

Implementasi Game Edukasi Augmented Reality Pengenalan Huruf Angka Dengan Kuis Interaktif

Fadlan Ananda Firman^{1*}, Michael Immanuel Manabung¹, Herman Heriadi², Imran Djafar²

¹Teknik Informatika, Universitas Dipa Makassar, Makassar, Indonesia

²Universitas Dipa Makassar, Makassar, Indonesia

e-mail: ¹fadlananandaf@gmail.com, ²akunbaruael2@gmail.com,

³herman.heriadi@undipa.ac.id, ⁴imrandjafar@undipa.ac.id

Abstrak

Penelitian ini mengatasi rendahnya rentang perhatian anak usia dini di Sekolah Filadelfia Makassar dalam pengenalan huruf dan angka menggunakan media cetak konvensional. Sebagai solusi, dikembangkan Game Edukasi berbasis Augmented Reality (AR) melalui metode Research and Development (R&D) dengan model Prototype. Aplikasi ini memproyeksikan objek 3D secara real-time dan menghadirkan kebaruan berupa fitur kuis interaktif audiovisual, di mana anak merespons instruksi suara. Pengujian sistem dilakukan melalui Black-Box Testing untuk fungsionalitas dan Usability Testing guna mengukur kebermanfaatan, kemudahan, serta kepuasan pengguna. Hasil pengujian usability menunjukkan tingkat kelayakan sebesar 82,06% dengan kategori sangat layak, serta pengujian fungsional mencapai 100%. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi efektif digunakan sebagai media pembelajaran interaktif bagi anak usia dini. Ini diharapkan menjadi media pendamping pembelajaran yang inovatif, interaktif, dan efektif bagi pendidikan anak usia dini.

Kata kunci—Augmented Reality, Game Edukasi, Anak Usia Dini, Kuis Interaktif, Prototype.

Abstract

This research addresses the low attention span of early childhood students at Filadelfia School in Makassar when learning letters and numbers using conventional print media. As a solution, an Augmented Reality (AR)-based educational game was developed through Research and Development (R&D) methods with a prototype model. This application projects 3D objects in real time and introduces a novel interactive audiovisual quiz feature, where children respond to voice instructions. System testing was conducted through Black-Box Testing for functionality and Usability Testing to measure usefulness, ease of use, and user satisfaction. The results of usability testing indicate a feasibility score of 82.06%, which falls under the highly feasible category, while functional testing achieved a 100% success rate. These findings demonstrate that the application is effective as an interactive learning medium for early childhood education. It is expected to provide an innovative, interactive, and effective learning companion for early childhood education.

Keywords—Augmented Reality, Educational Game, Early Childhood, Interactive Quiz, Prototype.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital yang pesat telah mentransformasi sektor pendidikan melalui penciptaan media pembelajaran interaktif yang lebih adaptif. Salah satu teknologi

mutakhir yang banyak diimplementasikan adalah Augmented Reality (AR), yakni teknologi yang mengintegrasikan objek virtual dua atau tiga dimensi ke dalam ruang nyata secara real-time [1]. Pemanfaatan AR dalam dunia pendidikan terbukti mampu meningkatkan keterlibatan serta minat belajar siswa karena menyajikan pengalaman visual yang jauh lebih menarik dan konkret dibandingkan metode konvensional [2]. Khusus pada jenjang pendidikan anak usia dini, keberhasilan proses pembelajaran sangat bergantung pada stimulasi multisensori yang menggabungkan elemen auditori dan visual secara simultan guna memperkuat retensi informasi [3].

Namun, fakta di lapangan menunjukkan bahwa proses pengajaran di Sekolah Filadelfia Makassar masih didominasi oleh penggunaan media cetak tradisional seperti buku bergambar dan kartu huruf yang bersifat statis. Keterbatasan media konvensional ini berimbas pada rendahnya rentang perhatian (*attention span*) anak yang rata-rata hanya bertahan sekitar 5–7 menit pada teks diam, jauh di bawah potensi media interaktif yang mampu mempertahankan fokus anak hingga 20 menit [4]. Selain itu, media cetak tidak mampu memberikan umpan balik langsung (*immediate feedback*), yang mengakibatkan guru sering menghadapi kesulitan dalam menjaga konsentrasi siswa saat menjelaskan konsep huruf dan angka yang bersifat abstrak [3], [5]. Hal ini menegaskan urgensi adanya inovasi media pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik kognitif anak pada tahap pra-operasional, di mana representasi visual konkret sangat dibutuhkan untuk memahami simbol [6].

