materi sifat-sifat cahaya.

**Tabel 4. 6** Tabel Uji Blackbox

No	Komponen Uji	Butir Uji
1	Tampilan <i>Main Menu</i>	Pengujian antarmuka dan fungsi tombol
2	Tampilan Menu Panduan	Pengujian antarmuka dan fungsi tombol
3	Tampilan Menu Materi	Pengujian antarmuka dan fungsi tombol
4	Tampilan Menu AR	Pengujian antarmuka, input dan fungsi tombol
5	Tampilan Menu Kuis	Pengujian antarmuka, input dan fungsi tombol



### 1. Pengujian *Blackbox* Halaman *Main Menu*

Hasil dari pengujian pada halaman *main menu* adalah sebagai berikut:

**Tabel 4. 7** Tabel Uji Halaman Main Menu

No	Pengujian	Hasil Semestinya	Hasil Pengujian
1	Tampilan Menu Utama	Menampilkan Semua Tombol	Berhasil
2	Tampilan Menu Panduan	Menampilkan Halaman Panduan	Berhasil
3	Tampilan Menu Materi	Menampilkan Halaman Materi	Berhasil
4	Tampilan Menu AR	Menampilkan Halaman AR	Berhasil
5	Tampilan Menu Kuis	Menampilkan Halaman Soal	Berhasil
6	Tombol Kleuar	Keluar Aplikasi	Berhasil

Dari tabel pengujian tersebut, terlihat bahwa semua komponen yang diuji pada halaman *main menu* dapat berjalan dan berfungsi dengan baik.

### 2. Pengujian *Blackbox* Halaman *Augmented Reality*

Hasil pengujian pada halaman *Augmented Reality* yaitu berikut ini:

**Tabel 4. 8** Tabel Uji Halaman Augmented Reality

No	Pengujian	Hasil Semestinya	Hasil Pengujian
1	Tampilan AR	Menmpilkan Semua Tombol	Berhasil
2	Tombol <i>Sound</i>	Mengeluarkan Suara	Berhasil
2	Tombol Lanjut	Menampilkan Kamera AR Brikutnya	Berhasil
3	Tombol Kembali	Menampilkan Kamera AR Sebelumnya	Berhasil
4	Tombol <i>Home</i>	Menampilkan Halaman <i>Main Menu</i>	Berhasil

Dari tabel pengujian tersebut, terlihat bahwa semua komponen yang diuji pada halaman *augmented reality* dapat berjalan dan berfungsi dengan baik.

### 3. Pengujian *Blackbox* Halaman Panduan

Hasil pengujian pada halaman Panduan yaitu berikut ini:

**Tabel 4. 9** Tabel Uji Halaman Panduan

No	Pengujian	Hasil Semestinya	Hasil Pengujian
1	Tampilan Panduan	Menampilkan Halaman Panduan	Berhasil
2	Tombol Unduh Marker	Menampilkan Tombol Unduh	Berhasil

No	Pengujian	Hasil Semestinya	Hasil Pengujian
3	Tombol Kembali	Kembali ke Halaman <i>Main Menu</i>	Berhasil

Dari tabel pengujian tersebut, terlihat bahwa semua komponen yang diuji pada halaman panduan dapat berjalan dan berfungsi dengan baik.

#### 4. Pengujian *Blackbox* Halaman Materi

Hasil pengujian pada halaman Materi yaitu berikut ini:

**Tabel 4. 10** Tabel Uji Halaman Materi

No	Pengujian	Hasil Semestinya	Hasil Pengujian
1	Tampilan Materi	Menampilkan Halaman Materi	Berhasil
2	Tombol Kembali	Kembali ke Halaman <i>Main Menu</i>	Berhasil

Dari tabel pengujian tersebut, terlihat bahwa semua komponen yang diuji pada halaman materi dapat berjalan dan berfungsi dengan baik.

#### 5. Pengujian *Blackbox* Halaman Kuis

Hasil pengujian pada halaman Kuis yaitu berikut ini:

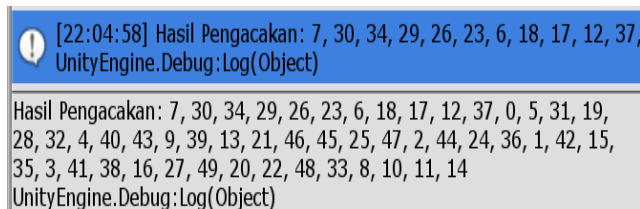
**Tabel 4. 11** Tabel Uji Halaman Kuis

No	Pengujian	Hasil Semestinya	Hasil Pengujian
1	Tampilan Kuis	Menampilkan Soal	Berhasil
2	Tampilan Skor Akhir	Menampilkan Skor Akhir Berupa Skor dan Bintang	Berhasil
3	Tombol Lihat Daftar Skor	Menampilkan <i>Highscore</i> dan <i>input</i> Skor <i>Highscore</i> Terbaru	Berhasil
4	Tombol Mulai Ulang Kuis	<i>User</i> Kembali ke Halaman Soal Untuk Bermain Kuis	Berhasil
5	Tombol <i>Home</i>	Menampilkan Halaman <i>Main Menu</i>	Berhasil

Dari tabel pengujian tersebut, terlihat bahwa semua komponen yang diuji pada halaman kuis dapat berjalan dan berfungsi dengan baik.

#### 4.2.2 Pengujian Algoritma *Fisher yates Shuffle*

Uji coba algoritma ini dalam *game* kuis mengenai materi sifat-sifat cahaya dilakukan dengan memainkan *game* secara berulang sesuai dengan keperluan pengujian.



**Gambar 4. 10** Hasil Pengujian Algoritma Fisher Yates Shuffle

Pengujian dilakukan dengan menjalankan *game* kuis sebanyak 10 kali berturut-turut, dan hasil dari uji coba algoritma Fisher Yates Shuffle dalam pengacakan urutan soal dalam permainan kuis adalah sebagai berikut:

**Tabel 4. 12** Tabel Pengujian Algoritma Fisher Yates Shuffle

Pengujian Ke-	Index Pertanyaan Yang Akan Diacak	Hasil Pengacakan <i>FisherYates Shuffle</i>
1	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49	7, 30, 34, 29, 26, 23, 6, 18, 17, 12, 37, 0, 5, 31, 19, 28, 32, 4, 40, 43, 9, 39, 13, 21, 46, 45, 25, 47, 2, 44, 24, 36, 1, 42, 15, 35, 3, 41, 38, 16, 27, 49, 20, 22, 48, 33, 8, 10, 11, 14
2	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49	20, 25, 42, 45, 31, 21, 37, 40, 14, 26, 24, 48, 46, 34, 2, 30, 22, 33, 27, 11, 5, 1, 4, 43, 35, 12, 18, 17, 36, 7, 28, 16, 8, 19, 29, 13, 41, 49, 47, 0, 44, 38, 3, 6, 23, 15, 39, 32, 9, 10
3	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49	39, 5, 28, 0, 1, 15, 7, 2, 31, 37, 3, 24, 44, 32, 8, 26, 20, 47, 25, 36, 16, 33, 42, 35, 22, 49, 4, 40, 41, 34, 9, 17, 45, 29, 11, 43, 46, 21, 30, 18, 23, 27, 13, 19, 12, 48, 6, 10, 14, 38

