PENGEMBANGAN GIM EDUKASI INTERAKTIF PENGENALAN ANGKA DENGAN PENDEKATAN MULTISENSORI UNTUK ANAK USIA DINI



Disusun Oleh:

N a m a : Wisnu Arya Pradipta

NIM : 22523241

PROGRAM STUDI INFORMATIKA – PROGRAM SARJANA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2026

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

PENGEMBANGAN GIM EDUKASI INTERAKTIF PENGENALAN ANGKA DENGAN PENDEKATAN MULTISENSORI UNTUK ANAK USIA DINI

TUGAS AKHIR

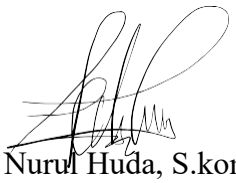
Disusun Oleh:

N a m a : Wisnu Arya Pradipta

NIM : 22523241

Yogyakarta, 5 Juli 2026

Pembimbing,



(Sheila Nurul Huda, S.kom., M.Cs.)

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PENGEMBANGAN GIM EDUKASI INTERAKTIF PENGENALAN ANGKA DENGAN PENDEKATAN MULTISENSORI UNTUK ANAK USIA DINI

TUGAS AKHIR

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer dari Program Studi Informatika – Program Sarjana di Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 31 Juli 2026

Tim Penguji

Sheila Nurul Huda, S.kom., M.Cs. _____

Anggota 1
Taufiq Hidayat, S.T., M.Sc., Ph.D. _____

Anggota 2
Ir. Irving Vitra Paputungan, S.T., M.Sc., Ph.D. _____

Mengetahui,
Ketua Program Studi Informatika – Program Sarjana
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

(Ir. Dhomas Hatta Fudholi, S.T., M.Eng., Ph.D)

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wisnu Arya Pradipta

NIM : 22523241

Tugas akhir dengan judul:

PENGEMBANGAN GIM EDUKASI INTERAKTIF PENGENALAN ANGKA DENGAN PENDEKATAN MULTISENSORI UNTUK ANAK USIA DINI

Menyatakan bahwa seluruh komponen dan isi dalam tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, tugas akhir yang diajukan sebagai hasil karya sendiri ini siap ditarik kembali dan siap menanggung risiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini dibuat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 5 Juli 2026



(Wisnu Arya Pradipta)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alamin, dengan segala puji bagi Allah SWT atas rahmat, hidayah serta kemudahan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Karya ini penulis persembahkan kepada kedua orang tua, Ayah Agung Suwito dan Ibu Sri Wulandari yang selalu memberikan dukungan, doa, kasih saying, serta pengorbanan yang tiada henti. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada keluarga, sahabat, teman seperjuangan, dosen pembimbing, serta semua pihak yang telah membantu dalam proses penulisan skripsi ini.

HALAMAN MOTO

"It is not the strong who win, but those who endure until victory makes them strong."
(Franz Beckenbauer)

"Wahai orang-orang yang beriman! Bersabarlah kamu dan kuatkanlah kesabaranmu ... agar kamu beruntung."
(QS. Ali 'Imran : 200)

"With great power comes great responsibility"
(Diadaptasi dari perkataan Ben Parker dalam Spider-Man)

"Allah akan mengangkat derajat orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu beberapa derajat."
(QS. Al-Mujadilah : 11)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan ridha-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Pengembangan Gim Interaktif Pengenalan Angka dengan Pendekatan Multisensori untuk Anak Usia Dini" sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Komputer pada Program Studi Informatika Program Sarjana, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari doa, dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala rahmat, kemudahan, dan kekuatan yang diberikan.
2. Kedua orang tua Ayah Agung Suwito dan Ibu Sri Wulandari atas doa, kasih sayang, serta dukungan yang tiada henti.
3. Ibu Sheila Nurul Huda, S.Kom., M.Cs. selaku dosen pembimbing atas bimbingan, arahan, masukan serta waktu yang telah diluangkan kepada penulis selama proses penelitian.
4. Bapak Mukhamad Andri Setiawan S.T., M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing akademik.
5. Seluruh dosen dan karyawan di Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
6. Teman Seperjuangan NyeeSquad, Arga, Rakha, Fiqri, Agus, Radyan, Yasir, Abi, Aufa, Bintang, Fath, dan Imada yang telah membantu dalam pengerjaan skripsi dalam hal diskusi dan berjuang Bersama.
7. Seluruh pihak yang telah membantu penyusunan tugas akhir ini.
8. Kepala sekolah, guru, dan anak-anak PAUD Pelangi Insani yang telah mendukung pelaksanaan penelitian.

Semoga Allah SWT senantiasa membalas segala kebaikannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih mempunyai keterbatasan, oleh karena itu penulis memohon maaf atas segala kekurangan yang ada. Semoga skripsi ini dapat membawa manfaat dan menjadi sumber kebaikan bagi siapa pun yang telah memabcanya. Penulis juga mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun sebagai bahan pengembangan penelitian serupa selanjutnya.

Dengan demikian, diharapkan penelitian ini dapat terus disempurnakan dan memberikan kontribusi di masa yang akan datang.

Yogyakarta, 31 Juli 2026



(Wisnu Arya Pradipta)

SARI

Pengenalan numerasi merupakan kemampuan dasar yang penting dikembangkan pada anak usia dini sebagai fondasi pembelajaran matematika. Namun, proses pembelajaran pengenalan angka di PAUD/TK masih didominasi penggunaan media konkret yang memiliki keterbatasan dalam memberikan variasi aktivitas belajar. Penelitian ini bertujuan mengembangkan gim interaktif pengenalan angka berbasis Android yang mengintegrasikan pendekatan multisensori sebagai bentuk interaksi dalam pembelajaran numerasi dasar bagi anak usia 4–6 tahun. Penelitian mengunakan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation,* dan *Evaluation*). Aplikasi dikembangkan menggunakan Unity 2D dengan bahasa pemrograman C# serta terdiri atas empat aktivitas utama, yaitu *Learning Numbers*, *Tracing Numbers*, *Matching Numbers*, dan *Monkey walk quiz*. Pengujian dilakukan menggunakan *Blackbox Testing*, *System Usability Scale* (SUS), *Smileyometer*, serta uji coba terbatas *pre-test* dan *post-test*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh skenario *Blackbox Testing* berhasil dijalankan sesuai spesifikasi. Pengujian *usability* memperoleh skor rata-rata SUS sebesar 83,5 dengan kategori Good, sedangkan hasil *Smileyometer* memperoleh rata-rata 4,40 dengan kategori Sangat Baik. Uji coba *pre-test* dan *post-test* terhadap lima anak juga menunjukkan peningkatan rata-rata skor dari 69,0 menjadi 93,4 sebagai data pendukung yang bersifat indikatif. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa gim interaktif yang dikembangkan telah berfungsi sesuai rancangan, mampu mengintegrasikan pendekatan multisensori dalam pembelajaran numerasi dasar, serta diterima dengan baik oleh guru dan anak sebagai media pendukung pembelajaran pengenalan angka di PAUD/TK.

Kata kunci: gim edukasi, pengenalan angka, numerasi, PAUD, *visual, audio, kinestetik*, Android, ADDIE.

GLOSARIUM

ADDIE	Model pengembangan yang terdiri atas tahap Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation.
Android	Sistem operasi yang digunakan sebagai platform aplikasi.
APK	File paket instalasi aplikasi pada sistem operasi Android yang digunakan untuk mendistribusikan dan memasang aplikasi.
Blackbox Testing	Metode pengujian perangkat lunak yang berfokus pada fungsi sistem tanpa melihat kode program.
C#	Bahasa pemrograman berorientasi objek yang dikembangkan oleh Microsoft dan digunakan dalam pengembangan aplikasi pada Unity.
Gim Edukasi	Permainan digital yang dirancang untuk mendukung proses pembelajaran.
Monkey walk quiz	Modul kuis pada aplikasi yang menggunakan teknologi speech recognition.
Numerasi	Kemampuan memahami dan menggunakan konsep bilangan dalam kehidupan sehari-hari.
PAUD	Pendidikan Anak Usia Dini.
Smileyometer	Instrumen evaluasi berbasis ikon wajah untuk mengukur respons anak.
Speech Recognition	Teknologi yang mengenali ucapan manusia dan mengubahnya menjadi data yang dapat diproses sistem.
Tracing Numbers	Aktivitas menelusuri bentuk angka menggunakan jari pada layar sentuh.
Unity	Gim engine yang digunakan untuk mengembangkan aplikasi.
Unity 2D	Game engine Unity yang digunakan untuk mengembangkan gim berbasis dua dimensi (2D), termasuk perancangan antarmuka, logika permainan, dan integrasi fitur aplikasi.
UnitySpeechToText	Plugin Unity yang memanfaatkan Android SpeechRecognizer API untuk implementasi speech recognition.
Usability	Tingkat kemudahan suatu sistem untuk dipelajari dan digunakan oleh pengguna.
VAK	Pendekatan pembelajaran Visual, Auditori, dan Kinestetik.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING ii
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PENGUJI iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR iv
HALAMAN PERSEMBAHAN v
HALAMAN MOTO vi
KATA PENGANTAR vii
SARI ix
GLOSARIUM x
DAFTAR ISI xi
DAFTAR TABEL xiv
DAFTAR GAMBAR xv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 4
1.4 Tujuan Penelitian 5
1.5 Manfaat Penelitian 5
1.5.1 Manfaat Teoritis 5
1.5.2 Manfaat Praktis 6
1.6 Metode Penelitian 6
1.7 Sistem Penulisan 7
BAB II LANDASAN TEORI 9
2.1 Pengenalan Angka pada PAUD/TK 9
2.1.1 Pembelajaran Pengenalan Angka 9
2.1.2 Materi Pengenalan Angka 10
2.2 Gim 11
2.3 Gim Edukasi 11
2.4 Pendekatan Multisensori VAK 12
2.5 *Speech Recognition* 13
2.6 Metode Perancangan 16
2.7 Metode Pengujian Sistem 16

2.7.1 Blackbox Testing 17
2.7.2 System Usability Scale (SUS) 17
2.7.3 Smileyometer 18
2.8 Gim Sejenis 18
2.8.1 Gim Edukatif Berbasis Android untuk Mengenal Angka 18
2.8.2 Smart Gim Numerasi 19
2.8.3 Perbandingan Gim 19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 21
3.1 *Requirement Analysis* (Analisis Kebutuhan) 21
3.2 *System Design* (Perancangan Sistem) 24
3.2.1 Storyboard 24
3.2.2 HIPO (Hierarchy Input Process Output) 25
3.3 Perancangan Pengujian 27
3.3.1 Perancangan Pengujian *Blackbox* 27
3.3.2 Perancangan Pengujian SUS 29
3.3.3 Perancangan Pengujian Smileyometer 30
3.3.4 Perancangan Uji Coba *Pre-test* dan *Post-test* 31
3.3.5 Perancangan Pengujian WER Modul *Speech Recognition* 32
BAB IV PEMBAHASAN 35
4.1 *Development* (Pengembangan) 35
4.1.1 Batas *Development* (Pengembangan) 37
4.1.2 Pembuatan Aset 39
4.1.3 Proses Produksi di Unity 41
4.1.4 Kode Program 43
4.2 *Implementation* (Penerapan ke Pengguna) 52
4.2.1 Pengemasan Aplikasi 52
4.2.2 Hasil Akhir Aplikasi 52
4.2.3 Penerapan Kepada Pengguna 58
4.3 Pengujian Sistem 59
4.3.1 Pengujian Blackbox Testing 59
4.3.2 Pengujian Usability 62
4.3.3 Hasil Uji Coba Pre-test dan Post-test 64
4.3.4 Pengujian WER 65
BAB V KESIMPULAN & SARAN 67

5.1 Kesimpulan 67
5.2 Keterbatasan Penelitian 68
5.3 Saran 69
DAFTAR PUSTAKA 70
LAMPIRAN 73

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Gim Sejenis 19
Tabel 3.1 Analisis Kebutuhan Pengguna 22
Tabel 3.2 Analisis Kebutuhan Materi 22
Tabel 3.3 Kebutuhan Fungsional Sistem 23
Tabel 3.4 Kebutuhan Non-Fungsional Sisten 23
Tabel 3.5 Storyboard Gim Interaktif Pengenalan Angka 25
Tabel 3.6 Hierarchy Sistem Gim Interaktif Pengenalan Angka 26
Tabel 3.7 Input Process Output Sistem 26
Tabel 3.8 Rancangan Pengujian Blackbox 27
Tabel 3.9 Interpretasi Skor SUS 29
Tabel 3.10 Pernyataan SUS yang Digunakan 30
Tabel 3.11 Skala Smileyometer 30
Tabel 3.12 Pernyataan Smileyometer 31
Tabel 3.13 Kisi-kisi Instrumen Pre-test dan Post-test 32
Tabel 3.14 Kategori Hasil Pengujian Modul Speech Recognition 33
Tabel 3.15 Format Pencatatan Pengujian Modul Speech Recognition 34
Tabel 4.1 Daftar Aset Audio 41
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Blackbox Halaman Awal dan Menu Utama 60
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Blackbox Learning Numbers 60
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Blackbox Tracing Numbers 61
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Blackbox Matching Numbers 61
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Blackbox *Monkey walk quiz* 62
Tabel 4.7 Hasil Pengujian SUS 63
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Smileyometer 63
Tabel 4.9 Hasil Uji Coba Pre-test dan Post-test 64
Tabel 4.10 Rekapitulasi hasil pengujian WER 66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Aset Objek Pendamping Angka 40
Gambar 4.2 Aset Karakter Monyet 40
Gambar 4.3 Aset Angka pada Tracing Numbers 41
Gambar 4.4 Kode Program MicSTTButton (SR Manager) 44
Gambar 4.5 Kode Program Konversi Hasil Ucapan menjadi Angka 46
Gambar 4.6 Kode Program *Tracing Numbers* 48
Gambar 4.7 Kode Program *Matching Numbers* 50
Gambar 4.8 Kode Program *Monkey Walk Quiz* 51
Gambar 4.9 Tampilan Halaman Awal Aplikasi 53
Gambar 4.10 Tampilan Menu 54
Gambar 4.11 Tampilan *Learning Numbers* 54
Gambar 4.12 Tampilan *Tracing Numbers* 55
Gambar 4.13 Tampilan *Matching Numbers* 56
Gambar 4.14 Tampilan *Monkey Walk Quiz* 57
Gambar 4.15 Tampilan *Panel Quiz Monkey Walk Quiz* 57
Gambar 4.16 Sistem Umpan Balik di *Matching Numbers* 58
Gambar 4.17 Sistem Umpan Balik *Monkey Walk Quiz* 58

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pendidikan Anak Usia Dini (PAUD) merupakan jenjang pendidikan awal yang memiliki peran penting dalam membangun fondasi perkembangan anak secara menyeluruh, baik dari aspek kognitif, bahasa, motorik, sosial, maupun emosional. Pada fase usia dini, anak berada pada masa perkembangan yang sangat pesat sehingga membutuhkan stimulasi yang tepat, terarah, dan sesuai dengan karakteristik perkembangannya. Capaian pembelajaran PAUD juga menekankan pentingnya pengalaman belajar yang menyenangkan, bermakna, dan mendukung perkembangan dasar anak secara utuh (Kemendikdasmen, 2024).

Karakteristik belajar anak usia dini berbeda dengan peserta didik pada jenjang pendidikan dasar maupun menengah. Anak usia PAUD/TK cenderung lebih mudah memahami konsep melalui aktivitas bermain, eksplorasi, pengalaman konkret, visualisasi, suara, serta kegiatan yang melibatkan gerak. Oleh karena itu, proses pembelajaran pada jenjang PAUD perlu dirancang secara menyenangkan dan tidak terlalu bersifat akademik. Pembelajaran berbasis permainan dinilai mampu membantu anak belajar secara alami, meningkatkan rasa ingin tahu, serta menjaga keterlibatan anak dalam kegiatan pembelajaran (Dewi, 2022).

Salah satu kemampuan dasar yang perlu dikenalkan sejak usia dini adalah kemampuan numerasi. Numerasi pada anak usia dini tidak hanya berkaitan dengan kemampuan menyebutkan angka, tetapi juga mencakup kemampuan mengenali simbol angka, memahami konsep jumlah, mencocokkan angka dengan benda konkret, membandingkan jumlah, serta mengenal operasi hitung sederhana. Pada anak usia 4-6 tahun, pengenalan angka dan konsep bilangan perlu dilakukan melalui kegiatan konkret dan kontekstual agar anak dapat memahami makna angka, bukan hanya menghafalnya.

Pengenalan numerasi sejak usia dini memiliki arti penting yang melampaui kemampuan berhitung itu sendiri. Penguasaan numerasi pada masa prasekolah dipandang sebagai fondasi perkembangan kognitif sekaligus bekal kesiapan anak dalam menghadapi jenjang pendidikan berikutnya (Hidayah et al., 2023). Kajian longitudinal terhadap sejumlah kumpulan data lintas negara bahkan menunjukkan bahwa keterampilan matematika awal saat anak memasuki sekolah merupakan prediktor terkuat terhadap capaian akademik di kemudian hari, melampaui

kemampuan membaca maupun atensi (Duncan et al., 2007). Hal ini menunjukkan bahwa periode usia 4–6 tahun merupakan masa strategis untuk menanamkan pemahaman angka dan konsep bilangan secara bermakna. Oleh karena itu, ketersediaan media pembelajaran numerasi yang menarik, interaktif, dan sesuai dengan karakteristik belajar anak menjadi kebutuhan penting untuk mendukung penguasaan kemampuan dasar tersebut sejak dini.

Dalam praktik pembelajaran di PAUD/TK, pengenalan angka umumnya dilakukan menggunakan media konkret seperti kartu angka, balok hitung, stik es krim, daun, batu kecil, atau benda lain yang ada di sekitar lingkungan belajar. Media konkret tersebut memiliki kelebihan karena anak dapat menyentuh, memindahkan, menghitung, dan mengelompokkan benda secara langsung. Aktivitas seperti ini sesuai dengan prinsip pembelajaran anak usia dini karena mampu melatih koordinasi motorik, daya konsentrasi, serta pemahaman konsep jumlah secara nyata.

Meskipun demikian, penggunaan media konkret juga memiliki beberapa keterbatasan. Guru membutuhkan waktu untuk menyiapkan alat bantu pembelajaran, jumlah media terkadang tidak sebanding dengan jumlah anak, dan variasi kegiatan dapat menjadi terbatas apabila media yang digunakan berulang. Selain itu, anak dapat kehilangan fokus apabila aktivitas pembelajaran kurang memiliki variasi visual, suara, atau umpan balik yang menarik. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran numerasi membutuhkan media pendukung yang mampu melengkapi penggunaan alat konkret, bukan menggantikannya.

Perkembangan teknologi digital memberikan peluang baru dalam pengembangan media pembelajaran anak usia dini. Saat ini, perangkat seperti smartphone dan tablet semakin dekat dengan kehidupan anak dan keluarga. Dengan pendampingan yang tepat, teknologi digital dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran tambahan yang menarik, fleksibel, dan mudah diakses. Pemanfaatan teknologi digital pada anak usia dini perlu dilakukan secara bijak, terarah, dan tetap memperhatikan peran guru maupun orang tua sebagai pendamping.

Karakteristik belajar anak usia dini yang melibatkan penglihatan, pendengaran, dan gerak menunjukkan pentingnya merancang pembelajaran yang tidak bertumpu pada satu jalur indera saja. Pendekatan multisensori, yaitu strategi yang melibatkan lebih dari satu modalitas indera secara bersamaan, sejalan dengan cara anak usia dini memahami konsep melalui pengalaman langsung yang beragam. Dalam kerangka Visual, Auditori, dan Kinestetik (VAK), anak dapat belajar melalui melihat, mendengar, dan bergerak sehingga memperoleh jalur pemahaman yang lebih beragam (Fleming & Mills, 1992a). Dengan melibatkan beberapa

modalitas sekaligus, pembelajaran menjadi lebih bervariasi, membantu menjaga keterlibatan anak, serta memberi kesempatan bagi anak dengan kecenderungan belajar yang berbeda untuk tetap memahami materi. Oleh karena itu, pengenalan angka pada anak usia dini akan lebih bermakna apabila dirancang dengan pendekatan multisensori yang memadukan aktivitas visual, auditori, dan kinestetik dalam satu media pembelajaran.

Aspek kinestetik diberikan karena proses pengenalan angka pada anak tidak hanya berkaitan dengan kemampuan melihat dan menyebutkan simbol angka, tetapi juga dapat melibatkan aktivitas gerak tangan ketika anak mengikuti dan menelusuri bentuk angka. Aktivitas tersebut memberikan pengalaman langsung dalam mengenali bentuk dan arah pembentukan angka melalui gerakan jari. Dalam penelitian ini, aspek kinestetik diwujudkan melalui aktivitas *Tracing Numbers*, sehingga anak tidak hanya mengamati bentuk angka pada layar, tetapi juga berinteraksi secara langsung dengan bentuk angka melalui sentuhan. Penerapan aktivitas tersebut menjadi bagian dari pendekatan multisensori yang digunakan agar pengalaman belajar pengenalan angka melibatkan aspek visual, auditori, dan kinestetik.

Dalam konteks gim edukasi, ketiga modalitas tersebut dapat diwujudkan secara terpadu. Modalitas visual dihadirkan melalui tampilan angka dan objek, modalitas kinestetik melalui aktivitas menyentuh dan menelusuri bentuk angka pada layar, sedangkan modalitas auditori diperkuat melalui narasi suara maupun interaksi lisan, misalnya dengan memanfaatkan teknologi *speech recognition* yang memungkinkan anak menyebutkan angka secara langsung. Dengan memadukan ketiga modalitas dalam satu media, gim tidak hanya menyajikan satu jalur belajar, tetapi memberikan pengalaman belajar yang lebih menyeluruh sesuai dengan tahap perkembangan anak.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengembangkan gim interaktif pengenalan angka untuk pembelajaran PAUD/TK. Gim ini dirancang sebagai media pendukung pembelajaran numerasi dasar yang menggabungkan aktivitas visual, auditori, dan kinestetik melalui pendekatan multisensori, dalam bentuk pengenalan angka, penelusuran bentuk angka, pencocokan angka dengan jumlah objek, serta kuis pengenalan angka yang memanfaatkan *speech recognition*.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana merancang gim interaktif pengenalan angka yang sesuai dengan karakteristik belajar anak PAUD/TK?
2. Bagaimana mengintegrasikan aktivitas pembelajaran numerasi dasar ke dalam gim edukasi berbasis digital?
3. Bagaimana menerapkan teknologi speech recognition sebagai salah satu bentuk interaksi dalam gim pengenalan angka untuk anak PAUD/TK?
4. Bagaimana melakukan pengujian terhadap gim interaktif pengenalan angka agar diketahui kesesuaian fungsi dan kemudahan penggunaannya?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah dan tidak melebar dari tujuan yang ingin dicapai, batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada pengembangan media pembelajaran berupa gim interaktif pengenalan angka untuk anak PAUD/TK.
2. Materi pembelajaran dibatasi pada numerasi dasar, yaitu pengenalan angka 1-10, pencocokan angka dengan jumlah objek, penelusuran bentuk angka, serta kuis pengenalan angka berbasis speech recognition.
3. Sasaran pengguna utama adalah anak usia 4-6 tahun, sedangkan guru atau orang tua berperan sebagai pendamping dalam penggunaan media.
4. Gim dikembangkan untuk perangkat berbasis Android dan dirancang sebagai media pendukung pembelajaran, bukan sebagai pengganti pembelajaran konkret yang dilakukan guru di kelas.
5. Fitur speech recognition dibatasi pada pengenalan ucapan angka atau jawaban sederhana dalam Bahasa Indonesia.
6. Penelitian ini berfokus pada proses perancangan, pengembangan, implementasi, dan pengujian gim. Pengujian efektivitas pembelajaran secara eksperimen (dengan kelompok kontrol dan sampel penuh) tidak menjadi fokus utama penelitian ini. Uji coba pre-test dan post-test yang dilakukan bersifat terbatas dan hanya diposisikan sebagai gambaran awal (indikatif) terhadap potensi penggunaan aplikasi, bukan sebagai bukti efektivitas.

