

AR Tangram Card: Aplikasi *Augmented Reality* untuk Pengenalan Hewan dengan Pembelajaran Interaktif Tangram

Nur Halimah¹, Devi Afriyantari Puspa Putri^{*2}

^{1,2}Informatika, Fakultas Komunikasi dan Informatika, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia

Email: ¹nurhalimah.jiwoo@gmail.com, ²dap129@ums.ac.id

Abstrak

Kecanduan *gadget* pada anak dapat menghambat kreativitas, berpikir kritis, serta berdampak negatif pada kesehatan dan minat belajar. Minimnya alternatif edukatif yang menarik menyebabkan anak lebih memilih penggunaan *gadget* secara pasif. Permainan tangram dapat meningkatkan kreativitas dan berpikir kritis, tetapi metode konvensional sering kurang menarik bagi anak-anak. *Augmented Reality* (AR) terbukti lebih efektif dalam meningkatkan kemampuan spasial dibandingkan metode pembelajaran konvensional. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan aplikasi AR Tangram Card untuk mengenalkan hewan secara interaktif melalui AR dan permainan tangram. Penelitian ini menggunakan metode *Research & Development* dengan model ADDIE. Evaluasi dilakukan melalui pengujian *Blackbox* untuk fungsionalitas dan *System Usability Scale* (SUS) dalam mengukur kemudahan aplikasi. Hasil pengujian menunjukkan aplikasi berfungsi sesuai harapan, dengan skor SUS 70,75 yang masuk dalam kategori *GOOD* dan *ACCEPTABLE*, menandakan aplikasi mudah digunakan. Uji statistik menunjukkan perbedaan signifikan antara *usability* kelompok perempuan dan kelompok laki-laki ($p = 0,011$) dengan kelompok perempuan menunjukkan tingkat *usability* lebih tinggi. Uji coba juga menunjukkan anak-anak lebih tertarik menggunakan aplikasi ini, sehingga AR berpotensi sebagai media pembelajaran yang lebih menarik. Kesimpulannya, AR Tangram Card dapat menjadi media pembelajaran inovatif dan edukatif yang membantu mengurangi kecanduan *gadget* secara lebih terarah. Penelitian ini berkontribusi dalam pengembangan teknologi AR sebagai solusi interaktif yang ramah anak.

Kata kunci: ADDIE, *Augmented Reality* (AR), Pengenalan Hewan, Permainan Tangram, *System Usability Scale* (SUS)

AR Tangram Card: An *Augmented Reality* Application for Animal Recognition with Interactive Tangram Learning

Abstract

Gadget addiction in children can hinder creativity, critical thinking, and negatively impact health and interest in learning. The lack of engaging educational alternatives causes children to prefer passive gadget use. Tangram puzzles can enhance creativity and critical thinking, but conventional methods often fail to engage children. *Augmented Reality* (AR) has been proven to be more effective in improving spatial abilities compared to traditional learning methods. Therefore, this study developed the AR Tangram Card application to introduce animals interactively through AR and tangram puzzles. This study uses the *Research & Development* method with the ADDIE model. Evaluation was conducted through *Blackbox* testing for functionality and *System Usability Scale* (SUS) to assess the ease of use of the application. The test results show that the application functions as expected, with a SUS score of 70.75, categorized as *GOOD* and *ACCEPTABLE*, indicating that the application is easy to use. Statistical tests show a significant difference in usability scores between female and male groups ($p = 0.011$), with females showing higher usability scores. The trials also indicate that children are more interested in using this application, suggesting that AR has the potential to be a more engaging learning medium. In conclusion, AR Tangram Card can be an innovative and educational learning tool that helps reduce gadget addiction in a more directed way. This study contributes to the development of AR technology as an interactive, child-friendly educational solution.

Keywords: ADDIE, Animal Recognition, *Augmented Reality* (AR), *System Usability Scale* (SUS), Tangram Game.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi khususnya *gadget*, telah mempengaruhi kebiasaan belajar dan bermain anak. Meskipun *gadget* dapat meningkatkan kreativitas anak melalui *mobile games* atau aplikasi edukatif [1], penggunaan *gadget* yang berlebihan dapat mengakibatkan kecanduan yang berdampak pada penurunan perhatian terhadap kesehatan dan minat belajar pada anak [2], [3]. Penelitian di Madrasah Ibtidaiyah Nashrul Fajar [4] mengungkapkan bahwa 56,25% peserta didik menggunakan *gadget* dengan frekuensi tinggi, tetapi 90,625% menunjukkan kemampuan berpikir kritis yang rendah. Selain itu, penelitian lain [5] menunjukkan adanya hubungan negatif antara durasi penggunaan *gadget* dengan pencapaian akademik siswa sebesar 72,10%. Semakin sering siswa menggunakan *gadget*, semakin buruk prestasi mereka.

