

Perancangan Aplikasi Extended Reality Sebagai Media Pengenalan Huruf Hijaiyah Untuk Anak Usia Dini

[Anak Usia Dini, Extended Reality, Huruf Hijaiyah, Media Pembelajaran Interaktif, Multimedia Development Life Cycle]

Hafid Masnurillah¹⁾, Cindy Taurusta^{*2)}, Nuril Lutvi Azizah³⁾, Suprianto⁴⁾

^{1,2,3,4)} Program Studi Informatika, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: cindytaurusta@umsida.ac.id

Abstract *The purpose of this research is to design and build an Extended Reality (XR) application as a medium to introduce the hijaiyah letters to children aged 5 to 6 years at the Arrochmah Integrated PAUD Foundation. The method used in the development is the Multimedia Development Life Cycle (MDLC) with six stages: concept, design, material collection, creation, testing, and distribution. This application was developed in the Unity and C# programming languages, with three-dimensional assets modeled in Blender and running on an Oculus Quest 2 device. This application has 2 virtual learning environments: Classroom and Garden. Both environments have 14 green letters that have 3-dimensional visualization, audio pronunciation, letter pronunciation illustrations, and audio quizzes for evaluation. Functional testing was conducted to check whether all features function according to requirements using black box testing. The average score obtained from observations of 10 children on a scale of 1 to 5 showed an increase from 2.9 in the pre-test, which is close to the Sufficient category, to 4.4 in the post-test, which indicates the Very Good category. The Likert-based feasibility questionnaire obtained a percentage of 86.0%, classified as very feasible. The Hijaiyah application for early childhood has proven to be an effective learning medium as an interactive medium that can help children recognize the shape, sound, and pronunciation of the Hijaiyah letters in greater depth.*

Keywords - Early Childhood, Extended Reality, Hijaiyah Letters, Interactive Learning Media, Multimedia Development Life Cycle

Abstrak. *Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan membangun aplikasi Extended Reality (XR) sebagai media untuk memperkenalkan huruf hijaiyah kepada anak-anak usia 5 hingga 6 tahun di Yayasan PAUD Terpadu Arrochmah. Metode yang digunakan dalam pengembangan adalah Multimedia Development Life Cycle (MDLC) dengan enam tahapan yaitu konsep, desain, pengumpulan materi, pembuatan, pengujian, dan distribusi. Aplikasi ini dikembangkan dalam bahasa pemrograman Unity dan C#, dengan aset tiga dimensi yang dimodelkan di Blender dan berjalan pada perangkat Oculus Quest 2. Aplikasi ini memiliki 2 lingkungan pembelajaran virtual yaitu Kelas dan Taman. Kedua lingkungan tersebut memiliki 14 huruf hijau yang memiliki visualisasi 3 dimensi, pengucapan audio, ilustrasi pengucapan huruf, dan kuis audio untuk evaluasi. Pengujian Fungsional dilakukan untuk memeriksa apakah semua fitur berfungsi sesuai persyaratan menggunakan pengujian black box testing. Skor rata-rata yang diperoleh dari pengamatan 10 anak pada skala 1 sampai 5 menunjukkan peningkatan dari 2,9 point pada pre-test, yang mendekati kategori Cukup, menjadi 4,4 point pada post-test, yang menunjukkan kategori Sangat Baik. Kuesioner kelayakan berbasis Likert memperoleh presentase 86,0% yang diklasifikasikan sebagai sangat layak. Aplikasi hijaiyah untuk anak usia Dini telah terbukti menjadi media pembelajaran yang efektif sebagai media interaktif yang dapat membantu anak-anak mengenali bentuk, bunyi, dan pengucapan huruf hijaiyah secara lebih mendalam..*

Kata Kunci - Anak Usia Dini, Extended Reality, Huruf Hijaiyah, Media Pembelajaran Interaktif, Multimedia Development Life Cycle.

I. PENDAHULUAN

Masa anak-anak awal didefinisikan sebagai kelompok orang berusia lima hingga enam tahun, setiap tahap memiliki karakteristik pertumbuhan dan perkembangannya sendiri [1]. Pada periode ini anak-anak berada dalam fase perkembangan yang sangat pesat terutama dalam keterampilan berbahasa, rentang perhatian dan keterampilan motorik sehingga metode pembelajaran yang diberikan perlu disesuaikan dengan karakteristik usia ini [2]. Salah satu materi penting dalam pendidikan Islam pada usia ini adalah pengenalan huruf hijaiyah. Ini adalah langkah pertama sebelum anak-anak belajar membaca Al-Quran. Cara konvensional mempelajari huruf hijaiyah yang hanya mengandalkan buku cetak atau metode hafalan seringkali tidak menarik bagi anak-anak yang telah tumbuh terbiasa dengan perangkat digital. Penggunaan teknologi dalam pendidikan telah terbukti meningkatkan efektivitas pembelajaran dan membuat proses pembelajaran lebih interaktif, menarik dan menghibur bagi anak-anak [3]. Oleh karena itu, perlu adanya media pembelajaran berbasis teknologi untuk menarik perhatian anak-anak dan menumbuhkan minat belajar huruf hijaiyah sejak usia dini.

Anak-anak pada usia ini sangat ingin tahu tetapi memiliki rentang konsentrasi yang pendek. Oleh karena itu, media pembelajaran yang dirancang harus mampu melibatkan indra sehingga proses pembelajaran menjadi lebih bermakna. Pembelajaran yang efektif untuk anak usia dini harus disajikan secara konkret, visual, dan interaktif, karena anak-anak pada kelompok usia ini lebih mudah memahami suatu konsep melalui pengalaman langsung [4]. Media interaktif dapat menyajikan konten dalam bentuk gambar, audio, animasi dan respons pengguna sehingga anak-anak lebih aktif mengikuti dan berpartisipasi dalam kegiatan pembelajaran daripada menerima penjelasan satu arah [5]. Namun, sebagian besar lembaga pendidikan Islam usia dini terutama taman kanak-kanak. Pendidikan Anak Usia Dini (PAUD) dan Pusat Pendidikan Al-Quran (TPA) masih sebagian besar menggunakan metode pengajaran konvensional tanpa dukungan alat bantu pembelajaran interaktif. Kondisi ini membuat anak-anak mudah bosan dan sulit fokus dalam mengenali huruf hijaiyah. Masalah yang sama juga ditemukan dalam studi kasus di Yayasan PAUD Terpadu Arrochmah. Berdasarkan hasil observasi, proses pembelajaran huruf hijaiyah untuk anak prasekolah di lembaga ini membutuhkan inovasi media yang lebih interaktif dan menarik secara visual sesuai dengan karakteristik anak di era digital. Dari situ, Yayasan PAUD Terpadu Arrochmah dipilih sebagai mitra dan lokasi uji coba dalam penelitian ini.