7. Pengujian sistem dilakukan melalui pengujian fungsional menggunakan blackbox testing serta evaluasi usability untuk menilai kemudahan penggunaan dan penerimaan pengguna.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan umum dari penelitian ini adalah merancang dan mengembangkan gim interaktif pengenalan angka yang dapat digunakan sebagai media pendukung pembelajaran numerasi pada jenjang PAUD/TK. Secara khusus, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran numerasi dasar anak PAUD/TK berdasarkan studi literatur dan kebutuhan pembelajaran di lapangan.
2. Merancang konsep gim interaktif pengenalan angka yang sesuai dengan karakteristik belajar anak usia dini.
3. Mengembangkan gim edukasi berbasis Android yang memuat aktivitas pengenalan angka, penelusuran angka, pencocokan angka dengan objek, serta kuis pengenalan angka berbasis speech recognition.
4. Menerapkan fitur speech recognition sebagai salah satu bentuk interaksi anak dengan sistem dalam kegiatan menyebutkan angka atau jawaban.
5. Melakukan pengujian terhadap gim yang dikembangkan untuk mengetahui kesesuaian fungsi dan kemudahan penggunaan sebagai media pembelajaran pendukung.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat baik secara teoretis maupun praktis bagi pihak-pihak yang berkaitan dengan pembelajaran anak usia dini dan pengembangan media pembelajaran digital.

1.5.1 Manfaat Teoritis

Secara teoretis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan kajian teknologi pendidikan, khususnya mengenai pemanfaatan gim edukasi sebagai media pembelajaran numerasi pada anak usia dini. Penelitian ini juga dapat memperkaya referensi mengenai pengembangan media pembelajaran yang menggabungkan aktivitas konkret, visual, auditori, kinestetik, serta teknologi interaktif seperti speech recognition.

1.5.2 Manfaat Praktis

a. Bagi Guru PAUD/TK Penelitian ini dapat menjadi referensi bagi guru dalam memilih dan memanfaatkan media pembelajaran numerasi yang lebih variatif, interaktif, dan sesuai dengan karakteristik belajar anak usia dini. Gim yang dikembangkan dapat digunakan sebagai media pendukung untuk memperkaya kegiatan pembelajaran angka di kelas.

b. Bagi Anak PAUD/TK Gim interaktif yang dikembangkan diharapkan dapat memberikan pengalaman belajar angka yang lebih menyenangkan dan bermakna. Anak dapat belajar mengenal angka, menelusuri bentuk angka, mencocokkan angka dengan objek, dan menjawab kuis pengenalan angka melalui ucapan dalam aktivitas bermain yang melibatkan gambar, suara, sentuhan, dan interaksi langsung.

c. Bagi Orang Tua Penelitian ini dapat memberikan alternatif media pendamping belajar di rumah. Dengan pendampingan yang tepat, orang tua dapat membantu anak menggunakan media digital secara positif untuk mendukung pengenalan angka dan numerasi dasar.

d. Bagi Lembaga Pendidikan Penelitian ini dapat menjadi salah satu masukan bagi lembaga PAUD/TK dalam mengembangkan media pembelajaran inovatif yang tetap sejalan dengan prinsip belajar sambil bermain.

e. Bagi Peneliti Selanjutnya Penelitian ini dapat dijadikan referensi awal bagi penelitian lanjutan yang berfokus pada pengembangan gim edukasi, pengujian efektivitas media pembelajaran, maupun pengembangan fitur interaktif lain untuk anak usia dini.

1.6 Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan yang bertujuan menghasilkan sebuah produk, yaitu gim edukasi pengenalan angka untuk pembelajaran anak usia dini di PAUD/TK. Jenis penelitian ini dipilih karena penelitian tidak hanya berfokus pada kajian teoretis, tetapi juga menghasilkan rancangan dan produk media pembelajaran yang dapat digunakan sebagai solusi terhadap permasalahan pembelajaran numerasi dasar.

Proses pengembangan produk mengacu pada model ADDIE yang terdiri dari lima tahapan utama, yaitu Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation. Model ADDIE dipilih karena memiliki tahapan yang sistematis dan sesuai untuk pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi. (Robert Maribe Branch, 2009)

Pada tahap Analysis, dilakukan identifikasi masalah, analisis kebutuhan pembelajaran, serta pengumpulan informasi melalui studi literatur dan wawancara dengan guru PAUD. Pada tahap Design, dilakukan perancangan alur gim, rancangan antarmuka, rancangan aktivitas pembelajaran, dan rancangan interaksi pengguna. Pada tahap Development, rancangan tersebut diterjemahkan menjadi produk gim menggunakan Unity 2D dan bahasa pemrograman C#. Pada tahap Implementation, gim yang telah dikembangkan dikemas menjadi aplikasi berbasis Android dan diterapkan kepada anak didik di lokasi penelitian. Selanjutnya, pada tahap Evaluation, dilakukan pengujian terhadap fungsi sistem dan kemudahan penggunaan melalui *blackbox testing* dan pengujian *usability*. Penjabaran lebih rinci mengenai tahapan pengembangan, kebutuhan sistem, rancangan gim, serta prosedur pengujian akan dijelaskan pada Bab III dan Bab IV.

Dalam pelaksanaannya, kelima tahap tersebut tidak selalu berlangsung linear, karena pada beberapa titik dilakukan peninjauan ulang (iterasi) berdasarkan hasil uji coba dan masukan selama pengembangan.

1.7 Sistem Penulisan

Sistem penulisan dalam laporan tugas akhir ini disusun secara sistematis agar pembahasan dapat dipahami secara runtut. Adapun sistem penulisan laporan ini adalah sebagai berikut:

1. Bab I Pendahuluan, berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian, dan sistem penulisan laporan.
2. Bab II Landasan Teori, berisi teori-teori pendukung yang berkaitan dengan pengenalan angka pada PAUD/TK, gim, gim edukasi, metode perancangan, metode pengujian sistem, serta tinjauan terhadap gim sejenis.
3. Bab III Metodologi Penelitian, berisi penjelasan mengenai tahapan penelitian dan pengembangan gim interaktif pengenalan angka menggunakan model ADDIE, mulai dari analisis kebutuhan hingga perencanaan evaluasi.
4. Bab IV Pembahasan, berisi penjelasan mengenai pengembangan dan implementasi aplikasi, tampilan antarmuka, fitur-fitur utama, potongan kode program, serta hasil pengujian sistem dan usability.
5. Bab V Penutup, berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan saran untuk pengembangan lebih lanjut.

BAB II
LANDASAN TEORI

2.1 Pengenalan Angka pada PAUD/TK

Pengenalan angka merupakan salah satu kemampuan awal yang penting dalam pembelajaran anak usia dini. Pada jenjang PAUD/TK, anak tidak hanya diarahkan untuk menghafal simbol angka, tetapi juga mulai memahami hubungan antara lambang bilangan, jumlah benda, dan aktivitas berhitung sederhana. Kemampuan ini menjadi bagian dari dasar literasi dan numerasi yang perlu dikembangkan melalui kegiatan belajar yang menyenangkan, konkret, dan sesuai dengan tahap perkembangan anak (Kemendikdasmen, 2024).

Anak usia 4–6 tahun umumnya masih membutuhkan pengalaman belajar yang bersifat visual, auditori, dan kinestetik. Oleh karena itu, pembelajaran angka akan lebih mudah dipahami apabila anak dapat melihat bentuk angka, mendengar pengucapan angka, menyentuh atau menelusuri bentuk angka, serta mengaitkannya dengan jumlah objek tertentu. Media pembelajaran digital berbasis gim dapat mendukung kebutuhan tersebut karena mampu menggabungkan gambar, suara, animasi, interaksi sentuhan, dan umpan balik langsung dalam satu media belajar (Trisnawati et al., 2023) (Solfiah et al., 2021).

2.1.1 Pembelajaran Pengenalan Angka

Pembelajaran pengenalan angka pada PAUD/TK perlu disusun dengan pendekatan bermain sambil belajar. Pendekatan ini sesuai dengan karakteristik anak usia dini yang lebih mudah memahami konsep melalui pengalaman langsung daripada penjelasan abstrak. Dalam praktik pembelajaran, guru biasanya menggunakan media konkret seperti kartu angka, balok angka, benda kecil, stik, gambar buah, atau permainan sederhana untuk membantu anak memahami angka dan jumlah benda.

Pada konteks penelitian ini, pembelajaran pengenalan angka dikembangkan melalui gim interaktif berbasis Android. Gim dirancang agar anak dapat mengenal angka 1–10 melalui aktivitas melihat bentuk angka, mendengar suara pengucapan angka, menelusuri bentuk angka menggunakan jari, mencocokkan angka dengan jumlah objek, serta menjawab latihan sederhana melalui interaksi suara. Pendekatan tersebut diharapkan mampu memperkuat keterlibatan anak karena proses belajar tidak hanya berlangsung secara satu arah, tetapi menempatkan anak sebagai pengguna aktif yang berinteraksi langsung dengan media (Solfiah et al., 2021).

Penggunaan unsur audio dan visual dalam pembelajaran angka juga berperan penting untuk menjaga perhatian anak. Anak pada usia dini cenderung mudah kehilangan fokus apabila materi disampaikan secara monoton. Oleh karena itu, media digital yang menyediakan animasi, suara, warna cerah, dan penghargaan sederhana dapat menjadi alternatif pendukung bagi guru dalam menyampaikan materi pengenalan angka secara lebih menarik (Ifada & Mukminin, 2025)

Pemilihan rentang usia 4–6 tahun dalam penelitian ini didasarkan pada karakteristik perkembangan kemampuan numerasi anak usia dini yang sesuai dengan tujuan pembelajaran yang dikembangkan. Pada rentang usia tersebut, anak mulai mengembangkan kemampuan untuk mengenali simbol bilangan dan menghubungkan bilangan dengan jumlah objek melalui aktivitas pembelajaran yang konkret dan interaktif. Karakteristik tersebut sesuai dengan aktivitas yang terdapat dalam gim, yaitu tracing angka, pencocokan angka dengan objek, dan kuis pengenalan angka menggunakan speech recognition. Selain itu, rentang usia 4–6 tahun dipilih karena sesuai dengan kelompok usia pengguna sasaran dalam konteks pembelajaran PAUD/TK yang menjadi fokus penelitian. Pemilihan rentang usia tersebut menjadi dasar dalam menyesuaikan materi, tingkat kesulitan, serta bentuk interaksi dalam gim dengan karakteristik dan kebutuhan pembelajaran anak usia dini.

2.1.2 Materi Pengenalan Angka

Materi pengenalan angka dalam penelitian ini difokuskan pada bilangan 1–10. Batasan ini disesuaikan dengan kemampuan awal anak usia PAUD/TK dalam mengenali simbol bilangan, memahami jumlah objek, dan melakukan kegiatan berhitung sederhana. Materi angka 1–10 dipilih karena menjadi dasar sebelum anak mempelajari bilangan yang lebih besar dan operasi matematika yang lebih kompleks.

Materi pengenalan angka dalam gim dikembangkan ke dalam beberapa bentuk aktivitas. Pertama, aktivitas mengenal angka yang menampilkan simbol angka dan suara pengucapannya. Kedua, aktivitas tracing numbers yang meminta anak menelusuri bentuk angka untuk melatih koordinasi mata dan tangan. Ketiga, aktivitas matching numbers yang mengajak anak mencocokkan angka dengan jumlah objek. Keempat, aktivitas kuis pengenalan angka melalui speech recognition yang mengajak anak menyebutkan angka sesuai jumlah objek yang ditampilkan.

Penyusunan materi tersebut tidak bertujuan menggantikan media konkret yang biasa digunakan guru di kelas, tetapi menjadi media pelengkap agar anak memperoleh variasi pengalaman belajar. Dengan kombinasi antara visual, audio, sentuhan, dan pengenalan suara, gim yang dikembangkan diharapkan mampu membantu anak memahami angka secara lebih menyenangkan dan bermakna. (Nurlaela et al., 2024)

2.2 Gim

Gim merupakan media interaktif yang memiliki aturan, tujuan, tantangan, dan umpan balik. Dalam sebuah gim, pemain melakukan tindakan tertentu untuk mencapai tujuan permainan, kemudian sistem memberikan respons terhadap tindakan tersebut. Unsur interaktif inilah yang membedakan gim dari media pembelajaran pasif karena pengguna tidak hanya menerima informasi, tetapi turut mengambil keputusan dan melakukan aktivitas di dalam sistem.

Secara umum, gim memiliki beberapa komponen utama, yaitu tujuan permainan, aturan, alur permainan, tantangan, kontrol pemain, tampilan visual, audio, dan sistem umpan balik. Pada gim untuk anak usia dini, komponen tersebut perlu dibuat sederhana agar mudah dipahami. Instruksi tidak boleh terlalu panjang, tombol harus berukuran besar, warna dan karakter harus menarik, serta alur permainan perlu dibuat pendek agar sesuai dengan rentang perhatian anak.

Dalam penelitian ini, gim digunakan sebagai bentuk media pembelajaran interaktif. Gim tidak hanya berfungsi sebagai hiburan, tetapi juga sebagai sarana untuk menyampaikan materi pengenalan angka melalui aktivitas bermain. Oleh karena itu, rancangan gim perlu memperhatikan keseimbangan antara unsur edukatif dan unsur hiburan agar anak tetap merasa senang saat belajar.

2.3 Gim Edukasi

Gim edukasi adalah gim yang dirancang dengan tujuan pembelajaran tertentu. Berbeda dengan gim hiburan murni, gim edukasi memuat materi, aktivitas, dan umpan balik yang diarahkan untuk membantu pengguna memahami suatu konsep. Dalam konteks PAUD/TK, gim edukasi harus memperhatikan perkembangan kognitif, motorik, bahasa, dan emosi anak agar media yang digunakan benar-benar sesuai dengan kebutuhan pengguna sasaran.

Gim edukasi untuk anak usia dini sebaiknya memiliki tampilan yang sederhana, ikon yang mudah dikenali, audio instruksi yang jelas, serta aktivitas yang dapat dimainkan tanpa banyak

teks. Anak usia PAUD/TK umumnya belum memiliki kemampuan membaca yang kuat, sehingga penggunaan simbol visual dan suara menjadi sangat penting. Selain itu, pemberian umpan balik positif seperti suara pujian, animasi bintang, atau karakter yang tersenyum dapat meningkatkan motivasi anak untuk mencoba kembali meskipun melakukan kesalahan (Solfiah et al., 2021).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa gim edukasi berbasis Android dapat membantu anak mengenal angka, memahami konsep bilangan, serta meningkatkan motivasi belajar. Solfiah dkk. menjelaskan bahwa gim edukatif berbasis Android mampu meningkatkan kemampuan anak usia dini dalam mengenal angka (Solfiah et al., 2021). Temuan tersebut memperkuat dasar pengembangan gim interaktif pengenalan angka pada penelitian ini.

2.4 Pendekatan Multisensori VAK

Pendekatan multisensori mengacu pada strategi pembelajaran yang mengintegrasikan lebih dari satu modalitas indera secara bersamaan. Dalam model Visual, Auditori, dan Kinestetik (VAK) yang dikembangkan oleh Fleming dan Mills, setiap individu memiliki kecenderungan gaya belajar melalui penglihatan (visual), pendengaran (auditori), dan gerakan fisik (kinestetik) (Fleming & Mills, 1992). Pembelajaran yang merancang aktivitas bagi ketiga modalitas tersebut secara terpadu dikenal sebagai pembelajaran multisensori.

Pada anak usia dini, pelibatan lebih dari satu modalitas indera secara bersamaan dinilai lebih efektif dibandingkan penyajian materi melalui satu jalur indera saja. Proses belajar berlangsung lebih optimal ketika otak menerima stimulus dari beberapa modalitas secara terpadu, karena pengalaman multisensori lebih menyerupai cara manusia belajar secara alami sehingga dapat memperkuat pemahaman dan daya ingat (Shams & Seitz, 2008). Dalam konteks pengenalan angka, modalitas visual berperan melalui tampilan simbol angka dan representasi jumlah objek yang membantu anak mengenali bentuk dan kuantitas; modalitas auditori berperan melalui pengucapan dan umpan balik suara yang memperkuat asosiasi antara simbol dan nama angka; sedangkan modalitas kinestetik berperan melalui aktivitas menyentuh dan menelusuri bentuk angka yang melibatkan gerakan fisik dalam proses belajar. Perpaduan ketiga modalitas dalam satu media memberikan jalur belajar yang lebih beragam sehingga internalisasi konsep angka berlangsung lebih menyeluruh.

Aspek kinestetik dalam pembelajaran pengenalan angka digunakan untuk memberikan pengalaman belajar melalui aktivitas gerak yang berkaitan langsung dengan bentuk simbol yang dipelajari. Aktivitas menelusuri atau *tracing* memungkinkan anak mengikuti pola bentuk

menggunakan gerakan tangan sehingga proses pengenalan simbol tidak hanya dilakukan melalui pengamatan visual. Aktivitas yang melibatkan gerakan dan penelusuran bentuk juga berkaitan dengan proses pembelajaran keterampilan grafomotor, karena anak perlu mengoordinasikan gerakan tangan dengan informasi visual mengenai bentuk yang ditelusuri. Oleh karena itu, dalam penelitian ini aspek kinestetik diwujudkan melalui modul *Tracing Numbers*, yaitu aktivitas menelusuri bentuk angka menggunakan jari pada layar.

Dalam penelitian ini, pendekatan VAK diimplementasikan melalui empat modul aktivitas. Learning Numbers mengakomodasi modalitas visual dengan menampilkan simbol angka dan representasi jumlah objek. Tracing Numbers mengakomodasi modalitas kinestetik melalui aktivitas menelusuri bentuk angka menggunakan jari. Matching Numbers mengintegrasikan modalitas visual dan kinestetik melalui pencocokan angka dengan objek. *Monkey walk quiz* mengintegrasikan modalitas visual dan auditori, dengan speech recognition sebagai modalitas interaksi utama pada modul tersebut.

2.5 *Speech Recognition*

Salah satu teknologi yang digunakan untuk mewujudkan modalitas auditori dalam penelitian ini adalah *speech recognition*. Speech recognition (SR) atau pengenalan ucapan merupakan teknologi yang memungkinkan sistem komputer memproses dan mengenali ucapan manusia secara otomatis. Dalam bidang kecerdasan buatan, teknologi ini dikenal sebagai Automatic Speech Recognition (ASR) yang mengonversi sinyal suara menjadi teks atau perintah yang dapat diproses sistem (Dutta et al., 2022).

Android SpeechRecognizer merupakan API pada sistem operasi Android yang menyediakan kemampuan pengenalan ucapan untuk aplikasi. API ini memungkinkan aplikasi menerima masukan suara pengguna melalui mikrofon dan memperoleh hasil pengenalan dalam bentuk teks yang dapat diproses lebih lanjut oleh aplikasi. Dalam penelitian ini, Android SpeechRecognizer digunakan sebagai teknologi pengenalan ucapan pada modul Monkey walk quiz untuk mengenali jawaban anak ketika menyebutkan angka dalam Bahasa Indonesia.

Penggunaan Android SpeechRecognizer dalam penelitian ini disesuaikan dengan target pengembangan gim yang ditujukan untuk perangkat Android. Hasil pengenalan ucapan yang diperoleh kemudian digunakan sebagai masukan bagi sistem untuk menentukan kesesuaian jawaban anak dengan angka yang ditanyakan pada kuis. Dengan demikian, speech recognition tidak hanya berfungsi sebagai fitur pendukung, tetapi menjadi bentuk interaksi auditori pada modul Monkey walk quiz.

Dalam implementasinya, Android SpeechRecognizer diintegrasikan ke dalam Unity menggunakan plugin UnitySpeechToText. Plugin tersebut berfungsi sebagai penghubung antara aplikasi yang dikembangkan menggunakan Unity dengan layanan speech recognition pada perangkat Android. Melalui integrasi tersebut, masukan suara yang diberikan pengguna dapat diterima oleh aplikasi dan hasil pengenalan ucapan dapat diteruskan ke logika permainan untuk diproses sebagai jawaban pada Monkey walk quiz.

Pemilihan teknologi speech recognition dalam penelitian ini dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa aspek yang berkaitan dengan kebutuhan pengembangan gim. Pada tahap pengembangan awal, Google Cloud Speech-to-Text sempat dipertimbangkan sebagai alternatif teknologi speech recognition. Google Cloud Speech-to-Text merupakan layanan pengenalan ucapan berbasis cloud yang memerlukan komunikasi dengan layanan eksternal dalam proses pengenalan suara. Selain itu, layanan tersebut menerapkan skema penggunaan berdasarkan durasi audio yang diproses dan dapat menimbulkan biaya apabila penggunaan melebihi batas penggunaan gratis yang tersedia. Oleh karena itu, aspek ketergantungan terhadap layanan eksternal dan biaya penggunaan menjadi salah satu pertimbangan dalam pemilihan teknologi.