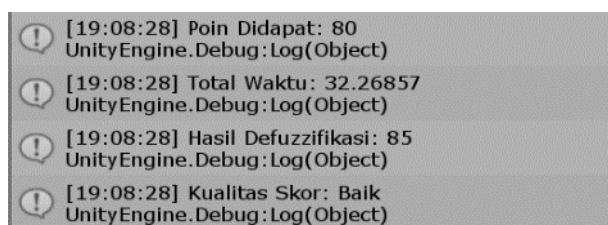
Pengujian Ke-	Index Pertanyaan Yang Akan Diacak	Hasil Pengacakan <i>FisherYates Shuffle</i>
4	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49	10, 23, 46, 29, 21, 28, 35, 14, 41, 34, 39, 9, 25, 48, 6, 8, 40, 11, 47, 31, 7, 2, 43, 15, 44, 38, 13, 37, 36, 20, 45, 33, 24, 18, 5, 19, 32, 1, 12, 0, 4, 26, 17, 3, 42, 16, 22, 49, 30, 27
5	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49	39, 25, 5, 46, 4, 7, 0, 49, 17, 21, 28, 18, 10, 8, 16, 32, 48, 22, 14, 47, 27, 44, 29, 11, 41, 30, 36, 24, 20, 12, 33, 19, 31, 35, 15, 9, 23, 37, 13, 26, 42, 34, 3, 1, 40, 43, 38, 45, 6, 2
6	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49	35, 17, 48, 32, 37, 3, 15, 8, 2, 40, 49, 24, 5, 14, 38, 47, 10, 39, 34, 28, 26, 36, 44, 45, 30, 4, 1, 9, 23, 16, 13, 27, 21, 42, 20, 33, 6, 41, 29, 25, 19, 12, 11, 46, 7, 31, 22, 0, 43, 18
7	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49	30, 31, 49, 45, 26, 27, 41, 40, 9, 39, 0, 21, 29, 37, 25, 23, 20, 48, 13, 12, 24, 14, 35, 15, 5, 47, 22, 16, 19, 42, 2, 34, 46, 7, 6, 10, 11, 36, 3, 17, 38, 28, 1, 4, 43, 33, 18, 44, 32, 8
8	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49	13, 16, 40, 48, 3, 11, 34, 41, 25, 23, 44, 6, 42, 38, 18, 19, 7, 21, 0, 15, 8, 26, 47, 32, 43, 35, 10, 20, 36, 4, 45, 28, 22, 33, 9, 12, 2, 24, 31, 39, 29, 14, 27, 37, 5, 49, 17, 30, 1, 46

Pengujian Ke-	Index Pertanyaan Yang Akan Diacak	Hasil Pengacakan <i>FisherYates Shuffle</i>
9	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49	38, 4, 28, 2, 31, 40, 7, 37, 11, 49, 44, 18, 22, 45, 0, 13, 47, 32, 19, 15, 12, 20, 33, 1, 30, 43, 10, 34, 16, 6, 48, 21, 27, 29, 42, 26, 35, 36, 23, 25, 5, 46, 24, 17, 8, 3, 39, 9, 41, 14
10	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49	16, 25, 32, 17, 49, 19, 43, 21, 20, 12, 4, 47, 2, 11, 27, 36, 35, 39, 5, 37, 41, 15, 40, 22, 6, 10, 31, 34, 28, 45, 38, 14, 3, 29, 42, 1, 13, 0, 8, 24, 9, 30, 7, 46, 26, 44, 23, 48, 33, 18

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, bisa dilihat bahwa algoritma ini dapat diimplementasikan dalam mengacak urutan soal, karena algoritma ini memiliki kemampuan pengacakan yang baik, yang berarti soal yang muncul tidak sama dalam setiap permainan.

#### 4.2.3 Pengujian Algoritma Fuzzy Tsukamoto

Parameter uji coba algoritma *Fuzzy Tsukamoto* yaitu menggunakan inputan poin dan total waktu pengerjaan kuis yang akan menghasilkan skor akhir berupa bintang.



**Gambar 4. 11** Hasil Pengujian Algoritma Fuzzy Tsukamoto

Uji coba Fuzzy Tsukamoto dalam penelitian melibatkan permainan sebanyak 10 kali. Pengujian dilakukan dengan membandingkan skor ahir yang dihasilkan oleh permainan kuis dengan skor akhir yang dihitung manual. Berikut adalah hasil uji coba dalam penentuan skor akhir dalam permainan kuis materi sifat-sifat cahaya:

**Tabel 4. 13** Tabel Pengujian Algoritma Fuzzy Tsukamoto

No	Input		Output		
	Poin	Waktu (s)	Skor Akhir	Bintang Dalam Game	Bintang Dalam Hitungan Manual
1	40	17	55	1	1
2	80	32	85	3	3
3	60	67	76	2	2
4	80	35	85	3	3
5	90	25	90	3	3
6	30	44	30	1	1
7	30	72	27	1	1
8	80	101	70	2	2
9	70	44	80	3	3
10	40	26	55	1	1

Berdasarkan tabel pengujian dapat dilihat bahwa algoritma *Fuzzy Tsukamoto* berhasil digunakan dalam penentuan skor akhir berdasarkan masukan poin dan waktu.

#### 4.2.4 Hasil Uji Coba Pengguna

##### 1. Ahli Media

Review Media dilakukan oleh Ibu Fanindia Purnamasari S.TI., M.IT. Berikut masukan dari ahli media untuk media pembelajaran *augmented reality* materi sifat-sifat cahaya:

**Tabel 4. 14** Tabel Review Ahli Media

No	Masukan	Tindakan Perbaikan
1	Menunjukkan posisi soal pada kuis	Sudah
2	Audio dapat diulang sesuai detik yang diinginkan user	Membuat button jeda pada sound, sehingga user dapat berhenti dan melanjutkan sound

Uji coba dilakukan pada tanggal 14 Desember 2023 oleh Ahli Media. Terdapat empat aspek yang dievaluasi oleh Ahli Media, yakni Desain Tampilan, *Auxiliary Information*, *Navigation* dan Bahasa. Data yang diperoleh dari penilaian tersebut adalah sebagai berikut ini:

**Tabel 4. 15** Tabel Hasil Validasi Media Tiap Aspek

Aspek	Persentase	Keterangan
Desain Tampilan	98%	Sangat Layak
<i>Auxiliary Information</i>	73%	Layak
<i>Navigation</i>	67%	Layak
Bahasa	100%	Sangat Layak

Secara keseluruhan, media *augmented reality* didapati hasil validasi ahli media bahwa persentase kelayakan media yaitu sebanyak 88.88%, nilai tersebut masuk kedalam kategori sangat layak dengan menggunakan rumus berikut:

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

$$P = \frac{80}{90} \times 100\% = 88.88\%$$

## 2. Ahli Materi

Review materi dilakukan oleh Ibu Mentari Asgara, S.Pd, sebagai guru yang mengajar mata pelajaran IPA dan juga bertanggung jawab sebagai wali kelas. Ulasan ataupun komentar dari ahli materi yaitu media pembelajaran *augmented reality* materi sifat-sifat cahaya sudah layak digunakan tanpa revisi. Menurut ahli materi pada media pembelajaran secara keseluruhan sudah cukup baik dan dapat dimengerti bagi peserta didik. Pada proses pengujian aplikasi, peserta didik juga tampak senang dan antusias.