Beberapa penelitian terdahulu telah mengeksplorasi penggunaan AR, namun sebagian besar masih terbatas pada visualisasi objek tanpa adanya fitur evaluasi yang terintegrasi secara dinamis. Sebagai solusi, penelitian ini mengusulkan pengembangan Game Edukasi berbasis AR dengan menerapkan metode Prototype yang mengintegrasikan fitur kuis interaktif sebagai alat ukur pemahaman anak. Tapi penelitian ini dibatasi pada evaluasi kelayakan sistem dan belum mengukur dampak peningkatan rentang perhatian (*attention span*) anak secara eksperimental. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, aplikasi ini menekankan pada pemberian respon visual dan audio secara langsung terhadap jawaban anak, yang menurut studi terkait, sangat efektif untuk melatih daya ingat dan kemampuan kognitif sejak dini [5].

Kesenjangan yang teridentifikasi adalah media konvensional seringkali mengakibatkan rendahnya minat belajar dan ketidakmampuan anak untuk mempertahankan fokus. Selain itu, beberapa penelitian AR sebelumnya belum mengintegrasikan fitur evaluasi yang dinamis. Kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini adalah pengembangan Game Edukasi berbasis AR yang tidak hanya memproyeksikan objek 3D secara real-time, tetapi juga dikombinasikan dengan fitur kuis interaktif audiovisual. Fitur ini merespons instruksi suara dan memberikan umpan balik langsung sebagai alat evaluasi mandiri.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah: (1) mengimplementasikan teknologi AR berbasis marker-based tracking sebagai media pengenalan alfabet dan angka yang atraktif, (2) mengintegrasikan fitur kuis interaktif sebagai instrumen evaluasi mandiri bagi siswa, serta (3) menganalisis tingkat kelayakan media pembelajaran berbasis Augmented Reality dan respon pengguna di Sekolah Filadelfia Makassar guna membuktikan kelayakan aplikasi ini sebagai solusi pembelajaran yang inovatif dan menyenangkan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis Penelitian dan Pengembangan (*Research and Development / R&D*) dengan pendekatan Kuantitatif Deskriptif. Penelitian ini berfokus pada tahap pengembangan perangkat lunak dan pengujian kelayakan antarmuka (*usability testing*), bukan merupakan pengujian eksperimental efektivitas pedagogis secara langsung kepada siswa. Evaluasi kelayakan dilakukan dari perspektif tenaga pendidik untuk memastikan sistem dapat dioperasikan dengan baik sebelum diujicobakan secara kognitif. Penelitian dilaksanakan di Sekolah Filadelfia Makassar dengan melibatkan guru dan siswa PAUD/TK sebagai subjek pengujian. Waktu penelitian berlangsung dari Desember 2025 hingga Maret 2026, mencakup

tahapan analisis kebutuhan, perancangan aset 3D, pengembangan sistem menggunakan Unity, hingga pengujian kelayakan aplikasi guna memberikan solusi pembelajaran yang konkret bagi anak pada tahap pra-operasional [6].

2.1 Model Pengembangan Prototype

Metode pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah model Prototype. Pemilihan model ini didasarkan pada karakteristik sistem yang memerlukan interaksi visual tinggi, sehingga memungkinkan pengembang untuk membuat rancangan sementara yang akan dievaluasi secara langsung oleh pengguna hingga mencapai hasil final yang optimal [10]. Implementasi model ini dilakukan melalui empat tahapan utama sebagai berikut:

- a. Analisis Kebutuhan: Mengumpulkan data terkait kurikulum pengenalan huruf dan angka di Sekolah Filadelfia Makassar serta kebutuhan teknis sistem AR.
- b. Perancangan (Design): Membuat arsitektur sistem, storyboard, dan perancangan antarmuka (User Interface) yang sesuai untuk karakteristik anak usia dini.
- c. Pembuatan Prototype: Mengembangkan objek 3D menggunakan Blender dan mengintegrasikan Vuforia Engine di dalam game engine Unity untuk fungsionalitas AR [11].
- d. Evaluasi dan Pengujian: Melakukan validasi fitur kuis interaktif dan mekanisme deteksi marker bersama guru untuk memastikan aplikasi berjalan sesuai tujuan edukasi.