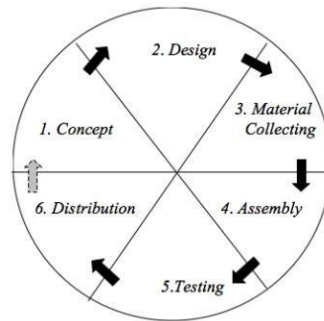
Teknologi imersif telah terbukti membantu meningkatkan minat dan hasil belajar dalam pendidikan anak usia dini, dalam berbagai mata pelajaran mulai dari mengidentifikasi objek di lingkungan sekitar hingga materi keagamaan [6]. Hal ini menekankan bahwa pengalaman belajar imersif yang menempatkan anak-anak langsung ke dalam lingkungan visual tiga dimensi mungkin menghasilkan tingkat keterlibatan yang lebih tinggi daripada media dua dimensi tradisional. Pengembangan media untuk belajar huruf hijaiyah berbasis Augmented Reality (AR) pada platform seluler juga banyak dilakukan, termasuk dengan menggunakan penanda untuk menampilkan objek huruf tiga dimensi serta pengucapan audio [7]. Metode ini dapat memberikan visualisasi 3D dan suara pengucapan, tetapi interaksi masih terbatas oleh ukuran layar perangkat genggam, dan tidak membuat pengguna benar-benar terlibat dalam lingkungan pembelajaran. Kemudian, teknologi multimedia interaktif terus berkembang melalui penerapan Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR), dan Mixed Reality (MR) yang merupakan dasar pembentukan konsep Extended Reality (XR). Dengan AR, pengguna dapat berinteraksi dengan objek virtual secara langsung dan real-time dalam lingkungan fisik pengguna [8]. VR membawa pengguna ke dalam dunia virtual 3D yang dihasilkan komputer sehingga pengguna dapat mengalami pengalaman belajar yang imersif dan realistis [9]. MR adalah integrasi AR dan VR, memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan objek digital dan lingkungan fisik secara bersamaan [10]. Ketiga teknologi ini telah berkembang menjadi konsep XR yang terdiri dari AR, VR, dan MR dalam satu ekosistem media pembelajaran interaktif, sehingga mampu menghadirkan perpaduan dunia nyata dan dunia virtual secara imersif dan realistis [11].

Perangkat tampilan kepala mandiri seperti Oculus Quest 2 mampu menghadirkan pengalaman VR tanpa memerlukan komputer atau sensor eksternal, dan mencakup kontroler yang mendukung interaksi berbasis ray-cast, tombol pemicu, dan joystick. Perangkat ini telah terbukti memberikan simulasi yang aman, berulang, dan realistis di lingkungan pendidikan, di mana pengguna dapat berlatih dan belajar tanpa risiko dan tanpa batasan ruang dan waktu [12]. Pengembangan media pembelajaran berbasis VR menggunakan perangkat Oculus Quest dalam konteks pendidikan anak usia dini juga menunjukkan hasil positif, di mana lingkungan virtual yang dirancang menyerupai ruang kelas dapat secara signifikan meningkatkan antusias anak dan efektivitas pengenalan objek dibandingkan dengan metode konvensional [13]. Dalam studi lain tentang pengembangan media VR berbasis Oculus Quest 2, pengujian fungsional dengan metode Black Box Testing dan pengukuran kegunaan juga mengkonfirmasi bahwa kelayakan sebagai media pembelajaran interaktif dapat dibuktikan dengan aplikasi simulasi [14]. Namun, penelitian untuk mengembangkan media pengenalan huruf hijaiyah sejauh ini masih sebagian besar terbatas pada platform dua dimensi atau Augmented Reality berbasis seluler dan belum menempatkan anak usia dini ke dalam lingkungan pembelajaran virtual yang imersif dengan interaksi berbasis pengontrol VR seperti yang dimungkinkan dengan perangkat seperti Oculus Quest 2.

Penelitian ini mengembangkan Aplikasi Hijaiyah Anak Usia Dini berbasis perangkat Oculus Quest 2. Aplikasi Extended Reality ini bertujuan untuk mengajarkan huruf hijaiyah kepada anak usia dini dengan menciptakan lingkungan belajar virtual yang imersif. Aplikasi ini memiliki dua lingkungan belajar, yaitu ruang kelas dan taman. Setiap lingkungan memiliki 14 huruf hijaiyah sehingga proses pembelajaran dapat dilakukan secara bertahap. Setiap huruf disajikan dengan tampilan 2D dan 3D, pengucapan audio, ilustrasi makhrajul huruf, dan instruksi suara pada setiap langkah navigasi sehingga anak-anak dapat memahami alur aplikasi tanpa harus bergantung pada kemampuan membaca teks. Aplikasi ini juga menawarkan kuis audio sebagai evaluasi pembelajaran. Kuis audio ini memutar suara huruf secara acak dan anak-anak diminta untuk memilih huruf yang benar dengan berinteraksi dengan ray-cast dan tombol pemicu pada kontroler. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan aplikasi Extended Reality menggunakan Oculus Quest 2 sebagai media untuk memperkenalkan huruf hijaiyah bagi anak usia dini di Yayasan PAUD Terpadu Arrochmah dan untuk menguji kelayakan fungsional aplikasi melalui Pengujian Black Box Testing. Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada bentuk media pembelajaran interaktif yang membantu anak usia dini mempelajari bentuk, bunyi, dan pengucapan huruf hijaiyah dengan cara yang lebih visual dan menyenangkan.

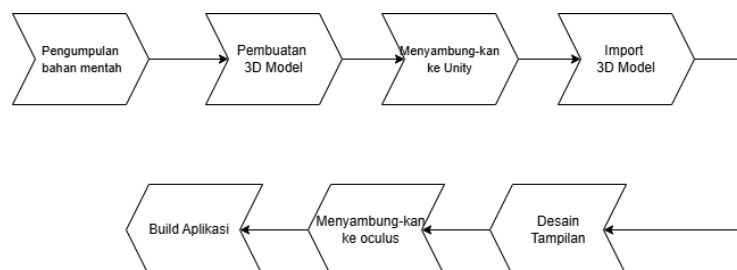
II. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan perangkat lunak yang menghasilkan aplikasi Extended Reality (XR) sebagai media pengenalan huruf hijaiyah pada anak usia dini. Metode yang digunakan adalah Multimedia Development Life Cycle (MDLC), karena tahapan pengembangannya sesuai dengan karakteristik aplikasi berbasis multimedia yang berisi objek tiga dimensi, audio, tampilan visual, interaksi pengguna dan lingkungan virtual [15]. Tahapan alur kerja MDLC adalah sebagai berikut: konsep, desain, pengumpulan material, perakitan, pengujian dan distribusi yang ditunjukkan pada gambar 1.