Word Error Rate (WER) merupakan salah satu metrik yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem Automatic Speech Recognition (ASR) dengan membandingkan hasil pengenalan sistem terhadap transkripsi acuan (*reference transcription*). Perhitungan WER didasarkan pada tiga jenis kesalahan, yaitu *substitution* (S), *deletion* (D), dan *insertion* (I). *Substitution* terjadi ketika suatu kata pada transkripsi acuan dikenali sebagai kata yang berbeda, *deletion* terjadi ketika kata pada transkripsi acuan tidak dikenali oleh sistem, sedangkan *insertion* terjadi ketika sistem menghasilkan kata yang tidak terdapat pada transkripsi acuan (Ali & Renals, 2018).

Nilai WER dihitung dengan membandingkan jumlah kesalahan pengenalan terhadap jumlah keseluruhan kata pada transkripsi acuan. Persamaan WER dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\boldsymbol{WER} = \frac{\{\boldsymbol{S} + \boldsymbol{D} + \boldsymbol{I}\}}{\{\boldsymbol{N}\}} \times \mathbf{100}\%$$

S = jumlah substitution (kesalahan penggantian kata)

D = jumlah deletion (kata yang tidak terdeteksi)

I = jumlah insertion (kata tambahan yang dihasilkan sistem)

N = jumlah kata pada reference transcription

Pada penelitian ini, jawaban yang diucapkan anak pada *Monkey Walk Quiz* berupa satu kata bilangan tunggal (angka 1–10) sebagai *reference transcription*. Karena setiap acuan hanya terdiri atas satu kata, tidak dimungkinkan munculnya kata tambahan di luar kata bilangan target, sehingga komponen *insertion* (I) pada praktiknya bernilai nol. Dengan demikian, penerapan WER pada konteks ini menyusut menjadi perbandingan jumlah *substitution* dan *deletion* terhadap jumlah acuan, yaitu WER = (S + D) / N. Penyederhanaan ini bukan bentuk pemangkasan metrik, melainkan konsekuensi logis dari sifat acuan satu-kata, dan komponen *insertion* tetap dipertahankan dalam definisi umum WER sebagaimana berlaku pada transkripsi kalimat.

Pada implementasi akhir, penelitian ini menggunakan Android SpeechRecognizer yang diintegrasikan ke dalam Unity melalui plugin UnitySpeechToText. Pemilihan teknologi tersebut mempertimbangkan kesesuaiannya dengan target platform penelitian, yaitu Android, serta kebutuhan integrasi speech recognition ke dalam gim yang dikembangkan menggunakan Unity. Android SpeechRecognizer dipilih karena sesuai dengan lingkungan pengembangan dan kebutuhan implementasi fitur speech recognition pada aktivitas Monkey walk quiz.

Pemilihan Android SpeechRecognizer dalam penelitian ini tidak didasarkan pada klaim bahwa teknologi tersebut memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan Google Cloud Speech-to-Text. Penelitian ini tidak melakukan pengujian komparatif terhadap akurasi kedua teknologi tersebut. Pertimbangan utama pemilihan adalah kesesuaian dengan target platform Android dan kebutuhan integrasi dalam pengembangan gim, sedangkan aspek ketergantungan layanan eksternal dan biaya penggunaan menjadi pertimbangan tambahan. Dengan demikian, Android SpeechRecognizer melalui UnitySpeechToText digunakan sebagai teknologi speech recognition pada implementasi akhir gim.

Pada anak usia dini, penggunaan ketiga modalitas secara terintegrasi dalam satu media pembelajaran terbukti mendukung pemahaman konsep yang lebih menyeluruh. Pendekatan VAK memungkinkan anak belajar melalui kombinasi melihat bentuk angka (visual), mendengar pengucapan angka (auditori), serta menyentuh dan menelusuri bentuk angka (kinestetik), sehingga proses internalisasi konsep berlangsung lebih efektif (Fleming & Mills, 1992b).

Dalam penelitian ini, pendekatan VAK diimplementasikan melalui empat modul aktivitas. Learning Numbers mengakomodasi modalitas visual dengan menampilkan simbol angka dan representasi jumlah objek. Tracing Numbers mengakomodasi modalitas kinestetik melalui aktivitas menelusuri bentuk angka menggunakan jari. Matching Numbers mengintegrasikan

modalitas visual dan kinestetik melalui pencocokan angka dengan objek. *Monkey walk quiz* mengintegrasikan modalitas visual dan auditori melalui speech recognition sebagai modalitas interaksi utama.

2.6 Metode Perancangan

Metode perancangan digunakan sebagai pedoman dalam proses pengembangan media agar tahapan penelitian berjalan sistematis. Pada penelitian ini, metode perancangan yang digunakan adalah ADDIE. Model ADDIE terdiri dari lima tahap, yaitu Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation. Model ini banyak digunakan dalam pengembangan media pembelajaran karena memiliki alur yang jelas, terstruktur, dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengembangan produk (Robert Maribe Branch, 2009).

Tahap Analysis dilakukan untuk mengidentifikasi masalah pembelajaran, karakteristik pengguna, kebutuhan guru, serta materi yang akan dikembangkan. Dalam penelitian ini, tahap analisis berfokus pada kebutuhan media pembelajaran pengenalan angka untuk anak PAUD/TK. Tahap Design digunakan untuk merancang alur gim, tampilan antarmuka, kategori aktivitas, mekanisme interaksi, serta kebutuhan aset visual dan audio. Tahap Development merupakan proses pembuatan produk berdasarkan rancangan yang telah disusun, termasuk pembuatan minigim, integrasi speech recognition, dan penerapan umpan balik.

Tahap Implementation dilakukan dengan mengemas gim menjadi aplikasi yang dapat dijalankan pada perangkat, kemudian menerapkannya kepada pengguna sasaran, yaitu anak didik. Adapun kegiatan pengujian dan uji coba terbatas tidak termasuk pada tahap ini, melainkan pada tahap Evaluation.

Model ADDIE juga bersifat iteratif, dalam arti setiap tahap dapat ditinjau ulang apabila ditemukan kebutuhan penyesuaian, sehingga perbaikan dapat dilakukan sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya.

2.7 Metode Pengujian Sistem

Metode pengujian sistem diperlukan untuk memastikan bahwa aplikasi yang dikembangkan berjalan sesuai rancangan dan layak digunakan oleh pengguna. Pada penelitian ini, pengujian sistem diarahkan pada dua aspek utama, yaitu pengujian fungsional dan pengujian penggunaan. Pengujian fungsional dilakukan untuk memastikan setiap fitur berjalan sesuai skenario, sedangkan pengujian penggunaan dilakukan untuk melihat kemudahan dan kenyamanan pengguna dalam memakai aplikasi.

2.7.1 Blackbox Testing

Pengujian fungsional dilakukan menggunakan metode blackbox testing. Blackbox testing merupakan metode pengujian yang berfokus pada masukan dan keluaran sistem tanpa memeriksa struktur kode program. Dalam konteks penelitian ini, blackbox testing digunakan untuk menguji halaman awal, menu utama, minigim Learning Numbers, Tracing Numbers, Matching Numbers, *Monkey walk quiz*, fitur suara, dan navigasi. Setiap skenario diuji berdasarkan input pengguna dan hasil yang diharapkan.

Selain blackbox testing, kualitas aplikasi dapat dikaitkan dengan karakteristik kualitas perangkat lunak berdasarkan ISO/IEC 25010. Standar ini memuat beberapa aspek kualitas perangkat lunak, antara lain functional suitability, performance efficiency, compatibility, usability, reliability, security, maintainability, dan portability. Dalam penelitian ini, aspek yang paling relevan adalah functional suitability, usability, performance efficiency, compatibility, dan portability karena aplikasi ditujukan untuk perangkat Android dan digunakan oleh anak usia dini (Hidayatullah et al., 2025).

Pengujian usability dilakukan untuk mengetahui sejauh mana aplikasi mudah dipahami, mudah dimainkan, dan diterima oleh pengguna. Usability dalam penelitian ini dilihat dari aspek kegunaan, kemudahan penggunaan, kemudahan dipelajari, serta kepuasan pengguna. Penilaian dapat dilakukan melalui observasi anak ketika menggunakan aplikasi dan kuesioner guru sebagai pendamping. Pendekatan ini penting karena pengguna utama aplikasi adalah anak PAUD/TK yang membutuhkan media sederhana, menarik, dan tidak membingungkan (Read et al., 2009).

2.7.2 System Usability Scale (SUS)

System Usability Scale (SUS) adalah instrumen pengukuran usabilitas yang dikembangkan oleh Brooke pada tahun 1996. SUS terdiri dari 10 pernyataan dengan skala Likert 1–5 yang mengukur persepsi pengguna terhadap kemudahan penggunaan suatu sistem (Brooke, 1996). Kelebihan SUS terletak pada kesederhanaan dan efisiensinya, sehingga dapat diisi dalam waktu singkat namun memberikan hasil yang reliabel.

Skor SUS dihitung dengan menjumlahkan nilai konversi dari setiap pernyataan, kemudian dikalikan 2,5 untuk menghasilkan skor akhir dalam rentang 0–100. Pernyataan bernada positif (ganjil) menggunakan rumus: nilai jawaban dikurangi 1, sedangkan pernyataan bernada negatif (genap) menggunakan rumus: 5 dikurangi nilai jawaban (Brooke, 1996). Interpretasi skor mengacu pada kategori Bangor et al. yang membagi rentang skor ke dalam kategori Awful, Poor, OK, Good, dan Excellent (Bangor et al., 2008).

Dalam penelitian ini, SUS digunakan untuk mengevaluasi usabilitas aplikasi dari perspektif responden dewasa, yaitu guru dan kepala sekolah dari beberapa lembaga PAUD, baik pada lokasi penelitian maupun di luar lokasi penelitian. Instrumen diadaptasi secara kontekstual agar sesuai dengan kondisi penggunaan di lingkungan kelas PAUD/TK.

2.7.3 Smileyometer

Smileyometer adalah instrumen evaluasi berbasis skala piktorial yang dirancang khusus untuk mengukur respons anak-anak terhadap produk atau pengalaman tertentu. Instrumen ini dikembangkan oleh Read, MacFarlane, dan Casey sebagai bagian dari Fun Toolkit serangkaian alat evaluasi yang mempertimbangkan keterbatasan kognitif dan kemampuan baca anak usia dini (Read et al., 2009).

Smileyometer menggunakan gambar wajah dengan ekspresi emosi dari sangat tidak suka hingga sangat suka sebagai skala respons. Penggunaan ikon wajah menggantikan teks tertulis sehingga anak dapat merespons secara langsung tanpa memerlukan kemampuan membaca. Skala ini terdiri dari lima tingkatan: wajah sangat tidak suka (1), tidak suka (2), biasa (3), suka (4), dan sangat suka (5) (Read et al., 2009).

Dalam penelitian ini, Smileyometer digunakan untuk mengevaluasi respons 20 anak usia 4–6 tahun di PAUD Pelangi Insani terhadap aplikasi gim “Belajar Angka”. Pengisian dilakukan dengan pendampingan peneliti dan guru yang membacakan setiap pernyataan kepada anak, kemudian anak menunjuk gambar wajah yang sesuai dengan perasaannya

2.8 Gim Sejenis

Gim sejenis dibahas untuk mengetahui posisi penelitian yang dilakukan dibandingkan dengan media atau penelitian terdahulu. Kajian terhadap gim sejenis membantu peneliti melihat fitur yang sudah pernah dikembangkan, kelebihan dan keterbatasannya, serta peluang pengembangan yang dapat diterapkan pada gim interaktif pengenalan angka dalam penelitian ini.

2.8.1 Gim Edukatif Berbasis Android untuk Mengenal Angka

Salah satu penelitian sejenis adalah gim edukatif berbasis Android untuk meningkatkan kemampuan mengenal angka anak usia dini. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan gim Android dapat meningkatkan minat dan kemampuan anak dalam mengenali angka karena media menampilkan unsur visual, audio, dan interaksi yang menarik. Kelebihan dari gim ini terletak pada kemampuannya membuat anak belajar angka melalui suasana bermain, sehingga pembelajaran terasa lebih menyenangkan (Solfiah et al., 2021).

Keterbatasan dari gim sejenis tersebut adalah fokus aktivitas yang umumnya masih berada pada pengenalan angka dan latihan sederhana. Interaksi suara atau speech recognition belum menjadi fitur utama. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan gim pengenalan angka yang tidak hanya menampilkan angka dan objek visual, tetapi juga memanfaatkan interaksi suara agar anak dapat melatih pengucapan angka secara langsung.

2.8.2 Smart Gim Numerasi

Penelitian lain yang relevan adalah penggunaan aplikasi Smart Gim untuk meningkatkan kemampuan numerasi anak usia 5–6 tahun. Aplikasi tersebut berfokus pada peningkatan kemampuan numerasi melalui aktivitas digital yang menarik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan gim numerasi dapat membantu anak memahami angka dan jumlah objek dengan lebih baik (Nurlaela et al., 2024).

Smart Gim memiliki kelebihan karena menggabungkan latihan numerasi dengan tampilan visual yang menarik. Namun, pengembangan dalam penelitian ini memiliki penekanan yang berbeda, yaitu menggabungkan empat bentuk aktivitas utama berupa pengenalan angka, tracing angka, pencocokan angka dengan objek, dan kuis pengenalan angka berbasis speech recognition melalui minigim interaktif. Selain itu, penelitian ini juga menambahkan fitur speech recognition sebagai bentuk interaksi audio antara anak dan aplikasi.

2.8.3 Perbandingan Gim

Perbandingan gim dilakukan untuk melihat persamaan dan perbedaan antara gim yang dikembangkan dengan beberapa gim atau penelitian sejenis. Perbandingan ini difokuskan pada aspek materi, platform, bentuk interaksi, fitur utama, dan keunggulan pengembangan.

Tabel 2.1 Perbandingan Gim Sejenis

Aspek	Gim Edukatif Android Mengenal Angka	Smart Gim Numerasi	Gime yang Dikembangkan
Materi	Pengenalan angka anak usia dini	Numerasi anak usia 5-6 tahun	Pengenalan angka 1-10, menelusur angka, mencocokkan angka, dan kuis pengenalan berbasis speech recognition
Platform	Android	Aplikasi digital	Android berbasis Unity 2D

Bentuk interaksi	Sentuhan dan visual	Visual dan latihan numerasi	Sentuhan, visual, audio
Fitur utama	Latihan mengenal angka	Latihan numerasi	Learning Numbers, Tracing Numbers, Matching Numbers, dan *Monkey walk quiz*
Keunggulan	Meningkatkan minat belajar angka	Membantu peningkatan numerasi	Menggabungkan visual, motorik, audio, dan pengucapan angka dalam satu gim

Berdasarkan perbandingan tersebut, gim yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki pembeda pada integrasi beberapa bentuk aktivitas dalam satu media, yaitu pengenalan angka, tracing angka, pencocokan jumlah objek, dan kuis pengenalan angka berbasis speech recognition. Dengan demikian, gim tidak hanya melatih anak mengenali simbol angka, tetapi juga mendorong anak untuk berinteraksi melalui sentuhan dan suara.

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metodologi yang digunakan dalam pengembangan gim interaktif pengenalan angka untuk pembelajaran PAUD/TK. Pembahasan disusun berdasarkan struktur analisis kebutuhan, perancangan sistem, dan perancangan pengujian agar alur pengembangan produk dapat dijelaskan secara runtut. Secara umum, penelitian ini merupakan penelitian pengembangan yang menggunakan model ADDIE sebagai dasar pengembangan media pembelajaran, karena model tersebut menyediakan tahapan yang sistematis mulai dari analisis, perancangan, pengembangan, implementasi, hingga evaluasi(Robert Maribe Branch, 2009).

Kelima tahapan ADDIE dalam penelitian ini tidak seluruhnya dijabarkan pada Bab III, melainkan dibagi menurut sifat kegiatannya. Pada Bab III, tahap *Analysis* diuraikan pada bagian *requirement analysis* (analisis kebutuhan), tahap *Design* diuraikan pada bagian *system design* (perancangan sistem), sedangkan perencanaan untuk tahap *Evaluation* diuraikan pada bagian perancangan pengujian. Adapun tahap *Development* dan *Implementation*, yaitu proses pembangunan gim serta penerapannya kepada anak didik, beserta pelaksanaan tahap *Evaluation*, dijabarkan lebih lanjut pada Bab IV. Dengan pembagian tersebut, pembahasan metodologi pada bab ini difokuskan pada tahap perencanaan pengembangan, sementara pelaksanaan dan hasilnya disajikan secara runtut pada bab pembahasan.

Dalam penerapannya, model ADDIE dapat digunakan secara non-linear dan memungkinkan adanya proses perbaikan serta pengulangan pada tahapan pengembangan berdasarkan hasil yang diperoleh dari tahap sebelumnya (Crawford, 2004).

3.1 *Requirement Analysis* (Analisis Kebutuhan)

Requirement analysis atau analisis kebutuhan merupakan tahap awal yang dilakukan untuk memahami kebutuhan pembelajaran, karakteristik pengguna, dan kebutuhan teknis sebelum gim dikembangkan. Analisis kebutuhan dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan studi literatur, pengamatan terhadap pembelajaran numerasi di PAUD/TK, serta wawancara dengan guru PAUD. Tujuannya adalah memastikan bahwa rancangan gim tidak hanya menarik secara visual, tetapi juga sesuai dengan capaian pembelajaran, karakteristik anak usia dini, dan kebutuhan pendampingan guru (Kemendikdasmen, 2024).

Objek utama dalam penelitian ini adalah media pembelajaran digital berbentuk gim interaktif pengenalan angka. Pengguna utama gim adalah anak usia PAUD/TK, sedangkan guru atau orang tua berperan sebagai pendamping. Anak usia dini membutuhkan media yang

sederhana, berwarna, responsif, dan memberi umpan balik langsung. Oleh karena itu, analisis kebutuhan difokuskan pada kebutuhan materi, kebutuhan pengguna, kebutuhan fungsional, kebutuhan nonfungsional, serta kebutuhan perangkat.

Tabel 3.1 Analisis Kebutuhan Pengguna

Pengguna	Kebutuhan	Implikasi terhadap Gim
Anak PAUD/TK	Media belajar yang menarik, mudah dipahami, tidak banyak teks, dan melibatkan visual, suara, serta sentuhan.	Gim menggunakan ikon besar, warna cerah, karakter pendamping, audio instruksi, dan aktivitas interaktif.
Guru PAUD	Media pendukung yang dapat melengkapi pembelajaran konkret dan mudah digunakan dalam kegiatan kelas.	Gim dirancang tanpa login rumit, memiliki alur sederhana, dan dapat digunakan dengan pendampingan guru.
Orang tua	Media latihan tambahan yang dapat digunakan anak di rumah dengan pengawasan ringan.	Gim dibuat berbasis Android dan dapat digunakan sebagai latihan pengenalan angka secara mandiri.

Berdasarkan kebutuhan pengguna tersebut, gim dirancang sebagai media pendamping, bukan pengganti aktivitas konkret di kelas. Anak tetap perlu memperoleh pengalaman menghitung dengan benda nyata, sedangkan gim berfungsi menambah variasi pembelajaran melalui representasi digital. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip pembelajaran anak usia dini yang menekankan pengalaman konkret, bermain sambil belajar, serta keterlibatan multisensori. (Kemendikdasmen, 2025), (Palupi, 2021)

Tabel 3.2 Analisis Kebutuhan Materi

Materi	Tujuan Pembelajaran	Bentuk Aktivitas dalam Gim
Pengenalan angka 1-10	Anak mengenali lambang angka dan mampu menyebutkan angka secara lisan.	Anak melihat angka, mendengar pengucapan angka, kemudian mengulanginya melalui fitur pengenalan suara.
Menghitung objek	Anak memahami hubungan antara lambang angka dan jumlah benda.	Anak mencocokkan angka dengan kumpulan objek yang jumlahnya sesuai.
Tracing angka	Anak melatih motorik halus dan mengenali bentuk angka.	Anak menelusuri pola angka pada layar sentuh menggunakan jari.
Kuis Sederhana	Anak mengenali angka melalui pengucapan langsung menggunakan speech recognition.	Anak mengikuti pergerakan karakter pada jalur angka dan menyebutkan hasil akhir.

Dari sisi teknologi, gim dikembangkan menggunakan Unity 2D dengan bahasa pemrograman C# dan ditargetkan berjalan pada perangkat Android. Pemilihan Android didasarkan pada ketersediaan perangkat yang relatif mudah dijumpai di lingkungan sekolah

maupun rumah. Sementara itu, penggunaan speech recognition dipilih karena mendukung interaksi verbal anak dalam menyebutkan angka. Namun, teknologi pengenalan suara pada anak perlu dirancang secara hati-hati karena suara anak memiliki karakteristik pelafalan, intonasi, dan artikulasi yang lebih bervariasi dibandingkan orang dewasa (Bhardwaj et al., 2022).

Tabel 3.3 Kebutuhan Fungsional Sistem

Kode	Kebutuhan Fungsional	Keterangan
KF-01	Menampilkan halaman awal dan menu utama.	Sistem menampilkan tombol Mulai Belajar dan pilihan minigim.
KF-02	Menampilkan materi angka 1-10.	Sistem menampilkan angka, ilustrasi objek, dan audio pengucapan angka.
KF-03	Menyediakan aktivitas tracing angka.	Sistem mendeteksi gerakan jari pada pola angka dan memberi umpan balik.
KF-04	Menyediakan aktivitas mencocokkan angka dan jumlah objek.	Sistem memeriksa pilihan anak dan menampilkan respon benar atau coba lagi.
KF-05	Menyediakan aktivitas kuis pengenalan angka berbasis speech recognition.	Sistem menampilkan soal pengenalan angka, menangkap ucapan anak, dan memberikan umpan balik sesuai hasil pengenalan suara.
KF-06	Menggunakan speech recognition untuk jawaban lisan.	Sistem menangkap ucapan anak dan mencocokkannya dengan jawaban yang diharapkan.
KF-07	Memberikan umpan balik visual dan audio.	Sistem memberikan suara pujian, animasi, dan indikator hasil.
KF-08	Memberikan umpan balik audio dan visual berupa pujian saat jawaban benar.	Sistem mengeluarkan suara pujian (contoh: “Kamu hebat!”) dan animasi visual sebagai umpan balik positif saat anak menjawab dengan benar.

Tabel 3.4 Kebutuhan Non-Fungsional Sisten

Aspek	Kebutuhan Nonfungsional	Keterangan
Usability	Antarmuka mudah digunakan oleh anak usia dini.	Tombol besar, ikon jelas, instruksi singkat, dan tidak bergantung pada teks panjang.
Performance	Aplikasi berjalan ringan pada perangkat Android.	Aset visual dan audio dibuat sederhana agar tidak membebani perangkat.
Portability	Aplikasi dapat dijalankan pada perangkat Android.	Aplikasi dikemas dalam format APK dan disesuaikan dengan perangkat mobile.
Reliability	Fitur utama berjalan stabil saat digunakan.	Setiap minigim diuji melalui skenario blackbox.
Safety	Aplikasi tidak memuat konten yang tidak sesuai untuk anak.	Materi, warna, suara, dan karakter disesuaikan dengan konteks PAUD/TK.