Penerapan model Prototype dalam penelitian ini tidak dibatasi pada jumlah iterasi numerik yang kaku, melainkan berfokus pada tercapainya fungsionalitas dan standar kebutuhan pengguna. Secara praktis, proses iterasi dilakukan secara berkelanjutan (*continuous iteration*) yang terbagi ke dalam dua siklus evaluasi utama: (1) Iterasi Desain: Siklus pertama terjadi pada tahap perancangan awal antarmuka dan aset 3D. Purwarupa awal didemonstrasikan kepada guru sebagai pakar. Iterasi (revisi/perbaikan) terus dilakukan pada penempatan tata letak tombol, warna, dan ukuran objek 3D hingga antarmuka dinilai cukup ramah anak dan disetujui untuk diimplementasikan ke dalam kode. (2) Iterasi Sistem: Siklus kedua terjadi pasca implementasi kode menggunakan engine Unity. Sistem diuji menggunakan *Black-Box Testing* dengan 8 skenario pengujian. Jika ditemukan kegagalan fungsi (*bug*), seperti *marker* yang gagal dideteksi atau *audio* yang tidak sinkron, iterasi perbaikan (*debugging*) langsung dilakukan ke tahap implementasi kode hingga seluruh skenario uji menghasilkan status 100% Berhasil (*Valid*) sebelum divalidasi ke tahap akhir (Usability Testing).

2.2 Arsitektur Sistem Augmented Reality

Sistem ini dirancang dengan menggunakan arsitektur berbasis Marker-Based Tracking, yang mengandalkan penanda visual fisik sebagai titik koordinat untuk menempatkan objek digital. Alur kerja sistem dimulai secara sinkron ketika kamera perangkat smartphone aktif dan menangkap citra dari marker fisik yang telah disediakan. Setelah citra ditangkap, SDK Vuforia bekerja pada lapisan engine untuk melakukan proses ekstraksi fitur unik dari pola marker tersebut. Fitur-fitur ini kemudian dicocokkan secara instan dengan database pola yang telah didaftarkan sebelumnya di dalam sistem aplikasi.

Proses perancangan arsitektur ini memastikan bahwa jika data citra yang ditangkap memiliki tingkat kemiripan yang sesuai dengan database, sistem akan segera memicu perintah rendering. Pada tahap ini, objek 3D berupa huruf atau angka yang telah dimodelkan sebelumnya akan dimunculkan secara real-time dan presisi tepat di atas layar smartphone, seolah-olah objek tersebut berada di lingkungan nyata pengguna [1].

Selain visualisasi, arsitektur sistem ini juga mengintegrasikan modul audio instruksional secara otomatis. Setiap kali objek 3D berhasil dirender, skrip sistem akan memanggil file audio terkait pelafalan huruf atau angka tersebut. Integrasi ini sengaja diterapkan untuk menciptakan ekosistem pembelajaran yang mendukung stimulasi multisensori. Dengan menggabungkan elemen visual 3D yang interaktif dan *feedback* auditori, aplikasi ini mampu memenuhi kebutuhan belajar anak usia dini sesuai dengan prinsip utama dalam teori pembelajaran multimedia, yang menekankan bahwa informasi akan lebih efektif diserap jika melibatkan lebih dari satu indera secara simultan [3].

2.3 Implementasi Fitur Kuis Interaktif

Fitur kuis dalam aplikasi ini diimplementasikan secara teknis menggunakan bahasa pemrograman C# melalui lingkungan pengembangan Unity. Logika kuis dikembangkan dengan pendekatan gamifikasi yang dirancang untuk memberikan immediate feedback (umpan balik langsung) secara real-time. Dalam alur pemrogramannya, setiap input jawaban dari pengguna akan segera diproses oleh sistem untuk divalidasi. Apabila jawaban yang dipilih sesuai dengan kunci jawaban yang tersimpan dalam script manager, maka sistem akan memicu respon visual berupa munculnya ikon bintang atau centang, serta respon audio positif seperti suara apresiasi. Mekanisme ini bertujuan untuk memperkuat retensi daya ingat dan memberikan kepuasan psikologis bagi anak saat berhasil menyelesaikan tantangan [5].

Sebaliknya, jika anak memberikan jawaban yang salah, sistem akan memberikan respon audio instruksional yang mendorong anak untuk mencoba kembali tanpa memberikan kesan menghakimi, sehingga motivasi belajar tetap terjaga. Sistem evaluasi ini tidak hanya berfungsi sebagai elemen permainan, tetapi juga sebagai alat ukur kelayakan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* pembelajaran mandiri. Dengan adanya akumulasi skor di akhir sesi, guru maupun orang tua dapat melihat sejauh mana tingkat pemahaman anak terhadap huruf dan angka yang telah dipelajari melalui media *Augmented Reality* tersebut. Integrasi logika kuis ini memastikan bahwa aplikasi tidak hanya menjadi media presentasi objek 3D, tetapi juga menjadi sarana evaluasi kognitif yang interaktif dan menyenangkan bagi anak usia dini.