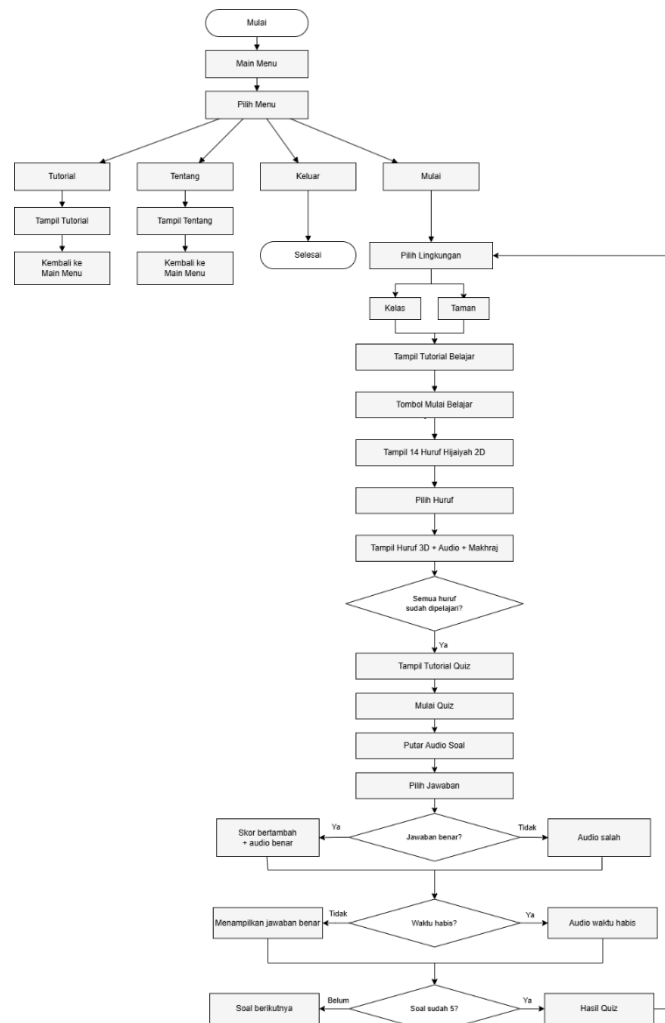
Gambar 1. Multimedia development life cycle

Fase konsep mendefinisikan tujuan, pengguna sasaran, dan ruang lingkup aplikasi. Aplikasi pengenalan huruf hijaiyah merupakan media berbasis Extended Reality. Aplikasi ini dibuat untuk memperkenalkan huruf hijaiyah pada pendidikan anak usia dini di Yayasan Pendidikan Anak Usia Dini Terpadu Arrochmah. Materi yang digunakan adalah 28 huruf hijaiyah yang dibagi menjadi dua lingkungan belajar, yaitu kelas dan taman, yang masing-masing berisi 14 huruf sehingga proses pembelajaran dapat dilakukan secara bertahap dan tidak membebani anak dengan terlalu banyak materi sekaligus. Konsep aplikasi ini adalah untuk memungkinkan pengguna mempelajari bentuk, bunyi, dan pengucapan huruf melalui visualisasi tiga dimensi yang dikombinasikan dengan audio, seperti yang ditunjukkan pada alur konseptual pembuatan aplikasi pada Gambar 2 yang dimulai dari pengumpulan bahan baku, pembuatan model tiga dimensi, menghubungkan aset ke Unity, mengimpor model tiga dimensi, desain tampilan, menghubungkan ke Oculus, hingga pembuatan aplikasi.



Gambar 2. Konsep Pembuatan Aplikasi

Tahap design mencakup perancangan flowchart gameplay, storyboard tiap chapter, serta desain antarmuka [16]. Alur sistem dan antarmuka aplikasi dirancang pada tahap desain menggunakan Flowchart, yang menunjukkan navigasi dari menu utama, pemilihan menu, pemilihan lingkungan belajar, proses pembelajaran huruf hijaiyah, kuis audio, hasil kuis, kembali ke menu utama, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Menu utama Tombol Mulai, Tutorial, Tentang, dan Keluar yang direncanakan. Tombol Mulai akan membawa pengguna untuk memilih lingkungan belajar, tombol Tutorial akan menampilkan panduan pengguna, dan tombol Tentang akan menampilkan informasi aplikasi. Pembelajaran dibangun dari tampilan dua dimensi panel huruf hijaiyah, objek huruf tiga dimensi, pengucapan audio, dan makhrjul huruf. Semua elemen antarmuka dibuat sederhana dan memiliki instruksi suara di setiap langkah karena pengguna sasaran adalah anak usia dini yang belum sepenuhnya terbiasa dengan teks atau navigasi kompleks di lingkungan virtual.



Gambar 3. Flowchart Aplikasi Huruf Hijaiyah Pintar

Flowchart aplikasi terdiri atas tampilan menu utama, tutorial, tentang aplikasi, pemilihan lingkungan, panel huruf hijaiyah 2D, tampilan huruf 3D, makhrajul huruf, kuis audio, hasil kuis. Menu utama muncul tombol Mulai, Tutorial, Tentang, dan Keluar. Tampilan pembelajaran muncul huruf 2D, objek huruf 3D, audio pelafalan, dan gambar makhrajul huruf. Desain dibuat sederhana agar mudah digunakan oleh anak usia dini.

Tahap pengumpulan material dilakukan dengan menghimpun seluruh aset pendukung, mencakup model tiga dimensi huruf hijaiyah, ilustrasi makhrajul huruf, aset lingkungan ruang kelas dan taman, berkas audio pengucapan dan instruksi suara, serta elemen antarmuka pengguna. Model tiga dimensi huruf hijaiyah dan elemen lingkungan dibuat menggunakan perangkat lunak blender, sedangkan berkas audio direkam dan diedit agar pelafalan setiap huruf jelas dan sesuai dengan kaidah makhraj. Ketelitian pada tahap ini penting untuk memastikan seluruh muatan visual dan audio selaras dengan tujuan pembelajaran sebelum diintegrasikan ke tahap pembuatan. Tahap pembuatan mengambil semua hasil desain dan material dan menerjemahkannya ke dalam aplikasi yang dapat dieksekusi. Pengembangan dilakukan di unity sebagai mesin game utama dengan bahasa pemrograman C# di mana semua aset tiga dimensi, audio, lingkungan pembelajaran, panel kuis, dan hasil kuis diintegrasikan ke dalam satu aplikasi tunggal. Integrasi dilakukan menggunakan XR Interaction Toolkit Software Development Kit (SDK) dari Unity, karena aplikasi ini dimaksudkan untuk dijalankan pada perangkat Oculus Quest 2, sehingga semua interaksi pengguna dengan objek dan tombol pada antarmuka dilakukan melalui mekanisme ray-cast dari pengontrol, menekan tombol pemicu untuk memilih atau mengkonfirmasi dan joystick untuk menavigasi dan menggeser tampilan di lingkungan virtual. Pendekatan interaksi berbasis kontroler ini dipilih karena lebih sesuai dengan fitur perangkat head-mounted display standalone daripada pendekatan interaksi berbasis sentuhan layar pada perangkat mobile.

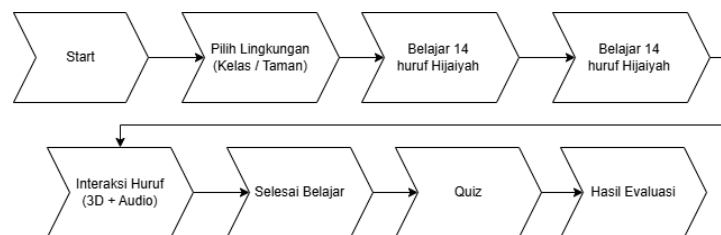
Tahap pengujian dilakukan dengan menggunakan metode Black Box Testing, yaitu metode pengujian yang berfokus pada fungsi aplikasi tanpa mempertimbangkan struktur kode program [17]. Metode ini dipilih karena aplikasi

