

**PENGEMBANGAN GAME EDUKASI AR DENGAN NPC GURU
VIRTUAL BERBASIS MEDIAPIPE DAN AI VOICE INTERACTION*****Development of An AR Educational Game Featuring A Virtual Teacher NPC
based on Mediapipe and AI Voice Interaction*****Muh. Hasrul¹, Fahrim Irhamna Rachman², Runal Rezkiawan³, Muhammad
Faisal⁴, Nurahmad⁵**^{1,2,3}**Universitas Muhammadiyah Makassar**¹**Email: 105841114922@student.unismuh.ac.id**²**Email: fachrim141020@unismuh.ac.id**³**Email: runal@unismuh.ac.id****Abstract**

The development of interactive learning media has been supported by the integration of Augmented Reality (AR), Artificial Intelligence (AI), and voice interaction technologies. However, learning applications that integrate AR with virtual teacher characters and multiple forms of interaction are still challenging to implement, particularly in terms of system integration and device limitations. This study aims to develop an educational game based on Augmented Reality with a Virtual Teacher NPC that integrates AI, voice interaction, ML Kit Optical Character Recognition (OCR), MediaPipe, chat, and quiz features. The application was developed using Unity and AR Foundation, with Google Gemini used to generate AI responses. Voice interaction was implemented through Speech-to-Text (STT) and Text-to-Speech (TTS), while ML Kit OCR was used to recognize text from scanned learning materials. MediaPipe was implemented to process visual information from the user's face as a supporting component for NPC interaction. The system was evaluated using Black Box Testing, System Usability Scale (SUS), and User Acceptance Testing (UAT). The results of Black Box Testing showed that most of the main functions operated according to the designed scenarios, although several functions were partially successful due to OCR image quality and MediaPipe implementation limitations. Testing with 20 respondents produced an average SUS score of 63.88, while UAT produced an average score of 3.58 out of 5 or 71.61%. The developed application can function as an interactive educational media, although improvements are still required in usability, OCR performance, and MediaPipe implementation.

Keywords: Augmented Reality, Educational Game, Virtual Teacher, Artificial Intelligence, Voice Interaction, MediaPipe, OCR

Abstrak

Perkembangan teknologi digital memberikan peluang untuk mengembangkan media pembelajaran yang lebih interaktif melalui integrasi Augmented Reality (AR), Artificial Intelligence (AI), dan interaksi suara. Penelitian bertujuan mengembangkan game edukasi berbasis Augmented Reality dengan NPC Guru Virtual yang mengintegrasikan AI, voice interaction, ML Kit Optical Character Recognition (OCR), MediaPipe, chat, dan quiz. Aplikasi dikembangkan menggunakan Unity dan AR Foundation, sedangkan Google Gemini digunakan untuk menghasilkan respons AI. Interaksi suara diterapkan melalui mekanisme Speech-to-Text (STT) dan Text-to-Speech (TTS), sementara ML Kit OCR digunakan untuk mengenali teks dari materi pembelajaran yang dipindai menggunakan kamera. MediaPipe digunakan untuk memproses informasi visual wajah pengguna sebagai komponen pendukung interaksi NPC. Pengujian dilakukan

menggunakan Black Box Testing, System Usability Scale (SUS), dan User Acceptance Testing (UAT). Hasil Black Box Testing menunjukkan bahwa sebagian besar fungsi utama aplikasi berjalan sesuai dengan skenario yang dirancang, meskipun beberapa fungsi memperoleh status berhasil sebagian akibat kualitas gambar pada proses OCR dan keterbatasan implementasi MediaPipe. Pengujian SUS terhadap 20 responden menghasilkan rata-rata sebesar 63,88, sedangkan pengujian UAT menghasilkan rata-rata 3,58 dari 5 atau sebesar 71,61%. Aplikasi yang dikembangkan dapat digunakan sebagai media pembelajaran interaktif, meskipun masih diperlukan pengembangan lebih lanjut terutama pada aspek usability, kualitas OCR, dan implementasi MediaPipe.

Kata Kunci: *Augmented Reality, Game Edukasi, Guru Virtual, Artificial Intelligence, Voice Interaction, MediaPipe, OCR*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi memberikan peluang dalam pengembangan media pembelajaran yang tidak hanya berfungsi sebagai penyampai informasi, tetapi juga mampu melibatkan pengguna dalam proses pembelajaran secara lebih interaktif. Pemanfaatan teks, gambar, suara, animasi, dan interaksi pengguna dapat menciptakan pengalaman belajar yang lebih dinamis. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah game-based learning, yaitu pemanfaatan permainan sebagai bagian dari proses pembelajaran. Pendekatan game-based learning dapat menggabungkan tujuan pembelajaran dengan aktivitas, tantangan, interaksi, dan umpan balik (Alotaibi, 2024; Chiotaki & Karpouzis, 2023; Guan & Wang, 2022).

Salah satu teknologi yang dapat mendukung pengembangan media pembelajaran interaktif adalah Augmented Reality (AR). AR memungkinkan objek virtual ditampilkan pada lingkungan nyata melalui kamera perangkat sehingga materi pembelajaran dapat disajikan dalam bentuk visual yang lebih interaktif (Lampropoulos & Evangelidis, 2022; Yu & Searight, 2022; Zhang & Luo, 2022). Dalam penelitian ini, AR digunakan sebagai lingkungan visual untuk menampilkan NPC Guru Virtual dan komponen pembelajaran lainnya. Aplikasi dikembangkan menggunakan Unity dan AR Foundation sebagai platform utama pengembangan AR.

Selain AR, penggunaan Artificial Intelligence (AI) dapat memberikan bentuk interaksi yang lebih dinamis antara pengguna dan sistem (Imran & Almusharraf, 2024). Dalam penelitian ini, AI digunakan melalui Google Gemini untuk menghasilkan respons terhadap masukan pengguna. Pengguna dapat memberikan pertanyaan melalui fitur chat maupun voice interaction. Pada interaksi suara, masukan pengguna diproses melalui Speech-to-Text (STT), kemudian teks dikirimkan ke AI untuk menghasilkan respons. Respons tersebut selanjutnya dikonversi menjadi suara menggunakan Text-to-Speech (TTS) dan disampaikan melalui NPC Guru Virtual (Bonifacci & Desideri, 2022; Chen, 2022).