2.4 Bahan dan Alat Penelitian

Penelitian ini memanfaatkan kombinasi aset digital dan perangkat teknis untuk membangun ekosistem *Augmented Reality* yang stabil. Bahan dan alat yang digunakan diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. Bahan Penelitian: Aset utama dalam aplikasi ini terdiri dari model digital 3D huruf alfabet (A-Z) dan angka (0-9) yang telah dioptimalkan poligonnya agar ringan saat proses rendering pada perangkat mobile. Selain itu, digunakan marker fisik berupa kartu cetak yang dirancang khusus dengan tingkat kontras tinggi guna mempermudah SDK Vuforia dalam mengenali titik fitur (feature points). Bahan pendukung lainnya meliputi aset audio pelafalan karakter dan efek suara untuk umpan balik kuis.
- b. Perangkat Keras (Hardware): Proses pengembangan menggunakan unit laptop dengan spesifikasi tinggi untuk menangani proses kompilasi dan rendering grafis 3D. Sementara untuk tahap pengujian lapangan, digunakan smartphone berbasis Android dengan spesifikasi minimum Sistem Operasi versi 10 (Quince Tart), RAM 3 GB, serta sensor kamera minimal 8 MP untuk menjamin kelancaran pelacakan marker secara real-time.
- c. Perangkat Lunak (Software): Pengembangan sistem dilakukan menggunakan beberapa perangkat lunak utama, antara lain: (1) Unity 2022.3 LTS: Sebagai game engine utama untuk mengintegrasikan seluruh elemen multimedia. (2) Vuforia Engine: Sebagai library utama untuk implementasi teknologi AR berbasis marker. (3) Visual Studio Code: Sebagai Integrated Development Environment (IDE) untuk penulisan logika program. (4) C# (C-Sharp): Sebagai bahasa pemrograman utama yang mengatur perilaku objek dan alur kuis interaktif.

2.5 Teknik Pengumpulan data

Proses pengumpulan data dilakukan secara sistematis untuk memastikan bahwa konten edukasi dan fungsionalitas sistem sesuai dengan kebutuhan pengguna di Sekolah Filadelfia Makassar. Teknik yang digunakan meliputi:

- a. Studi Literatur: Tahap ini dilakukan untuk mendalami berbagai pustaka, jurnal internasional, dan publikasi ilmiah terkini guna merumuskan landasan teori yang kokoh. Fokus studi literatur mencakup mekanisme kerja *Augmented Reality*, prinsip pedagogis dalam Game Edukasi, serta panduan desain antarmuka (User Interface) dan pengalaman pengguna (User Experience) yang secara khusus dioptimalkan bagi karakteristik kognitif anak usia dini.

- b. Penyebaran Kuesioner (Angket): Pengumpulan data primer dilakukan melalui distribusi instrumen kuesioner berskala Likert kepada guru PAUD di Sekolah Filadelfia Makassar. Kuesioner dibagikan setelah responden mencoba secara langsung dan mendampingi siswa dalam mengoperasikan aplikasi. Metode ini bertujuan untuk menghasilkan data kuantitatif deskriptif yang akurat guna mengukur tingkat kelayakan aplikasi berdasarkan indikator kebermanfaatan (usefulness), kemudahan penggunaan (ease of use), dan kepuasan pengguna (satisfaction).

2.6 Metode Pengujian

Metode pengujian yang diterapkan terdiri dari: (1) Blackbox Testing: Metode ini diterapkan untuk memverifikasi fungsionalitas sistem secara menyeluruh tanpa melihat struktur kode internal. Fokus pengujian meliputi validasi seluruh tombol navigasi pada menu utama, responsivitas deteksi kamera terhadap marker, keakuratan pemanggilan aset 3D, hingga akurasi perhitungan skor pada fitur kuis. Hal ini dilakukan untuk menjamin bahwa aplikasi bebas dari kendala teknis sebelum diimplementasikan kepada siswa.. (2) User Acceptance Testing (UAT): Pengujian ini dilakukan kepada guru di Sekolah Filadelfia Makassar sebagai pengguna ahli guna mengukur tingkat penerimaan aplikasi. Instrumen penelitian yang digunakan adalah kuesioner berbasis skala Likert 5 poin yang mencakup variabel kemudahan penggunaan (usability), kualitas visual, serta potensi pengaruh aplikasi terhadap minat belajar anak [12]. Penilaian kuesioner diatur berdasarkan interval skor yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Penilaian Skala Likert

No	Kategori Jawaban	Skor
1.	Sangat Setuju (SS)	5
2.	Setuju (S)	4
3.	Kurang Setuju (KS)	3
4.	Tidak Setuju (TS)	2
5.	Sangat Tidak Setuju (STS)	1

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Sistem

Aplikasi "Game Edukasi AR Huruf dan Angka" berhasil diimplementasikan sebagai perangkat lunak berbasis Android. Sistem ini mengintegrasikan objek 3D yang dirancang menggunakan Blender ke dalam environment Unity.