yang sedang dikembangkan memiliki banyak interaksi, seperti tombol, transisi adegan, visualisasi huruf hijaiyah dua dan tiga dimensi, dan audio pengucapan, yang semuanya perlu dipastikan berjalan dengan baik dari perspektif pengalaman pengguna. Kesesuaian fungsi tombol menu, transisi yang lancar antara adegan, akurasi tampilan huruf hijaiyah dua dan tiga dimensi, dan kemampuan audio pengucapan, makhranj, dan kuis untuk menjalankan interaksi ray-cast dan pemicu pada kontroler Oculus Quest 2 adalah beberapa bagian dari pengujian. Selain uji fungsional, kinerja pembelajaran juga diukur dengan alat post-test dan pre-test yang diberikan kepada anak-anak sebelum dan sesudah aplikasi digunakan. Selain itu, pendamping atau guru menerima kuesioner kelayakan berdasarkan skala Likert. Tahap distribusi dilakukan setelah aplikasi melalui proses pengujian dan dinyatakan layak digunakan. Aplikasi di-build dalam format yang dapat dipasang langsung pada perangkat Oculus Quest 2, sehingga dapat digunakan secara mandiri oleh Yayasan PAUD Terpadu Arrochmah sebagai media pembelajaran tambahan dalam kegiatan pengenalan huruf hijaiyah. Tahap ini juga mencakup penyusunan dokumentasi penggunaan aplikasi serta pencatatan masukan dari pengguna sebagai dasar pertimbangan pengembangan dan pemeliharaan aplikasi pada periode berikutnya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Concept (Konsep)

Tahap concept (konsep) dalam pengembangan aplikasi Extended Reality (XR) ini berfokus pada perancangan ide utama sistem pembelajaran huruf hijaiyah untuk anak usia dini. Aplikasi dirancang untuk memberikan pengalaman belajar huruf hijaiyah secara interaktif melalui dua lingkungan pembelajaran utama, yaitu lingkungan kelas dan taman. Masing-masing lingkungan berisi 14 huruf hijaiyah yang dipelajari secara bertahap, sehingga seluruh 28 huruf dapat dikenalkan tanpa membebani kemampuan kognitif anak usia dini dalam satu waktu. Setiap huruf hijaiyah dalam lingkungan tersebut dapat diakses secara interaktif oleh pengguna. Anak dapat memilih huruf, kemudian sistem akan menampilkan visualisasi huruf, audio pelafalan, serta penjelasan sederhana untuk membantu proses pengenalan bentuk dan bunyi huruf. Setelah seluruh 14 huruf hijaiyah dalam satu lingkungan berhasil dipelajari, sistem memberikan tahapan evaluasi berupa kuis audio huruf hijaiyah. Kuis ini dirancang untuk mengukur pemahaman pengguna terhadap materi yang telah dipelajari, di mana anak diminta untuk mencocokkan bunyi huruf dengan pilihan huruf yang tersedia. Dengan demikian, konsep pembelajaran tidak hanya bersifat pengenalan, tetapi juga evaluasi pemahaman secara interaktif. Alur konsep pembelajaran aplikasi ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan Alur Konsep Pembelajaran Aplikasi Hijaiyah Pintar

Gambar 4 menunjukkan alur konsep pembelajaran dalam aplikasi huruf hijaiyah pintar yang dimulai dari pemilihan lingkungan belajar hingga proses evaluasi melalui kuis audio. Alur ini dirancang untuk memberikan pengalaman belajar bertahap dan interaktif sesuai dengan karakteristik anak usia dini.

B. Design (Perancangan)

Tahap ini mencakup perancangan tampilan antarmuka aplikasi, struktur navigasi, pemilihan lingkungan belajar kelas dan taman, tampilan huruf hijaiyah 2D dan 3D, integrasi audio pelafalan serta makhradjul huruf, dan rancangan kuis audio sebagai evaluasi pembelajaran.

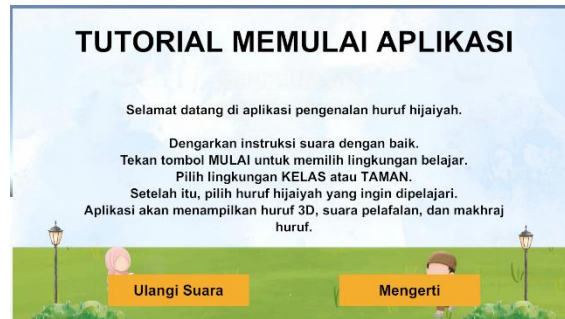
1. Tampilan Prolog



Gambar 5. Tampilan Prolog Aplikasi

Prolog aplikasi ditunjukkan pada Gambar 5. Prolog berisi identitas pengembang, termasuk nama, nomor induk mahasiswa, jurusan, dan nama dosen pembimbing dan dosen penguji. Saat aplikasi dimulai sebagai alat informasi singkat sebelum menuju tahap tutorial, tampilan ini adalah yang pertama muncul.

2. Tampilan Tutorial



Gambar 6. Tampilan Tutorial Awal

Setelah prolog, sistem menampilkan tutorial pertama seperti pada Gambar 6. Dalam tutorial ini terdapat instruksi langkah demi langkah seperti mendengarkan instruksi suara, menekan tombol Mulai untuk memilih lingkungan belajar, memilih lingkungan kelas atau taman, dan memilih huruf hijaiyah yang ingin mereka pelajari. Tutorial ini dirancang untuk membantu anak-anak memahami alur aplikasi tanpa bergantung pada kemampuan membaca.

3. Tampilan Menu Utama



Gambar 7. Tampilan Menu Utama

Gambar 7 menunjukkan menu utama aplikasi, yang terdiri dari tombol Mulai, Tutorial, Tentang, dan Keluar. Tombol Mulai memungkinkan Anda memasuki tahap pemilihan lingkungan pembelajaran, sedangkan tombol Tentang menampilkan informasi tentang aplikasi. Terakhir, tombol Keluar memungkinkan Anda menutup aplikasi. Ray-cast dan pemicu pada kontroler Oculus Quest 2 dapat mengaktifkan semua tombol menu.

4. Tampilan Pemilihan Lingkungan Belajar



Gambar 8. Tampilan Pemilihan Lingkungan Belajar

Setelah memilih tombol Mulai, pengguna diarahkan ke tampilan pemilihan lingkungan belajar yang ditunjukkan pada Gambar 8. Pengguna dapat memilih lingkungan Kelas, yang memuat 14 huruf hijaiyah pertama, atau lingkungan Taman, yang memuat 14 huruf hijaiyah berikutnya. Tombol Kembali juga disediakan apabila pengguna ingin membatalkan pemilihan dan kembali ke menu sebelumnya.

5. Tampilan Panduan Teknis Penggunaan Aplikasi



Gambar 9. Tampilan Panduan Teknis Penggunaan Aplikasi

Pada tahap ini, sistem juga menyediakan panduan teknis yang lebih detail tentang cara menggunakan aplikasi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9, yang mencakup cara menghubungkan perangkat ke headset Oculus Meta Quest 2, cara menggerakkan kursor atau penunjuk ke tombol Mulai, cara memilih kategori lingkungan Kelas atau Taman, dan cara menggunakan pengontrol untuk berinteraksi dengan huruf hijaiyah tiga dimensi dengan memutar, memperbesar, dan memperkecil huruf.