Kebutuhan-kebutuhan tersebut menjadi dasar dalam penyusunan rancangan sistem. Seluruh fitur yang dikembangkan diarahkan untuk mendukung pembelajaran numerasi dasar, terutama pengenalan angka, menghitung objek, dan tracing angka. Penelitian terdahulu di Indonesia juga menunjukkan bahwa gim edukasi berbasis Android dapat membantu anak usia dini mengenal angka dan meningkatkan minat belajar apabila disusun dengan metode perancangan yang sesuai (Nugraha et al., 2025), (Fauzan et al., 2022), (Afrianti & Maryatun, 2025).

Proses analisis kebutuhan dilakukan secara bertahap melalui dua kali wawancara dengan guru PAUD. Wawancara pertama dilakukan untuk memperoleh informasi awal mengenai kebutuhan pembelajaran, karakteristik pengguna, serta aktivitas yang sesuai untuk pembelajaran pengenalan angka pada anak usia dini. Hasil wawancara tersebut digunakan sebagai dasar dalam mengidentifikasi kebutuhan gim. Selanjutnya, wawancara kedua dilakukan untuk memperdalam dan mengonfirmasi kebutuhan yang telah diperoleh sebelumnya. Hasil dari kedua wawancara tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam penyusunan rancangan gim pada tahap Design.

3.2 *System Design* (Perancangan Sistem)

System design atau perancangan sistem merupakan tahap penerjemahan kebutuhan pengguna dan kebutuhan pembelajaran ke dalam rancangan gim. Perancangan sistem dilakukan untuk menggambarkan alur, tampilan, interaksi, dan proses yang akan dijalankan oleh aplikasi. Dalam penelitian ini, perancangan sistem disusun melalui storyboard dan HIPO (Hierarchy Input Process Output). Storyboard digunakan untuk menggambarkan urutan tampilan dan aktivitas pada gim, sedangkan HIPO digunakan untuk menjelaskan struktur fungsi sistem beserta input, proses, dan output dari setiap modul.

Gim yang dirancang terdiri dari beberapa aktivitas utama, yaitu halaman awal, menu utama, Learning Numbers, Tracing Numbers, Matching Numbers, dan *Monkey walk quiz*. Setiap aktivitas dirancang dengan prinsip sederhana, visual, dan interaktif agar sesuai dengan karakteristik anak usia dini. Elemen pembelajaran dalam gim menggabungkan aspek visual, auditori, dan kinestetik, sehingga anak tidak hanya melihat angka, tetapi juga menyentuh, mendengar, dan mengucapkannya (Hirsh-Pasek et al., 2015), (Plass et al., 2015), (Papadakis, 2021).

3.2.1 Storyboard

Storyboard digunakan untuk menggambarkan rancangan alur layar dan interaksi pengguna dalam gim. Rancangan ini penting karena anak usia dini membutuhkan alur yang

sederhana dan konsisten. Setiap layar dirancang hanya menampilkan satu fokus aktivitas agar anak tidak mengalami kebingungan. Storyboard juga membantu pengembang memahami urutan tampilan sebelum implementasi dilakukan di Unity.

Tabel 3.5 Storyboard Gim Interaktif Pengenalan Angka

No.	Nama Layar	Deskripsi Tampilan	Interaksi Pengguna
1	Halaman Awal	Menampilkan judul gim, karakter pendamping, tombol Mulai Belajar, dan tombol pengaturan suara.	Anak atau pendamping menekan tombol Mulai Belajar untuk masuk ke menu utama.
2	Menu Utama	Menampilkan pilihan minigim: Learning Numbers, Tracing Numbers, Matching Numbers, dan *Monkey walk quiz.*	Anak memilih salah satu minigim dengan menyentuh ikon besar.
3	Learning Numbers	Menampilkan angka 1-10, ilustrasi benda, audio pengucapan angka, dan tombol mikrofon.	Anak mendengarkan angka, lalu menyebutkan angka yang ditampilkan.
4	Tracing Numbers	Menampilkan pola angka dengan titik panduan penelusuran.	Anak menelusuri angka menggunakan jari pada layar sentuh.
5	Matching Numbers	Menampilkan satu angka dan beberapa pilihan gambar kelompok benda.	Anak memilih gambar yang jumlah bendanya sesuai dengan angka.
6	*Monkey walk quiz*	Menampilkan animasi monyet berjalan di hutan dan soal pengenalan angka yang dibacakan melalui narasi audio secara otomatis. Anak menjawab soal menggunakan speech recognition.	Anak mengamati pergerakan karakter, lalu menyebutkan hasil akhir.
7	Navigasi Kembali ke Menu	Menampilkan jumlah bintang, animasi apresiasi, tombol Coba Lagi, dan tombol Kembali ke Menu.	Anak mengulang aktivitas atau kembali ke menu utama.

Berdasarkan storyboard tersebut, alur gim dimulai dari halaman awal, kemudian pengguna masuk ke menu utama dan memilih aktivitas pembelajaran. Setelah menyelesaikan satu sesi aktivitas, sistem menampilkan halaman hasil sebagai bentuk apresiasi. Alur ini dibuat singkat agar anak dapat memahami pola penggunaan gim setelah beberapa kali mencoba. Penggunaan ikon besar, warna cerah, dan umpan balik audio juga diterapkan untuk menjaga perhatian anak selama belajar (Hirsh-Pasek et al., 2015).

3.2.2 HIPO (Hierarchy Input Process Output)

HIPO digunakan untuk menjelaskan struktur fungsi sistem secara hierarkis sekaligus menggambarkan hubungan antara input, proses, dan output. Dalam penelitian ini, HIPO membantu memperjelas modul-modul yang terdapat dalam gim interaktif pengenalan angka.

Struktur utama sistem terdiri dari modul navigasi, modul pembelajaran angka, modul tracing, modul matching, modul speech recognition, dan modul umpan balik.

Tabel 3.6 Hierarchy Sistem Gim Interaktif Pengenalan Angka

Modul	Submodul/Fungsi
Gim Interaktif Pengenalan Angka	Sistem utama media pembelajaran numerasi PAUD/TK.
Menu Utama	Mengelola navigasi menuju setiap minigim.
Learning Numbers	Menampilkan angka, objek, audio, dan latihan pengucapan.
Tracing Numbers	Mengelola aktivitas menelusuri bentuk angka pada layar sentuh.
Matching Numbers	Mengelola pencocokan lambang angka dengan jumlah benda.
Monkey walk quiz	Mengelola kuis pengenalan angka berbasis speech recognition melalui karakter monyet.
Feedback	Menampilkan respons benar/salah, suara pujian, dan animasi apresiasi.

Tabel 3.7 Input Process Output Sistem

Modul	Input	Process	Output
Menu Utama	Sentuhan pada tombol atau ikon minigim.	Sistem membaca pilihan pengguna dan membuka scene yang sesuai.	Halaman minigim yang dipilih tampil.
Learning Numbers	Ucapan anak melalui mikrofon dan sentuhan navigasi angka.	Sistem menampilkan angka, memutar audio, menangkap suara, dan mencocokkan hasil pengenalan suara.	Feedback benar/coba lagi dan perpindahan ke angka berikutnya.
Tracing Numbers	Gerakan jari anak pada layar sentuh.	Sistem mendeteksi titik yang dilalui dan memeriksa kesesuaian urutan tracing.	Suara pujian diperdengarkan sebagai umpan balik keberhasilan
Matching Numbers	Anak menarik garis penghubung dari kartu angka ke baris objek.	Sistem membandingkan jumlah objek pada baris yang dihubungkan dengan nilai angka pada kartu	Pop-up 'Kamu Berhasil' ditampilkan setiap pencocokan yang benar
Monkey walk quiz	Ucapan anak melalui mikrofon saat menjawab soal pengenalan angka.	Sistem menggerakkan karakter sesuai operasi, lalu memeriksa hasil ucapan anak.	Feedback benar/coba lagi berupa suara pujian.

Rancangan HIPO tersebut menjadi acuan dalam proses implementasi pada Bab IV. Dengan HIPO, fungsi sistem dapat dipisahkan ke dalam modul-modul yang lebih kecil sehingga pengembangan menjadi lebih terstruktur. Selain itu, pemisahan modul juga memudahkan pengujian karena setiap fungsi dapat diuji berdasarkan input dan output yang

telah dirancang. Pengembangan gim berbasis Unity dan Android juga lebih mudah dilakukan secara modular karena setiap minigim dapat dikelola sebagai scene atau komponen terpisah (Prasetyo et al., 2021).

Rancangan gim yang telah disusun pada tahap Design kemudian ditinjau kembali berdasarkan masukan dari guru PAUD. Masukan tersebut digunakan untuk melakukan penambahan dan penyesuaian pada beberapa bagian rancangan agar lebih sesuai dengan kebutuhan pembelajaran dan karakteristik anak usia dini. Proses peninjauan dan perbaikan rancangan tersebut dilakukan sebelum rancangan digunakan sebagai acuan pada tahap Development. Dengan demikian, tahap Design dalam penelitian ini melibatkan proses iterasi melalui masukan dari guru PAUD untuk menyempurnakan rancangan gim.

3.3 Perancangan Pengujian

Perancangan pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa gim yang dikembangkan dapat berjalan sesuai rancangan dan layak digunakan sebagai media pembelajaran pendukung. Pengujian dalam penelitian ini terdiri dari pengujian blackbox dan pengukuran usability. Pengujian blackbox digunakan untuk memeriksa fungsionalitas sistem berdasarkan input dan output, sedangkan pengukuran usability digunakan untuk mengetahui kemudahan penggunaan, kemudahan dipelajari, kegunaan, dan kepuasan pengguna terhadap aplikasi (Brooke, 1996).

3.3.1 Perancangan Pengujian *Blackbox*

Pengujian blackbox merupakan metode pengujian perangkat lunak yang dilakukan tanpa melihat struktur kode program, dengan berfokus pada kesesuaian antara masukan pengguna dan keluaran yang dihasilkan sistem. Dalam penelitian ini, blackbox testing digunakan untuk menguji setiap halaman dan minigim, yaitu halaman awal, menu utama, Learning Numbers, Tracing Numbers, Matching Numbers, dan *Monkey walk quiz*. Skenario pengujian disusun agar mencakup interaksi dari ketiga modalitas dalam pendekatan multisensori (visual, auditori, dan kinestetik), sehingga pengujian tidak hanya menilai satu bentuk interaksi. Setiap skenario disusun berdasarkan kebutuhan fungsional yang telah dirumuskan pada tahap analisis. Apabila keluaran yang muncul sesuai dengan hasil yang diharapkan, skenario tersebut dinyatakan berhasil. Rancangan pengujian blackbox ditunjukkan pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Rancangan Pengujian Blackbox

No.	Fitur yang Diuji	Skenario Pengujian	Output Pengujian

1	Halaman Awal	Anak membuka aplikasi dan menekan tombol Mulai Belajar.	Halaman awal tampil dan sistem berpindah ke menu utama.
2	Menu Utama	Anak memilih salah satu ikon minigim.	Sistem membuka minigim sesuai pilihan anak.
3	Learning Numbers	Anak memilih/menekan tombol *next/previous* untu melihat angka.	Sistem menampilkan simbol angka beserta representasi jumlah objek dan memperdengarkan nama angka.
4	Learning Numbers	Anak menekan tombol navigasi angka berikutnya atau sebelumnya.	Sistem berpindah ke angka berikutnya/sebelumnya dengan tampilan dan narasi audio yang sesuai.
5	Tracing Numbers	Anak menelusuri pola angka mengikuti titik panduan secara berurutan.	Sistem mengenali penelusuran yang sesuai urutan titik panduan dan memperdengarkan suara pujian sebagai umpan balik keberhasilan
6	Tracing Numbers	Anak menelusuri keluar dari jalur angka melebihi batas toleransi.	Sistem tidak menganggap penelusuran selesai sehingga anak dapat mengulang penelusuran mengikuti titik panduan
7	Matching Numbers	Anak menarik garis penghubung dari kartu angka ke baris objek yang jumlahnya sesuai.	Sistem menampilkan pop-up 'Kamu Berhasil' sebagai umpan balik pencocokan yang benar.
8	Matching Numbers	Anak menarik garis penghubung ke baris objek yang jumlahnya tidak sesuai.	Sistem memperdengarkan umpan balik berupa suara dan anak dapat mencoba menghubungkan kembali.
9	*Monkey walk quiz*	Anak menjawab soal dengan menyebutkan angka yang benar melalui suara.	Sistem mengenali ucapan, memvalidasi jawaban benar, dan melanjutkan permainan.
10	*Monkey walk quiz*	Anak menyebutkan angka yang salah pada soal kuis.	Sistem memberikan umpan balik agar anak mencoba menjawab kembali.
11	Pengaturan Suara	Pengguna menekan tombol suara.	Musik atau efek suara aktif/nonaktif sesuai kondisi.
12	Navigasi & umpan balik	Anak menyelesaikan aktivitas pada satu minigim.	Sistem menampilkan umpan balik penyelesaian serta tombol Coba Lagi/Kembali ke Menu.

Hasil pengujian blackbox nantinya akan disajikan dalam bentuk tabel yang memuat nomor skenario, langkah pengujian, hasil yang diharapkan, hasil pengujian, dan kesimpulan. Pengujian ini menjadi dasar untuk mengetahui apakah fitur utama gim telah berjalan sesuai rancangan sebelum dilakukan pengukuran usability kepada pengguna.

3.3.2 Perancangan Pengujian SUS

Pengujian usabilitas menggunakan instrumen *System Usability Scale* (SUS) dilakukan untuk menilai tingkat kemudahan penggunaan aplikasi dari perspektif pengguna dewasa, yaitu guru dan kepala sekolah PAUD yang terlibat langsung dalam penggunaan aplikasi. SUS merupakan instrumen yang dikembangkan oleh Brooke (1996) dan terdiri dari 10 pernyataan dengan skala Likert 1–5, di mana 1 berarti Sangat Tidak Setuju dan 5 berarti Sangat Setuju (Brooke, 1996).

Perhitungan skor SUS menggunakan rumus (Brooke, 1996) pernyataan bernada positif (ganjil) dihitung dengan nilai jawaban dikurangi 1, sedangkan pernyataan bernada negatif (genap) dihitung dengan 5 dikurangi nilai jawaban. Hasil penjumlahan seluruh konversi kemudian dikalikan 2,5 sehingga menghasilkan skor akhir dalam rentang 0–100. Interpretasi skor mengacu pada kategori (Bangor et al., 2008)sebagaimana disajikan pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Interpretasi Skor SUS

Rentang Skor	Kategori	Grade
85 – 100	Excellent	A
72,5 – 84,9	Good	B
52,5 – 72,4	OK	C
38 – 52,4	Poor	D
0 – 37,9	Awful	F

Responden SUS dalam penelitian ini berjumlah lima orang dewasa yang terdiri atas empat guru dan satu kepala sekolah dari tiga lembaga PAUD. Tiga responden berasal dari PAUD yang menjadi lokasi penelitian, sedangkan dua responden lainnya berasal dari dua lembaga PAUD di luar lokasi penelitian. Pelibatan responden dari beberapa lembaga bertujuan memperoleh gambaran penerimaan aplikasi yang lebih beragam dan tidak terbatas pada satu lingkungan sekolah. Instrumen diadaptasi secara kontekstual agar pernyataan sesuai dengan kondisi penggunaan aplikasi di lingkungan kelas PAUD/TK. Daftar pernyataan SUS yang digunakan disajikan pada Tabel 3.10. Penambahan responden dari lembaga PAUD di luar lokasi penelitian dimaksudkan untuk memperkuat keterwakilan dan akuntabilitas hasil evaluasi usabilitas. Responden yang dilibatkan merupakan guru dan kepala sekolah yang menjadi pengguna sasaran langsung aplikasi, sehingga penilaian diberikan oleh pihak yang memahami kondisi nyata pembelajaran di kelas PAUD/TK. Pemilihan responden dilakukan berdasarkan pertimbangan keterkaitan peran dan pengalaman mengajar pada rentang usia sasaran (Sugiyono, 2019). Dengan melibatkan penilai dari beberapa lembaga yang berbeda, evaluasi tidak hanya bergantung pada satu lingkungan sekolah yang telah terbiasa dengan konteks penelitian, sehingga potensi bias lingkungan dapat dikurangi dan hasil penilaian menjadi lebih dapat dipertanggungjawabkan. Meskipun demikian, jumlah responden yang terbatas menjadikan hasil ini diposisikan sebagai gambaran penerimaan usabilitas, bukan sebagai dasar generalisasi statistik.

Tabel 3.10 Pernyataan SUS yang Digunakan

No.	Pernyataan
1	Saya pikir saya ingin sering menggunakan aplikasi ini di kegiatan pembelajaran kelas.
2	Saya merasa aplikasi ini terlalu rumit untuk dioperasikan di kelas tanpa alasan yang jelas.
3	Saya pikir aplikasi ini mudah dioperasikan oleh guru di kelas.
4	Saya merasa membutuhkan bantuan teknis untuk dapat mengoperasikan aplikasi ini di kelas.
5	Saya merasa berbagai fitur dalam aplikasi ini terintegrasi dengan baik untuk mendukung pembelajaran.
6	Saya merasa terdapat banyak ketidakkonsistenan dalam aplikasi ini.
7	Saya pikir anak-anak dapat dengan cepat memahami cara menggunakan aplikasi ini.
8	Saya merasa aplikasi ini tidak praktis untuk digunakan dalam kegiatan belajar mengajar.
9	Saya merasa percaya diri saat mengoperasikan aplikasi ini di kelas.
10	Saya perlu mempelajari banyak hal terlebih dahulu sebelum bisa mengoperasikan aplikasi ini.

3.3.3 Perancangan Pengujian Smileyometer

Pengujian menggunakan instrumen Smileyometer dilakukan untuk mengevaluasi respons anak usia 4–6 tahun terhadap aplikasi gim "Belajar Angka". Smileyometer merupakan instrumen evaluasi berbasis skala piktorial yang dikembangkan oleh Read, MacFarlane, dan Casey sebagai bagian dari Fun Toolkit serangkaian alat evaluasi yang mempertimbangkan keterbatasan kognitif dan kemampuan baca anak usia dini (Read et al., 2009).

Instrumen ini menggunakan gambar wajah dengan ekspresi emosi dari sangat tidak suka hingga sangat suka sebagai skala respons. Penggunaan ikon wajah menggantikan teks tertulis sehingga anak dapat merespons tanpa memerlukan kemampuan membaca. Skala Smileyometer yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 3.11.

Tabel 3.11 Skala Smileyometer

Skor	Ekspresi Wajah / Kategori
5	Sangat Suka wajah sangat senang (sangat baik)
4	Suka wajah senang (baik)
3	Biasa wajah netral (cukup)
2	Tidak Suka wajah sedih (tidak baik)
1	Sangat Tidak Suka wajah sangat sedih (sangat tidak baik)

Responden Smileyometer dalam penelitian ini adalah 20 anak usia 4–6 tahun di PAUD Pelangi Insani. Pengisian dilakukan dengan pendampingan peneliti dan guru yang membacakan setiap pernyataan kepada anak, kemudian anak menunjuk gambar wajah yang

sesuai dengan perasaannya. Pernyataan Smileyometer yang digunakan disajikan pada Tabel 3.12.

Tabel 3.12 Pernyataan Smileyometer

Kode	Pernyataan
P1	Aku suka bermain gim ini.
P2	Gim ini mudah aku mainkan.
P3	Aku ingin bermain gim ini lagi.
P4	Gambar dan warnanya bagus.
P5	Aku senang belajar angka dengan gim ini.

Skor rata-rata per pernyataan dihitung dari seluruh responden anak, kemudian dikategorikan berdasarkan rentang nilai: 1,00–1,80 (Sangat Tidak Baik), 1,81–2,60 (Tidak Baik), 2,61–3,40 (Cukup), 3,41–4,20 (Baik), dan 4,21–5,00 (Sangat Baik).

3.3.4 Perancangan Uji Coba *Pre-test* dan *Post-test*

Selain pengujian *blackbox* dan pengukuran *usability*, penelitian ini melakukan uji coba terbatas menggunakan *pre-test* dan *post-test*. Uji coba ini tidak dimaksudkan sebagai pengujian efektivitas pembelajaran secara statistik, melainkan sebagai gambaran awal (indikatif) terhadap potensi penggunaan aplikasi dalam membantu anak mengenal angka. Hal ini sejalan dengan karakteristik penelitian pengembangan yang berfokus pada perancangan, pengembangan, dan evaluasi produk sebagaimana ditekankan pada tahap Evaluation dalam model ADDIE, bukan pada pembuktian pengaruh secara eksperimental. (Sugiyono, 2019), (Robert Maribe Branch, 2009)

Uji coba dilakukan terhadap 5 anak dari total 20 anak responden. Pembatasan ini disebabkan oleh kondisi kelas yang kurang kondusif pada saat pelaksanaan, seperti tingkat konsentrasi anak yang mudah teralihkan, kebutuhan pendampingan satu per satu, serta suasana dalam kelas yang sulit dikendalikan untuk melibatkan seluruh anak secara serentak. Oleh karena itu, pemilihan kelima anak dilakukan menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu teknik penentuan sampel berdasarkan pertimbangan atau kriteria tertentu yang relevan dengan tujuan penelitian (Sugiyono, 2019). Kriteria yang digunakan meliputi kesesuaian rentang usia dengan sasaran aplikasi (4-6 tahun), kesediaan mengikuti seluruh rangkaian uji coba, serta rekomendasi guru terkait kemampuan anak dalam mengoperasikan aplikasi. Kelima anak yang mengikuti *pre-test* merupakan anak yang sama dengan yang mengikuti *post-test,* sehingga data yang diperoleh bersifat berpasangan (*paired)* dan dapat dibandingkan pada tingkat individu.

Instrumen *pre-test* dan *post-test* terdiri atas empat sub-tes yang masing-masing memuat tiga butir, yaitu Telusuri Angka, Hitung Benda, Cocokkan Jumlah Benda, serta Dengarkan dan Tunjuk, Ketiga sub-tes terakhir bersifat objektif (memiliki jawaban benar-salah), sedangkan sub-tes Telusuri Angka berkaitan dengan keterampilan motorik menebalkan angka. Butir soal disusun pada rentang bilangan yang sesuai dengan sasaran aplikasi. Kisi-kisi instrumen disajikan pada Tabel 3. 13.