NPC Guru Virtual menjadi salah satu komponen utama dalam aplikasi karena berperan sebagai representasi guru yang memberikan penjelasan dan merespons pengguna. NPC tidak hanya menampilkan informasi dalam bentuk teks, tetapi juga memberikan respons melalui suara dan animasi. Animasi seperti Idle, Greeting, Listening, Thinking, Talking, dan Teaching digunakan untuk memberikan respons visual berdasarkan kondisi interaksi. Hasil implementasi menunjukkan bahwa NPC dapat digunakan sebagai komponen interaksi dalam

proses pembelajaran.

Interaksi dengan materi pembelajaran juga didukung oleh fitur ML Kit Optical Character Recognition (OCR). Fitur ini memungkinkan pengguna memindai materi pembelajaran menggunakan kamera dan memperoleh teks hasil pengenalan (Muclis & Somantri, 2021; Sebban, 2025). Teks tersebut kemudian dapat diteruskan kepada AI untuk menghasilkan penjelasan yang selanjutnya disampaikan melalui NPC Guru Virtual. Namun, hasil pengenalan OCR dipengaruhi oleh kualitas gambar yang diperoleh dari kamera. Gambar yang kurang jelas atau sedikit buram dapat menyebabkan penurunan kualitas pengenalan teks.

Penelitian ini juga menerapkan MediaPipe sebagai komponen pendukung untuk memperoleh informasi visual dari wajah pengguna (Kim, 2024). Hasil implementasi menunjukkan bahwa MediaPipe dapat memproses informasi visual wajah pada perangkat pengujian. Akan tetapi, terdapat keterbatasan perangkat dalam penggunaan kamera secara bersamaan sehingga mekanisme pergantian kamera yang menyebabkan tampilan kurang stabil tidak digunakan pada implementasi akhir.

Berdasarkan permasalahan dan kebutuhan tersebut, penelitian ini mengembangkan sebuah game edukasi berbasis AR dengan NPC Guru Virtual yang mengintegrasikan AR, AI, voice interaction, OCR, MediaPipe, chat, dan quiz dalam satu aplikasi. Integrasi tersebut memungkinkan pengguna memperoleh materi dan berinteraksi dengan NPC melalui teks, suara, serta pemindaian materi pembelajaran.

Berbeda dengan penelitian terdahulu yang umumnya membahas penerapan teknologi tertentu atau kombinasi teknologi dalam konteks pembelajaran, penelitian ini berfokus pada integrasi AR, NPC Guru Virtual, AI, voice interaction, OCR, MediaPipe, chat, dan quiz dalam satu lingkungan pembelajaran interaktif, yaitu AR sebagai lingkungan visual, NPC sebagai guru virtual, AI sebagai pengolah respons, voice interaction sebagai mekanisme komunikasi suara, OCR sebagai mekanisme pemindaian materi, MediaPipe sebagai pendukung pemrosesan informasi visual wajah, serta quiz sebagai bagian dari gameplay dan evaluasi. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan game edukasi berbasis AR dengan NPC Guru Virtual serta mengevaluasi fungsionalitas, usability, dan penerimaan pengguna terhadap aplikasi yang dikembangkan.

METODE

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan sistem, pengembangan dan implementasi aplikasi, integrasi fitur, pengujian, analisis hasil, serta penyusunan laporan. Pengembangan aplikasi dilakukan menggunakan komputer sebagai perangkat pengembangan dan smartphone Android sebagai perangkat implementasi dan pengujian. Pengembangan aplikasi menggunakan Prototype Model, yaitu model pengembangan perangkat lunak yang menggunakan prototipe sebagai bentuk awal sistem untuk membantu proses perancangan, evaluasi, dan penyempurnaan aplikasi. Tahapan penelitian secara umum meliputi:

1. Studi literatur, dilakukan untuk mengidentifikasi konsep dan teknologi yang relevan dengan game edukasi, Augmented Reality, NPC Guru Virtual, AI,