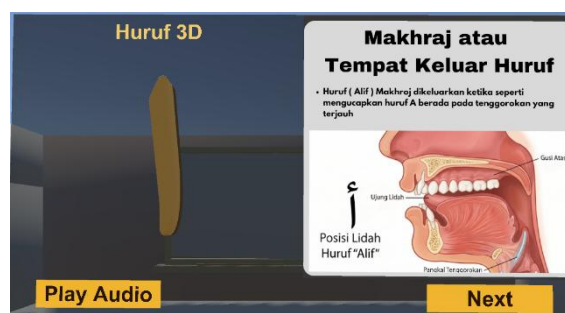
6. Tampilan Panel Huruf Hijaiyah Dua Demensi



Gambar 10. Tampilan Panel Huruf Hijaiyah Dua Demensi

Setelah memilih lingkungan pembelajaran, panel dua dimensi huruf Hijaiyah akan ditampilkan seperti pada Gambar 10. Sebelumnya, sistem menampilkan 14 huruf Hijaiyah berdasarkan lingkungan yang dipilih dan juga menginstruksikan pengguna untuk menyelesaikan pembelajaran semua huruf yang tersedia pada panel sebelum melanjutkan ke tahap evaluasi.

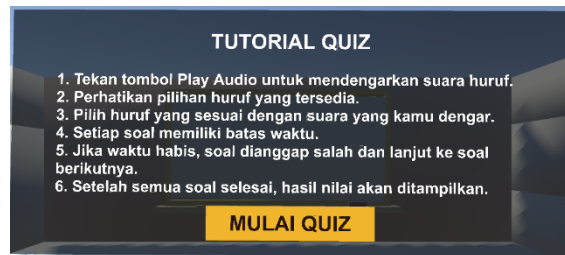
7. Tampilan Panel Huruf Hijaiyah Tiga Demensi dan Makhrajul huruf



Gambar 11. Tampilan Panel Huruf Hijaiyah Tiga Demensi dan Makhrajul huruf

Sistem ini akan menampilkan huruf-huruf hijaiyah dalam bentuk tiga dimensi yang dapat diputar, diperbesar, atau diperkecil, dilengkapi dengan pengucapan audio dan ilustrasi pengucapan huruf ketika pengguna menyentuh atau menunjuk salah satu huruf pada panel, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.

8. Tampilan Tutorial Sebelum Memulai Quiz



Gambar 12. Tampilan Tutorial

Setelah seluruh huruf pada suatu lingkungan selesai dipelajari, sistem menampilkan tutorial kuis sebagai pengantar sebelum evaluasi dimulai, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 12. Tutorial ini menjelaskan tata cara mengerjakan kuis, yaitu menekan tombol Play Audio untuk mendengarkan suara huruf, memperhatikan pilihan huruf yang tersedia, memilih huruf yang sesuai dengan suara yang didengar, memperhatikan batas waktu setiap soal, apabila waktu habis soal akan dianggap salah dan dilanjutkan ke soal berikutnya.

9. Tampilan Quiz Audio Huruf Hijaiyah



Gambar 13. Tampilan Quiz Audio Huruf Hijaiyah

Gambar 13 menunjukkan tampilan quiz audio. Quiz terdiri atas lima soal. Sistem memutar audio huruf sebagai soal. Pengguna memilih jawaban berdasarkan bunyi huruf tersebut. Quiz dilengkapi timer, skor, warna tombol, dan audio umpan balik.

10. Tampilan Hasil Quiz



Gambar 14. Tampilan Hasil Quiz

Pada akhir sesi kuis, sistem menampilkan hasil kuis berupa jumlah jawaban benar, jawaban salah, skor akhir, dan status hasil pembelajaran sebagai indikator pemahaman pengguna seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.

C. Material Collection

Pada tahap ini dibutuhkan beberapa bahan huruf hijaiyah 3D dan lingkungan belajar 3D yang dibutuhkan, serta menggunakan aplikasi yang dibutuhkan untuk membuat Aplikasi ini yaitu blender dan unity.

1. Tampilan Huruf Hijaiyah 3D

Tabel 1. Desain Huruf Hijaiyah 3D

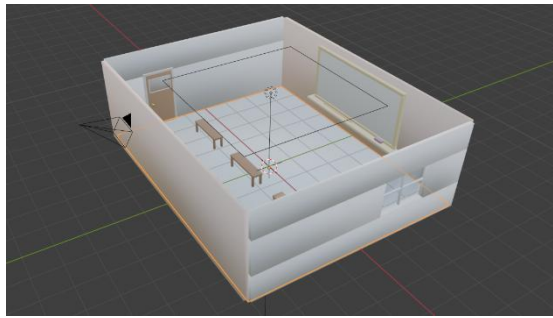
Disain	Huruf Hijaiyah
	Alif
	Ba
	Ta
	Tsa
	Jim

	Kha
	Kho
	Dal
	Dzal
	Ra

	Zai
	Sin
	Syin
	Shad

Tabel 1 menampilkan desain huruf hijaiyah dalam bentuk tiga dimensi yang digunakan sebagai objek utama pada aplikasi pembelajaran berbasis Extended Reality. Setiap huruf dimodelkan menggunakan Blender dengan memperhatikan kesesuaian bentuk, ketebalan dan keterbacaan agar mudah dikenali oleh anak usia dini. Model dibuat secara terpisah untuk setiap huruf, mulai dari Alif hingga Ya, sehingga masing-masing objek dapat dipanggil dan ditampilkan sesuai pilihan pengguna di dalam aplikasi.

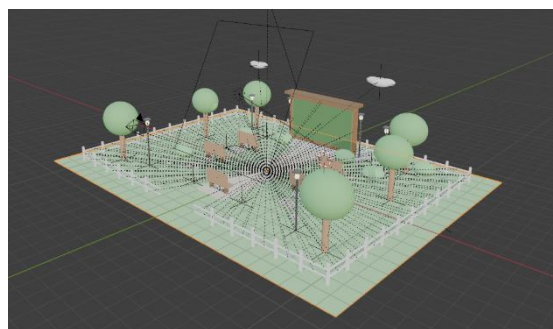
2. Tampilan lingkungan kelas 3D



Gambar 15. Tampilan Lingkungan kelas 3D

Gambar 15 menunjukkan rancangan lingkungan kelas tiga dimensi yang dibuat menggunakan Blender sebagai salah satu ruang belajar pada aplikasi huruf hijaiyah pintar. Lingkungan ini dirancang menyerupai ruang kelas sederhana dengan elemen utama berupa dinding, lantai, papan tulis, meja, bangku, pintu, dan jendela. Penataan objek dibuat agar ruang terlihat familiar bagi anak usia dini sekaligus menyediakan area yang cukup untuk menampilkan materi pembelajaran huruf hijaiyah. Lingkungan kelas digunakan sebagai salah satu pilihan tempat belajar yang memuat 14 huruf hijaiyah. Setelah model selesai dibuat, seluruh objek diekspor ke Unity untuk diintegrasikan dengan antarmuka pembelajaran, audio pelafalan, serta interaksi menggunakan kontroler Oculus Quest 2. Desain ruang yang sederhana bertujuan menjaga fokus pengguna pada materi utama tanpa menghadirkan terlalu banyak elemen visual yang dapat mengganggu proses pembelajaran.