Penilaian dilakukan dengan memberi skor 1 untuk setiap jawaban benar dan 0 untuk jawaban salah pada tiga sub-tes objektif (Hitung Benda, Cocokkan Jumlah Benda, Dengarkan dan Tunjuk), sehingga diperoleh skor mentah dengan rentang 0-9. Skor tersebut kemudian dikonversi ke skala 0-100 melalui rumus (jumlah jawaban benar + 9) × 100. Sub-tes Telusuri Angka tidak diikutsertakan dalam perhitungan skor karena bersifat gradual dan tidak dapat dinilai secara benar-salah, sehingga dilaporkan secara kualitatif. *Pre-test* diberikan sebelum anak menggunakan aplikasi dan *post-test* diberikan setelah anak menggunakan aplikasi, dengan responden yang sama pada kedua tahap.

Tabel 3.13 Kisi-kisi Instrumen Pre-test dan Post-test

No	Sub-tes	Aspek yang Diukur	Butir	Penilaian
1	Telusuri Angka	Keterampilan motorik menebalkan lambang bilangan	3	Kualitatif
2	Hitung Pisang	Membilang jumlah objek	3	Skor (0/1)
3	Cocokkan Jumlah Permen	Mencocokkan jumlah benda dengan lambang bilangan	3	Skor (0/1)
4	Dengarkan dan Tunjuk	Mengenali lambang bilangan yang disebutkan secara lisan	3	Skor (0/1)
	Total butir yang diskor		**9**	

3.3.5 Perancangan Pengujian WER Modul *Speech Recognition*

Selain pengujian fungsional melalui *blackbox*, dilakukan pula pengujian khusus terhadap modul *speech recognition* (SR) untuk mengukur tingkat kesalahannya secara kuantitatif menggunakan metrik *Word Error Rate* (WER). Pengujian ini diperlukan karena SR berperan sebagai realisasi modalitas auditori sekaligus bentuk interaksi utama pada *Monkey Walk Quiz*, sehingga keberhasilannya tidak cukup dinyatakan sekadar "berfungsi" pada pengujian *blackbox*. Pengujian ini diposisikan sebagai uji fungsional teknis terhadap modul, yang

dilaksanakan oleh peneliti sebagai penutur dalam kondisi terkontrol, bukan sebagai pengujian terhadap pengguna anak. Konsekuensi dari cakupan yang terbatas ini dijelaskan lebih lanjut sebagai bagian dari keterbatasan penelitian.

Sebagaimana dijelaskan pada Bab II, WER dihitung dari tiga jenis kesalahan, yaitu *substitution* (S), *deletion* (D), dan *insertion* (I), terhadap jumlah kata acuan (N). Pada penelitian ini, setiap jawaban berupa satu kata bilangan tunggal, sehingga komponen *insertion* tidak dapat terjadi (I = 0) dan perhitungan WER menjadi WER = (S + D) / N. *Substitution* terjadi ketika ucapan tertangkap tetapi dikenali sebagai angka yang berbeda dari target, sedangkan *deletion* terjadi ketika ucapan tidak tertangkap sehingga tidak menghasilkan keluaran. Modul yang diuji juga telah dilengkapi mekanisme pemetaan kata ke angka yang menyerap variasi salah-dengar umum pada pengenalan suara Bahasa Indonesia (misalnya "tuju" untuk tujuh atau "lapan" untuk delapan); mekanisme ini menekan jumlah *substitution* karena sebagian keluaran yang secara pelafalan mendekati tetap dipetakan ke angka yang benar. Kategori hasil pengujian disajikan pada Tabel 3.15.

Tabel 3.14 Kategori Hasil Pengujian Modul Speech Recognition

Kategori	**Definisi**	**Komponen WER**
Benar	Ucapan tertangkap dan dikenali sebagai angka yang dimaksud	Tidak termasuk error
Salah mengenali	Ucapan tertangkap, tetapi dikenali sebagai angka atau kata yang berbeda dari target	*Substitution*
Tidak terdeteksi	Ucapan tidak tertangkap sehingga tidak menghasilkan keluaran	*Deletion*
Kata tambahan	Sistem menghasilkan kata tambahan yang tidak terdapat pada *reference transcription*	*Insertion*

Prosedur pengujian dilakukan melalui aktivitas *Monkey Walk Quiz* sebagaimana digunakan pada kondisi sebenarnya. Peneliti memainkan kuis secara berulang, dan pada setiap soal peneliti menyebutkan angka jawaban yang benar menggunakan mekanisme tekan-mikrofon seperti pada permainan. Karena jawaban yang disebutkan selalu benar, keluaran kuis dapat dijadikan dasar klasifikasi: hasil "benar" menandakan pengenalan berhasil, umpan balik "Coba lagi ya" menandakan ucapan tertangkap namun salah-kenali (*substitution*), dan umpan balik "Tidak terdengar" menandakan ucapan tidak terdeteksi (*deletion*). Karena soal pada kuis muncul secara acak, distribusi angka yang teruji tidak dikontrol secara seragam, sehingga

jumlah percobaan per angka dilaporkan apa adanya. Pengujian ditargetkan mencakup keseluruhan rentang angka 1–10 dengan total percobaan minimal 50 ucapan sebagai jumlah acuan (N). Pengujian dilakukan pada ruang yang relatif tenang dengan pengucapan normal. Format pencatatan disajikan pada Tabel 3.16.

Tabel 3.15 Format Pencatatan Pengujian Modul Speech Recognition

Angka Target	**Hasil Speech Recognition**	**Kategori Error**	**Komponen WER**
1			
2			
3			

Berdasarkan data yang terkumpul, jumlah *substitution* (S) dan *deletion* (D) dihitung, kemudian nilai WER diperoleh melalui persamaan WER = (S + D) / N. Hasil perhitungan disajikan dan dibahas pada Bab IV. Pengujian ini memiliki keterbatasan yang melekat, yaitu penutur bukan berasal dari kelompok pengguna anak dan jumlah penutur terbatas, sehingga hasilnya tidak dapat digeneralisasikan sebagai gambaran akurasi pada suara anak di lingkungan kelas yang sebenarnya; keterbatasan ini dibahas pada subbab keterbatasan penelitian.

BAB IV
PEMBAHASAN

4.1 *Development* (Pengembangan)

Tahap *development* merupakan tahap ketiga dalam model ADDIE, yaitu tahap mewujudkan seluruh rancangan yang telah disusun pada tahap *design* menjadi bahan ajar digital yang konkret dan dapat difungsikan. Dalam konteks *instructional design*, tahap ini tidak dipahami semata sebagai proses rekayasa perangkat lunak, melainkan sebagai proses pengembangan media pembelajaran, sehingga produk yang dihasilkan harus selaras dengan tujuan pembelajaran, karakteristik pengguna, dan hasil analisis kebutuhan yang telah ditetapkan pada tahap sebelumnya. Bahan ajar yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah gim edukasi pengenalan angka untuk anak usia dini, yang diwujudkan dalam bentuk aplikasi interaktif berbasis Android.

Kegiatan pada tahap ini difokuskan pada proses produksi gim secara menyeluruh, mulai dari pembuatan aset visual dan audio, penyusunan komponen serta *scene* di dalam *gim engine*, hingga penulisan kode program yang menjalankan logika setiap aktivitas pembelajaran. Keseluruhan gim dikembangkan menggunakan Unity 2D dengan bahasa pemrograman C#, yang dipilih karena kemampuannya dalam mengelola aset dua dimensi, animasi, serta interaksi berbasis sentuhan yang sesuai dengan kebutuhan gim untuk anak usia dini. Proses pengembangan mencakup pembangunan empat *minigim* utama, yaitu *Learning Numbers*, *Tracing Numbers*, *Matching Numbers*, dan *Monkey walk quiz*, yang masing-masing dirancang untuk melatih aspek pengenalan angka yang berbeda.

Selain pembangunan mekanisme inti keempat *minigim*, tahap pengembangan juga mencakup integrasi komponen pendukung yang menjadi ciri pendekatan multisensori dalam gim ini. Pendekatan multisensori yang digunakan mengacu pada kerangka VAK (*Visual, Auditory, Kinesthetic*), yaitu bagian dari model gaya belajar VARK yang diperkenalkan oleh Fleming dan Mills, dengan modalitas *read/write* tidak disertakan karena belum relevan bagi anak usia dini yang berada pada tahap pra-membaca. Ketiga modalitas tersebut tidak berdiri sendiri-sendiri, melainkan dikembangkan secara terpadu di dalam tiap aktivitas agar anak memperoleh stimulasi melalui lebih dari satu saluran indra secara bersamaan.

Modalitas visual dikembangkan sebagai saluran utama penyampaian materi angka, mengingat anak usia dini cenderung lebih mudah memahami informasi yang disajikan secara konkret dan berwarna. Wujud modalitas ini mencakup tampilan lambang angka berukuran besar, ilustrasi objek yang jumlahnya sesuai dengan angka yang ditampilkan, karakter animasi pemandu, serta penggunaan warna cerah dan ikon yang mudah dikenali. Elemen visual ini dikembangkan secara konsisten di seluruh *minigim* agar anak dapat mengaitkan bentuk lambang angka dengan representasi kuantitasnya, sekaligus menavigasi aplikasi secara mandiri dengan arahan yang minim.

Modalitas kinestetik dikembangkan melalui interaksi berbasis sentuhan yang menuntut keterlibatan gerak fisik anak selama bermain. Modalitas ini paling menonjol pada aktivitas *Tracing Numbers*, tempat anak menelusuri pola bentuk angka menggunakan jari, serta pada *Matching Numbers*, tempat anak menyentuh dan memilih kelompok objek yang sesuai dengan angka yang ditampilkan. Keterlibatan gerak ini dikembangkan untuk memperkuat pembentukan memori motorik terhadap bentuk angka, sekaligus melatih koordinasi motorik halus yang menjadi bagian penting dari perkembangan anak usia dini. Dengan demikian, proses belajar tidak hanya bersifat pasif menerima informasi, tetapi juga melibatkan tindakan aktif dari anak.

Modalitas auditori dikembangkan melalui instruksi suara, pengucapan nama angka, serta umpan balik audio yang mengiringi setiap interaksi. Pada tingkat yang lebih lanjut, modalitas auditori diwujudkan melalui integrasi modul *speech recognition* yang secara khusus diterapkan pada *Monkey walk quiz*, sehingga anak tidak hanya mendengar, tetapi juga dituntut untuk mengucapkan angka sebagai bentuk respons aktif. Perlu ditegaskan bahwa *speech recognition* berperan sebagai realisasi modalitas auditori, dan menjadi modalitas interaksi utama secara khusus pada aktivitas *Monkey walk quiz*, bukan pada keseluruhan produk. Sistem umpan balik langsung berupa suara pujian dan animasi turut dikembangkan sebagai penguat respons atas setiap interaksi anak, sejalan dengan prinsip penguatan positif dalam pembelajaran anak usia dini.

Adapun pembahasan mengenai pengemasan gim ke dalam format aplikasi yang dapat dijalankan serta penerapannya kepada anak didik diuraikan secara terpisah pada tahap *implementation*, agar pembahasan proses pengembangan produk dan pembahasan penerapannya kepada pengguna tidak tercampur.

Proses pengembangan pada penelitian ini tidak berlangsung secara linear sekali jalan, melainkan melalui beberapa iterasi sebagaimana karakteristik model ADDIE yang

memungkinkan peninjauan ulang antar-tahap. Umpan balik yang diperoleh selama pengembangan, baik dari hasil uji coba teknis maupun dari arahan dosen pembimbing dan guru PAUD, menjadi dasar bagi penyesuaian rancangan sebelum produk difinalkan. Beberapa iterasi utama yang terjadi selama pengembangan diuraikan sebagai berikut.

1. Iterasi pemilihan teknologi *speech recognition*. Pada tahap awal pengembangan, *Google Cloud Speech-to-Text* sempat digunakan sebagai teknologi pengenalan suara. Setelah dipertimbangkan kembali, teknologi tersebut dinilai memiliki ketergantungan pada layanan eksternal serta konsekuensi biaya penggunaan, sehingga pengembangan diarahkan kembali (iterasi) menuju penggunaan *Android SpeechRecognizer* yang diintegrasikan ke Unity melalui plugin *UnitySpeechToText*. Perubahan ini memungkinkan modul bekerja secara *on-device* tanpa memerlukan koneksi internet.
2. Iterasi penyempurnaan akurasi pengenalan angka. Pada pengujian awal modul *speech recognition*, sebagian ucapan angka masih dikenali secara tidak tepat karena variasi pelafalan dalam Bahasa Indonesia. Berdasarkan temuan tersebut, dilakukan iterasi pada tahap pengembangan berupa penambahan mekanisme pemetaan kata ke angka yang menyerap variasi salah-dengar yang umum terjadi, misalnya "tuju" untuk tujuh dan "lapan" untuk delapan. Penyesuaian ini bertujuan menekan tingkat kesalahan pengenalan agar interaksi anak dengan sistem menjadi lebih lancar.
3. Iterasi penyesuaian aktivitas pembelajaran. Selama proses pengembangan, dilakukan penyesuaian terhadap tampilan, kontrol, serta cakupan aktivitas dalam gim berdasarkan arahan dosen pembimbing yang kemudian diselaraskan dengan kebutuhan pembelajaran bersama guru PAUD. Salah satu bentuk iterasi ini adalah penambahan modul *Monkey Walk Quiz* atas arahan dosen pembimbing sebagai aktivitas yang menghadirkan interaksi berbasis suara, sehingga modalitas auditori dalam pendekatan multisensori dapat terwujud secara lebih utuh di dalam gim.

Ketiga iterasi tersebut menunjukkan bahwa proses pengembangan berlangsung secara bertahap dengan peninjauan ulang pada beberapa titik, sesuai dengan sifat model ADDIE yang memungkinkan perbaikan berkelanjutan sebelum produk diterapkan kepada pengguna.

4.1.1 Batas *Development* (Pengembangan)

Dalam proses pengembangan, terdapat sejumlah batasan yang perlu ditetapkan agar cakupan produk yang dibangun tetap terarah, terukur, dan sesuai dengan tujuan penelitian. Batasan ini sekaligus menjadi acuan dalam menentukan sejauh mana fitur dan materi

dikembangkan pada tahap ini. Batasan pengembangan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

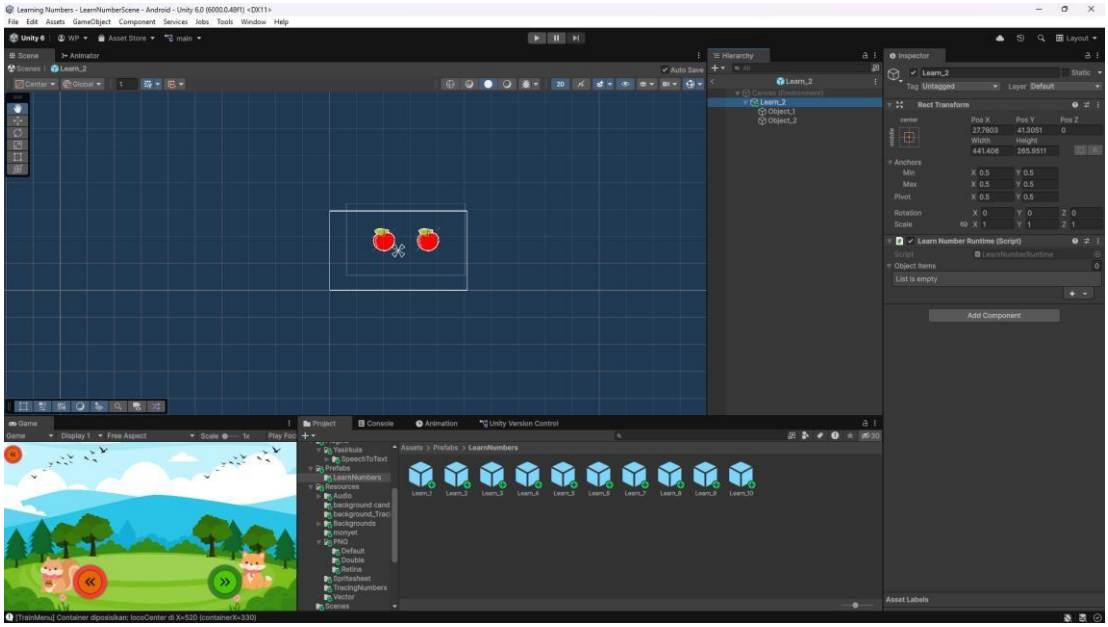
a. Gim dikembangkan khusus untuk sistem operasi Android dengan versi minimum Android 10. Pemilihan platform Android didasarkan pada ketersediaan perangkat yang relatif luas di lingkungan pengguna sasaran, sedangkan penetapan versi minimum bertujuan menjamin kompatibilitas fitur, termasuk dukungan terhadap *Android SpeechRecognizer API* yang digunakan pada modul pengenalan suara.
b. Materi pembelajaran yang dikembangkan mencakup empat *minigim* utama, yaitu *Learning Numbers* (mengenal angka), *Tracing Numbers* (menelusuri bentuk angka), *Matching Numbers* (mencocokkan angka dengan jumlah objek), dan *Monkey walk quiz* (kuis pengenalan angka berbasis *speech recognition*). Keempat aktivitas ini dikembangkan sebagai satu kesatuan yang saling melengkapi untuk mendukung pengenalan angka melalui modalitas yang berbeda-beda.
c. Rentang materi angka dibatasi pada bilangan 1–10 yang disesuaikan dengan capaian pembelajaran PAUD. Pembatasan ini bertujuan menjaga agar beban kognitif tetap sesuai dengan tahap perkembangan anak usia dini dan tidak melampaui cakupan materi numerasi awal yang diharapkan pada jenjang tersebut.(Kemendikdasmen, 2025), (Kemendikdasmen, 2024)
d. Gim dirancang untuk dapat digunakan secara *offline* setelah proses instalasi, sehingga tidak memerlukan koneksi internet selama pembelajaran berlangsung. Batasan ini mempertimbangkan kondisi lingkungan belajar PAUD yang tidak selalu memiliki akses internet stabil, sekaligus memastikan gim tetap dapat digunakan secara mandiri di rumah maupun di kelas.
e. Fitur *speech recognition* dikembangkan untuk mengenali pengucapan angka dalam Bahasa Indonesia yang diucapkan oleh anak usia 4–6 tahun. Cakupan pengenalan difokuskan pada kata bilangan sederhana, dengan penyesuaian terhadap variasi pengucapan yang umum terjadi pada anak seusia tersebut.
f. Gim bersifat *single player* dan dapat dimainkan secara individual dengan atau tanpa pendampingan guru. Pembatasan ini menyesuaikan pola penggunaan gim sebagai media latihan personal, sehingga anak dapat berinteraksi langsung dengan aktivitas tanpa bergantung pada mekanisme permainan bersama.
g. Pendekatan multisensori yang diterapkan dibatasi pada kerangka VAK (*Visual, Auditory, Kinesthetic*), tanpa menyertakan modalitas *read/write* dari model VARK.

Pembatasan ini didasarkan pada karakteristik pengguna sasaran yang berada pada tahap pra-membaca, sehingga modalitas *read/write* dinilai belum relevan untuk dikembangkan pada gim ini. Ketiga modalitas yang digunakan diwujudkan secara terpadu di dalam setiap aktivitas, dengan penekanan yang berbeda-beda sesuai karakter masing-masing *minigim*.

4.1.2 Pembuatan Aset

Pembuatan aset merupakan bagian awal dari proses pengembangan yang bertujuan menyediakan seluruh elemen visual dan audio yang dibutuhkan oleh keempat *minigim*. Aset dikembangkan dengan memperhatikan karakteristik anak usia dini, yaitu tampilan yang sederhana, berukuran besar, berwarna cerah, dan mudah dikenali, agar anak dapat memahami materi serta berinteraksi dengan gim secara mandiri. Aset yang dikembangkan dikelompokkan menjadi aset visual dan aset audio, yang selanjutnya dirakit di dalam Unity 2D pada tahap produksi.

Aset visual pertama berupa ilustrasi objek yang digunakan sebagai representasi kuantitas dari setiap angka, misalnya gambar apel yang jumlahnya disesuaikan dengan angka yang sedang ditampilkan. Adapun lambang angka 1–10 sendiri tidak dikembangkan sebagai aset gambar, melainkan dirender secara langsung menggunakan komponen teks (*TextMeshPro*) di dalam Unity, sehingga aset yang disiapkan pada bagian ini difokuskan pada ilustrasi objek pendampingnya. Ilustrasi objek ini menjadi salah satu elemen utama dalam modalitas visual dan digunakan untuk membantu anak mengaitkan lambang angka dengan jumlah benda secara konkret. Aset ilustrasi objek pendamping ditampilkan pada Gambar 4.1.