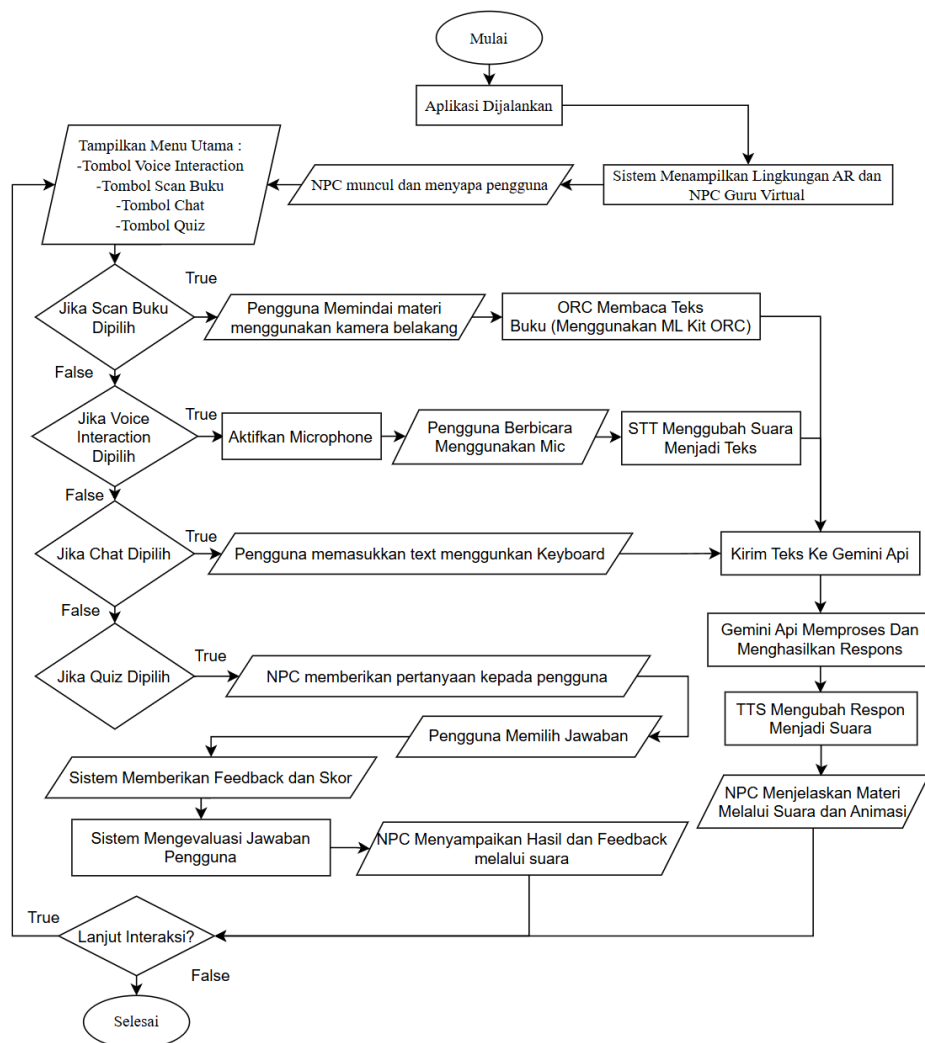
- voice interaction, OCR, dan MediaPipe.
2. Analisis kebutuhan, dilakukan untuk menentukan kebutuhan sistem, fitur interaksi, perangkat, serta teknologi yang diperlukan dalam pengembangan aplikasi.
 3. Perancangan sistem, dilakukan dengan merancang alur kerja aplikasi, hubungan antarfitur, serta interaksi pengguna dengan NPC Guru Virtual menggunakan flowchart dan use case diagram.
 4. Pengembangan dan implementasi, dilakukan menggunakan Unity dan teknologi pendukung yang telah ditentukan.
 5. Integrasi fitur, dilakukan dengan menggabungkan AR, NPC Guru Virtual, AI, voice interaction, OCR, MediaPipe, chat, dan quiz ke dalam satu aplikasi.
 6. Pengujian, dilakukan menggunakan Black Box Testing, System Usability Scale (SUS), dan User Acceptance Testing (UAT).
 7. Analisis hasil, dilakukan terhadap hasil pengujian untuk mengetahui fungsionalitas, usability, dan penerimaan pengguna terhadap aplikasi yang dikembangkan.

Sistem dirancang sebagai game edukasi berbasis Augmented Reality yang menempatkan NPC Guru Virtual sebagai komponen utama dalam interaksi pembelajaran. Sistem menggabungkan AR, Artificial Intelligence, interaksi teks dan suara, pemindaian materi, pemrosesan informasi visual wajah, serta quiz.

Alur sistem dimulai ketika pengguna menjalankan aplikasi dan berinteraksi dengan NPC Guru Virtual. Pengguna dapat memperoleh materi pembelajaran melalui lingkungan AR, memberikan pertanyaan melalui fitur chat atau voice interaction, serta melakukan pemindaian terhadap materi pembelajaran menggunakan kamera. Masukan suara diproses melalui mekanisme STT dan diteruskan kepada AI untuk menghasilkan respons. Respons tersebut kemudian dikonversi menjadi suara menggunakan TTS dan disampaikan melalui NPC Guru Virtual.

Pada proses pemindaian materi, kamera digunakan untuk memperoleh gambar materi pembelajaran. Gambar tersebut diproses menggunakan ML Kit OCR untuk memperoleh teks. Teks hasil OCR kemudian dapat diteruskan kepada AI untuk menghasilkan penjelasan yang disampaikan melalui NPC Guru Virtual. MediaPipe digunakan sebagai komponen pendukung untuk memperoleh informasi visual dari wajah pengguna.

Interaksi pengguna dengan NPC juga didukung oleh animasi yang menyesuaikan kondisi interaksi, seperti Idle, Greeting, Listening, Thinking, Talking, dan Teaching. Selain itu, fitur quiz digunakan sebagai bagian dari gameplay sekaligus sebagai aktivitas evaluasi pemahaman pengguna.



Gambar 1. Arsitektur dan Alur Sistem

Implementasi sistem menggunakan beberapa perangkat lunak dan teknologi utama. Unity 6 digunakan sebagai lingkungan utama pengembangan aplikasi, sedangkan AR Foundation dan ARCore digunakan untuk mendukung penerapan AR pada perangkat Android. Google Gemini digunakan untuk menghasilkan respons AI terhadap masukan pengguna.

Tabel 1. Teknologi yang Digunakan

Teknologi/Komponen	Fungsi
Unity 6	Pengembangan utama game edukasi AR
AR Foundation	Implementasi fitur AR
ARCore	Dukungan AR pada perangkat Android
Google Gemini	Pemrosesan AI dan respons NPC
Speech-to-Text	Konversi suara menjadi teks
Text-to-Speech	Konversi respons teks menjadi suara
ML Kit OCR	Pengenalan teks dari materi yang dipindai
MediaPipe	Pemrosesan informasi visual wajah
Blender/Mixamo	Pembuatan/pengolahan model dan animasi NPC

Visual Studio Code	Pengembangan kode program
Android Smartphone	Implementasi dan pengujian aplikasi

Speech-to-Text (STT) digunakan untuk mengubah masukan suara menjadi teks, sedangkan Text-to-Speech (TTS) digunakan untuk mengubah respons teks menjadi suara yang disampaikan oleh NPC Guru Virtual. ML Kit digunakan untuk proses OCR terhadap materi yang dipindai, sedangkan MediaPipe digunakan untuk mendukung pemrosesan informasi visual wajah pengguna.

Model dan animasi NPC digunakan untuk merepresentasikan guru virtual dalam aplikasi. Animasi NPC mencakup kondisi seperti Idle, Greeting, Listening, Thinking, Talking, dan Teaching. Fitur chat memungkinkan pengguna memberikan pertanyaan dalam bentuk teks, sedangkan quiz digunakan untuk memberikan pertanyaan dan umpan balik berdasarkan jawaban pengguna.