3. Tampilan lingkungan taman 3D

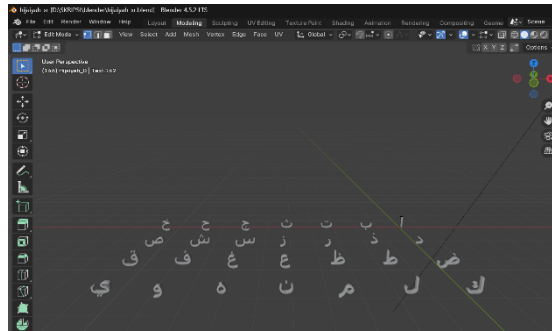


Gambar 16. Tampilan Lingkungan Taman 3D

Gambar 16 menunjukkan desain lingkungan taman tiga dimensi yang dibuat menggunakan Blender sebagai salah satu ruang belajar dalam aplikasi huruf hijaiyah pintar. Lingkungan taman dilengkapi dengan elemen pepohonan, pagar, jalur, bangku, lampu taman dan papan untuk menciptakan suasana belajar yang menarik dan nyaman bagi anak usia dini. Model taman selanjutnya diintegrasikan ke dalam Unity sebagai tempat pembelajaran 14 huruf hijaiyah yang dilengkapi visualisasi 3D, audio pelafalan, dan interaksi menggunakan kontroler Oculus Quest 2.

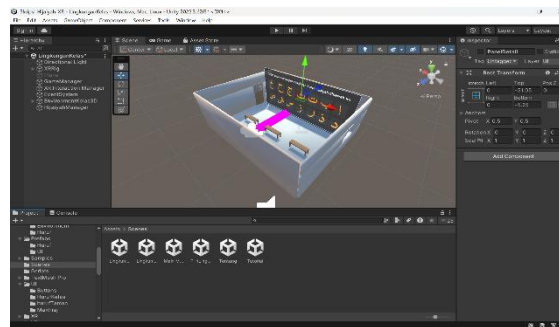
D. Assembly

Tahap assembly merupakan proses implementasi seluruh aset dan rancangan menjadi aplikasi media pembelajaran yang fungsional, mencakup pemodelan aset 3D, integrasi ke game engine Unity, dan penulisan logika interaksi menggunakan bahasa pemrograman C#. Proses dimulai dengan pemodelan huruf hijaiyah secara individual menggunakan Blender dalam mode Edit Mode melalui teknik mesh editing. Setiap huruf diberi material berwarna cerah agar menarik secara visual bagi anak usia dini. Setelah selesai, seluruh aset diekspor ke format .fbx dan diimpor ke dalam proyek Unity melalui panel Project. Tampilan proses pemodelan 3D di Blender dapat dilihat pada Gambar 17.



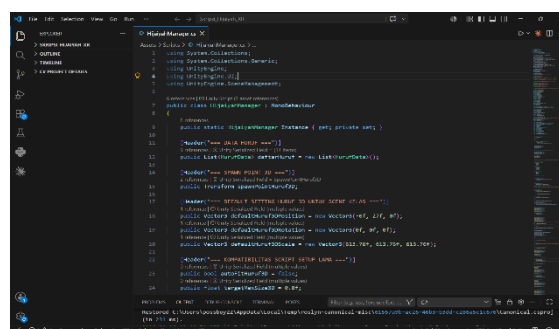
Gambar 17. Tampilan Pembuatan 3D

Di dalam Unity, seluruh aset yang telah diimpor disusun ke dalam scene bernama LingkunganKelas yang merepresentasikan lingkungan kelas virtual tiga dimensi. Objek huruf hijaiyah ditempatkan pada papan tulis di dalam ruangan, sementara elemen pendukung seperti meja, lantai, dan dinding diatur menggunakan komponen Transform agar proporsi ruang terasa natural. Pada panel Hierarchy, terlihat komponen utama yang membangun aplikasi, di antaranya XRRig sebagai representasi pengguna dalam lingkungan XR, XR Interaction Manager yang mengelola seluruh interaksi controller, HijaiyahManager sebagai pengendali logika huruf, serta EnvironmentKelas3D sebagai wadah aset lingkungan kelas. Struktur proyek pada panel Project juga menampilkan folder Scenes, Scripts, Prefabs, Huruf, dan UI yang mencerminkan organisasi aset secara keseluruhan. Tampilan scene Unity beserta susunan hierarki dan struktur proyek dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Tampilan Scene Unity

Logika interaksi kemudian ditulis menggunakan C# di Visual Studio yang terintegrasi dengan Unity. Skrip utama mencakup deteksi ray-cast dari controller Oculus secara real-time, pemutaran audio pengucapan huruf secara otomatis saat objek dipilih, dan navigasi antarlayar menggunakan joystick controller. Setiap skrip di-attach ke objek terkait melalui panel Inspector. Tampilan skrip C# dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Tampilan Skrip C#

Setelah seluruh komponen terintegrasi, proyek di-build melalui Build Settings Unity dengan konfigurasi platform Android untuk Oculus Quest 2, menghasilkan file .apk yang dipasang ke perangkat menggunakan Android Debug Bridge (ADB). Hasil akhir tahap ini adalah aplikasi media pembelajaran huruf hijaiyah berbasis Extended Reality yang siap dijalankan pada Oculus Quest 2 dan memasuki tahap pengujian. Tampilan aplikasi pada perangkat dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 20. Tampilan Aplikasi Huruf Hijaiyah Pintar di Oculus Quest 2

E. Testing

Pengujian fungsional aplikasi dilakukan dengan menggunakan metode Black Box Testing untuk semua fitur utama seperti prolog, tutorial, menu utama, pemilihan lingkungan, pembelajaran huruf, kuis audio, hasil kuis, dan kuesioner. Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian.

Tabel 2. Hasil Pengujian Blackbox Testing

No	Fitur yang Diuji	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1	Prolog dan tutorial awal	Menjalankan aplikasi dan menekan tombol Lanjut	Menampilkan prolog, tutorial, dan audio instruksi	Sesuai	Valid
2	Menu utama	Menekan tombol Mengerti	Menampilkan menu utama dan audio instruksi tombol Mulai	Sesuai	Valid
3	Pemilihan lingkungan	Menekan tombol Mulai, lalu memilih Kelas atau Taman melalui ray-cast dan trigger	Berpindah ke lingkungan belajar sesuai pilihan	Sesuai	Valid
4	Tutorial belajar	Masuk ke lingkungan belajar	Menampilkan pop up tutorial belajar	Sesuai	Valid
5	Panel huruf 2D	Menekan tombol Mulai Belajar	Menampilkan 14 huruf hijaiyah dan audio instruksi	Sesuai	Valid
6	Huruf 3D	Mengarahkan ray-cast dan menekan trigger pada salah satu huruf hijaiyah	Menampilkan objek huruf 3D sesuai pilihan	Sesuai	Valid

7	Audio pelafalan	Menekan tombol Play Audio	Memutar audio sesuai huruf	pelafalan Sesuai	Valid
8	Makhrajul huruf	Memilih hijaiyah	Menampilkan makhraj sesuai huruf	ilustrasi Sesuai	Valid
9	Tutorial kuis	Semua huruf selesai dipelajari	Menampilkan tutorial kuis sebelum evaluasi	Sesuai	Valid
10	Kuis audio	Menekan tombol Mulai Kuis dan Play Audio	Menampilkan soal, pilihan jawaban, timer, dan audio soal	Sesuai	Valid
11	Feedback kuis	Memilih jawaban melalui ray-cast dan trigger, atau waktu habis	Menampilkan warna tombol dan memutar audio feedback	Sesuai	Valid
12	Hasil kuis	Menyelesaikan kuis	Menampilkan hasil kuis	Sesuai	Valid