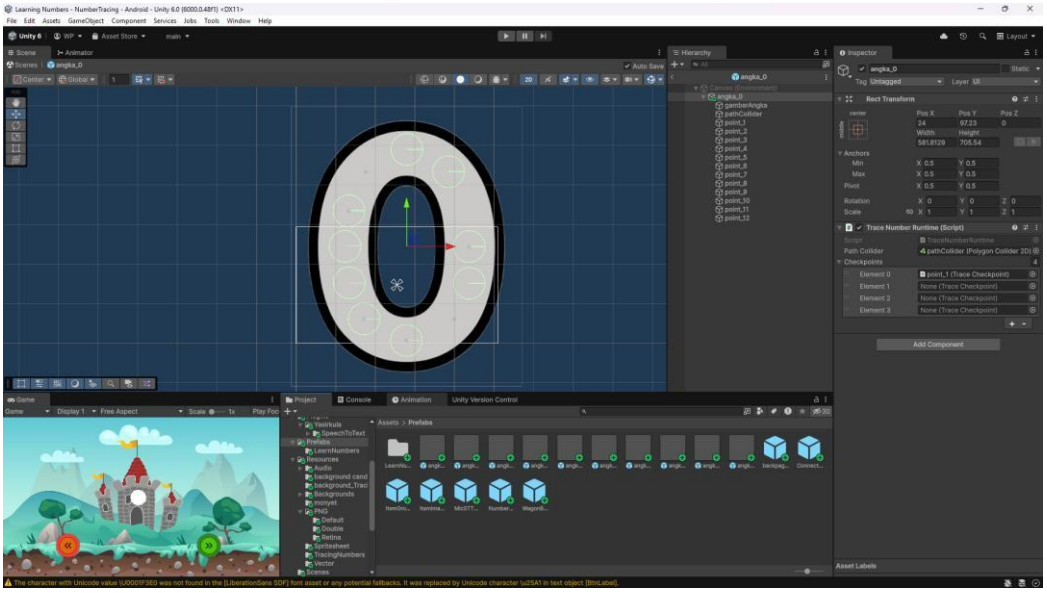
Gambar 4.1 Aset Objek Pendamping Angka

Aset visual berikutnya berupa karakter pemandu, yaitu karakter monyet yang digunakan pada *Monkey walk quiz*. Karakter ini dikembangkan sebagai *sprite* statis, sedangkan pergerakannya di dalam gim, seperti berpindah maju ketika anak menjawab dengan benar, dikendalikan melalui kode program dan bukan melalui animasi berbasis *frame*. Pendekatan ini dipilih untuk menjaga kesederhanaan produksi tanpa mengurangi daya tarik visual bagi anak. Aset karakter monyet ditampilkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Aset Karakter Monyet

Aset visual lainnya berupa pola titik panduan pada *Tracing Numbers*, yaitu rangkaian titik yang membentuk pola setiap angka dan harus dilalui anak secara berurutan menggunakan jari. Aset ini menjadi wujud utama modalitas kinestetik, karena menuntut keterlibatan gerak fisik anak dalam menelusuri bentuk angka. Pola titik panduan pada *Tracing Numbers* ditampilkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Aset Angka pada Tracing Numbers

Selain aset visual, dikembangkan pula aset audio sebagai wujud modalitas auditori. Aset audio mencakup instruksi suara, pengucapan nama angka, serta suara pujian yang diperdengarkan sebagai umpan balik atas keberhasilan anak. Karena bersifat audio, aset ini tidak dapat ditampilkan dalam bentuk gambar, sehingga rinciannya disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Daftar Aset Audio

Nama aset audio	**Fungsi**	**Digunakan pada**
Pengucapan nama angka	Menyebutkan nama angka	Learning Numbers
Instruksi suara	Memberi arahan aktivitas kepada anak	Seluruh minigim
Suara pujian	Umpan balik positif atas jawaban/aktivitas yang benar	*Matching numbers, tracing numbers, monkey walk quiz*

4.1.3 Proses Produksi di Unity

Setelah seluruh aset disiapkan, tahap berikutnya adalah proses produksi, yaitu merakit aset-aset tersebut menjadi gim yang berfungsi di dalam *gim engine* Unity 2D. Pada tahap ini, setiap aktivitas pembelajaran dibangun dengan menempatkan aset visual pada area kerja, menyusun antarmuka, serta menghubungkannya dengan kode program dalam bahasa C# yang menjalankan logika interaksi. Unity 2D dipilih karena menyediakan dukungan yang memadai untuk pengelolaan aset dua dimensi, penanganan masukan berbasis sentuhan, serta pemutaran audio, yang seluruhnya sesuai dengan kebutuhan gim untuk anak usia dini.

Proses produksi disusun berdasarkan pembagian setiap *minigim* ke dalam *scene* yang terpisah, yaitu satu *scene* untuk halaman awal, satu *scene* untuk menu utama, dan masing-

masing satu *scene* untuk keempat aktivitas pembelajaran. Pemisahan ini bertujuan menjaga agar setiap aktivitas dapat dikembangkan dan diuji secara mandiri, sekaligus memudahkan pengelolaan alur perpindahan antarhalaman di dalam gim. Perpindahan antar-*scene* dikendalikan melalui kode program yang dipicu oleh interaksi anak, misalnya ketika anak menekan tombol untuk memilih salah satu *minigim* pada menu utama.

Antarmuka setiap halaman disusun menggunakan komponen *Canvas* sebagai wadah bagi elemen visual, seperti ilustrasi, tombol, dan teks. Penataan elemen dilakukan dengan mempertimbangkan keterbacaan dan kemudahan jangkauan bagi anak, yaitu dengan menggunakan tombol dan ikon berukuran besar serta tata letak yang tidak padat. Lambang angka yang ditampilkan pada beberapa aktivitas dirender menggunakan komponen teks (*TextMeshPro*), sedangkan elemen ilustrasi ditampilkan menggunakan komponen *sprite*. Dengan pendekatan ini, tampilan gim dapat dijaga tetap sederhana dan konsisten di seluruh aktivitas.

Logika interaksi pada setiap *minigim* diimplementasikan melalui kode program berbahasa C# yang ditautkan pada objek-objek di dalam *scene*. Setiap aktivitas memiliki kode pengelola tersendiri yang mengatur jalannya permainan, mulai dari penyajian materi atau soal, penerimaan masukan dari anak, hingga pemberian umpan balik. Sebagai contoh, aktivitas *Tracing Numbers* mengelola pengecekan urutan titik yang dilalui anak, aktivitas *Matching Numbers* mengelola pencocokan antara angka dan kelompok objek, sedangkan *Monkey walk quiz* mengelola pengenalan suara serta pergerakan karakter monyet berdasarkan hasil jawaban. Uraian mengenai potongan kode program dari masing-masing aktivitas dijelaskan lebih lanjut pada subbab 4.1.4.

Pada tahap produksi ini juga dilakukan integrasi aset audio ke dalam gim, sehingga instruksi suara, pengucapan nama angka, dan suara pujian dapat diperdengarkan pada saat yang sesuai selama anak berinteraksi dengan gim. Integrasi audio dikendalikan melalui kode program, yang memutar berkas audio tertentu sebagai respons atas peristiwa di dalam permainan, misalnya ketika anak berhasil menyelesaikan suatu aktivitas. Dengan demikian, proses produksi tidak hanya merakit elemen visual, tetapi juga memadukan modalitas auditori sebagai bagian dari pendekatan multisensori yang diterapkan dalam gim.

Selama tahap Development, proses implementasi gim dilakukan secara iteratif melalui revisi dan penyempurnaan terhadap fitur yang dikembangkan. Iterasi dilakukan berdasarkan hasil pengembangan dan kebutuhan penyesuaian fitur agar sesuai dengan rancangan serta kebutuhan pengguna sasaran. Beberapa bagian yang mengalami proses revisi dan

penyempurnaan meliputi mekanisme Tracing Numbers, penggunaan mikrofon untuk fitur speech recognition, serta penyusunan dan penyesuaian isi soal pada fitur Matching Numbers dan Monkey walk quiz. Proses revisi dilakukan selama pengembangan hingga fitur-fitur tersebut dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan dan rancangan gim yang telah ditetapkan.

4.1.4 Kode Program

Bagian akhir dari tahap pengembangan adalah penulisan kode program yang menjadi landasan fungsional dari keempat *minigim*. Seluruh kode ditulis dalam bahasa C# dan dikembangkan di dalam Unity 2D, dengan setiap aktivitas memiliki kode pengelola tersendiri yang mengatur jalannya permainan. Pada subbab ini dipaparkan beberapa potongan kode program utama yang mewakili logika inti dari masing-masing aktivitas, sedangkan berkas pendukung lainnya dijelaskan secara deskriptif. Pemaparan difokuskan pada kode yang paling merepresentasikan mekanisme khas setiap *minigim*, yaitu pengelolaan pengenalan suara, penelusuran pola angka, pencocokan angka dengan objek, serta jalannya kuis pada *Monkey walk quiz*.

a. Kode Speech Recognition

Kode *Speech Recognition* berfungsi mengelola proses pengenalan suara anak pada *Monkey walk quiz*, sebagai wujud realisasi modalitas auditori. Modul ini menangani inisialisasi mikrofon, permintaan izin akses, pengambilan masukan suara, hingga penyampaian hasil pengucapan untuk diproses lebih lanjut oleh gim. Modul ini memanfaatkan *Android SpeechRecognizer API* yang diintegrasikan ke dalam proyek Unity melalui *plugin speech-to-text*. Potongan kode pengelola pengenalan suara ditampilkan pada Gambar 4.4.

```
// Memulai sesi pengenalan suara: minta izin mikrofon lalu panggil plugin STT.
private void BeginSession()
{
    if (busy) return;

    SpeechToText.RequestPermissionAsync(permission =>
    {
        if (permission != SpeechToText.Permission.Granted)
        {
            EmitError("Mic belum diizinkan ya");
            return;
        }
```

```
            busy = true;
            SetStatus("Mendengarkan...");
            SpeechToText.Start(this, true, false); // mulai perekaman & pengenalan
        });
    }

    // Callback hasil akhir dari plugin STT.
    public void OnResultReceived(string spokenText, int? errorCode)
    {
        busy = false;

        if (errorCode.HasValue)
        {
            EmitError(FriendlyError(errorCode.Value));
            return;
        }

        var text = (spokenText ?? string.Empty).Trim();
        if (string.IsNullOrWhiteSpace(text))
        {
            EmitError("Tidak terdengar, coba ulangi ya");
            return;
        }

        SetStatus(text);
        onFinalText?.Invoke(text); // teks dikirim ke gim untuk diproses lebih
lanjut
    }
```

Gambar 4.4 Kode Program MicSTTButton (SR Manager)

Selain pengelolaan sesi pengenalan suara, modul ini juga dilengkapi dengan mekanisme pemetaan kata ke angka yang bertujuan menerjemahkan hasil pengenalan suara menjadi nilai angka yang dapat diproses gim. Pemetaan ini turut mengakomodasi variasi salah-dengar yang umum terjadi pada hasil pengenalan suara Bahasa Indonesia,

sehingga jawaban anak tetap dapat dikenali meskipun terdapat perbedaan pelafalan. Potongan kode pemetaan kata ke angka ditampilkan pada Gambar 4.5.

```
    // Pemetaan kata ke angka, termasuk varian salah-dengar umum dari STT Indonesia
    // (mis. "tuju"→7, "ampat"→4, "lapan"→8).
    private static readonly Dictionary<string, int> WordToNumber = 
new(StringComparer.OrdinalIgnoreCase)
    {
        ["nol"] = 0, ["kosong"] = 0,
        ["satu"] = 1, ["dua"] = 2, ["tiga"] = 3,
        ["empat"] = 4, ["ampat"] = 4,
        ["lima"] = 5, ["enam"] = 6,
        ["tujuh"] = 7, ["tuju"] = 7,
        ["delapan"] = 8, ["lapan"] = 8,
        ["sembilan"] = 9, ["sepuluh"] = 10,
    };

    // Mengekstrak angka 0-10 dari teks hasil pengenalan suara.
    public static bool TryParse0To10(string sttText, out int value)
    {
        value = -1;
        if (string.IsNullOrWhiteSpace(sttText)) return false;
        var text = sttText.Trim().ToLowerInvariant();

        // 1) Coba bentuk digit lebih dulu (mis. "angka 4", "10").
        var digitMatch = Regex.Match(text, @"\b(10|[0-9])\b");
        if (digitMatch.Success && int.TryParse(digitMatch.Value, out var digit)
            && digit is >= 0 and <= 10)
        {
            value = digit;
            return true;
        }

        // 2) Cocokkan kata per token (mis. "angka tujuh").
        var tokens = Regex.Split(text, @"\s+|[^\p{L}\p{Nd}]+");
        foreach (var t in tokens)
        {
            if (WordToNumber.TryGetValue(t, out var num))
```

```
            {
                value = num;
                return true;
            }
        }
        return false;
    }
```

Gambar 4.5 Kode Program Konversi Hasil Ucapan menjadi Angka

b. Kode Tracing Numbers

Kode *Tracing Numbers* berfungsi mengelola aktivitas penelusuran pola angka sebagai wujud modalitas kinestetik. Modul ini menangani pengecekan urutan titik panduan yang dilalui anak, serta pemberian umpan balik berupa suara pujian ketika pola berhasil diselesaikan. Potongan kode pengelola aktivitas *Tracing Numbers* ditampilkan pada Gambar 4.6.

```
    // Deteksi apakah jari mencapai checkpoint berikutnya sesuai urutan yang
ditentukan.
    private void TryCompleteCheckpoint(TraceNumberRuntime runtime)
    {
        if (_nextCheckpointIndex >= runtime.CheckpointCount) return;

        Vector2 cursorPoint = cursorFinger != null ? cursorFinger.position :
GetWorldCursorPosition();
        TraceCheckpoint expected = runtime.GetCheckpoint(_nextCheckpointIndex);
        if (expected == null) return;

        bool touched = Vector2.Distance(cursorPoint, expected.transform.position)
<= checkpointHitRadius
                       ||        (expected.Trigger        !=        null        &&
expected.Trigger.OverlapPoint(cursorPoint));
        if (!touched) return;

        expected.SetCompleted(checkpointDoneColor);
        PlayOneShot(checkpointSfx);
        _nextCheckpointIndex++;
        UpdateProgressUI(runtime);

        if (_nextCheckpointIndex >= runtime.CheckpointCount)
```

```
        {
            CompleteTracing(); // semua titik terlewati
        }
        else
        {
            var next = runtime.GetCheckpoint(_nextCheckpointIndex);
            if (next != null) next.SetTarget(checkpointTargetColor); // sorot titik
berikutnya
            string[] positiveWords = { "Bagus!", "Teruskan!", "Pintar!", "Sedikit
lagi!", "Luar biasa!" };
            SetFeedback(positiveWords[Random.Range(0,      positiveWords.Length)],
checkpointTargetColor);
        }
    }

    // Memastikan jari tetap berada pada jalur angka; jika keluar terlalu lama,
tracing direset.
    private void ValidatePath(TraceNumberRuntime runtime)
    {
        if (_nextCheckpointIndex <= 0) return;      // tracing belum dimulai
        if (runtime.PathCollider == null) return;

        Vector2 cursorPoint = cursorFinger != null ? cursorFinger.position :
GetWorldCursorPosition();
        bool insidePath = runtime.PathCollider.OverlapPoint(cursorPoint)
                          || IsNearPathCollider(runtime.PathCollider, cursorPoint,
failDistanceFromPath);

        if (insidePath) { _offPathTimer = 0f; return; }

        _offPathTimer += Time.deltaTime;
        if (_offPathTimer >= failDuration)
            FailAndResetCurrentTracing();
    }

    // Dipanggil saat seluruh checkpoint terlewati: umpan balik visual dan audio.
    private void CompleteTracing()
    {
```

```
        _isCompleted = true;
        if (startPointIndicator != null) startPointIndicator.Hide();
        SetFeedback("Hebat!", new Color(0.18f, 0.72f, 0.28f, 1f));
        PlayOneShot(completedSfx);

        var def = GetCurrentDefinition();
        int number = def != null ? def.number : -1;
        bool isLastNumber = config != null && _numberIndex >= config.Count - 1;
        _completionVoiceRoutine    =    StartCoroutine(PlayCompletionVoices(number,
isLastNumber));
    }
```

Gambar 4.6 Kode Program *Tracing Numbers*

c. Kode Matching Numbers

Kode *Matching Numbers* berfungsi untuk mengelola mekanisme pencocokan dalam *minigim Matching Numbers*. Sistem menyiapkan kartu angka beserta beberapa baris kelompok objek dengan jumlah yang berbeda pada setiap soal. Ketika anak menarik garis penghubung dari kartu angka ke salah satu baris objek, sistem membandingkan jumlah objek pada baris tersebut dengan nilai angka pada kartu. Apabila sesuai, sistem menampilkan *pop-up* keberhasilan bertuliskan *"Kamu Berhasil"*. Kode program dapat dilihat pada Gambar 4.7.

```
    // Saat wire dilepas: bandingkan jumlah objek pada baris dengan angka kartu.
    private void Release(Vector2 screen)
    {
        _dragging = false;
        if (_hovered != null) _hovered.SetHover(false);

        CandyObjectRow row = RowUnder(screen);
        if (row != null && !row.IsLocked && row.count == _dragCard.number)
            Success(_dragCard, row); // jumlah objek == angka → benar
        else
            Fail(_dragCard);         // tidak cocok → salah

        _dragCard = null;
        _hovered  = null;
    }
```

```
private void Success(CandyNumberCard card, CandyObjectRow row)
{
    CreatePermanentWire(card, row, NumberNode.ColorForNumber(card.number));
    card.Lock();
    row.Lock();
    if (audioMgr) audioMgr.PlayCorrect();

    _matched++;
    if (_matched >= _total) // seluruh pasangan pada satu level selesai
        StartCoroutine(LevelCompleteSequence());
}

private void Fail(CandyNumberCard card)
{
    if (card != null) card.PlayWrong(); // shake + kilatan merah lembut
    if (audioMgr) audioMgr.PlayWrong();
    StartCoroutine(FailWireFlash());      // tanpa mengurangi skor
}

// Menyusun soal acak: pilih angka distinct 1-10 untuk kartu, lalu pasangkan
// jumlah objek yang sesuai (diacak ulang) ke baris.
private void RandomizeLevel()
{
    if (_cards == null || _rows == null) return;
    int n = Mathf.Min(_cards.Length, _rows.Length);
    if (n <= 0) return;

    var pool = new List<int>();
    for (int v = 1; v <= 10; v++) pool.Add(v);
    for (int i = pool.Count - 1; i > 0; i--) // acak (Fisher-Yates)
    {
        int j = Random.Range(0, i + 1);
        (pool[i], pool[j]) = (pool[j], pool[i]);
    }
    var chosen = pool.GetRange(0, n);

    for (int i = 0; i < n; i++) // kartu = angka terpilih
```

```
        {
            if (_cards[i] == null) continue;
            _cards[i].number = chosen[i];
            _cards[i].ApplyNumber();
        }

        var counts = new List<int>(chosen); // baris = jumlah objek yang cocok,
diacak ulang
        for (int i = counts.Count - 1; i > 0; i--)
        {
            int j = Random.Range(0, i + 1);
            (counts[i], counts[j]) = (counts[j], counts[i]);
        }
        for (int i = 0; i < n; i++)
            if (_rows[i] != null) _rows[i].SetCount(counts[i]);
    }
```

Gambar 4.7 Kode Program *Matching Numbers*

d. Kode Monkey Walk Quiz

Kode *Monkey walk quiz* berfungsi mengelola jalannya kuis pengenalan angka yang memadukan pengenalan suara dengan pergerakan karakter. Modul ini menangani penyajian soal, pemrosesan jawaban yang diterima dari modul pengenalan suara, pergerakan karakter monyet ketika jawaban benar, serta penyajian halaman keberhasilan pada akhir sesi. Potongan kode pengelola aktivitas *Monkey walk quiz* ditampilkan pada Gambar 4.8.

```
    // Saat monyet mencapai titik pisang: hentikan jalan dan tampilkan soal.
    public void OnBananaReached(BananaPoint banana)
    {
        if (monkeyWalker) monkeyWalker.SetWalkingState(false);

        _currentBanana = banana;
        _currentBanana.gimObject.SetActive(false);

        var question = questionDatabase != null ?
questionDatabase.GetRandomQuestion() : null;
        if (question != null && quizUI != null)
            quizUI.ShowQuestionPopup(question); // popup soal + mengaktifkan speech
recognition
```

```
        else
            HandleCorrectAnswer();
    }

    // Validasi jawaban anak (dari hasil pengenalan suara maupun tap) terhadap
kunci.
    public void ValidateAnswer(int answeredNumber, int correctAnswer)
    {
        if (answeredNumber == correctAnswer)
            HandleCorrectAnswer();
        else
            HandleWrongAnswer();
    }

    private void HandleCorrectAnswer()
    {
        if (audioManager) audioManager.PlayCorrectSound();
        if (audioManager) audioManager.PlayPintarVoice(); // "Kamu pintar"
        if (monkeyVisualEffects) monkeyVisualEffects.PlayHappyEffect();

        _collectedCount++;
        if       (progressUI)       progressUI.UpdateProgressText(_collectedCount,
totalBananasToCollect);

        if   (_currentBanana   !=   null)   {   Destroy(_currentBanana.gimObject);
_currentBanana = null; }
        StartCoroutine(ResumeWalkRoutine());
    }

    private void HandleWrongAnswer()
    {
        if (audioManager) audioManager.PlayWrongSound();
        if (quizUI)       quizUI.ShowWrongFeedback(); // dorong anak untuk mencoba
lagi
    }
```

Gambar 4.8 Kode Program *Monkey Walk Quiz*

4.2 *Implementation* (Penerapan ke Pengguna)

Tahap *implementation* merupakan tahap keempat dalam model ADDIE, yaitu tahap menerapkan bahan ajar yang telah dikembangkan kepada pengguna sasaran. Apabila tahap *development* berfokus pada proses membangun gim, tahap *implementation* berfokus pada mewujudkan gim tersebut ke dalam format yang dapat dijalankan pada perangkat pengguna serta menerapkannya secara langsung dalam kegiatan pembelajaran. Pada penelitian ini, tahap implementasi mencakup proses pengemasan gim menjadi aplikasi Android, penyajian hasil akhir aplikasi ketika dijalankan pada perangkat, serta penerapan gim kepada anak didik di lokasi penelitian. Adapun kegiatan pengujian dan evaluasi terhadap gim diuraikan secara terpisah pada tahap *evaluation*.

4.2.1 Pengemasan Aplikasi

Sebelum diterapkan kepada anak didik, gim yang telah dikembangkan pada tahap sebelumnya terlebih dahulu dikemas menjadi berkas aplikasi yang dapat dipasang pada perangkat. Proses pengemasan dilakukan melalui fitur *build* pada Unity dengan target platform Android, sehingga menghasilkan berkas aplikasi dalam format APK (*Android Package*). Berkas APK dipilih karena dapat dipasang secara langsung pada perangkat Android tanpa memerlukan proses distribusi melalui toko aplikasi, sehingga sesuai untuk keperluan penerapan dan pengujian dalam lingkup penelitian.

Pada proses *build*, dilakukan sejumlah pengaturan agar aplikasi dapat berjalan sesuai kebutuhan pengguna sasaran, antara lain penetapan versi minimum sistem operasi Android, penyesuaian orientasi layar, serta penyertaan izin akses mikrofon yang dibutuhkan oleh fitur pengenalan suara pada *Monkey walk quiz*. Setelah proses *build* selesai, berkas APK dipasang pada perangkat Android untuk memastikan aplikasi dapat dijalankan sebelum diterapkan kepada anak didik. Dengan demikian, gim yang semula berupa proyek di dalam Unity telah berubah menjadi aplikasi utuh yang siap digunakan secara *offline* pada perangkat.