Pengujian dilakukan setelah seluruh fitur aplikasi selesai diimplementasikan. Penelitian menggunakan tiga metode pengujian, yaitu Black Box Testing, System Usability Scale (SUS), dan User Acceptance Testing (UAT). Ketiga metode tersebut digunakan untuk memperoleh informasi yang berbeda mengenai sistem, yaitu fungsionalitas aplikasi, usability, dan penerimaan pengguna.

1. Black Box Testing

Black Box Testing digunakan untuk menguji fungsi aplikasi berdasarkan masukan (input) dan keluaran (output) tanpa memperhatikan struktur internal kode program. Pengujian dilakukan terhadap fitur-fitur utama aplikasi, meliputi navigasi antarmuka, AR dan kamera, NPC Guru Virtual, animasi, chat, voice interaction, STT, TTS, AI/Gemini, pemindaian materi, OCR, MediaPipe, quiz, dan fungsi pendukung lainnya.

Setiap skenario pengujian dicatat berdasarkan fitur yang diuji, kondisi atau masukan yang diberikan, hasil yang diharapkan, hasil aktual, serta status pengujian. Status pengujian digunakan untuk mengetahui apakah setiap fungsi telah berjalan sesuai dengan rancangan.

2. System Usability Scale (SUS)

System Usability Scale (SUS) digunakan untuk mengetahui tingkat usability aplikasi berdasarkan persepsi pengguna setelah menggunakan aplikasi. Pengujian SUS melibatkan 20 responden dengan instrumen yang terdiri atas 10 pernyataan menggunakan skala lima poin. Setiap jawaban dikonversi menggunakan aturan perhitungan SUS sehingga menghasilkan skor pada rentang 0–100. Skor tersebut digunakan untuk menggambarkan tingkat kemudahan penggunaan aplikasi berdasarkan persepsi pengguna.

3. User Acceptance Testing (UAT)

User Acceptance Testing (UAT) digunakan untuk mengetahui tingkat penerimaan pengguna terhadap aplikasi dan fitur yang dikembangkan. Pengujian dilakukan setelah responden mencoba aplikasi dengan memberikan penilaian terhadap aspek-aspek yang berkaitan dengan penggunaan aplikasi sebagai media pembelajaran.

Instrumen UAT terdiri atas 18 pernyataan dengan lima tingkat penilaian. Pernyataan mencakup aspek kemudahan penggunaan, tampilan, objek 3D/NPC, AR, interaksi dengan NPC Guru Virtual, suara, chat, voice interaction, STT, OCR, interaktivitas, manfaat pembelajaran, serta ketertarikan pengguna untuk menggunakan aplikasi kembali. Aplikasi dibagikan kepada responden melalui

WhatsApp, kemudian penilaian dikumpulkan setelah responden menggunakan aplikasi.

Teknik analisis data digunakan untuk mengolah dan menginterpretasikan data yang diperoleh dari proses pengujian aplikasi game edukasi berbasis Augmented Reality dengan NPC Guru Virtual. Analisis dilakukan berdasarkan tiga jenis pengujian, yaitu Black Box Testing, SUS, dan UAT.

Hasil Black Box Testing dianalisis berdasarkan status keberhasilan setiap skenario untuk mengetahui apakah fungsi aplikasi telah berjalan sesuai dengan rancangan. Hasil SUS dianalisis berdasarkan skor yang diperoleh dari jawaban responden untuk mengetahui tingkat usability aplikasi. Sementara itu, hasil UAT dianalisis berdasarkan nilai rata-rata dan persentase penilaian responden untuk mengetahui tingkat penerimaan pengguna terhadap aplikasi.

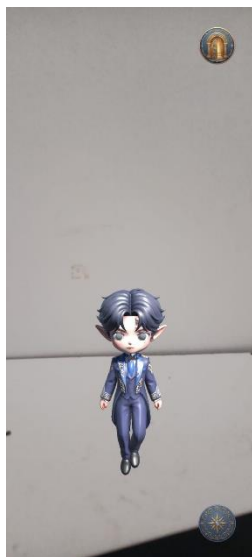
HASIL

Hasil Pengembangan Aplikasi

Penelitian ini menghasilkan game edukasi berbasis Augmented Reality (AR) dengan NPC Guru Virtual yang dikembangkan menggunakan Unity. Aplikasi dirancang sebagai media pembelajaran interaktif dengan mengintegrasikan lingkungan AR, karakter virtual, Artificial Intelligence (AI), interaksi suara, pemindaian materi pembelajaran, chat, dan quiz. NPC Guru Virtual berperan sebagai komponen utama yang menyampaikan informasi serta memberikan respons terhadap masukan pengguna.

1. Implementasi Augmented Reality dan NPC Guru Virtual

Augmented Reality digunakan sebagai lingkungan utama untuk menampilkan NPC Guru Virtual pada lingkungan nyata pengguna melalui kamera perangkat. Implementasi ini memungkinkan proses pembelajaran disajikan tidak hanya melalui antarmuka dua dimensi, tetapi juga melalui karakter virtual yang ditempatkan pada lingkungan AR.



Gambar 2. Tampilan Awal Aplikasi dan Implementasi Augmented Reality

NPC Guru Virtual digunakan sebagai representasi guru yang menyampaikan informasi, memberikan respons terhadap pertanyaan pengguna, serta menjalankan animasi berdasarkan kondisi interaksi. Animasi yang diterapkan meliputi Idle,

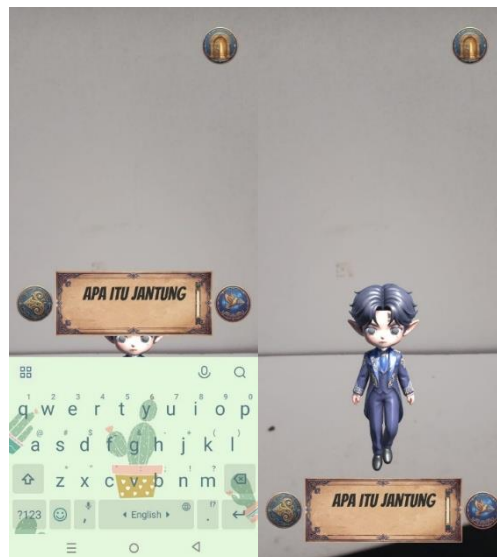
Greeting, Listening, Thinking, Talking, dan Teaching. Penggunaan animasi tersebut memberikan respons visual selama proses interaksi dengan pengguna.