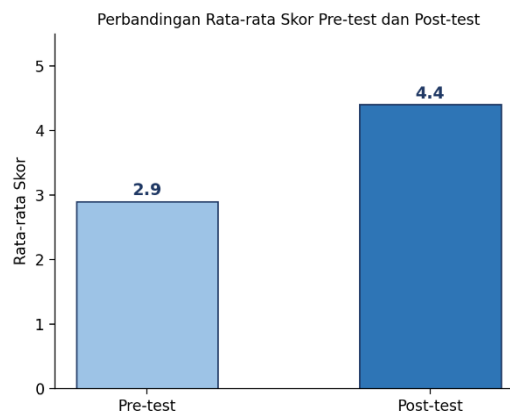
Fitur-fitur semua aplikasi berfungsi sesuai dengan desain yang telah ditentukan berdasarkan Tabel 1. Semua tombol, transisi adegan, visualisasi huruf 2 dan 3 dimensi, audio pengucapan, makhraj, kuis, pengatur waktu dan hasil kuis mudah diakses melalui interaksi ray-cast dan pemicu pada pengontrol oculus quest 2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi telah memenuhi persyaratan fungsional sebagai alat pengenalan huruf hijaiyah berbasis extended reality untuk anak usia dini.

Selain pengujian fungsional, efektivitas aplikasi dalam membantu anak-anak mengenali huruf hijaiyah juga diukur dengan lembar observasi yang diisi oleh pendamping sebelum (pre-test) dan setelah (post-test) anak-anak menggunakan aplikasi. Pre-test dilaksanakan menggunakan metode pembelajaran buku cetak/Iqra (Pembacaan Al-Quran) yang rutin dipraktikkan setiap hari di Yayasan Pendidikan Anak usia dini Terpadu Arrochmah, sedangkan post-test dilakukan setelah anak-anak menggunakan Aplikasi hijaiyah anak usia dini. Observasi dilakukan terhadap 10 responden anak usia dini yang sama pada kedua tahap, terdiri atas 5 anak laki-laki dan 5 anak perempuan, berbekal lima indikator penilaian sesuai Tabel 2.

Tabel 3. Pertanyaan Pre-Test dan Post-Test

No	Pertanyaan
1	Anak mampu mengenali bentuk visual huruf hijaiyah (Alif - Ya) saat ditunjukkan.
2	Anak mampu melafalkan bunyi huruf hijaiyah dengan pengucapan yang tepat.
3	Anak mampu membedakan huruf hijaiyah yang memiliki bentuk mirip (misal: Ba, Ta, Tsa).
4	Anak menunjukkan tingkat konsentrasi dan ketertarikan (fokus) selama proses belajar.
5	Anak mampu merespon instruksi atau pertanyaan terkait huruf hijaiyah secara interaktif.

Pada Gambar 18 menyajikan hasil perbandingan skor pre-test dan post-test, didapatkan hasil nilai rata-rata pre-test sebesar 2,9 poin dan post-test sebesar 4,4 poin.



Gambar 18. Perbandingan Rata-rata Skor Pre-test dan Post-test

Rekapitulasi data menunjukkan peningkatan skor rata-rata dari 2,9 pada fase post-test menjadi 4,4 pada fase pre-test. Skor meningkat dari pre-test ke post-test untuk sembilan dari sepuluh responden. Satu responden menurunkan skornya sebesar 1 poin. Peningkatan skor ini menunjukkan bahwa visualisasi huruf tiga dimensi yang dikombinasikan dengan pengucapan audio dan ilustrasi makhrjul dalam Aplikasi Hijaiyah Anak Usia Dini dapat membantu anak-anak mengenali bentuk dan bunyi huruf hijaiyah lebih baik daripada metode buku/iqra cetak konvensional, yang sejalan dengan temuan bahwa media VR berbasis Oculus Quest telah mampu secara signifikan meningkatkan kemampuan pengenalan objek pada anak usia dini melalui pengalaman imersif yang menyenangkan dan aman [13].

F. Distribution

Penilaian kelayakan aplikasi dari sudut pandang pengguna dilakukan dengan menggunakan kuesioner berbasis Skala Likert dengan lima pilihan jawaban yaitu Sangat Setuju (SS=5), Setuju (S=4), Cukup (C=3), Tidak Setuju (TS=2), dan Sangat Tidak Setuju (STS=1), untuk 10 pertanyaan yang mencakup aspek desain, fungsi perintah, kemudahan penggunaan, tampilan objek tiga dimensi, audio, deskripsi huruf makhrjul, kejelasan tutorial, kemudahan struktur kalimat, interaktivitas, dan evaluasi keseluruhan aplikasi. Tabel 4 menunjukkan ringkasan hasil kuesioner.

Tabel 4. Hasil Kuesioner Kelayakan Pengguna Aplikasi huruf Hijaiyah Pintar (Skala Likert)

No.	Aspek Pertanyaan	Skor	Kategori
1	Bagaimana desain aplikasi ini	4	Setuju
2	Fungsi perintah dijalankan	4	Setuju
3	Aplikasi mudah dijalankan	4	Setuju
4	Tampilan objek 3D	4	Setuju
5	Audio dari aplikasi	4	Setuju
6	Uraian deskripsi makhrjul huruf hijaiyah	4	Setuju
7	Tutorial aplikasi jelas	5	Sangat Setuju
8	Struktur kalimat dan kata mudah dipahami	5	Sangat Setuju
9	Apakah aplikasi ini interaktif	5	Sangat Setuju
10	Bagaimana keseluruhan dari aplikasi ini	4	Setuju
Total Skor		43	86,0%

Tabel 4 menunjukkan bahwa responden menjawab Setuju (skor 4) untuk tujuh pertanyaan dan Sangat Setuju (skor 5) untuk tiga pertanyaan, yaitu aspek kejelasan tutorial, kemudahan struktur kalimat, dan interaktivitas aplikasi. Total skor yang diperoleh adalah 43 dari skor maksimal 50 yang memberikan persentase kelayakan sebesar 86,0% dalam kategori sangat layak. Secara keseluruhan, hasil pengujian fungsional, peningkatan hasil observasi sebelum dan sesudah pengujian, dan hasil kuesioner kelayakan menunjukkan bahwa aplikasi hijaiyah untuk anak usia dini dapat digunakan secara efektif sebagai media pembelajaran interaktif yang menggabungkan interaksi langsung, visual, dan

audio dengan kontroler Oculus Quest 2. Aplikasi ini membantu anak-anak menghafal bentuk huruf dan mengenali bunyi dan cara mengucapkannya dengan cara yang lebih mudah dari pada yang mereka lakukan sebelumnya.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Aplikasi Hijaiyah Anak Usia Dini telah berhasil dirancang dan dikembangkan sebagai media pengenalan huruf hijaiyah berbasis Extended Reality yang berjalan pada perangkat Oculus Quest 2, dengan mengadaptasi metode Multimedia Development Life Cycle (MDLC) yang terdiri dari tahap konsep, desain, pengumpulan materi, pembuatan, pengujian, dan distribusi. Aplikasi ini dibangun dengan Unity menggunakan bahasa pemrograman C# dan aset tiga dimensi yang dirancang dengan Blender. Aplikasi ini menyajikan dua lingkungan belajar virtual yaitu Ruang Kelas dan Taman. Setiap lingkungan belajar mencakup 14 huruf hijaiyah, serta visualisasi dua dimensi dan tiga dimensi, pengucapan audio, ilustrasi makhrajul huruf, dan kuis audio untuk evaluasi pembelajaran. Mekanisme ray-cast, tombol pemicu, dan joystick pada kontroler Oculus Quest 2 adalah satu-satunya cara pengguna berinteraksi dengan aplikasi. Hal ini memungkinkan anak-anak untuk menjelajahi lingkungan belajar dan memilih huruf secara langsung tanpa memerlukan keterampilan membaca teks yang kompleks.