Pada tahap ini, uji coba dilakukan pada tanggal 16 Desember 2023 oleh Ahli Materi. Penilaian ahli Materi berdasarkan empat aspek, yakni Kurikulum, Penyajian Materi, Bahasa, Manfaat. Data yang diperoleh dari penilaian tersebut adalah sebagai berikut:

**Tabel 4. 16** Tabel Hasil Validasi Ahli Materi

Aspek	Persentase	Keterangan
Kurikulum	80%	Sangat layak
Penyajian Materi	87%	Sangat layak
Penggunaan Bahasa	100%	Sangat layak
Manfaat	80%	Sangat layak

Secara keseluruhan, media *augmented reality* didapati hasil validasi ahli materi bahwa persentase kelayakan materi yaitu sebesar 86.66% atau termasuk kedalam kategori sangat layak dengan menggunakan rumus berikut:

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

$$P = \frac{65}{75} \times 100\% = 86.66\%$$

### 3. Uji Coba Peserta Didik

Dilakukan pengujian terhadap 30 orang siswa, terdapat empat aspek yang diberikan penilaian oleh siswa serta terdapat pernyataan positif serta pernyataan negatif, semua peserta didik memberikan reponnya, Setelah itu, data untuk setiap pernyataan dikumpulkan, dan hasilnya ditampilkan dalam table berikut:

**Tabel 4. 17** Tabel Hasil Angket Peserta Didik

Aspek	Keterangan Persentase		Persentase Keseluruhan	Kategori
	Positif	Negatif		
Perhatian ( <i>Attention</i> )	91.33%	90.22%	90.77%	Sangat Layak
Relevansi ( <i>Relevance</i> )	90.22%	88.66%	89.44%	Sangat Layak
Percaya Diri ( <i>convidence</i> )	89.55%	88.88%	89.22%	Sangat Layak
Kepuasan ( <i>satisfaction</i> )	89.77%	90.44%	90.11%	Sangat Layak

Terdapat empat aspek yang dinilai yaitu Perhatian mendapat hasil 90.77%, Relevansi mendapat hasil 89.44%, Percaya Diri mendapat hasil 89.22% dan Kepuasan mendapat hasil 90.11%. Berdasarkan analisis data angket uji coba peserta didik, respon peserta didik pada aplikasi media belajar *augmented reality* materi sifat-sifat cahaya masuk ke kategori yang sangat layak.



## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian serta pengembangan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil penelitian megacu pada metode pengembangan yang digunakan yaitu pengembangan model Hannafin & Peck. Analisis kebutuhan, desain, dan pengembangan dan implementasi adalah tiga langkah yang membentuk model pengembangan ini. Tahap analisa kebutuhan dilakukan untuk mendapatkan permasalahan dan semua kebutuhan yang diperlukan dalam pengembangan aplikasi AR. Tahap desain dilakukan untuk membuat rancangan strategi pengembangan produk. Tahap pengembangan dan implementasi mencakup proses pengembangan aplikasi serta uji coba aplikasi yang dikembangkan dan menilai kualitasnya ke sasaran pengguna.
2. Secara keseluruhan hasil uji coba media pembelajaran AR materi sifat-sifat cahaya pada ahli media memperoleh nilai 88.88%, pengujian pada ahli materi memperoleh nilai 86.66%. Hasil uji coba yang diperoleh dari para ahli memperoleh kategori yang sangat layak. Kemudian hasil uji coba yang dilakukan ke peserta didik dibagi menjadi empat aspek yaitu aspek Perhatian (*attention*) mendapat nilai sebesar 90.77%, aspek relevansi (*relevance*) mendapat nilai sebesar 89.44%, aspek percaya diri (*confidence*) mendapat nilai sebesar 89.22% dan Kepuasan (*satisfaction*) mendapat nilai sebesar 90.11%. Secara keseluruhan hasil uji coba mendapatkan kategori yang sangat layak.
3. Implementasi *Fisher Yates Shuffle* sebagai metode pengacakan soal berhasil diterapkan dalam permainan kuis, sehingga urutan soal yang muncul akan berbeda dalam setiap permainan.
4. Implementasi Fuzzy Tsukamoto berhasil digunakan dalam penentuan skor serta menampilkan bintang dalam permainan kuis.

## 5.2 Saran

Penelitian yang dibuat tentu ada kelemahannya, sehingga terdapat saran yang diberikan dan dapat dijadikan sebagai acuan peneliti lainnya, yaitu:

1. Membuat *scrubber* audio pada *sound* penjelasan materi objek, sehingga pengguna dapat melakukan navigasi atau memutar ulang audio ke bagian tertentu
2. Menambahkan *button* jeda dan *exit* pada permainan kuis, sehingga pengguna dapat menghentikan sejenak permainan ataupun dapat keluar dari permainan kuis.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adela, A. (2010). Augmented Reality E-Katalog Kacamata 150k Optik Menggunakan Virtual Try-On. Tugas Akhir. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Arikunto, Suharsimi, & Safruddin A.J, Cepi. (2009). Evaluasi Program Pendidikan. Jakarta: Bumi Aksara.
- Arsyad, A. (2017). Media Pembelajaran. Jakarta: PT Rajagrafindo Persada.
- Blender Foundation. (n.d.). History of Blender. Diakses pada Maret 5, 2023, dari <https://www.blender.org/about/history/>
- Dahmayanti, S., Nugraha, M. S., & Tarsono, T. (2024). Analisis Penerapan Model Hannafin and Peck sebagai Pendekatan Desain Pembelajaran yang Interaktif dalam Pembelajaran Pendidikan Agama Islam di SMK. *ISLAMIKA*, 6(1), 236–254. <https://doi.org/10.36088/islamika.v6i1.4243>
- Dewi, K. (2017). Pentingnya Media Pembelajaran Untuk Anak Usia Dini. *Raudhatul Athfal: Jurnal Pendidikan Islam Anak Usia Dini*, 1(1), 81–96. <https://doi.org/10.19109/ra.v1i1.1489>
- Egok, A. S., & Hajani, T. J. (2018). Pengembangan Multimedia Interaktif pada Pembelajaran IPA bagi Siswa Sekolah Dasar Kota Lubuklinggau. *Journal of Elementary School (JOES)*, 1(2), 141–157. <https://doi.org/10.31539/joes.v1i2.446>
- Ernawati, I. (2017). Uji Kelayakan Media Pembelajaran Interaktif Pada Mata Pelajaran Administrasi Server. *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, 2(2), 204–210. <https://doi.org/10.21831/elinvo.v2i2.17315>
- Farida, F., & Khosiah, N. (2022). Analysis of Student's Misconceptions in Science Subjects Through Experimental Methods. *Madrosatuna: Journal of Islamic Elementary School*, 6(2), 58–64. <https://doi.org/10.21070/madrosatuna.v6i2.1571>
- Ferdiansyah, Y., & Hidayat, N. (2018). Implementasi Metode Fuzzy—Tsukamoto Untuk Diagnosis Penyakit Pada Kelamin Laki Laki.
- Harsadi, P., Saptomo, W. L. Y., & Wardhana, C. Y. (2022). Implementasi Algoritma Fisher-Yates Shuffle Pada Game Edukasi Aksara Jawa Menggunakan Godot Engine. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIKomSiN)*, 10(1). <https://doi.org/10.30646/tikomsin.v10i1.603>
- Hidayah, A. K., & Amalah, A. N. (2020). Pemanfaatan Augmented Reality Sebagai Media Pengenalan Tabot Di Provinsi Bengkulu Dengan Metode Single Marker Berbasis Android. *Pseudocode*, 7(1), 59–68. <https://doi.org/10.33369/pseudocode.7.1.59-68>