Menurut informasi dari Badan Pusat Statistik (BPS), sekitar 33,44% anak usia dini di Indonesia telah tercatat menggunakan *gadget*. Persentase ini mencakup 25,5% pada kelompok berusia 0-4 tahun dan 52,76% pada kelompok berusia 5-6 tahun [6]. Selain itu, survei yang dilakukan oleh Komisi Perlindungan Anak Indonesia juga menunjukkan bahwa lebih dari 71,3% anak usia sekolah memiliki *gadget* dan menghabiskan banyak waktu menggunakannya setiap hari. Bahkan, 79% anak-anak diperbolehkan menggunakan *gadget* untuk kegiatan non-edukatif. Penggunaan *gadget* yang berlebihan dapat berdampak negatif, seperti tidak bisa tidur, turunnya prestasi akademik, hingga masalah emosi dan sosial sehingga perlu adanya alternatif yang lebih sehat bagi anak [7].

Permainan tradisional, seperti tangram dapat menjadi alternatif yang efektif dalam mengurangi ketergantungan pada *gadget*. Penelitian oleh [8] menunjukkan adanya penurunan rata-rata penggunaan *gadget* dari 25 jam/minggu menjadi 17 jam/minggu saat permainan tradisional diperkenalkan. Tangram merupakan permainan tua yang berasal dari China dan terdiri dari tujuh keping geometris, yaitu lima segitiga, satu persegi, dan satu jajar genjang [9]. Tangram bermanfaat dalam meningkatkan kemampuan *problem solving* terutama *creative thinking*. Menggunakan tangram, anak-anak dapat mengeksplorasi pola tangram dengan bentuk-bentuk baru sehingga dapat meningkatkan kreativitas mereka [10].

Seiring dengan perkembangan teknologi, penggunaan Augmented Reality (AR) dalam permainan tradisional bisa menjadi solusi inovatif, memungkinkan anak-anak tetap menggunakan *gadget* dengan cara yang lebih terarah. Aplikasi AR dapat memberikan pengalaman belajar yang imersif dan edukatif, seperti yang ditemukan dalam penelitian di TK Shakila School yang menunjukkan tanggapan positif terhadap aplikasi AR untuk mengenalkan hewan kepada anak usia dini [11]. AR membantu dalam memahami materi melalui visualisasi 3D yang realistis, simulasi interaktif, serta pengalaman belajar yang imersif [12]. Selain itu, AR juga terbukti lebih efektif dalam meningkatkan kemampuan *problem solving* dan keterampilan spasial siswa dibandingkan metode pembelajaran menggunakan modul konvensional dan aplikasi GeoGebra [13].

Beberapa penelitian telah mengembangkan aplikasi AR untuk edukasi anak, tetapi masih memiliki keterbatasan:

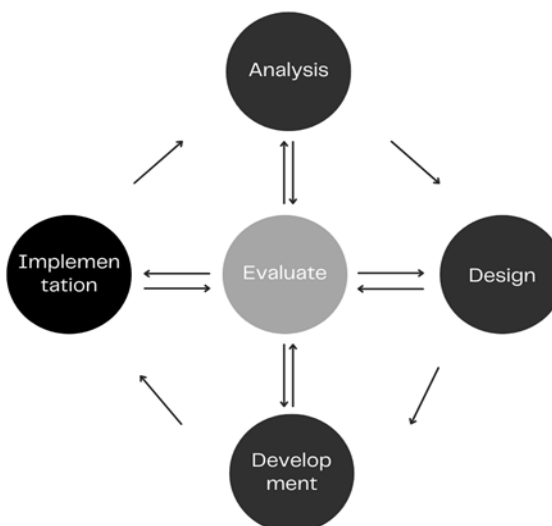
1. AR untuk Pengenalan Objek
Aplikasi pengenalan hewan, seperti pada penelitian [11], [14], aplikasi pengenalan objek, seperti anatomi tubuh manusia, buah, dan hewan pada penelitian [15], dan aplikasi pengenalan jenis bola [16] masih terbatas pada visualisasi objek tanpa melibatkan aspek kognitif yang melatih kemampuan berpikir kritis dan kreativitas anak.
2. AR dalam Media Pembelajaran
Aplikasi Smart-Book yang dikembangkan sebagai media pembelajaran Bahasa Inggris [17] dan aplikasi pengenalan huruf hijaiyah [18] terbukti lebih menarik dibandingkan metode pembelajaran konvensional dengan buku cetak dan menunjukkan peningkatan minat belajar. Namun, aplikasi ini kurang dalam aspek interaktivitas yang mendorong kemampuan pemecahan masalah.
3. AR dalam permainan edukatif
Penelitian lain terkait aplikasi permainan edukatif berbasis AR dengan fokus pada permainan tangram, seperti ARTangram [19] menunjukkan AR dapat digunakan dalam sistem pembelajaran adaptif dengan menggabungkan manipulatif fisik dan *feedback* digital, seperti petunjuk visual, audio, dan teks untuk menyelesaikan *puzzle* tangram. Namun, aplikasi ARTangram hanya berfokus pada menyelesaikan *puzzle* fisik untuk meningkatkan ketrampilan spasial mereka.