Gambar 3. NPC Guru Virtual

2. Implementasi Chat dan AI

Aplikasi menyediakan fitur chat sebagai salah satu alternatif interaksi antara pengguna dan NPC Guru Virtual. Pengguna dapat memasukkan pertanyaan melalui antarmuka chat, kemudian pertanyaan tersebut diproses oleh sistem AI menggunakan Google Gemini. Respons yang dihasilkan kemudian ditampilkan pada aplikasi dan digunakan sebagai bagian dari interaksi NPC. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pertanyaan melalui chat dapat diproses dan respons dapat ditampilkan serta dijelaskan oleh NPC.

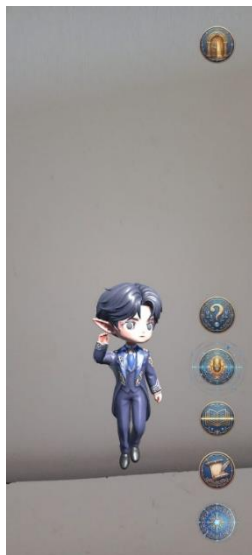


Gambar 4. Fitur Chat

3. Implementasi AI Voice Interaction

Voice interaction memungkinkan pengguna berkomunikasi dengan NPC menggunakan input suara. Mekanisme interaksi terdiri atas beberapa tahapan, yaitu input suara → Speech-to-Text (STT) → Google Gemini → Text-to-Speech

(TTS) → NPC Guru Virtual. Input suara pengguna terlebih dahulu dikonversi menjadi teks menggunakan STT. Teks tersebut kemudian dikirimkan ke Google Gemini untuk menghasilkan respons. Respons AI selanjutnya dikonversi menjadi suara menggunakan TTS dan disampaikan melalui NPC Guru Virtual.



Gambar 5. Fitur Voice Interaction

Hasil pengujian menunjukkan bahwa mekanisme tersebut dapat digunakan untuk melakukan komunikasi dengan NPC tanpa pengguna harus selalu mengetikkan pertanyaan. Fitur chat tetap tersedia sebagai alternatif ketika pengguna ingin menggunakan input berbasis teks.

4. Implementasi Text-to-Speech

Text-to-Speech digunakan untuk mengubah respons teks yang dihasilkan AI menjadi suara. Suara tersebut digunakan sebagai keluaran dalam interaksi NPC sehingga informasi atau jawaban tidak hanya ditampilkan dalam bentuk teks, tetapi juga disampaikan melalui suara NPC. Hasil pengujian menunjukkan bahwa respons AI berhasil dikonversi menjadi suara dan digunakan dalam interaksi NPC.



Gambar 6. Implementasi Text-to-Speech

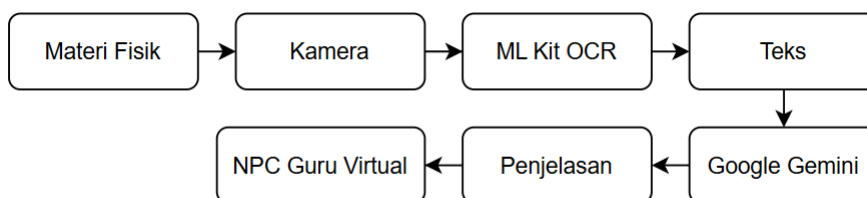
5. Implementasi ML Kit OCR

Fitur ML Kit OCR digunakan untuk mengenali teks dari materi pembelajaran yang dipindai menggunakan kamera. Teks yang berhasil dikenali kemudian digunakan sebagai masukan bagi sistem AI untuk menghasilkan penjelasan materi. Penjelasan tersebut selanjutnya dapat disampaikan melalui NPC Guru Virtual.



Gambar 7. Pemindaian Materi Pembelajaran

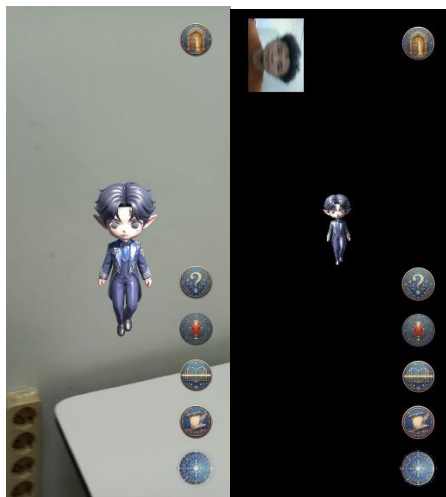
Hasil implementasi menunjukkan bahwa OCR dapat mengenali teks pada materi, tetapi kualitas pengenalan dipengaruhi oleh kondisi gambar. Gambar yang kurang jelas atau sedikit buram dapat menurunkan kualitas teks hasil OCR sehingga berpotensi memengaruhi respons yang dihasilkan AI.



Gambar 8. Alur Pemindaian Materi

6. Implementasi MediaPipe

MediaPipe digunakan sebagai komponen pendukung untuk memperoleh informasi visual dari wajah pengguna melalui kamera. Berdasarkan implementasi dan pengujian, MediaPipe dapat memproses informasi visual wajah pada perangkat pengujian sesuai dengan fungsi yang diterapkan.