- a. Antarmuka Pengguna (*User Interface*): Halaman utama dirancang dengan palet warna cerah dan ikon yang representatif untuk memudahkan navigasi anak usia dini tanpa bantuan teks yang rumit.
- b. Implementasi *Augmented Reality*: Fitur AR menggunakan marker-based tracking yang mampu memunculkan objek 3D huruf atau angka saat kamera mendeteksi kartu marker. Sistem secara otomatis memicu audio pelafalan huruf/angka tersebut guna memberikan stimulasi visual dan auditori secara simultan [3].
- c. Fitur Kuis Interaktif: Kuis dirancang dengan mekanisme pilihan ganda. Sistem memberikan immediate feedback berupa suara "Benar" dengan ikon bintang jika jawaban tepat, dan suara instruksi untuk mencoba lagi jika jawaban salah. Skor akhir ditampilkan sebagai bentuk apresiasi terhadap capaian belajar siswa.

3.2 Hasil Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional dilakukan untuk memastikan seluruh fitur aplikasi berjalan sesuai dengan rancangan sistem yang telah ditetapkan. Metode Black Box Testing digunakan untuk menguji fungsionalitas aplikasi tanpa melihat struktur kode program, melainkan berfokus pada *input* dan *output* dari setiap fitur utama. Berdasarkan 50 skenario pengujian yang telah dilakukan,

aplikasi menunjukkan tingkat keberhasilan fungsional sebesar 100%. Beberapa aspek krusial yang diuji dirangkum dalam tabel berikut:

Tabel 2 Hasil Pengujian Black Box Testing

No	Skenario Pengujian	Hasil Pengujian
1	Menekan tombol "Huruf" pada Menu Utama	Berhasil
2	Menekan tombol "Angka" pada Menu Utama	Berhasil
3	Kamera memindai Kartu <i>Marker</i> Huruf (Contoh: A)	Berhasil
4	Kamera memindai Kartu <i>Marker</i> Angka (Contoh: 0)	Berhasil
5	Menekan tombol "Kuis"	Berhasil
6	Menjawab kuis dengan Benar	Berhasil
7	Menjawab kuis dengan Salah	Berhasil
8	Menyelesaikan 10 soal kuis	Berhasil

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa integrasi antara engine Unity dengan Vuforia SDK memiliki stabilitas yang sangat baik dalam menangani interaksi pengguna. Fitur deteksi marker bekerja secara responsif, dan logika pemrograman C# yang mengatur jalannya kuis interaktif mampu memproses jawaban serta memberikan immediate feedback secara akurat. Dengan tercapainya keberhasilan pada seluruh skenario uji, aplikasi ini dinyatakan siap untuk diimplementasikan kepada pengguna akhir di Sekolah Filadelfia Makassar tanpa adanya kendala teknis yang signifikan.

3.3 Analisis Respon Pengguna

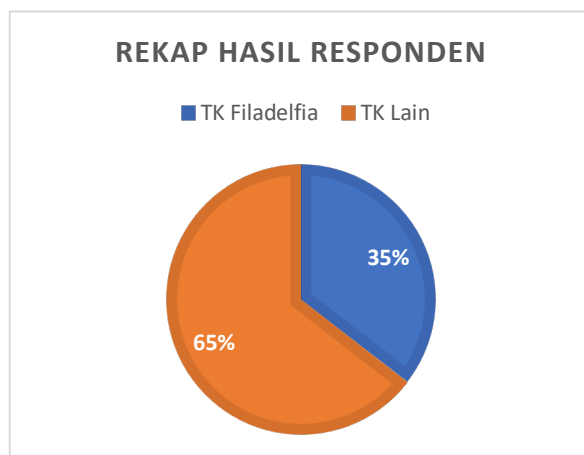
Pengujian tahap akhir dilakukan untuk mengetahui tingkat penerimaan aplikasi oleh pengguna akhir (User Acceptance Testing) di Sekolah Filadelfia Makassar. Evaluasi ini melibatkan tenaga pendidik (guru) sebagai ahli materi dan praktisi pendidikan yang berinteraksi langsung dengan sistem. Instrumen yang digunakan adalah kuesioner dengan skala Likert yang mencakup tiga indikator utama: kebermanfaatan (*usefulness*), kemudahan penggunaan (*ease of use*), dan kepuasan pengguna (*satisfaction*). Hasil rekapitulasi data kuesioner disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Rekapitulasi Hasil Kuesioner Respon Guru