- Kirani, F., & Guntur, M. (2023). Efektivitas Media Pembelajaran Audio Visual Pada Hasil Belajar Siswa Kelas V Sdn 2 Walahar. *JKPD (Jurnal Kajian Pendidikan Dasar)*, 8(1), 56–63. <https://doi.org/10.26618/jkpd.v8i1.9692>
- Laila Nursafitri, Arif Mahya Fanny, M. Haris Hermanto, Ikhsan Irsyadi, Asfah Nur Halimah, & Syarifatul Hidayah. (2023). Pengembangan Media Ular Tangga Mata Pelajaran Pendidikan Agama Islam (Pai) Bagi Siswa Sekolah Dasar Di Lampung Timur. *INVENTA*, 7(1), 90–101. <https://doi.org/10.36456/inventa.7.1.a7978>
- Luarsa, S., Marpalo, D., & Sopryadi, H. (2016). Penerapan Algoritme Fisher Yates pada Game Edukasi Eco Mania Berbasis Unity 3D.
- Mahardika, P. A., Suyadnya, I. M. A., & Saputra, K. O. (2019). Rancang Bangun Aplikasi Simulasi Dekorasi Ruangan dengan Memanfaatkan Teknologi Markerless Augmented Reality. *Journal of Computer Science and Informatics Engineering (J-Cosine)*, 3(1), 82–90. <https://doi.org/10.29303/jcosine.v3i1.238>
- Nadzir, H. N. (2023). Pengembangan E-Modul Menggunakan Model Hannafin and Peck pada Mata Pelajaran Seni Budaya. *Jurnal Media dan Teknologi Pendidikan*, 3(1), 47–55. <https://doi.org/10.23887/jmt.v3i1.58570>
- Nurfadhillah, S., Barokah, S. F., Nur'alfiah, S., Umayyah, N., & Yanti, A. A. (2021). Pengembangan Media Audio Visual Pada Pembelajaran Matematika Di Kelas 1 Mi Al Hikmah 1 Sepatan. 3.
- Nurhasan, U., Prasetyo, A., & Wardani, E. T. (2020). Media Pembelajaran Interaktif Terhadap Gwk Cuture Park Menggunakan Teknologi Augmented Reality. *Jurnal Informatika Polinema*, 6(3), 1–8. <https://doi.org/10.33795/jip.v6i3.343>
- Nurrita, T. (2018). Pengembangan Media Pembelajaran Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa. *MISYKAT: Jurnal Ilmu-ilmu Al-Quran, Hadist, Syari'ah dan Tarbiyah*, 3(1), 171. <https://doi.org/10.33511/misykat.v3n1.171>
- Octaviani, H., Pramono, B., & Saputra, R. A. (2023). Perbandingan Algoritma Fisher-Yates Shuffle Dan Linear Congruent Method Pada Aplikasi Game Susun Ayat Al-Qur'an Berbasis Android. *Jurnal Ilmiah Informatika*, 8(1), 24–36. <https://doi.org/10.35316/jimi.v8i1.24-36>
- Pratama, G. Y. (2018). Analisis Penggunaan Media Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran Terhadap Motivasi Belajar Siswa Pada Konsep Bentuk Molekul. Skripsi. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Putra, P. B. A. A. (2020). Implementasi Augmented Reality Pada Media Promosi Penjualan Rumah. *Jurnal Teknologi Informasi: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Bidang Teknik Informatika*, 14(2), 142–149. <https://doi.org/10.47111/jti.v14i2.1163>
- Renartha Kusuma, S., Sari Hartati, R., & Sukerayasa, I. W. (2020). Pengaruh Jumlah Fungsi Keanggotaan Pada Metode Fuzzy Logic Terhadap Hasil Peramalan Beban Listrik Jangka Panjang. *Jurnal SPEKTRUM*, 7(1), 18. <https://doi.org/10.24843/SPEKTRUM.2020.v07.i01.p3>