4.2.2 Hasil Akhir Aplikasi

Setelah aplikasi berhasil dikemas dan dipasang pada perangkat Android, tahap berikutnya adalah menyajikan hasil akhir aplikasi ketika dijalankan. Bagian ini memaparkan tampilan setiap halaman gim sebagaimana muncul di perangkat, beserta perilaku yang terjadi saat anak berinteraksi dengan aplikasi. Penyajian hasil akhir ini bertujuan menunjukkan bahwa rancangan dan proses pengembangan pada tahap sebelumnya telah terwujud menjadi aplikasi yang berfungsi sesuai dengan yang direncanakan. Seluruh tampilan berikut merupakan tangkapan layar langsung dari aplikasi yang berjalan pada perangkat.

a. Tampilan Halaman Awal Aplikasi

Halaman awal merupakan halaman pertama yang muncul ketika aplikasi dibuka. Halaman ini menampilkan judul gim disertai karakter pemandu dan sebuah tombol besar bertuliskan *"Mulai Belajar"* yang dapat disentuh untuk masuk ke menu utama. Halaman awal dirancang sederhana tanpa memerlukan proses *login* atau pengisian data apa pun, sehingga anak dapat langsung memulai kegiatan belajar. Tersedia pula tombol pengaturan suara untuk mengaktifkan atau menonaktifkan musik latar. Tampilan halaman awal ditampilkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Tampilan Halaman Awal Aplikasi

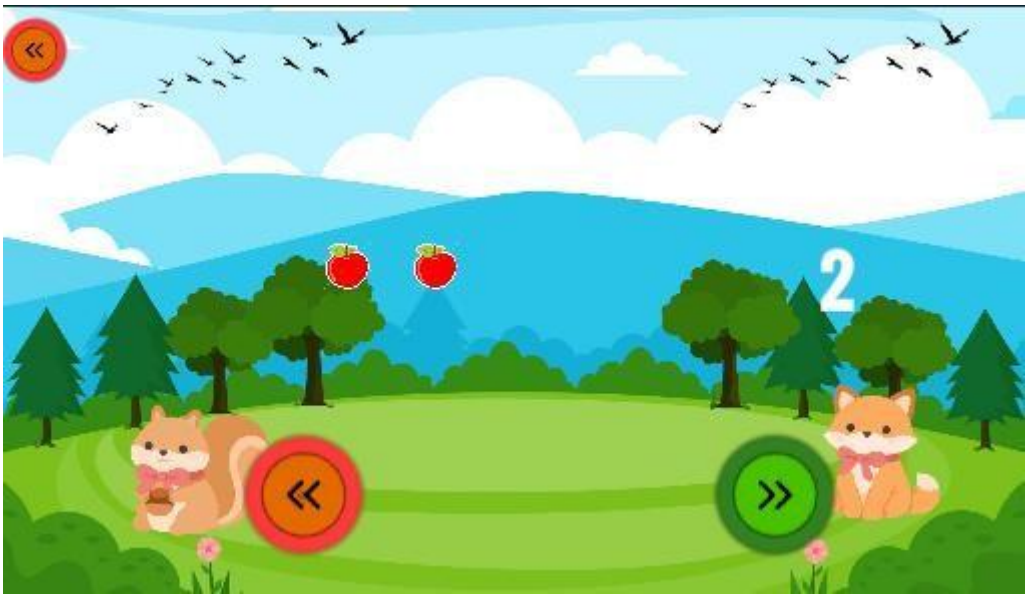
b. Tampilan Menu Utama

Setelah menekan tombol *Mulai Belajar*, anak diarahkan ke halaman menu utama yang menampilkan empat pilihan *minigim*, yaitu *Learning Numbers*, *Tracing Numbers*, *Matching Numbers*, dan *Monkey walk quiz*. Setiap *minigim* ditampilkan dalam bentuk ikon besar yang disertai ilustrasi dan label nama permainan, sehingga anak dapat memilih aktivitas dengan mudah. Terdapat pula tombol kembali dan tombol pengaturan suara yang dapat diakses selama berada di dalam aplikasi. Tampilan menu utama ditampilkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Tampilan Menu

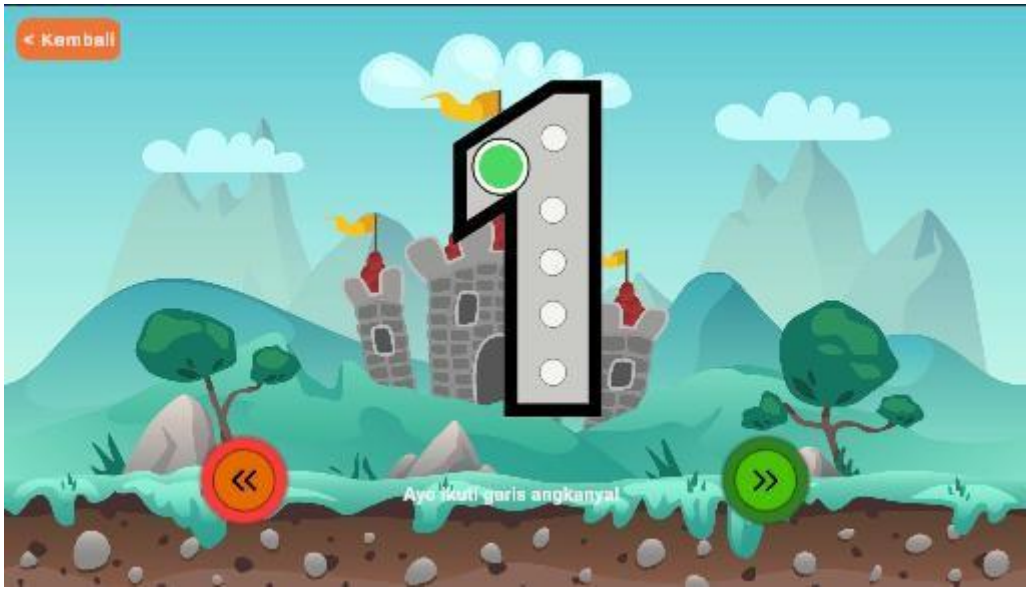
c. *Learning Numbers* merupakan aktivitas pertama yang berfungsi memperkenalkan anak pada bentuk visual dan nama masing-masing angka 1–10. Pada halaman ini, angka ditampilkan dalam ukuran besar disertai ilustrasi objek yang jumlahnya sesuai dengan angka tersebut, misalnya angka 3 ditampilkan bersama tiga buah objek. Nama angka yang sedang ditampilkan diperdengarkan melalui suara agar anak dapat mengenali lambang sekaligus pelafalannya. Aktivitas ini bersifat penyampaian materi, sehingga anak berfokus pada pengenalan angka tanpa mekanisme kuis. Tampilan *Learning Numbers* ditampilkan pada Gambar 4.11



Gambar 4.11 Tampilan *Learning Numbers*

d. Tampilan *Tracing Numbers*

Tracing Numbers merupakan aktivitas kedua yang dirancang untuk melatih kemampuan motorik halus anak sekaligus memperkuat pemahaman bentuk visual angka. Pada halaman ini, anak diminta menelusuri pola angka yang telah disediakan di layar menggunakan jari, dengan mengikuti rangkaian titik panduan yang harus dilalui secara berurutan. Ketika anak berhasil menyelesaikan pola angka, sistem memperdengarkan suara pujian sebagai umpan balik atas keberhasilan tersebut. Aktivitas ini mengadaptasi kegiatan menulis angka yang biasa dilakukan menggunakan pensil di atas kertas ke dalam bentuk digital yang lebih interaktif. Tampilan *Tracing Numbers* ditampilkan pada Gambar 4.12



Gambar 4.12 Tampilan *Tracing Numbers*

e. *Matching Numbers* merupakan aktivitas ketiga yang bertujuan memperkuat kemampuan anak dalam mengaitkan lambang angka dengan jumlah benda secara konkret. Pada halaman ini, layar menampilkan kartu angka di satu sisi dan beberapa baris kelompok objek dengan jumlah yang berbeda-beda di sisi lainnya. Anak diminta menghubungkan kartu angka dengan baris kelompok objek yang jumlahnya sesuai, dengan cara menarik garis penghubung di antara keduanya. Setiap kali anak berhasil menyelesaikan pencocokan, sistem menampilkan *pop-up* bertuliskan "Kamu Berhasil" sebagai umpan balik keberhasilan. Aktivitas ini diadaptasi dari kegiatan mencocokkan kartu angka dengan benda konkret yang lazim dilakukan di kelas PAUD. Tampilan *Matching Numbers* ditampilkan pada Gambar 4.13



Gambar 4.13 Tampilan *Matching Numbers*

f. Tampilan *Monkey Walk Quiz*

Monkey walk quiz merupakan aktivitas keempat yang mengintegrasikan fitur speech recognition sebagai modalitas interaksi utama pada aktivitas ini, dalam format kuis pengenalan angka berbasis karakter. Dalam permainan ini, karakter monyet berjalan menyusuri hutan, kemudian sistem menampilkan soal berupa pertanyaan mengenai jumlah objek. Bersamaan dengan tampilnya soal, sistem secara otomatis memperdengarkan narasi audio yang membacakan soal tersebut, sehingga anak yang belum lancar membaca tetap dapat memahami pertanyaan dan mengerjakan kuis secara mandiri. Anak kemudian diminta menjawab dengan menyebutkan angka yang sesuai menggunakan suara. Apabila jawaban benar, karakter monyet berjalan maju disertai audio pujian; apabila ucapan tidak dikenali atau belum tepat, anak

dipersilakan mengulang tanpa penalti. Pada akhir sesi, ditampilkan sebuah halaman keberhasilan sebagai penanda bahwa anak telah menyelesaikan seluruh soal dalam aktivitas tersebut. Tampilan Monkey walk quiz ditampilkan pada Gambar 4.14 dan Gambar 4.15.



Gambar 4.14 Tampilan *Monkey Walk Quiz*



Gambar 4.15 Tampilan *Panel Quiz Monkey Walk Quiz*

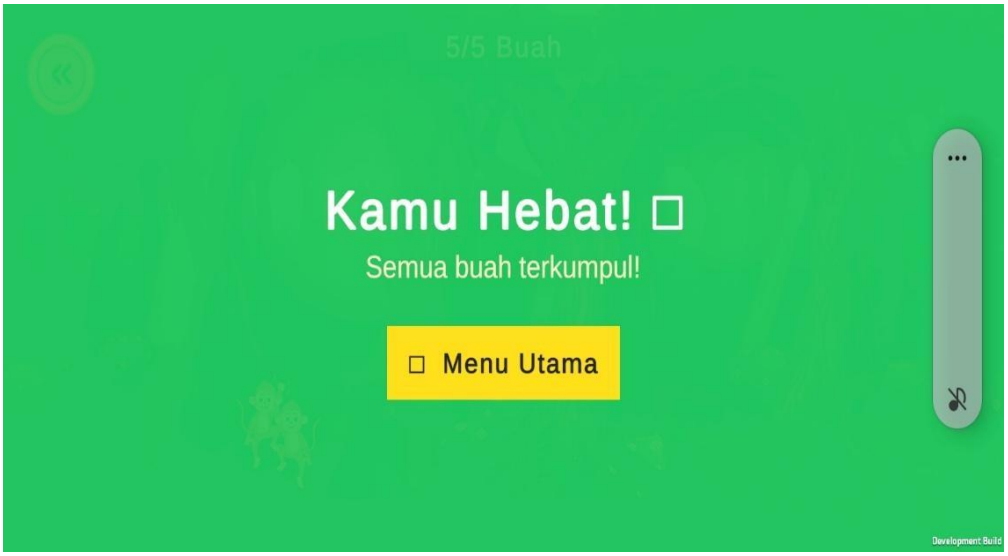
g. Tampilan Sistem Umpan Balik

Selama anak berinteraksi dengan keempat *minigim*, aplikasi memberikan umpan balik langsung sebagai respons atas setiap aktivitas yang diselesaikan. Bentuk umpan balik disesuaikan dengan karakteristik masing-masing aktivitas, yaitu suara pujian pada *Tracing Numbers*, *pop-up* keberhasilan pada *Matching Numbers*, serta pergerakan

karakter monyet yang disertai audio pujian dan halaman keberhasilan pada *Monkey walk quiz*. Umpan balik diberikan secara positif tanpa penalti atas kesalahan, sehingga anak tidak merasa terbebani ketika perlu mencoba kembali. Pendekatan umpan balik langsung ini mendukung prinsip penguatan positif dalam pembelajaran anak usia dini. Tampilan sistem umpan balik ditampilkan pada Gambar 4.16 dan Gambar 4.17.



Gambar 4.16 Sistem Umpan Balik di *Matching Numbers*



Gambar 4.17 Sistem Umpan Balik *Monkey Walk Quiz*

4.2.3 Penerapan Kepada Pengguna

Setelah aplikasi dipastikan dapat berjalan pada perangkat, tahap berikutnya adalah menerapkan gim secara langsung kepada anak didik di lokasi penelitian. Penerapan ini bertujuan menghadirkan gim yang telah dikembangkan ke dalam kegiatan pembelajaran yang sesungguhnya, sehingga anak dapat menggunakan gim sebagaimana peruntukannya sebagai

media pendamping pengenalan angka. Penerapan dilakukan di PAUD Pelangi Insani dengan melibatkan anak didik sebagai pengguna utama serta guru sebagai pendamping selama kegiatan berlangsung.

Sebelum kegiatan dimulai, aplikasi terlebih dahulu dipasang pada perangkat milik sekolah yang digunakan selama penerapan, kemudian anak diperkenalkan secara singkat mengenai cara menggunakan gim. Pengenalan ini mencakup penjelasan sederhana tentang keempat *minigim* serta cara berinteraksi dengan aplikasi, baik melalui sentuhan maupun suara. Karena aplikasi dirancang sederhana dan tidak memerlukan proses masuk atau pengisian data, anak dapat langsung menggunakan gim dengan pendampingan seperlunya dari guru dan peneliti.

Penerapan dilakukan secara bergiliran, yaitu anak dipilih satu per satu untuk menggunakan aplikasi menggunakan perangkat yang telah disediakan sekolah. Pada gilirannya, setiap anak menggunakan keempat *minigim* sesuai arahan pendamping, mulai dari mengenali lambang dan nama angka pada *Learning Numbers*, menelusuri pola angka pada *Tracing Numbers*, mencocokkan angka dengan kelompok objek pada *Matching Numbers*, hingga menjawab soal pengenalan angka menggunakan suara pada *Monkey walk quiz*. Guru berperan mendampingi anak yang membutuhkan bantuan, sementara peneliti mengamati jalannya penggunaan gim untuk memastikan aplikasi dapat digunakan sebagaimana mestinya. Pola penerapan satu per satu ini memungkinkan setiap anak memperoleh kesempatan berinteraksi langsung dengan seluruh aktivitas, sekaligus menjadi dasar bagi pelaksanaan pengujian dan evaluasi yang diuraikan pada tahap selanjutnya.

4.3 Pengujian Sistem

berjalan dengan baik, sesuai dengan rancangan yang telah disusun, dan mampu memenuhi tujuan pembelajaran yang ditetapkan. Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan melalui dua metode, yaitu Blackbox Testing untuk menguji fungsionalitas sistem dan pengujian usability untuk mengevaluasi kemudahan penggunaan serta keberterimaan media oleh pengguna sasaran.

4.3.1 Pengujian Blackbox Testing

Blackbox Testing dilakukan untuk menguji apakah setiap fitur dan fungsi dalam aplikasi berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian ini dilakukan dari sudut pandang pengguna tanpa memeriksa struktur kode di dalamnya, melainkan hanya menilai kesesuaian keluaran sistem terhadap masukan yang diberikan. Tujuan pengujian ini adalah untuk mendeteksi adanya kesalahan fungsional sebelum aplikasi diuji kepada pengguna sesungguhnya.

Hasil pengujian *blackbox* pada masing-masing halaman dan *minigim* aplikasi disajikan pada Tabel 4.2 hingga Tabel 4.5 berikut ini.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Blackbox Halaman Awal dan Menu Utama

No.	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1.	Pengguna membuka aplikasi	Halaman awal muncul dengan tombol Mulai Belajar dan karakter animasi pemandu	Berhasil	✓
2.	Tombol Mulai Belajar disentuh	Berpindah ke halaman menu utama yang menampilkan empat ikon minigim	Berhasil	✓
3.	Tombol pengaturan suara disentuh	Musik latar aktif/nonaktif sesuai kondisi sebelumnya	Berhasil	✓
4.	Salah satu ikon minigim disentuh	Masuk ke halaman minigim yang dipilih	Berhasil	✓
5.	Tombol kembali disentuh dari dalam minigim	Kembali ke halaman menu utama	Berhasil	✓

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Blackbox Learning Numbers

No.	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1.	Halaman Learning Numbers dibuka	Angka dan ilustrasi benda muncul, karakter pemandu mengucapkan nama angka	Berhasil	✓
2.	Tombol navigasi ke angka berikutnya disentuh	Berpindah ke halaman angka berikutnya	Berhasil	✓

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Blackbox Tracing Numbers

No.	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1.	Halaman Tracing Numbers dibuka	Pola angka muncul di layar beserta panduan titik penelusuran	Berhasil	✓
2.	Anak menelusuri pola angka sesuai urutan titik	Angka berubah warna dan suara pengucapan angka terdengar otomatis	Berhasil	✓
3.	Anak menelusuri pola di luar jalur yang ditentukan	Sistem menampilkan panduan visual untuk mengarahkan kembali	Berhasil	✓
4.	Seluruh angka 1–10 berhasil ditelusuri	Animasi pujian ditampilkan dan anak dapat kembali ke menu utama	Berhasil	✓

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Blackbox Matching Numbers

No.	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1.	Halaman Matching Numbers dibuka	Angka dan beberapa pilihan gambar kelompok benda muncul di layar	Berhasil	✓
2.	Anak menyentuh pilihan dengan jumlah benda yang benar	Sistem memberikan umpan balik suara pujian	Berhasil	✓
3.	Anak menyentuh pilihan dengan jumlah benda yang salah	Sistem menampilkan audio penyemangat tanpa mengurangi skor	Berhasil	✓
4.	Seluruh soal diselesaikan	Animasi pujian ditampilkan dan anak dapat kembali ke menu utama	Berhasil	✓

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Blackbox *Monkey walk quiz*

No.	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1.	Halaman *Monkey walk quiz* dibuka	Jalur hutan, karakter monyet, dan soal pengenalan angka muncul di layar	Berhasil	✓
2.	Anak mengucapkan angka yang benar melalui speech recognition	Karakter monyet berjalan maju dan menampilkan audio pujian.	Berhasil	✓
3.	Anak mengucapkan angka yang salah melalui speech recognition	Instruksi mengulang ditampilkan tanpa penalti	Berhasil	✓
4.	Anak mengucapkan jawaban dengan benar	Sistem mengenali ucapan dan memberikan umpan balik animasi Benar!	Berhasil	✓
5.	Anak mengucapkan jawaban yang salah	Sistem menampilkan animasi Coba lagi ya! dan anak dapat mencoba kembali	Berhasil	✓
6.	Seluruh soal diselesaikan	Animasi pujian ditampilkan dan anak dapat kembali ke menu utama	Berhasil	✓

Berdasarkan hasil pengujian *blackbox* yang telah dilakukan, seluruh skenario pengujian pada setiap halaman dan keempat *minigim* aplikasi memberikan hasil yang sesuai dengan yang diharapkan. Tidak ditemukan adanya kesalahan fungsional yang menghambat jalannya aplikasi. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi gim edukasi pengenalan angka telah berhasil diimplementasikan sesuai dengan rancangan yang disusun pada tahap sebelumnya.

4.3.2 Pengujian Usability

Pengujian usability dilakukan menggunakan dua instrumen: System Usability Scale (SUS) untuk responden dewasa dan Smileyometer untuk responden anak usia dini.

4.3.2.1 Hasil Pengujian SUS

Pengujian SUS dilakukan terhadap lima responden dewasa yang terdiri atas empat guru dan satu kepala sekolah dari tiga lembaga PAUD. Tiga responden berasal dari PAUD lokasi penelitian, sedangkan dua responden lainnya berasal dari dua lembaga PAUD di luar lokasi penelitian. Skor dihitung menggunakan rumus (Brooke, 1996) dan diinterpretasikan menggunakan kategori (Bangor et al., 2008).

Tabel 4.7 Hasil Pengujian SUS

No.	Responden	Jabatan	Asal Lembaga	Skor SUS	Kategori
1	R1	Kepala Sekolah	KB Pelangi Insani	87,5	Excellent (A)
2	R2	Guru	KB Pelangi Insani	75,0	Good (B)
3	R3	Guru	KB Pelangi Insani	90,0	Excellent (A)
4	R4	Guru	Pos Paud Taman Ceria	85,0	Excellent (A)
5	R5	Guru	KB BABUSSALAM	80,0	Good (B)
Rata-rata				**83,5**	**Good (B)**

Sebagai contoh perhitungan, responden R1 memberikan jawaban 4, 1, 5, 1, 4, 2, 5, 1, 4, dan 2 untuk pernyataan nomor 1 sampai 10. Pernyataan ganjil (positif) dikonversi dengan nilai − 1 dan pernyataan genap (negatif) dengan 5 − nilai, sehingga diperoleh konversi 3, 4, 4, 4, 3, 3, 4, 4, 3, dan 3. Jumlah konversi 35, dikalikan 2,5, menghasilkan skor SUS 87,5.

Rata-rata skor SUS sebesar 83,5 berada pada kategori Good (B). Tiga dari lima responden memberikan skor pada kategori Excellent, dan seluruh skor berada pada rentang Good hingga Excellent. Pelibatan responden dari beberapa lembaga PAUD, termasuk di luar lokasi penelitian, menunjukkan bahwa aplikasi dapat dioperasikan dengan mudah oleh guru dan kepala sekolah pada lingkungan kelas PAUD/TK yang berbeda-beda.

4.3.2.2 Hasil Pengujian Smileyometer

Pengujian Smileyometer dilakukan terhadap 20 anak usia 4–6 tahun di PAUD Pelangi Insani dengan pendampingan peneliti dan guru. Setiap pernyataan dibacakan, kemudian anak menunjuk gambar wajah yang sesuai pada skala 1–5.

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Smileyometer

Kode	Pernyataan	Rata-rata	Kategori
P1	Aku suka bermain gim ini	4,35	Sangat Baik
P2	Gim ini mudah aku mainkan	4,25	Sangat Baik
P3	Aku ingin bermain gim ini lagi	4,75	Sangat Baik
P4	Gambar dan warnanya bagus	4,20	Baik
P5	Aku senang belajar angka dengan gim ini	4,45	Sangat Baik
	Rata-rata Keseluruhan	**4,40**	**Sangat Baik**

Rata-rata keseluruhan Smileyometer sebesar 4,40 berada pada kategori Sangat Baik. Pernyataan P3 (Aku ingin bermain gim ini lagi) tertinggi dengan 4,75, menunjukkan tingginya

minat anak untuk kembali menggunakan aplikasi. Secara keseluruhan, skor SUS 83,5 (Good) dari responden dewasa dan skor Smileyometer 4,40 (Sangat Baik) dari 20 anak mengindikasikan bahwa aplikasi diterima dengan baik oleh seluruh kelompok pengguna sasaran.