No	Indikator Pengukuran	Rata-rata Skor (%)	Kategori
1	Kebermanfaatan (<i>Usefulness</i>)	82,67%	Sangat Layak
2	Kemudahan Penggunaan (<i>Ease of Use</i>)	84,83%	Sangat Layak
3	Kepuasan Pengguna (<i>Satisfaction</i>)	78,67%	Layak
Rata-Rata Keseluruhan		82,06%	Sangat Layak

Berdasarkan data pada Tabel 3, aplikasi mendapatkan penilaian rata-rata keseluruhan sebesar 82,06%, yang menempatkannya pada kategori Sangat Layak. Indikator kemudahan penggunaan memperoleh skor tertinggi (84,83%), menunjukkan bahwa antarmuka yang dirancang berhasil memberikan navigasi yang intuitif bagi pengguna. Sementara itu, aspek kebermanfaatan (82,67%) membuktikan bahwa integrasi teknologi Augmented Reality dan kuis interaktif dipandang sebagai solusi efektif dalam mendukung proses pengenalan huruf dan angka.

Hasil ini mengonfirmasi bahwa penggunaan media pembelajaran berbasis AR mampu mengatasi keterbatasan media cetak konvensional. Respon positif dari para guru menunjukkan bahwa aplikasi tidak hanya menarik secara visual, tetapi juga fungsional dalam meningkatkan keterlibatan siswa selama proses belajar mengajar di kelas. Nilai kepuasan sebesar 78,67% juga memberikan gambaran bahwa meskipun sistem sudah layak, tetap terdapat ruang untuk penyempurnaan fitur di masa mendatang agar lebih optimal dalam memenuhi kebutuhan instruksional di Sekolah Filadelfia Makassar. Hasil persentase kelayakan ini diperoleh dari akumulasi penilaian seluruh responden, yang rincian proporsi asalnya disajikan pada *pie chart* di bawah ini.



Gambar 1 Rekap Hasil Responden

Berdasarkan Gambar 1 yang menyajikan *pie chart* rekapitulasi asal responden, pengujian kelayakan aplikasi ini melibatkan total sebanyak 31 responden. Dari jumlah keseluruhan tersebut, terdapat 11 responden yang merupakan representasi dari sekolah target utama, yaitu TK Filadelfia Makassar. Sementara itu, 20 responden selebihnya berasal dari TK lain di luar sekolah target. Pelibatan 20 responden tambahan yang berasal dari TK lain (dengan proporsi 65% dari total sampel) dilakukan secara sengaja sebagai langkah validasi silang. Hal ini bertujuan untuk menguji tingkat validitas dan generalisasi aplikasi di luar lingkungan sekolah target utama (Sekolah Filadelfia Makassar). Dengan memperluas cakupan responden ke berbagai institusi pendidikan anak usia dini, hasil evaluasi kelayakan yang diperoleh menjadi lebih objektif, representatif, dan terhindar dari bias yang mungkin muncul jika pengujian hanya terpusat pada satu lingkungan sekolah. Fakta bahwa aplikasi tetap meraih persentase kelayakan yang tinggi (82,06%) dari demografi yang lebih luas ini membuktikan bahwa antarmuka dan fungsionalitas aplikasi *Alphanumeric* dapat diterima dan digunakan secara universal oleh pendidik anak usia dini. Distribusi jumlah tersebut menghasilkan proporsi persentase sebesar 35% untuk responden asal TK Filadelfia Makassar (11 dari 31 orang) dan 65% untuk responden dari TK lain (20 dari 31 orang), sebagaimana yang divisualisasikan pada grafik di atas. Meskipun terdapat dominasi (65%) responden yang berasal dari luar TK Filadelfia Makassar, hasil evaluasi secara keseluruhan tetap konsisten menunjukkan respon yang sangat positif dengan rata-rata tingkat kelayakan mencapai 82,06% (Sangat Layak).

3.4 Perbandingan Sistem dengan Metode Pembelajaran Konvensional

Sebagai bentuk evaluasi komparatif, implementasi aplikasi Game Edukasi *Alphanumeric* ini menawarkan pembaruan interaksi yang signifikan dibandingkan dengan metode konvensional. Pada pembelajaran konvensional yang mengandalkan media cetak 2D seperti buku bergambar atau kartu huruf statis, komunikasi cenderung berjalan satu arah. Observasi awal pada praktisi pendidikan menunjukkan bahwa ketiadaan umpan balik langsung (*immediate feedback*) pada media cetak membuat rentang perhatian (*attention span*) anak usia dini cenderung singkat, yakni hanya bertahan sekitar 5 hingga 10 menit.