Hasil pengujian fungsional dengan metode Black Box Testing menunjukkan bahwa semua fitur aplikasi mulai dari menu utama, pemilihan lingkungan, pembelajaran huruf, visualisasi tiga dimensi, audio, kuis, pengatur waktu, hasil kuis, dan kuesioner berjalan sesuai dengan desain yang ditentukan. Hasil observasi pada 10 anak usia dini menunjukkan peningkatan persentase kelayakan dari 58,0% pada pre-test menggunakan metode buku cetak/iqra menjadi 88,0% pada post-test setelah menggunakan aplikasi, sedangkan hasil kuesioner kelayakan berbasis Skala Likert yang diisi oleh pengguna memperoleh persentase 86,0%, keduanya termasuk dalam kategori sangat layak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi hijaiyah anak usia dini berfungsi sebagai alat pembelajaran interaktif yang efektif untuk membantu anak usia dini mengenali huruf hijaiyah dengan cara yang lebih visual dan menarik daripada pendekatan konvensional. Pengembangan di masa mendatang dapat difokuskan pada penambahan fitur pengenalan suara untuk secara otomatis mengevaluasi pengucapan anak-anak, menambahkan contoh kata dan permainan edukatif sebagai variasi materi.

UCAPAN TERIMA KASIH

REFERENSI

- [1] A. Puspita Sari, R. Irtika, D. Dwi Anugrah, and M. Cahya Puspita, "ANALISIS KURIKULUM PENDIDIKAN DI TAMAN KANAK KANAK ANGGREK KECAMATAN SUKARAMI PALEMBANG," *HYPOTHESIS: Multidisciplinary Journal Of Social Sciences*, vol. 3, no. 01, pp. 11–22, Jun. 2024, doi: 10.62668/hypothesis.v3i01.884.
- [2] M. Rahayu and I. Rusdiyani, "EFEKTIVITAS MULTIMEDIA PEMBELAJARAN INTERAKTIF DALAM MENSTIMULASI KEMAMPUAN BERBICARA ANAK USIA 5-6 TAHUN," 2022.
- [3] S. Lestari, "Peran Teknologi dalam Pendidikan di Era Globalisasi," *Edureligia; Jurnal Pendidikan Agama Islam*, vol. 2, no. 2, pp. 94–100, 2018, doi: 10.33650/edureligia.v2i2.459.
- [4] W. Sulistyawati, I. Sumartiningsih, and S. Priatiningsih, "The Influence Of Interactive Learning Media To Increase Learning Motivation And Learning Outcomes For Early Childhood," *Journal of Education Technology and Inovation*, vol. 7, no. 1, pp. 38–46, Jun. 2024, doi: 10.31537/jeti.v7i1.1844.
- [5] N. N. K. Sari, "Rancang Bangun Media Pengenalan Huruf Hijaiyah Untuk Anak Usia Dini Berbasis Android," *Jurnal Teknologi Informasi: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Bidang Teknik Informatika*, vol. 14, no. 2, pp. 161–170, 2020, doi: 10.47111/jti.v14i2.1214.
- [6] Jumiratul Hasanah, Dian Miranda, Siska Perdina, and Lukmanulhakim, "Pengembangan Pembelajaran Immersive Virtual Reality Untuk Anak Usia Dini Dalam Mengenal Rumah Ibadah Agama Hindu," *Decode: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, vol. 4, no. 2, pp. 489–501, Jun. 2024, doi: 10.51454/decode.v4i2.570.
- [7] R. Rinaldi, K. Fahmi, and M. Masyitah, "Tinjauan Literatur: Pemanfaatan Teknologi Augmented Reality sebagai Media Pembelajaran Interaktif Di Tingkat Sekolah Dasar," *Likhitaprajna Jurnal Ilmiah Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Wisnuwardhana*, vol. 26, no. 1, pp. 20–28, Apr. 2024, doi: 10.37303/likhitaprajna.v26i1.279.

- [8] E. N. Qorimah and S. Utama, “Studi Literatur: Media Augmented Reality (AR) Terhadap Hasil Belajar Kognitif,” *Jurnal Basicedu*, vol. 6, no. 2, pp. 2055–2060, Feb. 2022, doi: 10.31004/basicedu.v6i2.2348.
- [9] S. Ilham Alamsyah *et al.*, “VIRTUAL REALITY SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN JARINGAN KOMPUTER,” vol. 14, no. 2, pp. 248–254, 2023, [Online]. Available: <http://ejurnal.provisi.ac.id/index.php/JTIKP>page248
- [10] A. P. Nadhia, M. Azelicha Ayana, A. R. Saputra, and S. N. Islami, “Penerapan Mixed Reality dalam Bidang Pendidikan,” 2023.
- [11] M. Marzuki, Maria Shusanti Febrianti, Dian Resha Agustina, and S. Hidayatulloh, “Sistem Portal Pada Extended Reality (XR) Untuk Memperkecil Size Scene Pada Implementasi Metaverse Fakultas Ilmu Komputer,” *Decode: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, vol. 4, no. 3, pp. 887–897, Oct. 2024, doi: 10.51454/decode.v4i3.783.
- [12] B. Khoirul Umri, S. A. R. Amir Romadhon, S. Zulkarnain Umbu Resi, L. Pratama, and R. Iffandi, “Virtual Reality Development for Computer Assembly Practical Simulation Learning Media,” *JITSI: Jurnal Ilmiah Teknologi Sistem Informasi*, vol. 6, no. 3, pp. 286–293, Sep. 2025, doi: 10.62527/jitsi.6.3.500.
- [13] A. Saenong and M. R. Rahman, “Inovasi Edukasi Anak Berbasis Mixed Reality: Platform Interaktif Bilingual 3D Untuk Playgroup,” *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, vol. 4, no. 2, pp. 2966–2975, Jun. 2025, doi: 10.31004/riggs.v4i2.958.
- [14] M. Pramasela, “PEMANFAATAN MEDIA VIRTUAL REALITY UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP SAINS PADA ANAK USIA DINI,” Mesa Pramasela, 2025.
- [15] R. Roedavan, B. Pudjoatmodjo, and A. P. Sujana, “MULTIMEDIA DEVELOPMENT LIFE CYCLE (MDLC).”
- [16] A. W. A. Cahnur Saputra, Cindy Taurusta, “House Sales Promotion Application Using Android-Based Augmented Reality Technology,” vol. 8106, pp. 223–233, 2025.
- [17] N. W. Rahadi and C. Vikasari, “Pengujian Software Aplikasi Perawatan Barang Milik Negara Menggunakan Metode Black Box Testing Equivalence Partitions,” *Infotekmesin*, vol. 11, no. 1, pp. 57–61, Jan. 2020, doi: 10.35970/infotekmesin.v11i1.124.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.