- Riti, T. N., Sar'iyah, N., & Bitto, G. S. (2022). Identifikasi Miskonsepsi IPA Materi Tentang Sifat-Sifat Cahaya Menggunakan Certainty of Respons Index (CRI) pada Siswa Kelas V SD Katolik st. Theresia ende 3. *Prima Magistra: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 3(3), 342–349. <https://doi.org/10.37478/jpm.v3i3.1939>
- Safitri, J., Meilina, P., & Ambo, S. N. (2018). Implementasi Augmented Reality Sebagai Pembelajaran Pertumbuhan Tanaman Dikotil Dan Monokotil Untuk Sekolah Dasar. *Jurnal Sistem Informasi*, 9.
- Sagara, A. F. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Augmented Reality Versi Android Pada Materi Virus. Skripsi. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Saputro, R. E., & Saputra, D. I. S. (2015). Pengembangan Media Pembelajaran Mengenal Organ Pencernaan Manusia Menggunakan Teknologi Augmented Reality. *Jurnal Buana Informatika*, 6(2). <https://doi.org/10.24002/jbi.v6i2.404>
- Setiawan, A., Yanto, B., & Yasdomi, K. (2018). LOGIKA FUZZY Dengan MATLAB (Contoh Kasus Penelitian Penyakit Bayi dengan Fuzzy Tsukamoto).
- Sudarsih, S. (2020). Peningkatan Kualitas Pembelajaran IPA Materi Sifat-Sifat Cahaya Melalui Penerapan Metode Kontekstual Pada Siswa Kelas V SD Negeri 4 Madurejo: Improvement Of The Quality Of Science Learning Material On The Properties Of Light Through The Application Of Contextual Methods To Grades V Students Of SD Negeri 4 Madurejo. *Bitnet: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 5(1), 44–48. <https://doi.org/10.33084/bitnet.v5i1.1334>
- Sugiyono. (2017). Metode Penelitian Kuantitatif, kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta, CV.
- Sulistiyowati, N., Waliyansyah, R. R., & Murti Dewanto, F. (2021). Implementasi Augmented Reality (AR) Berbasis Android Sebagai Pengenalan Rumah Adat Indonesia Bagian Barat. *JUSS (Jurnal Sains dan Sistem Informasi)*, 3(1), 1–6. <https://doi.org/10.22437/juss.v3i1.8919>
- Suyitno. (2016). Pengembangan Multimedia Interaktif Pengukuran Teknik untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa SMK." *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan* 23.1 (2016): 101-109
- Tampubolon, J. (2022). Analisis Kesulitan Belajar Siswa Dalam Pembelajaran IPA Kelas IV SD Negeri 068003 Kec. Medan Tuntungan Tahun Ajaran 2021/2022. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan, Saintek, Sosial dan Hukum (PSSH)*, 1.
- Triana, P., Widowati, H., & Achyani, A. (2021). Pengembangan Multimedia Interaktif Pembelajaran IPA Pada Materi Keseimbangan Lingkungan dengan Mengintegrasikan Nilai-Nilai Keislaman untuk Menumbuhkan Sikap Peduli Lingkungan. *Bioedukasi (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 12(2), 163. <https://doi.org/10.24127/bioedukasi.v12i2.4442>

- Ulfa, I. M., & Dewanto, F. M. (2021). Aplikasi Augmented Reality Pembelajaran Pengenalan Wayang Kulit Berbasis Android dengan Implementasi Algoritma Linear Congruent Method. *Pengembangan Rekayasa dan Teknologi*, 17(3).
- Yang, L., Susanti, W., Hajjah, A., Marlim, Y. N., & Tendra, G. (2022). Perancangan Media Pembelajaran Matematika Menggunakan Teknologi Augmented Reality. *Edukasi: Jurnal Pendidikan*, 20(1), 122–136. <https://doi.org/10.31571/edukasi.v20i1.3830>
- Yanto, D. T. P. (2019). Praktikalitas Media Pembelajaran Interaktif pada Proses Pembelajaran Rangkaian Listrik. *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi*, 19(1), 75–82. <https://doi.org/10.24036/invotek.v19i1.409>

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Validasi Ahli Materi

#### LEMBAR VALIDASI PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN BERBASIS AUGMENTED REALITY PADA MATERI SIFAT – SIFAT CAHAYA UNTUK AHLI MATERI

Materi Pelajaran	: Pengenalan sifat – sifat cahaya
Sasaran Program	: Siswa kelas IV SD
Peneliti	: Utari Anggita
Tanggal	: 16 Desember 2023

##### A. PETUNJUK PENGISIAN

- Dimohon Bapak/Ibu/Saudara/i untuk memberikan penilaian terhadap media pembelajaran Augmented Reality (AR) materi sifat – sifat cahaya yang telah dibuat sesuai dengan kriteria yang telah termuat dalam instrumen penelitian.
- Berilah tanda *check* (✓) pada kolom yang telah tersedia, dengan memilih alternatif jawaban yang tersedia. Terdapat 5 jawaban, yaitu:
  - 5 = Sangat Baik
  - 4 = Baik
  - 3 = Cukup
  - 2 = Tidak Baik
  - 1 = Sangat Tidak Baik
- Apabila Bapak/Ibu/Saudara/i menilai kurang sesuai atau terdapat beberapa hal yang perlu diperbaiki, dimohon untuk memberikan tanda sehingga dapat dilakukan revisi lebih lanjut.
- Bapak/Ibu/Saudara/i dimohon memberikan saran pada halaman yang telah disediakan.
- Bapak/Ibu/Saudara/i dimohon memberikan tanda *check* (✓) terhadap hasil akhir penilaian penelitian terhadap pengembangan media pembelajaran AR materi sifat – sifat cahaya.
- Atas bantuan Bapak/Ibu/Saudara/i, saya ucapkan terimakasih.

##### B. TABEL PERNYATAAN

NO	Indikator	Skor				
		1	2	3	4	5
1	Materi dalam media pembelajaran AR sudah sesuai dengan tujuan pembelajaran				✓	
2	Materi dan pembaca sudah sesuai dengan tingkatan				✓	
3	Keakuratan gambar ataupun ilustrasi yang disajikan sesuai dengan materi				✓	
4	Materi keseluruhan dalam media sudah lengkap				✓	
5	Materi yang disajikan dalam media pembelajaran disampaikan secara runtut				✓	
6	Soal Latihan sudah sesuai dengan materi					✓
7	Model 3D AR yang disajikan sesuai dengan materi				✓	
8	Audio yang disajikan sesuai dengan materi				✓	
9	Kedalaman materi yang disajikan sudah baik					✓
10	Kalimat yang digunakan sesuai dengan kaidah Bahasa Indonesia yang benar					✓
11	Penggunaan Bahasa tidak ambigu (bermakna ganda)					✓
12	Bahasa yang digunakan dalam media pembelajaran mudah dipahami oleh peserta didik					✓
13	Media AR dapat mendukung pembelajaran dikelas				✓	



NO	Indikator	Skor				
		1	2	3	4	5
14	Media AR dapat mendukung peserta didik belajar secara mandiri				✓	
15	Media AR dapat digunakan peserta didik belajar dimana saja dan kapan saja				✓	

### C. KESIMPULAN

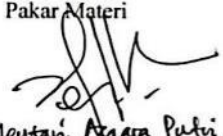
Menurut saya, Media pembelajaran Augmented Reality materi sifat – sifat cahaya ini dinyatakan:

- Layak digunakan tanpa revisi
- Layak digunakan dengan revisi sesuai saran
- Tidak layak

Komentar/Saran perbaikan:

Menurut saya, secara keseluruhan materi Media pembelajaran tentang sifat – sifat cahaya ini sudah cukup baik dan juga dapat diimproves oleh siswa. Dalam prosesnya siswa juga tampak senang dan antusias.