Berdasarkan *Literature Review* yang dilakukan pada penelitian [20] terhadap sepuluh artikel yang berfokus pada penggunaan teknologi AR dalam proses kegiatan pembelajaran, AR terbukti meningkatkan motivasi siswa dalam belajar di berbagai bidang dikarenakan visualisasi yang menarik pada AR. Namun, pada penelitian-penelitian yang di-review pada penelitian tersebut belum banyak yang mengeksplorasi integrasi AR dengan permainan edukatif yang dapat melatih kemampuan berpikir kritis dan kreativitas anak. Penelitian ini menawarkan inovasi dengan mengintegrasikan AR dan permainan tangram dalam satu aplikasi edukatif yang tidak hanya mengenalkan hewan tetapi juga mendorong kemampuan berpikir kritis dan kreativitas anak.

Penelitian ini bertujuan memberikan pengalaman belajar yang menarik dan interaktif melalui aplikasi AR Tangram Card serta mengevaluasi efektivitasnya dalam aspek fungsionalitas dan kemudahan pengguna. Aplikasi ini memungkinkan anak-anak untuk mengenal berbagai hewan melalui visualisasi 3D yang ditampilkan setelah *marker* Tangram Card dipindai, serta menyediakan informasi tambahan mengenai suara, habitat, dan karakteristik hewan. Evaluasi pada penelitian ini dilakukan menggunakan *Blackbox Testing* untuk memastikan aplikasi berjalan sesuai fungsinya [21] dan untuk mengevaluasi kemudahan penggunaan aplikasi pada *end user* menggunakan *System Usability Scale* (SUS) [22]. Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan *Research & Development* (R&D) dengan model *Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation* (ADDIE), yang akan dijelaskan lebih lanjut di BAB 2.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam mengembangkan aplikasi AR Tangram Card adalah metode *Research & Development* (R&D) menggunakan salah satu model, yaitu model pengembangan ADDIE. *Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation* adalah tahapan dalam model ADDIE [23], [24]. Penggunaan ADDIE dalam pembelajaran terbukti efektif karena mengajarkan siswa untuk berpikir kritis dan mandiri dalam memecahkan masalah [24]. Model ini dipilih karena sifat iteratifnya, memungkinkan pengembang kembali ke tahap sebelumnya jika diperlukan. Meskipun tahap-tahap ADDIE perlu diikuti secara sistematis, model ini tetap fleksibel dalam pengembangannya sehingga instruksi yang jelas dan terstruktur [25]. Berikut tampilan model pengembangan ADDIE yang dapat dilihat pada Gambar 1.