Gambar 9. Implementasi MediaPipe

Namun, selama pengembangan ditemukan keterbatasan perangkat dalam penggunaan kamera secara bersamaan. Mekanisme pergantian kamera tertentu juga dapat menyebabkan tampilan kurang stabil, seperti munculnya layar atau latar belakang hitam. Oleh karena itu, mekanisme tersebut tidak digunakan pada implementasi akhir untuk mempertahankan kestabilan dan kenyamanan aplikasi.

7. Implementasi Quiz

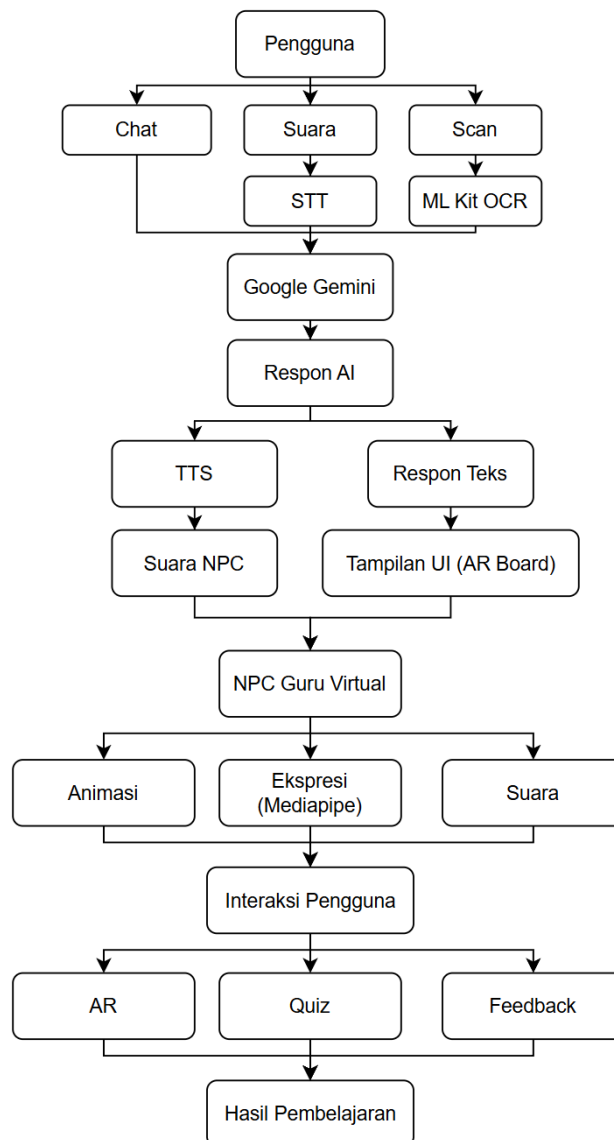
Quiz digunakan sebagai bagian dari aktivitas pembelajaran sekaligus evaluasi pemahaman pengguna. Pengguna dapat membuka quiz, memperoleh pertanyaan, memberikan jawaban, dan menerima umpan balik berdasarkan jawaban tersebut. Hasil pengujian menunjukkan bahwa fitur quiz dapat dibuka dan pertanyaan serta jawaban pengguna dapat diproses.



Gambar. 10 Quiz

8. Integrasi Fitur

Seluruh komponen kemudian diintegrasikan dalam satu lingkungan aplikasi. Integrasi tersebut mencakup AR, NPC Guru Virtual, AI, chat, voice interaction, STT, TTS, OCR, MediaPipe, animasi NPC, dan quiz. Dengan integrasi tersebut, pengguna dapat berinteraksi dengan sistem melalui teks, suara, maupun hasil pemindaian materi pembelajaran.



Gambar. 11 Integrasi Fitur

Hasil Pengujian

Black Box Testing

Black Box Testing dilakukan untuk mengetahui apakah fungsi aplikasi dapat berjalan sesuai dengan rancangan. Pengujian mencakup navigasi, AR dan kamera, NPC dan animasi, chat, voice interaction, STT, AI/Gemini, TTS, OCR, MediaPipe, quiz, feedback quiz, integrasi sistem, dan fungsi keluar aplikasi. Sebanyak 20 skenario pengujian digunakan dalam pengujian.

Berdasarkan hasil, sebagian besar fungsi utama aplikasi dapat berjalan sesuai dengan rancangan. Fungsi yang memperoleh status berhasil sebagian terutama berkaitan dengan kondisi tertentu pada respons emosi NPC, kualitas gambar pada proses pemindaian dan OCR, MediaPipe, feedback quiz, serta integrasi yang melibatkan proses pemindaian.

Dengan demikian, secara fungsional aplikasi telah mampu menjalankan komponen utama yang dirancang, tetapi masih terdapat beberapa kondisi teknis yang memengaruhi hasil penggunaan.

Tabel 2. Ringkasan Hasil Black Box Testing

No.	Fitur yang Diuji	Status
1	Menjalankan aplikasi	Berhasil
2	Navigasi UI	Berhasil
3	AR dan kamera	Berhasil
4	Tampilan NPC	Berhasil
5	Animasi NPC	Berhasil
6	Respons emosi NPC	Berhasil Sebagian
7	Chat	Berhasil
8	Voice Interaction	Berhasil
9	Speech-to-Text (STT)	Berhasil
10	AI/Gemini	Berhasil
11	Text-to-Speech (TTS)	Berhasil
12	Voice-AI-TTS	Berhasil
13	Scan materi	Berhasil Sebagian
14	OCR (ML Kit)	Berhasil Sebagian
15	OCR-AI-NPC	Berhasil
16	MediaPipe	Berhasil Sebagian
17	Quiz	Berhasil
18	Feedback Quiz	Berhasil Sebagian
19	Integrasi sistem	Berhasil Sebagian
20	Keluar sesi	Berhasil

System Usability Scale (SUS)

Pengujian SUS dilakukan untuk mengetahui tingkat usability aplikasi berdasarkan persepsi pengguna setelah menggunakan aplikasi dan mencoba fitur-fitur utama. Pengujian melibatkan 20 responden dengan 10 pernyataan SUS yang terdiri atas pernyataan positif dan negatif.