Medan, 16 Desember 2023  
Pakar Materi

  
Murni Agara Putri, S.Pd  
NIP. 19921206 201903 2010

## Lampiran 2

### Validasi Ahli Media

#### LEMBAR VALIDASI PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN BERBASIS AUGMENTED REALITY PADA MATERI SIFAT – SIFAT CAHAYA UNTUK AHLI MEDIA

Materi Pelajaran	: Pengenalan sifat – sifat cahaya
Sasaran Program	: Siswa kelas IV SD
Peneliti	: Utari Anggita
Tanggal	: 14 Desember 2023

#### A. PETUNJUK PENGISIAN

- Dimohon Bapak/Ibu/Saudara/i untuk memberikan penilaian terhadap media pembelajaran Augmented Reality (AR) materi sifat – sifat cahaya yang telah dibuat sesuai dengan kriteria yang telah termuat dalam instrumen penelitian.
- Berilah tanda *check* (✓) pada kolom yang telah tersedia, dengan memilih alternatif jawaban yang tersedia. Terdapat 5 jawaban, yaitu:
  - 5 = Sangat Baik
  - 4 = Baik
  - 3 = Cukup
  - 2 = Tidak Baik
  - 1 = Sangat Tidak Baik
- Apabila Bapak/Ibu/Saudara/i menilai kurang sesuai atau terdapat beberapa hal yang perlu diperbaiki, dimohon untuk memberikan tanda sehingga dapat dilakukan revisi lebih lanjut.
- Bapak/Ibu/Saudara/i dimohon memberikan saran pada halaman yang telah disediakan.
- Bapak/Ibu/Saudara/i dimohon memberikan tanda *check* (✓) terhadap hasil akhir penilaian penelitian terhadap pengembangan media pembelajaran AR materi sifat – sifat cahaya.
- Atas bantuan Bapak/Ibu/Saudara/i, saya ucapkan terimakasih.

#### B. TABEL PERNYATAAN

NO	Indikator	Skor				
		1	2	3	4	5
1	Desain tampilan mudah dimengerti					✓
2	Tata letak ( <i>layout</i> ) sudah konsisten					✓
3	Kesesuaian pemilihan ikon					✓
4	Kalimat dapat terbaca dengan jelas oleh pengguna					✓
5	Ketepatan pemilihan ukuran dan jenis <i>font</i>					✓
6	Seluruh teks pada media dapat terbaca oleh pengguna				✓	
7	Audio dapat dimainkan					✓
8	Audio terdengar dengan jelas					✓
9	Penjelasan materi tidak terdengar kaku					✓
10	Petunjuk penggunaan pada media tercantum secara lengkap			✓		
11	Petunjuk penggunaan sesuai dengan media			✓		
12	Dapat mendownload marker pada bagian petunjuk					✓
13	Penggunaan navigasi mudah diakses			✓		
14	Tombol navigasi berfungsi dengan baik				✓	
15	Navigasi sudah konsisten			✓		
16	Kalimat yang digunakan sesuai					✓

NO	Indikator	Skor				
		1	2	3	4	5
	dengan kaidah Bahasa Indonesia yang benar					
17	Penggunaan bahasa tidak ambigu (bermakna ganda)					✓
18	Bahasa yang digunakan dalam media pembelajaran mudah dipahami oleh peserta didik					✓

### C. KESIMPULAN

Menurut saya, Media pembelajaran Augmented Reality materi sifat – sifat cahaya ini dinyatakan:

- Layak digunakan tanpa revisi
- ☒ Layak digunakan dengan revisi sesuai saran
- Tidak layak

Komentar/Saran perbaikan:

Pada sub menu kuis: Seharusnya dapat menyajikan perisai soal / berapa soal yang harus diselesaikan dan ada tombol back jika kita user lupa jawaban / skip pertanyaan. Soal menggunakan audio. Seharusnya juga bisa dimasukkan jika user lupa menjawab di detik ke berapa atau berapa. (saran opsional).

Medan, 14 Desember 2023  
Pakar Media

Fanindia Purnamasari S.TI., M.IT  
NIP. 198908172019032023

*Lampiran 3*

Kuesioner Respon Peserta Didik

**LEMBAR PENILAIAN RESPONDEN TERHADAP PENGGUNAAN MEDIA  
PEMBELAJARAN BERBASIS AUGMENTED REALITY PADA MATERI SIFAT –  
SIFAT CAHAYA**

---

Materi Pelajaran : Pengenalan sifat – sifat cahaya

Kelas : IV SD

---

**A. PETUNJUK PENGISIAN**

- a. Dimohon Bapak/Ibu/Saudara/I untuk memberikan penilaian terhadap media pembelajaran Augmented Reality (AR) materi sifat – sifat cahaya yang telah dibuat sesuai dengan kriteria yang telah termuat dalam latihan I It penelitian.
- b. Berilah tanda *check* (✓) pada kolom yang telah tersedia, dengan memilih alternatif jawaban yang tersedia. Terdapat 5 jawaban, yaitu:
  - 5 = Sangat Baik
  - 4 = Baik
  - 3 = Cukup
  - 2 = Tidak Baik
  - 1 = Sangat Tidak Baik
- c. Atas bantuan Bapak/Ibu/Saudara/I, saya ucapkan terimakasih.

## B. TABEL PERNYATAAN

NO	Indikator	Skor				
		1	2	3	4	5
1	Saat menggunakan aplikasi AR, saya percaya bahwa media pembelajaran mudah saya gunakan				✓	
2	Bentuk gambar 3D pada aplikasi AR sulit untuk dipahami.	✓				
3	Selama menggunakan aplikasi AR saya merasa aplikasi tidak memberikan manfaat kepada saya.	✓				
4	Menyelesaikan soal Latihan pada aplikasi AR membuat saya merasa puas terhadap hasil yang telah saya capai.					✓
5	Aplikasi AR membuat saya sulit memahami materi sifat-sifat cahaya.		✓			
6	Informasi yang ditampilkan dalam aplikasi AR sangat membantu saya dalam memahami materi.				✓	
7	Setelah menggunakan aplikasi AR, saya merasa materi-materi IPA yang lain harus menggunakan aplikasi AR juga.				✓	
8	Menurut saya media AR adalah media yang saya harapkan sebagai media pembelajaran di era teknologi ini.					✓
9	Saya merasa bosan menggunakan aplikasi AR.		✓			



NO	Indikator	Skor				
		1	2	3	4	5
10	Bagi saya media AR merupakan media yang memberi kesan bermanfaat untuk diketahui					✓
11	Gambar 3D yang ditampilkan telah membuat saya lebih tertarik untuk mempelajari materi sifat – sifat cahaya					✓
12	Saya tidak begitu tertarik dengan aplikasi AR		✓			
13	Penjelasan materi sifat – sifat cahaya yang disajikan pada aplikasi AR 3atihan3 besar penjelasannya tidak saya ketahui karena jarang ditemukan dalam kehidupan sehari – hari.	✓				
14	Saya merasa kesulitan mempelajari materi sifat-sifat cahaya jika menggunakan aplikasi AR.	✓				
15	Skor yang didapat pada Latihan soal membuat saya merasa malas untuk belajar.	✓				
16	Setelah mempelajari materi sifat-sifat cahaya menggunakan aplikasi AR saya yakin akan berhasil mengerjakan soal yang disajikan.				✓	
17	Aplikasi AR menarik perhatian saya ketika diperkenalkan pada awal proses pembelajaran					✓
18	Pada media AR saya lebih memperhatikan soal 3atihan dibandingkan materi yang disampaikan		✓			

NO	Indikator	Skor				
		1	2	3	4	5
19	Informasi yang ditampilkan dalam aplikasi AR dapat menunjukkan kepada saya manfaat sifat cahaya dalam kehidupan sehari-hari					✓
20	Penyajian yang ditampilkan terdapat informasi yang sangat mengganggu		✓			
21	Selama saya belajar sifat cahaya menggunakan aplikasi AR, saya percaya bahwa saya dapat memahami materi dengan baik				✓	
22	Soal-soal 4atihan pada aplikasi AR terlalu sulit untuk saya		✓			
23	Saya merasa kagum melihat objek sifat cahaya yang ditampilkan seperti nyata, tidak seperti gambar 2D pada buku				✓	
24	Saya merasa pusing melihat gambar 3D yang muncul pada aplikasi AR		✓			

!!! TERIMA KASIH !!!