Sebaliknya, aplikasi *Augmented Reality (AR)* ini mengatasi keterbatasan tersebut melalui pendekatan *Game-Based Learning*. Secara teoritis dan fungsional, sistem ini mengubah konsep abstrak menjadi lebih konkret dengan memproyeksikan objek 3D secara *real-time*. Lebih dari itu, keunggulan utama sistem ini terletak pada fitur kuis interaktifnya. Berbeda dengan evaluasi konvensional di atas kertas, fitur kuis pada sistem ini memberikan stimulasi multisensori (*visual* dan *auditori*) serta penghargaan (*reward*) instan berupa bintang setiap kali anak memberikan respon yang tepat.

Berdasarkan hasil uji kelayakan yang divalidasi oleh 30 orang guru PAUD, integrasi antara *visual AR* dan kuis interaktif ini dinilai sangat efektif (82,67%) dalam memfasilitasi kebutuhan eksplorasi anak. Melalui perbandingan ini, dapat ditegaskan bahwa meskipun sistem tidak dibandingkan secara langsung melalui metode kuasi-eksperimen di kelas, aplikasi *Alphanumeric* secara arsitektur dan fungsionalitas telah terbukti mampu menghadirkan

lingkungan evaluasi belajar yang jauh lebih dinamis, imersif, dan adaptif dibandingkan media konvensional.

Sebagai catatan, penelitian ini memiliki keterbatasan. Fokus penelitian dibatasi pada pengujian kelayakan media (*usability testing*) dari perspektif 30 orang tenaga pendidik serta observasi terhadap kelancaran pengoperasian antarmuka aplikasi. Penelitian ini belum mengukur tingkat signifikansi efektivitas pembelajaran secara langsung melalui desain eksperimental (*pre-test* dan *post-test*) kepada subjek siswa di kelas

3.5 Pembahasan

Berdasarkan hasil perancangan dan implementasi, aplikasi game edukasi berbasis Augmented Reality (AR) ini berhasil dikembangkan dengan mengintegrasikan Unity dan Vuforia Engine. Penggunaan teknologi marker-based tracking terbukti efektif dalam melakukan rendering objek 3D secara real-time dengan stabilitas yang baik, selama intensitas cahaya memadai [1]. Pemanfaatan Blender dalam pemodelan aset juga memastikan visualisasi huruf dan angka tampil proporsional, yang krusial untuk menarik minat belajar anak usia dini.

Aplikasi ini menawarkan keunggulan signifikan dibandingkan media konvensional (buku 2D) melalui aspek interaktivitas dan stimulasi multisensori. Antarmuka yang user-friendly serta mekanisme kuis yang adaptif telah disesuaikan dengan karakteristik kognitif anak pada tahap pra-operasional, sehingga meminimalkan hambatan navigasi saat digunakan secara mandiri [6]. Dukungan audio-visual yang atraktif memberikan pengalaman belajar yang lebih konkret, yang secara langsung berkontribusi pada peningkatan konsentrasi anak selama proses pengenalan huruf dan angka.

Namun, penelitian ini juga mengidentifikasi beberapa batasan teknis. Efektivitas pelacakan marker sangat bergantung pada kondisi pencahayaan lingkungan, di mana intensitas cahaya yang rendah dapat menghambat proses deteksi. Selain itu, tuntutan komputasi AR yang tinggi memerlukan perangkat dengan spesifikasi perangkat keras menengah ke atas (minimal RAM 3 GB) untuk menjaga performa aplikasi tetap stabil dan menghindari lag yang dapat mengganggu pengalaman pengguna.

Untuk pengembangan selanjutnya (*future work*), aplikasi ini dapat ditingkatkan melalui penambahan animasi interaktif pada objek 3D agar visualisasi menjadi lebih hidup. Selain itu, penerapan level kesulitan yang berjenjang, sistem penyimpanan progres belajar (*database*), serta integrasi fitur voice recognition untuk validasi pelafalan anak, dapat menjadi fokus pengembangan guna menciptakan ekosistem media pembelajaran yang lebih komprehensif dan berkelanjutan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, implementasi, serta pengujian yang telah dilakukan terhadap Aplikasi Game Edukasi (Alphanumeric) maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Implementasi Game Edukasi AR: Aplikasi Game Edukasi pengenalan huruf dan angka (Alphanumeric) telah berhasil diimplementasikan menggunakan teknologi Augmented Reality Marker-Based. Sistem ini mampu menampilkan objek 3D interaktif beserta pelafalan audionya secara real-time di perangkat Android, memberikan pengalaman belajar yang konkret bagi anak usia dini (4-6 tahun).
- b. Penerapan Fitur Kuis Interaktif: Fitur kuis berhasil dikembangkan dengan metode identifikasi audiovisual. Mekanisme di mana anak mendengarkan instruksi suara dan memilih objek yang tepat, ditambah dengan sistem indikator skor berupa bintang, terbukti efektif dalam meningkatkan keterlibatan (*engagement*) dan motivasi belajar anak tanpa memberikan tekanan evaluasi yang berlebihan.
- c. Tingkat Kelayakan dan Respon Pengguna: Berdasarkan uji kelayakan (*Usability Testing*) di Sekolah Filadelfia Makassar, aplikasi mendapatkan rata-rata persentase sebesar 82,06% yang masuk dalam kategori Sangat Layak. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi Alphanumeric sangat efektif, mudah digunakan (*user-friendly*), dan memberikan

kepuasan yang tinggi baik bagi siswa maupun guru sebagai media pendamping pembelajaran.