Setelah seluruh jawaban dikonversi menggunakan aturan perhitungan SUS, diperoleh total skor sebesar 1.277,50 dengan nilai rata-rata 63,88.

Tabel 3. Hasil System Usability Scale

Parameter	Hasil
Jumlah responden	20
Jumlah pernyataan	10
Total skor SUS	1.277,50
Rata-rata SUS	63,88

Hasil tersebut menunjukkan bahwa aplikasi dapat digunakan oleh pengguna, tetapi masih memiliki ruang untuk meningkatkan kemudahan penggunaan, konsistensi antarmuka, dan kenyamanan interaksi.

User Acceptance Testing (UAT)

UAT dilakukan untuk mengetahui tingkat penerimaan pengguna terhadap aplikasi sebagai media pembelajaran. Pengujian melibatkan 20 responden dengan

18 pernyataan menggunakan skala lima poin. Pernyataan mencakup aspek kemudahan penggunaan, tampilan, objek 3D/NPC, AR, interaksi NPC, suara, chat, voice interaction, STT, OCR, interaktivitas, manfaat pembelajaran, serta ketertarikan menggunakan aplikasi kembali.

Karena seluruh pernyataan UAT merupakan pernyataan positif, skor jawaban digunakan secara langsung. Hasil pengujian terhadap 20 responden menghasilkan nilai rata-rata 3,58 dari 5 atau 71,61%.

Tabel 4. Hasil User Acceptance Testing

Parameter	Hasil
Jumlah responden	20
Jumlah pernyataan	18
Skala penilaian	1–5
Rata-rata	3,58 / 5
Persentase	71,61%

Hasil tersebut menunjukkan adanya penerimaan pengguna terhadap aplikasi sebagai media pembelajaran berdasarkan aspek-aspek yang diuji. Penilaian tidak hanya mencakup aspek teknis, tetapi juga pengalaman pengguna dalam menggunakan AR, NPC Guru Virtual, voice interaction, OCR, serta fitur pembelajaran.

PEMBAHASAN

1. Integrasi Teknologi

Hasil pengembangan menunjukkan bahwa AR, AI, voice interaction, OCR, MediaPipe, animasi NPC, chat, dan quiz dapat diintegrasikan dalam satu aplikasi pembelajaran. AR berfungsi sebagai lingkungan visual untuk menampilkan NPC dan komponen virtual, sedangkan AI digunakan untuk memproses masukan pengguna dan menghasilkan respons.

Integrasi tersebut memberikan beberapa bentuk interaksi kepada pengguna, yaitu melalui teks, suara, dan hasil pemindaian materi. Hal ini menjadikan NPC Guru Virtual tidak hanya sebagai objek visual dalam AR, tetapi juga sebagai media penyampaian informasi dan respons terhadap pengguna.

2. Interaksi NPC Guru Virtual

NPC Guru Virtual dapat memberikan respons melalui teks, suara, dan animasi. Animasi Greeting, Listening, Thinking, Talking, dan Teaching digunakan untuk merepresentasikan kondisi NPC selama interaksi. Hal ini membuat penyampaian materi lebih dinamis dibandingkan penyampaian informasi yang hanya menggunakan teks.

Namun, respons NPC tetap bergantung pada input dan kondisi sistem yang telah diimplementasikan sehingga belum sepenuhnya menyerupai interaksi dengan guru manusia.

3. Voice Interaction dan AI

Integrasi STT, Google Gemini, dan TTS memungkinkan pengguna berkomunikasi dengan NPC melalui suara. Mekanisme tersebut berhasil diterapkan dengan alur suara pengguna dikonversi menjadi teks, diproses oleh AI, kemudian respons dikonversi kembali menjadi suara untuk disampaikan oleh NPC.

Keberadaan chat sebagai alternatif juga memberikan pilihan bentuk input kepada pengguna. Dengan demikian, interaksi tidak bergantung hanya pada satu metode komunikasi.

4. OCR dan Pemindaian Materi

Fitur OCR memberikan mekanisme untuk menghubungkan materi fisik dengan sistem pembelajaran digital. Pengguna dapat memindai materi, memperoleh teks hasil OCR, kemudian meneruskannya kepada AI untuk mendapatkan penjelasan melalui NPC.

Namun, hasil pengujian menunjukkan bahwa kualitas OCR masih bergantung pada kualitas gambar. Gambar yang kurang jelas atau buram dapat menurunkan hasil pengenalan teks dan selanjutnya memengaruhi respons AI. Kondisi tersebut juga tercermin dalam hasil Black Box Testing yang memberikan status berhasil sebagian pada proses pemindaian materi dan OCR.

5. MediaPipe dan Keterbatasan Perangkat

MediaPipe dapat digunakan untuk memproses informasi visual wajah pengguna pada perangkat pengujian. Namun, implementasi fitur ini memiliki keterbatasan pada penggunaan kamera secara bersamaan. Mekanisme pergantian kamera tertentu dapat menyebabkan tampilan kurang stabil, seperti munculnya layar atau latar belakang hitam.

Oleh karena itu, mekanisme pergantian kamera tersebut tidak digunakan dalam implementasi akhir. Keputusan ini dilakukan untuk mempertahankan kestabilan aplikasi dan kenyamanan pengguna. Hasil tersebut menunjukkan bahwa implementasi MediaPipe dalam penelitian ini perlu mempertimbangkan kemampuan perangkat yang digunakan.

6. Analisis Hasil Pengujian

Hasil Black Box Testing menunjukkan bahwa sebagian besar fungsi utama aplikasi berjalan sesuai dengan rancangan. Dari 20 skenario pengujian, beberapa fitur memperoleh status berhasil sebagian, terutama respons emosi NPC, proses pemindaian dan OCR, MediaPipe, feedback quiz, serta integrasi sistem yang melibatkan proses pemindaian.

Hasil SUS memperoleh skor rata-rata 63,88 dari 20 responden. Nilai tersebut menunjukkan bahwa aplikasi telah dapat digunakan, tetapi masih terdapat peluang untuk meningkatkan aspek kemudahan penggunaan, konsistensi antarmuka, dan kenyamanan interaksi.