Telah memberikan pernyataan pada kuisioner ini, pernyataan yang anda berikan sangat membantu bagi saya, dan dari respon yang diberikan akan dijaga kerahasiaannya dengan sebaik-baiknya



*Lampiran 4*

Analisis Data dari Kuesioner Motivasi Belajar Siswa

Responden/ No soal	Perhatian						Relevansi						Percaya Diri						Kepuasan						Total
	Aspek(+)			Aspek(-)			Aspek (+)			Aspek(-)			Aspek(+)			Aspek(-)			Aspek (+)			Aspek(-)			
	10	11	17	9	12	18	6	8	19	3	13	20	1	16	21	2	5	22	4	7	23	14	15	24	
A	4	5	4	1	1	2	5	4	4	1	2	2	4	4	5	2	2	2	4	5	4	1	2	2	72
B	5	4	5	1	1	2	5	4	5	1	1	1	4	5	5	2	2	2	5	5	4	2	1	3	75
C	5	5	5	1	1	2	4	5	5	1	1	1	5	5	5	2	1	1	5	5	5	1	1	1	73
D	4	3	4	2	2	2	5	5	4	1	1	2	5	5	4	2	1	2	5	4	4	2	1	2	72
E	5	4	4	1	2	2	5	4	4	1	2	2	3	3	5	1	2	2	4	4	4	2	2	2	70
F	4	4	3	1	1	1	5	5	4	2	1	2	3	3	4	1	1	3	3	3	5	2	1	3	65
G	5	5	5	1	1	2	4	5	5	1	2	2	5	4	5	1	2	1	4	4	5	1	2	1	73
H	5	5	5	2	2	2	4	5	5	1	1	2	4	4	4	1	2	2	5	4	4	1	1	2	73
I	4	4	5	1	1	2	4	5	5	3	2	1	4	5	5	3	1	1	5	4	4	1	2	1	73
J	5	5	5	1	2	2	5	5	5	2	1	2	5	5	5	1	1	3	5	5	4	2	1	2	79
K	4	5	5	1	2	2	5	4	5	1	2	2	5	5	5	2	1	1	4	4	5	2	2	1	75
L	5	5	5	2	1	1	5	5	5	2	1	1	5	5	5	2	2	1	5	4	5	1	1	2	76
M	5	4	5	2	1	1	5	4	5	1	2	2	5	4	4	2	2	2	5	4	5	1	2	2	75
N	5	4	5	1	1	1	5	5	5	1	2	2	5	4	5	1	1	2	5	5	5	2	1	1	74
O	4	4	5	2	2	2	4	4	4	2	2	2	4	4	5	1	1	2	5	5	4	2	1	1	72
P	4	5	5	2	2	2	4	5	4	1	2	1	4	5	5	1	2	1	4	5	5	1	2	2	74
Q	5	5	5	1	1	2	4	4	4	2	2	1	4	5	5	1	1	1	4	4	5	1	2	2	71
R	4	5	5	1	2	1	4	5	5	2	2	1	5	5	4	1	1	1	4	5	5	1	2	1	72
S	4	5	5	2	1	1	5	5	4	1	2	1	4	4	4	1	2	1	4	5	5	1	2	1	70
T	4	4	4	2	1	2	5	4	4	1	2	1	5	5	4	1	2	2	4	5	5	1	2	1	71

<b>U</b>	4	5	5	1	2	1	5	5	4	2	1	1	5	4	5	1	2	1	4	4	4	2	1	2	<b>71</b>
<b>V</b>	4	4	5	1	2	1	5	4	4	1	2	2	5	5	5	2	2	1	4	5	4	1	2	1	<b>72</b>
<b>W</b>	4	4	5	2	2	1	4	5	4	1	3	1	5	4	4	1	2	2	4	5	5	1	2	1	<b>72</b>
<b>X</b>	4	5	5	1	2	1	4	4	4	1	2	1	5	4	4	1	2	2	4	5	5	1	2	1	<b>70</b>
<b>Y</b>	5	5	5	2	2	1	4	5	5	2	2	1	4	4	4	1	1	2	5	4	5	1	2	1	<b>73</b>
<b>Z</b>	5	4	4	1	2	3	4	4	4	1	2	2	4	4	5	2	1	3	3	4	5	1	1	2	<b>71</b>
<b>AA</b>	4	4	5	1	1	2	5	5	4	1	1	1	5	4	5	1	1	2	4	4	4	2	2	1	<b>69</b>
<b>BB</b>	5	5	5	1	1	1	5	5	4	2	2	2	4	4	4	1	2	1	5	5	5	2	1	1	<b>72</b>
<b>CC</b>	5	4	5	1	1	2	4	4	4	1	2	2	5	4	5	2	1	2	4	5	5	1	2	2	<b>73</b>
<b>DD</b>	4	4	5	2	2	1	4	5	4	1	3	3	4	4	5	2	2	2	4	5	5	2	3	1	<b>77</b>
<b>Total</b>	411			134			406			140			403			140			404			137			<b>2175</b>

Kategori	No Pernyataan																							
	10	11	17	9	12	18	6	8	19	3	13	20	1	16	21	2	5	22	4	7	23	14	15	24
5	14	15	24	0	0	0	16	18	12	0	0	0	16	12	19	0	0	0	12	16	19	0	0	0
4	16	14	5	0	0	0	14	12	18	0	0	0	12	16	11	0	0	0	16	13	11	0	0	0
3	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	2	2	2	2	0	1	0	3	2	1	0	0	1	2
2	0	0	0	11	15	16	0	0	0	8	19	14	0	0	0	11	16	15	0	0	0	12	13	12
1	0	0	0	19	15	13	0	0	0	21	9	14	0	0	0	18	14	12	0	0	0	18	16	16

Hasil Kali	No Pernyataan																							
	10	11	17	9	12	18	6	8	19	3	13	20	1	16	21	2	5	22	4	7	23	14	15	24
5	70	75	120	0	0	0	80	90	60	0	0	0	80	60	95	0	0	0	60	80	95	0	0	0
4	64	56	20	0	0	0	56	48	72	0	0	0	48	64	44	0	0	0	64	52	44	0	0	0