5. SARAN

Penelitian ini telah menghasilkan aplikasi yang berfungsi dengan baik, namun masih terdapat ruang untuk pengembangan lebih lanjut. Adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah:

- a. Pengembangan Teknologi Pendeteksian: Diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat menerapkan teknologi Markerless AR (seperti Plane Detection pada ARCore) agar objek 3D dapat dimunculkan langsung di atas permukaan datar tanpa memerlukan kartu cetak.
- b. Penambahan Materi Pembelajaran: Menambahkan kategori pengenalan objek lain yang relevan untuk anak usia dini, seperti pengenalan nama hewan, buah-buahan, atau warna.
- c. Dukungan Platform: Mengembangkan aplikasi ini agar dapat berjalan tidak hanya di sistem operasi Android, tetapi juga di IOS (Apple) agar jangkauan penggunaanya lebih luas.
- d. Berdasarkan batasan yang ada, disarankan untuk penelitian selanjutnya agar melakukan pengujian eksperimental menggunakan desain *pre-test* dan *post-test* secara langsung kepada subjek siswa. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan data perbandingan yang akurat mengenai peningkatan kemampuan kognitif yang signifikan antara penggunaan aplikasi *Alphanumeric* ini dengan metode pembelajaran konvensional.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Imran Djafar, S.Kom., M.T. dan Bapak Herman Heriadi S.Kom., M.Kom. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama penelitian ini. Terima kasih juga kepada pihak Sekolah Filadelfia Makassar yang telah memberikan dukungan data, tempat penelitian, serta memfasilitasi proses pengujian sistem kepada siswa dan guru, sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Azizah, M. P. Putri, dan A. R. Adjie, "Analisis Dan Perancangan Aplikasi Pembelajaran Alfabet Berbasis Augmented Reality," *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, vol. 6, no. 2, hlm. 104-111, 2020.
- [2] M. S. Farooq dkk., "The Role of Augmented Reality in Enhancing Student Learning Experience: A Systematic Review," *Educational Technology Research and Development*, vol. 70, no. 2, hlm. 1-25, 2022.
- [3] R. E. Mayer, *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, Ed. 2. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.
- [4] L. Plowman dan J. McPake, "Seven Myths About Young Children and Technology," *Childhood Education*, vol. 89, no. 1, hlm. 27-33, 2013.
- [5] N. F. Saadon dkk., "The Implementation of Interactive Quiz in Education to Enhance Students' Memory and Thinking Skills," *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, vol. 9, no. 1.4, hlm. 12-19, 2020.
- [6] Suryana, *Psikologi Perkembangan Anak Usia Dini*, Ed. 1. Jakarta: Kencana, 2022.
- [7] T. Pricillia dan Zulfachmi, "Perbandingan Metode Pengembangan Perangkat Lunak (Waterfall, Prototype, RAD)," *Jurnal Bangkit Indonesia*, vol. 10, no. 1, hlm. 6-12, 2021.
- [8] A. Saputra dan R. Rahmawati, "Pemanfaatan Augmented Reality dalam Media Pembelajaran Huruf Alfabet dan Angka," *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 12, no. 1, hlm. 45-55, 2021.

- [9] M. R. Fajri dkk., "Pengembangan Game Edukasi Pengenalan Hewan Berbasis Augmented Reality Menggunakan Marker-Based Tracking," *Jurnal Informatika*, vol. 8, no. 2, hlm. 112-120, 2022.
 - [10] R. S. Pressman dan B. R. Maxim, *Software Engineering: A Practitioner's Approach*, Ed. 9. New York: McGraw-Hill, 2020.
 - [11] Binanto, *Multimedia Digital Dasar Teori dan Pengembangannya*. Yogyakarta: Andi Offset, 2010.
 - [12] I. G. N. S. Wiadnyana dkk., "Aplikasi Game Edukasi Matematika untuk Anak Usia Dini Berbasis Augmented Reality," *Jurnal Sistem Informasi dan Komputer*, vol. 5, no. 1, hlm. 88-96, 2021.
-