Sementara itu, hasil UAT memperoleh nilai rata-rata 3,58 dari 5 atau 71,61%. Hasil tersebut menunjukkan adanya penerimaan pengguna terhadap aplikasi berdasarkan aspek yang diuji, termasuk penggunaan AR, NPC Guru Virtual, voice interaction, OCR, interaktivitas, dan manfaat pembelajaran.

Secara keseluruhan, hasil pengembangan dan pengujian menunjukkan bahwa aplikasi telah berhasil mengintegrasikan berbagai teknologi dan menyediakan beberapa bentuk interaksi pembelajaran dalam satu lingkungan aplikasi. Meskipun demikian, kualitas OCR dan keterbatasan penggunaan kamera pada implementasi MediaPipe masih menjadi aspek teknis yang perlu diperhatikan dalam pengembangan selanjutnya.

Ringkasan Hasil Penelitian

Untuk memberikan gambaran keseluruhan terhadap hasil penelitian, ringkasan hasil pengujian disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Ringkasan Hasil Pengujian

Aspek	Hasil
Fungsionalitas	Sebagian besar fungsi berjalan sesuai rancangan
Black Box Testing	20 skenario; beberapa fungsi berhasil sebagian
Kendala utama	OCR dipengaruhi kualitas gambar; MediaPipe dipengaruhi keterbatasan perangkat
SUS	63,88
Jumlah responden SUS	20
UAT	71,61%
Rata-rata UAT	3,58/5
Jumlah responden UAT	20
Kesimpulan umum	Aplikasi dapat digunakan dan diterima sebagai media pembelajaran interaktif

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengembangan dan pengujian, penelitian ini berhasil mengembangkan game edukasi berbasis Augmented Reality dengan NPC Guru Virtual yang mengintegrasikan Artificial Intelligence, Speech-to-Text (STT), Text-to-Speech (TTS), ML Kit Optical Character Recognition (OCR), MediaPipe, chat, dan quiz. Integrasi tersebut memungkinkan pengguna berinteraksi dengan NPC Guru Virtual melalui teks, suara, serta pemindaian materi pembelajaran. NPC Guru Virtual dapat digunakan sebagai komponen interaksi pembelajaran yang menyampaikan informasi, memberikan respons terhadap pertanyaan pengguna, menghasilkan keluaran suara, dan memberikan respons visual melalui animasi. Mekanisme voice interaction juga berhasil diterapkan melalui alur input suara, STT, pemrosesan AI menggunakan Google Gemini, dan TTS. Fitur OCR dapat mengenali teks dari materi yang dipindai dan meneruskan hasilnya kepada AI untuk menghasilkan penjelasan melalui NPC. Hasil Black Box Testing menunjukkan bahwa sebagian besar fungsi utama aplikasi dapat berjalan sesuai dengan rancangan, meskipun beberapa fungsi memperoleh status berhasil sebagian, terutama pada kondisi teknis yang berkaitan dengan kualitas gambar pada proses OCR dan keterbatasan implementasi MediaPipe pada perangkat pengujian. Pengujian System Usability Scale (SUS) terhadap 20 responden menghasilkan nilai rata-rata 63,88, sedangkan User Acceptance Testing (UAT) terhadap 20 responden menghasilkan nilai rata-rata 3,58 dari 5 atau 71,61%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa aplikasi dapat digunakan dan memperoleh penerimaan pengguna sebagai media pembelajaran interaktif, meskipun masih terdapat ruang untuk peningkatan pada aspek usability, kualitas OCR, dan implementasi MediaPipe.

DAFTAR PUSTAKA

Alotaibi, M. (2024). Game-based learning in early childhood education: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Psychology*, 15, 1307881.

- Bonifacci, P., & Desideri, L. (2022). Text-to-speech applications to reduce mind wandering in students with dyslexia. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38 (2), 440-454.
- Chen, K. (2022). Speech-to-text recognition in university English as a foreign language learning. *Education and Information Technologies*, 27, 9857-9875.
- Chiotaki, D., & Karpouzis, K. (2023). Adaptive game-based learning in education: A systematic review. *Frontiers in Computer Science*, 5, 1062350.
- Guan, X.-J., & Wang, Z. (2022). Applying game-based learning in primary education: A systematic review of journal publications from 2010 to 2020. *Interactive Learning Environments*, 32 (2), 663-680.
- Imran, M., & Almusharraf, N. (2024). Google Gemini as a next generation AI educational tool: A review of emerging educational technology. *Smart Learning Environments*, 11, 22.
- Kim, J. (2024). Facial expression recognition using Mediapipe for interactive learning. *IEEE Access*, 12, 29981-29993.
- Lampropoulos, G., & Evangelidis, G. (2022). Augmented reality and gamification in education: A systematic literature review of research, applications, and empirical studies. *Applied Sciences*, 12 (13), 6809.
- Muclis, P., & Somantri, S. (2021). Implementasi text recognizer yang diterjemahkan ke bahasa lain dengan Firebase ML-Kit berbasis Android. *Jurnal Informatika Universitas Pamulang*, 6 (2), 414-420.
- Naufal, N., & Fadlil, A. (2025). User acceptance testing melalui evaluasi blackbox dan ISO 9241-11 terhadap aplikasi kesehatan mobile: MAHATI. *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*.
- Sebban, O. (2025). Comparative analysis of mobile OCR systems. *TELKOMNIKA*, 23(2), 812–823.
- Wibowo, I., & Darwati, I. (2022). Perancangan sistem informasi pengelolaan sarana dan prasarana dengan pengujian User Acceptance Testing. *Reputasi: Jurnal Rekayasa Perangkat Lunak*, 3 (1), 1-6.
- Yu, J., & Searight, E. (2022). A systematic review of augmented reality game-based learning in STEM education. *Educational Technology Research and Development*, 70, 1169-1194.
- Zhang, J., & Luo, H. (2022). Augmented reality in K–12 education: A systematic review and meta-analysis of the literature from 2000 to 2020. *Sustainability*, 14 (15), 9725.