4.3.3 Hasil Uji Coba Pre-test dan Post-test

Uji coba pre-test dan post-test dilakukan terhadap 5 anak yang dipilih secara purposive sampling dari 20 anak responden. Kelima anak yang sama mengikuti pre-test sebelum menggunakan aplikasi dan post-test setelah menggunakan aplikasi. Hasil skor disajikan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.9 Hasil Uji Coba Pre-test dan Post-test

No	Kode Anak	Pre-test (0–100)	Post-test (0–100)	Selisih
1	A1	44	100	+56
2	A2	56	78	+22
3	A3	67	89	+22
4	A4	100	100	0
5	A5	78	100	+22
	Rata-rata	**69,0**	**93,4**	**+24,4**

Hasil Uji coba pre-test dan post-test terhadap lima anak disajikan pada tabel 4.8. Secara uum, skor post-test seluruh anak berada pada tingkat yang sama atau lebih tinggi dibandingkan skor pre-test. Rata-rata skor kelompok meningkat dari 69,0 pada pre-test menjadi 93,4 pada post-test, dengan rata-rata selisih sebesar 24,4 poi. Empat dari lima anak (A1, A2, A3, dan A5) mengalami kenaikan skor, sedangkan satu anak (A4) telah memperoleh skor maksimal sejak pre-test sehingga tidak menunjukkan perubahan

Kenaikan skor tersebut diintepretasikan sebagai gambaran awal (indikatif) terhadap potensi penggunaan aplikasi, bukan sebagai bukti efektivitas pembelajaran. Hal ini sejalan dengan penelitian pengembangan yang berfokus pada perancangan dan pengujian produk, bukan pada pengujian pengaruh secara eksperimental. Selain itu, rancangan pre-test dan post-test pada satu kelompok tanpa kelompok pembanding memiliki keterbatasan yang melekat, yaitu pengaruh perlakuan tidak dapat dipisahkan sepenuhnya dari faktor lain seperti efek pengujian berulang (testing effect), sehingga hasilnya tidak dapat digeneralisasi. Ditemukan pula indikasi ceiling effect pada anak A4 yang tampak telah menguasai materi sebelum

menggunakan aplikasi, kondisi ini menegaskan bahwa peningktan skor perlu dimaknai secara hati-hati dan hanya sebagai data pendukung yang melengkapi hasil pengujian blackbox dan usability.

Pada aspek menebalkan angka (Telusuri Angka), penilaian tidak dilakukan secara kuantitatif karena aspek ini berkaitan dengan keterampilan motorik menulis yang bersifat gradual, bukan benar atau salah. Berdasarkan pengamatan peneliti bersama dua guru pendamping, sebagian anak masih memerlukan bimbingan dalam menebalkan angka dengan rapi. Oleh karena itu, aspek ini dilaporkan secara kualitatif sebagai catatan pendukung dan tidak diikutsertakan dalam perhitungan skor.

Uji coba ini memiliki keterbatasan yang perlu dicatat. Pertama, uji coba hanya melibatkan 5 dari total 20 anak karena kondisi kelas yang kurang kondusif selama pelaksanaan, sehingga tidak memungkinkan pengambilan data pada seluruh anak secara serentak. Kondisi ini merupakan tantangan yang umum ditemui pada penelitian dengan responden anak usia dini yang memerlukan pendampingan intensif. Kedua, jumlah sampel yang kecil menyebabkan hasil hanya dapat diinterpretasikan sebagai gambaran indikatif, bukan bukti efektivitas. Oleh karena itu, hasil uji coba ini diposisikan sebagai data pendukung terhadap penerimaan aplikasi, melengkapi hasil pengujian blackbox dan usability.

4.3.4 Pengujian WER

Pengujian *Word Error Rate* (WER) dilakukan untuk mengetahui tingkat kesalahan modul *speech recognition* dalam mengenali ucapan angka pada *Monkey Walk Quiz*. Pengujian dilaksanakan dengan memainkan kuis secara berulang, dan pada setiap soal peneliti menyebutkan angka jawaban yang benar. Keluaran modul kemudian diklasifikasikan sebagai benar, salah-kenali (*substitution*), atau tidak terdeteksi (*deletion*), sesuai metode yang dijelaskan pada Bab III. Karena setiap jawaban berupa satu kata bilangan tunggal, komponen *insertion* bernilai nol (I = 0), sehingga WER dihitung sebagai (S + D) / N.

Pengujian dilakukan terhadap 50 ucapan sebagai jumlah acuan (N), yang mencakup rentang angka 1–10 dengan distribusi per angka sebagaimana disajikan pada Lampiran. Dari keseluruhan percobaan, tidak ditemukan kesalahan substitution (S = 0) dan terdapat 11 deletion (D = 11). Rekapitulasi hasil pengujian disajikan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Rekapitulasi hasil pengujian WER

Komponen	Jumlah
Jumlah acuan / *reference word* (N)	50
Substitution (S)	0
Deletion (D)	11
Insertion (I)	(0)
WER = (S + D) / N	22%

Berdasarkan perhitungan tersebut, diperoleh nilai WER sebesar 22%, yang berarti sebagian besar ucapan angka (78%) berhasil dikenali dengan benar oleh modul. Nilai ini mengindikasikan bahwa modul speech recognition yang dilengkapi mekanisme pemetaan kata ke angka mampu bekerja dengan tingkat kesalahan yang cukup rendah dan masih dalam batas yang dapat diterima pada kondisi pengujian terkontrol. Seluruh kesalahan yang terjadi berupa deletion (ucapan tidak terdeteksi) tanpa adanya substitution, sehingga ketika modul memberikan hasil, angka yang dikenali selalu tepat; deteksi paling lemah terjadi pada angka 7 dengan akurasi 50%. Sebagai catatan, nilai WER ini diperoleh dari penutur dewasa pada ruang yang relatif tenang, sehingga pemaknaannya perlu memperhatikan keterbatasan yang diuraikan pada Bab V.

BAB V
KESIMPULAN & SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan gim interaktif pengenalan angka "Belajar Angka" untuk anak usia dini yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian ini berhasil mengembangkan gim edukasi pengenalan angka untuk anak usia dini dengan pendekatan multisensori Visual, Auditori, dan Kinestetik (VAK) menggunakan model pengembangan ADDIE. Pendekatan multisensori diwujudkan melalui empat modul aktivitas yang memadukan penglihatan, pendengaran, dan gerak, serta dilengkapi navigasi berbasis ikon dan gambar tanpa teks panjang, sehingga gim dapat digunakan secara mandiri oleh anak usia 4–6 tahun.
2. Aktivitas pembelajaran numerasi dasar berhasil diintegrasikan ke dalam gim edukasi berbasis Android melalui empat modul yang masing-masing mengakomodasi modalitas VAK, yaitu Learning Numbers untuk pengenalan angka secara visual dan auditori, Tracing Numbers untuk penelusuran bentuk angka secara kinestetik, Matching Numbers untuk pencocokan angka dengan jumlah objek secara visual dan kinestetik, serta *Monkey walk quiz* yang mengakomodasi modalitas auditori melalui interaksi suara.
3. Modalitas auditori pada modul *Monkey walk quiz* diwujudkan melalui teknologi *speech recognition* sebagai bentuk interaksi intinya, yang diimplementasikan menggunakan plugin UnitySpeechToText berbasis Android SpeechRecognizer API dan bekerja secara *on-device* tanpa memerlukan koneksi internet. Melalui modul ini, anak menjawab soal pengenalan angka dengan menyebutkan angka secara langsung, sehingga aspek auditori dalam pendekatan multisensori dapat terpenuhi.
4. Pengujian terhadap gim telah dilakukan dalam lingkup terbatas untuk mengetahui kesesuaian fungsi dan kemudahan penggunaannya. Pengujian fungsional menggunakan metode *blackbox testing* terhadap 12 skenario menunjukkan bahwa seluruh fungsionalitas sistem berjalan sesuai spesifikasi rancangan. Pengujian *usability* menggunakan *System Usability Scale* (SUS) terhadap lima responden yang terdiri atas empat guru dan satu kepala sekolah dari tiga lembaga PAUD memperoleh skor rata-

rata 83,5 (kategori *Good*), sedangkan pengujian menggunakan *Smileyometer* terhadap 20 anak memperoleh skor rata-rata 4,40 (kategori Sangat Baik). Selain itu, uji coba *pre-test* dan *post-test* dalam lingkup terbatas terhadap lima anak menunjukkan peningkatan rata-rata skor dari 69,0 menjadi 93,4; hasil ini diposisikan sebagai data pendukung yang bersifat indikatif, bukan sebagai bukti efektivitas pembelajaran. Hasil tersebut menunjukkan bahwa gim edukasi pengenalan angka dengan pendekatan multisensori telah berfungsi sesuai spesifikasi dan diterima dengan baik oleh pengguna sasaran sebagai media pembelajaran pendukung di lingkungan PAUD/TK.

5.2 Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki sejumlah keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam memaknai hasil yang diperoleh. Keterbatasan tersebut sekaligus menjadi dasar bagi penyusunan saran pengembangan pada subbab berikutnya.

1. Lingkup penelitian bersifat terbatas. Implementasi dan observasi terhadap anak dilakukan pada satu lokasi penelitian, yaitu PAUD Pelangi Insani, sedangkan responden dewasa untuk pengujian *usability* diperluas ke tiga lembaga PAUD. Jumlah responden, baik anak maupun dewasa, relatif kecil sehingga hasil penelitian lebih tepat dimaknai sebagai gambaran pada lingkup terbatas dan tidak dimaksudkan untuk digeneralisasi ke populasi yang lebih luas.
2. Uji coba *pre-test* dan *post-test* bersifat indikatif. Uji coba hanya melibatkan lima anak yang dipilih secara *purposive* dan menggunakan rancangan satu kelompok tanpa kelompok pembanding (desain pra-eksperimen). Rancangan ini memiliki keterbatasan yang melekat, yaitu peningkatan skor tidak dapat sepenuhnya dipisahkan dari faktor lain seperti efek pengujian berulang (*testing effect*). Selain itu, ditemukan indikasi *ceiling effect* pada salah satu anak yang telah memperoleh skor maksimal sejak *pre-test*. Oleh karena itu, hasil *pre-test* dan *post-test* hanya diposisikan sebagai data pendukung yang bersifat indikatif.
3. Efektivitas pembelajaran tidak diukur. Sesuai dengan jenis penelitian pengembangan (R&D), penelitian ini berfokus pada perancangan, pengembangan, dan pengujian produk, bukan pada pengujian pengaruh atau efektivitas terhadap hasil belajar secara eksperimental. Dengan demikian, penelitian ini tidak mengklaim adanya peningkatan hasil belajar sebagai akibat langsung dari penggunaan aplikasi.
4. Pengujian modul *speech recognition* memiliki keterbatasan. Pengukuran tingkat kesalahan modul melalui *Word Error Rate* (WER) dilakukan sebagai uji fungsional

teknis dengan penutur peneliti (dewasa) dalam kondisi ruang yang relatif tenang, bukan oleh pengguna anak di lingkungan kelas yang sebenarnya. Selain itu, akurasi pengenalan bergantung pada *engine* Android *SpeechRecognizer* bawaan perangkat yang tidak dapat dilatih ulang secara khusus untuk karakteristik suara anak, sehingga hasilnya dapat bervariasi antar-perangkat dan tidak dapat digeneralisasi sebagai gambaran akurasi pada suara anak.

5.3 Saran

Berdasarkan proses dan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan selanjutnya:

1. Fitur speech recognition perlu dioptimalkan lebih lanjut agar dapat mengenali variasi artikulasi suara anak dengan lebih akurat, terutama pada kondisi lingkungan kelas yang ramai. Pengembangan dapat diarahkan pada penyesuaian sensitivitas deteksi suara atau penggunaan model pengenalan suara yang lebih sesuai dengan karakteristik akustik suara anak berbahasa Indonesia.
2. Uji coba pre-test dan post-test pada penelitian ini masih terbatas pada 5 anak dan bersifat indikatif. Penelitian lanjutan disarankan untuk memperluasnya ke sampel yang lebih besar dengan desain eksperimental yang lebih ketat, misalnya menggunakan kelompok kontrol dan uji statistik yang sesuai, agar dampak aplikasi terhadap hasil belajar dapat diukur secara objektif. Materi dan variasi aktivitas dalam aplikasi dapat dikembangkan lebih lanjut, misalnya dengan menambahkan cakupan angka yang lebih luas atau modul aktivitas baru, agar aplikasi dapat digunakan untuk rentang kemampuan dan usia yang lebih beragam.
3. Aplikasi perlu divalidasi lebih lanjut oleh ahli materi atau pakar pendidikan anak usia dini untuk memastikan kesesuaian konten pembelajaran dengan kurikulum dan tahap perkembangan anak, sehingga kualitas aplikasi sebagai media pembelajaran dapat lebih terjamin.

DAFTAR PUSTAKA

Afrianti, R., & Maryatun, I. B. (2025). UTILIZATION OF EDUCATIONAL GAMES AS LEARNING MEDIA: RECOGNIZE THE CONCEPT OF NUMBERS. *JURNAL EDUSCIENCE*, *12*(2), 592–604. https://doi.org/10.36987/jes.v12i2.6833

Ali, A., & Renals, S. (2018). Word Error Rate Estimation for Speech Recognition: e-WER. *Proceedings of the 56th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (Volume 2: Short Papers)*, 20–24. https://doi.org/10.18653/v1/P18-2004

Bangor, A., Kortum, P. T., & Miller, J. T. (2008). An Empirical Evaluation of the System Usability Scale. *International Journal of Human–Computer Interaction*, *24*(6), 574–594. https://doi.org/10.1080/10447310802205776

Bhardwaj, V., Ben Othman, M. T., Kukreja, V., Belkhier, Y., Bajaj, M., Goud, B. S., Rehman, A. U., Shafiq, M., & Hamam, H. (2022). Automatic Speech Recognition (ASR) Systems for Children: A Systematic Literature Review. *Applied Sciences*, *12*(9), 4419. https://doi.org/10.3390/app12094419

Brooke, J. (1996). *SUS-A quick and dirty usability scale.*

Crawford, C. (2004). Non-linear instructional design model: eternal, synergistic design and development. *British Journal of Educational Technology*, *35*(4), 413–420. https://doi.org/10.1111/j.0007-1013.2004.00400.x

Dewi, S. L. (2022). Pengaruh Pembelajaran Berbasis Permainan pada Pendidikan dan Perkembangan Anak Usia Dini. *Aulad: Journal on Early Childhood*, *5*(2), 313–319. https://doi.org/10.31004/aulad.v5i2.346

Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P., Pagani, L. S., Feinstein, L., Engel, M., Brooks-Gunn, J., Sexton, H., Duckworth, K., & Japel, C. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*, *43*(6), 1428–1446. https://doi.org/10.1037/0012-1649.43.6.1428

Dutta, S., Irvin, D., Buzhardt, J., & Hansen, J. H. L. (2022). Activity focused Speech Recognition of Preschool Children in Early Childhood Classrooms. *Proceedings of the 17th Workshop on Innovative Use of NLP for Building Educational Applications (BEA 2022)*, 92–100. https://doi.org/10.18653/v1/2022.bea-1.13

Fauzan, A., Purnamasari, A. I., Ajiz, A., Kaslani, K., & Tohidi, E. (2022). Media Pembelajaran Berhitung Berbasis Game Dengan Methode Addie Untuk Meningkatkan Prestasi. *Journal*

of Information System Research (JOSH), *3*(4), 351–357. https://doi.org/10.47065/josh.v3i4.1436

Fleming, N. D., & Mills, C. (1992a). Not Another Inventory, Rather a Catalyst for Reflection. *To Improve the Academy*, *11*(1), 137–155. https://doi.org/10.1002/j.2334-4822.1992.tb00213.x

Fleming, N. D., & Mills, C. (1992b). Not Another Inventory, Rather a Catalyst for Reflection. *To Improve the Academy*, *11*(1), 137–155. https://doi.org/10.1002/j.2334-4822.1992.tb00213.x

Hidayah, H., Sutarto, J., & Aeni, K. (2023). Pembelajaran Literasi Numerasi Anak Usia Dini Berbasis Kemitraan Keluarga di PAUD. *Jurnal Obsesi : Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, *7*(4), 4431–4440. https://doi.org/10.31004/obsesi.v7i4.4692

Hidayatullah, H. S., Pohan, A. B., Sulthon, B. M., & AR, S. R. (2025). PENGUKURAN KUALITAS RANCANG BANGUN GAME BASED LEARNING DALAM PENINGKATAN KOGNITIF SISWA DENGAN ISO25010. *JIKO (Jurnal Informatika Dan Komputer)*, *9*(3), 626. https://doi.org/10.26798/jiko.v9i3.2157

Hirsh-Pasek, K., Zosh, J. M., Golinkoff, R. M., Gray, J. H., Robb, M. B., & Kaufman, J. (2015). *Putting Education in "Educational" Apps: Lessons From the Science of Learning*. *16*(1).

Ifada, B., & Mukminin, A. (2025). Efektivitas Pembelajaran Matematika Melalui Game Edukasi Digital dalam Meningkatkan Kecerdasan Logika Anak Usia 5-6 Tahun di TK Pertiwi 45 Kalisegoro Semarang. *Cokroaminoto Journal of Primary Education*, *8*(3), 1150–1161. https://doi.org/10.30605/cjpe.8.3.2025.6428

Kemendikdasmen. (2024). *Kepka_BSKAP_Nomor_032-2024_Tentang_Capaian_Pembelajaran_pada_Pendidikan_Anak_Usia_Dini,_Jenjang_Pendidikan_Dasar_dan_Jenjang_Pendidikan_Menengah_pada_Kurikulum_Merdeka_01j0qf4dzz8dfwzqtpfkkbyzv7*.

Kemendikdasmen. (2025). *Capaian Pembelajaran Fase Fondasi*.

Nugraha, A. D., Laila, S. N., & Azima, M. F. (2025). Game Pembelajaran Interaktif Pengenalan Huruf dan Angka Menggunakan Metode Addie Untuk Anak Usia Dini Berbasis Android. *Journal of Comprehensive Science*, *4*(7), 2087–2103. https://doi.org/10.59188/jcs.v4i7.3429

Palupi, A. N. (2021). Use of Manipulative Media as A Stimulation Of Ability To Understand The Concept of Early Children's Age. *Early Childhood Research Journal (ECRJ)*, *3*(2), 41–57. https://doi.org/10.23917/ecrj.v3i2.11414

Papadakis, S. (2021). Tools for evaluating educational apps for young children: a systematic review of the literature. *Interactive Technology and Smart Education*, *18*(1), 18–49. https://doi.org/10.1108/ITSE-08-2020-0127

Plass, J. L., Homer, B. D., & Kinzer, C. K. (2015). Foundations of Game-Based Learning. *Educational Psychologist*, *50*(4), 258–283. https://doi.org/10.1080/00461520.2015.1122533

Prasetyo, R. M. M., Syaputra, H., Cholil, W., & Sauda, S. (2021). Rancang Dan Bangun Game Edukasi Anak-Anak Berbasis Android Dengan Unity Menggunakan Metode Game Development Life Cycle. *Jurnal Nasional Ilmu Komputer*, *2*(2), 103–111. https://doi.org/10.47747/jurnalnik.v2i2.526

Read, J., Macfarlane, S., & Casey, C. (2009). *Endurability, Engagement and Expectations: Measuring Children's Fun*.

Robert Maribe Branch. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach* (1st ed.). Springer New York, NY.

Sela Nurlaela, Suzanti, L., & Rr. Deni Widjayatri. (2024). Penggunaan Aplikasi Smart Game Untuk Meningkatkan Kemampuan Numerasi Anak Usia 5-6 Tahun. *PAUDIA: Jurnal Penelitian Dalam Bidang Pendidikan Anak Usia Dini*, 208–230. https://doi.org/10.26877/paudia.v13i2.493

Shams, L., & Seitz, A. R. (2008). Benefits of multisensory learning. *Trends in Cognitive Sciences*, *12*(11), 411–417. https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.07.006

Solfiah, Y., Hukmi, H., & Febrialismanto, F. (2021). Games Edukatif Berbasis Android untuk Meningkatkan Kemampuan Mengenal Angka Anak Usia Dini. *Jurnal Obsesi : Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, *6*(3), 2146–2158. https://doi.org/10.31004/obsesi.v6i3.910

Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D* (2nd ed.). Alfabeta.

Trisnawati, L. T., Puspita, I., Abdillah, F., & Hartati, S. (2023). MEDIA PEMBELAJARAN BERBASIS GAME ANDROID PADA PEMBELAJARAN ANGKA DAN HURUF DI PAUD. *Rabit : Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Univrab*, *8*(2), 247–253. https://doi.org/10.36341/rabit.v8i2.3354

LAMPIRAN

Lampiran Dokumentasi Pengujian Gim

Lokasi pengujian: PAUD Pelangi Insani, Dusun Mangsulan, Desa Jambon, Kec.Pulokulon, Kab. Grobogan









Melakukan uji coba untuk pengisian *smileyometer* dari target pengguna yaitu siswa-siswi PAUD Pelangi Insani dan juga pengisian SUS dari guru pendamping serta kepala sekolah PAUD Pelangi Insani.

Tabel data mentah kuesioner SUS

Responden	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	Jml Konversi	Skor SUS	Kategori
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-			
R1	4	1	5	1	4	2	5	1	4	2	**35**	**87.5**	Excellent (A)
R2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	**30**	**75.0**	Good (B)
R3	5	1	5	1	4	2	5	1	4	2	**36**	**90.0**	Excellent (A)
R4	4	2	5	2	4	1	5	1	4	2	**34**	**85.0**	Excellent (A)
R5	4	1	4	4	4	1	4	1	4	1	**32**	**80.0**	Good (B)
Rata-rata												**83.5**	**Good (B)**

Tabel data mentah WER

No	Angka Diucapkan	Angka Dikenali	Klasifikasi
1	3	x	**D**
2	7	7	**B**
3	2	2	**B**
4	4	x	**D**
5	6	6	**B**
6	10	10	**B**
7	7	x	**D**
8	9	x	**D**
9	5	5	**B**
10	8	8	**B**
11	1	1	**B**
12	5	5	**B**
13	3	3	**B**
14	1	1	**B**
15	6	x	**D**
16	1	1	**B**
17	2	2	**B**
18	7	x	**D**
19	9	9	**B**
20	8	8	**B**
21	4	4	**B**
22	9	9	**B**
23	7	7	**B**
24	5	x	**D**
25	7	x	**D**

26	6	6	**B**
27	4	4	**B**
28	9	9	**B**
29	8	8	**B**
30	3	x	**D**
31	5	x	**D**
32	3	3	**B**
33	2	2	**B**
34	8	8	**B**
35	2	2	**B**
36	1	1	**B**
37	3	3	**B**
38	9	9	**B**
39	7	7	**B**
40	9	9	**B**
41	8	8	**B**
42	10	10	**B**
43	9	9	**B**
44	3	3	**B**
45	8	8	**B**
46	7	x	**D**
47	5	5	**B**
48	7	7	**B**
49	6	6	**B**
50	3	3	**B**