3	0	3	3	0	0	3	0	0	0	3	6	6	6	6	0	3	0	9	6	3	0	0	3	6
2	0	0	0	44	60	64	0	0	0	32	76	56	0	0	0	44	64	60	0	0	0	48	52	48
1	0	0	0	95	75	65	0	0	0	105	45	70	0	0	0	90	70	60	0	0	0	90	80	80

### Hasil Analisis Data dari Motivasi Belajar Peserta Didik

Kategori	Perhatian				Relevansi				Percaya Diri				Kepuasan			
	Pernyataan (+)		Pernyataan (-)		Pernyataan(+)		Pernyataan (-)		Pernyataan (+)		Pernyataan (-)		Pernyataan (+)		Pernyataan (-)	
	Jumlah	Skor	Jumlah	Skor	Jumlah	Skor	Jumlah	Skor	Jumlah	Skor	Jumlah	Skor	Jumlah	Skor	Jumlah	Skor
SS	53	265	0	0	46	230	0	0	47	235	0	0	47	235	0	0
SS	35	140	0	0	44	176	0	0	39	156	0	0	40	160	0	0
RR	2	6	1	3	0	0	5	15	4	12	4	12	3	9	3	9
TS	0	0	42	168	0	0	41	164	0	0	42	168	0	0	37	148
STS	0	0	47	235	0	0	44	220	0	0	44	220	0	0	50	250
Skor Total		411		406		406		399		403		400		404		407
Skor Maksimal		450		450		450		450		450		450		450		450

Persentase		91.3		90.2		90.2		88.7		89.6		88.9		89.8		90.4
Rata-rata Persen	90.77777778				89.44444444				89.22222222				90.11111111			

*Lampiran 5*

Surat izin penelitian



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

Jalan Universitas No. 9A Kampus USU Medan 20155

Telepon: (061) 8221379

Laman: fasilkom-ti.usu.ac.id

Nomor : 3747 /UN5.2.1.14/PPM/2023  
Lampiran : 1 (satu) set  
Hal : Permohonan Izin Penelitian

Medan, 05 Desember 2023

Yth.

**Kepala Sekolah SD NEGERI 101830 TANJUNG SELAMAT**

Sehubungan dengan Surat Permohonan Izin Penelitian yang diajukan mahasiswa sebagai berikut:

Nama : UTARI ANGGITA  
NIM : 191402002  
Program : S1  
Program Studi : Teknologi Informasi  
Semester : 9  
Alamat Mahasiswa : Perumahan griya karya kasih No.22, Medan Johor  
Judul Proposal : PENERAPAN ALGORITMA FISHER YATES SHUFFLE DAN FUZZY TSUKAMOTO DALAM PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN PADA MATERI SEKOLAH DASAR BERBASIS AUGMENTED REALITY MENGGUNAKAN MODEL PENGEMBANGAN HANNAFIN & PECK  
Lokasi Penelitian : SD NEGERI 101830 TANJUNG SELAMAT  
Ditujukan Kepada : Kepala Sekolah SD NEGERI 101830 TANJUNG SELAMAT  
Dosen Pembimbing : Ulfi Andayani, S.Kom., M.Kom

Maka dengan ini kami mohon kesediaan Bapak/Ibu untuk dapat memberikan Izin Penelitian kepada mahasiswa yang tersebut di atas. Penelitian ini diperlukan mahasiswa untuk mengumpulkan data/informasi sebagai bahan untuk menyelesaikan Skripsi/Tugas Akhir.

Demikian hal ini disampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Dekan  
Dr. Maya Silvi Lydia, B.Sc., M.Sc.  
NIP. 197401272002122001



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

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

**KEPUTUSAN**  
**DEKAN FAKULTAS ILMU KOMPUTER**  
**DAN TEKNOLOGI INFORMASI**  
**NOMOR : 1931/UN5.2.14.D/SK/SPB/2024**

**DEKAN FAKULTAS ILMU KOMPUTER**  
**DAN TEKNOLOGI INFORMASI UNIVERSITAS SUMATERA UTARA**

- Membaca** : Surat Permohonan Mahasiswa Fasilkom-TI USU tanggal 13 Juni 2024 perihal permohonan ujian skripsi:  
                   Nama : UTARI ANGGITA  
                   NIM : 191402002  
                   Program Studi : Sarjana (S-1) Teknologi Informasi  
                   Judul Skripsi : Penerapan Algoritma Fisher Yates Shuffle dan Fuzzy Tsukamoto Dalam Pengembangan Media Pembelajaran Pada Materi Sekolah Dasar Berbasis Augmented Reality Menggunakan Model Pengembangan Hannafin
- Memperhatikan** : Bahwa Mahasiswa tersebut telah memenuhi kewajiban untuk ikut dalam pelaksanaan Meja Hijau Skripsi Mahasiswa pada Program Studi Sarjana (S-1) Teknologi Informasi Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Sumatera Utara TA 2023/2024.
- Menimbang** : Bahwa permohonan tersebut diatas dapat disetujui dan perlu ditetapkan dengan surat keputusan
- Mengingat** : 1. Undang-undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional.  
                   2. Peraturan Pemerintah Nomor 17 tahun 2010 tentang pengelolaan dan penyelenggara pendidikan.  
                   3. Keputusan Rektor USU Nomor 03/UN5.1.R/SK/SPB/2021 tentang Peraturan Akademik Program Sarjana Universitas Sumatera Utara.  
                   4. Surat Keputusan Rektor USU Nomor 1876/UN5.1.R/SK/SDM/2021 tentang pengangkatan Dekan Fasilkom-TI USU Periode 2021-2026
- MEMUTUSKAN**
- Menetapkan** :  
**Pertama** : Membentuk dan mengangkat Tim Penguji Skripsi mahasiswa sebagai berikut:
- Ketua : Mohammad Fadly Syah Putra, B.Sc., M.Sc.  
                   NIP: 198301292009121003
- Sekretaris : Annisa Fadhillah Pulungan S.Kom, M.Kom  
                   NIP: 199308092020012001
- Anggota Penguji : Ulfi Andayani S.Kom., M.Kom  
                   NIP: 198604192015042004
- Anggota Penguji : Rossy Nurhasanah S.Kom., M.Kom  
                   NIP: 198707012019032016
- Moderator : -
- Panitera : -
- Kedua** : Segala biaya yang diperlukan untuk pelaksanaan kegiatan ini dibebankan pada Dana Penerimaan Bukan Pajak (PNPB) Fasilkom-TI USU Tahun 2024.
- Ketiga** : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dengan ketentuan bahwa segala sesuatunya akan diperbaiki sebagaimana mestinya apabila dikemudian hari terdapat kekeliruan dalam surat keputusan ini.

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

Medan, 14 Juni 2024  
 Ditandatangani secara elektronik oleh:  
 Dekan



Maya Silvi Lydia  
 NIP 197401272002122001