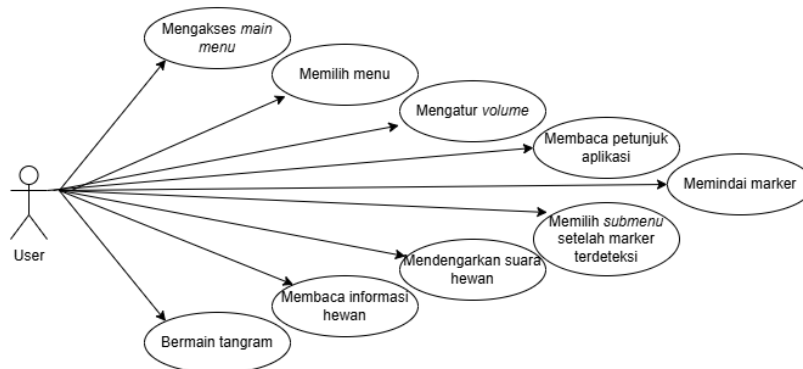
Gambar 1. Diagram Iterasi Model ADDIE

2.1. Analysis

Pada tahapan ini, dilakukan dengan pendekatan tinjauan literatur dan data dari penelitian sebelumnya untuk menemukan solusi yang tepat. Penggunaan *gadget* yang berlebihan menjadi masalah utama yang berdampak negatif pada kemampuan berpikir kritis dan prestasi siswa, serta mengurangi minat belajar siswa (Julmiran & Ain, 2024; Ningsih & Shanie, 2023). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa permainan tangram dan teknologi *Augmented Reality* (AR) dapat menjadi solusi yang efektif dalam meningkatkan kemampuan kognitif anak melalui pembelajaran yang interaktif [10], [13]. Oleh karena itu, aplikasi AR Tangram Card mengatasi masalah tersebut dengan menggunakan materi pengenalan hewan secara interaktif dengan menggabungkan permainan tangram dan teknologi AR.

2.2. Design

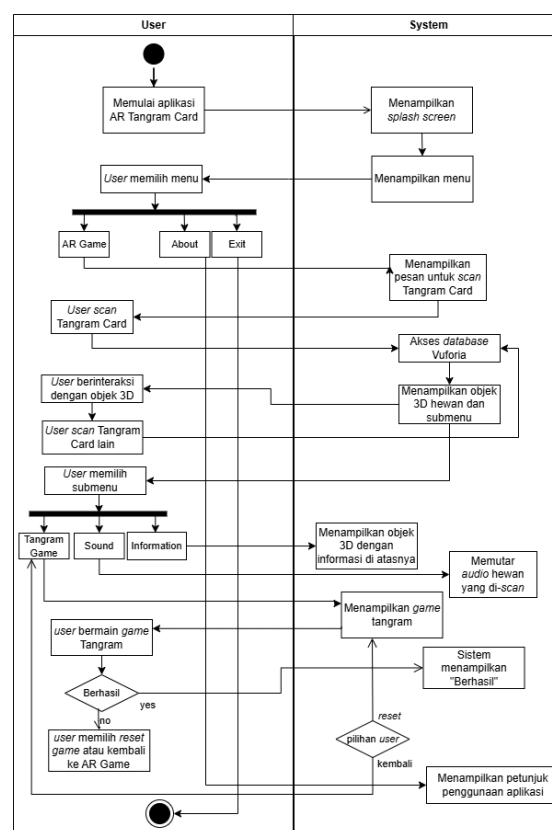
Setelah tahap analisis, dilakukan perancangan *User Interface* (UI) dan *Unified Modelling Language* (UML), yang berupa *Use Case Diagram* dan *Activity Diagram*. Pada tahap ini, juga dilakukan pemodelan 3D hewan dan desain *marker* Tangram Card yang menjadi komponen utama dalam interaksi aplikasi.



Gambar 2. Use Case Diagram

Aplikasi AR Tangram Card memiliki satu *role* utama, yaitu *user* sebagai pengguna utama aplikasi. Gambar 2 menunjukkan bagaimana *user* dapat mengakses *main menu* yang terdiri dari tiga menu utama, yaitu AR Game, About, dan Exit. Terdapat pula tombol *setting* untuk mengatur *volume* suara dalam aplikasi. Pada menu AR Game, *user* diarahkan untuk *scan marker*. Setelah *marker* terdeteksi, 3D hewan akan muncul bersama *submenu*, yaitu Tangram Game untuk bermain tangram, Sound untuk mendengar suara hewan, dan Information untuk membaca informasi hewan.

Gambar 3 menggambarkan *Activity Diagram* yang menjelaskan alur penggunaan aplikasi AR Tangram Card, dimulai dari *splash screen* menuju *main menu*, yang terdiri dari tiga pilihan utama, yaitu AR Game, About, dan Exit. Jika memilih menu AR Game, *user* akan diminta untuk memindai Tangram Card yang sudah terdaftar di *database Vuforia*. Setelah *marker* terdeteksi, objek 3D hewan dan submenu, yaitu Tangram Game, Sound, dan Information akan muncul. Submenu Tangram Game akan mengarahkan *user* untuk bermain tangram, Sound untuk memutar audio, dan Information untuk menampilkan informasi mengenai hewan yang dipindai. Menu About memberi petunjuk aplikasi, sedangkan Exit menutup aplikasi. Diagram ini akan membantu mengidentifikasi tahap-tahap penting dalam alur aplikasi untuk memastikan *user* dapat menggunakan aplikasi dengan lancar.



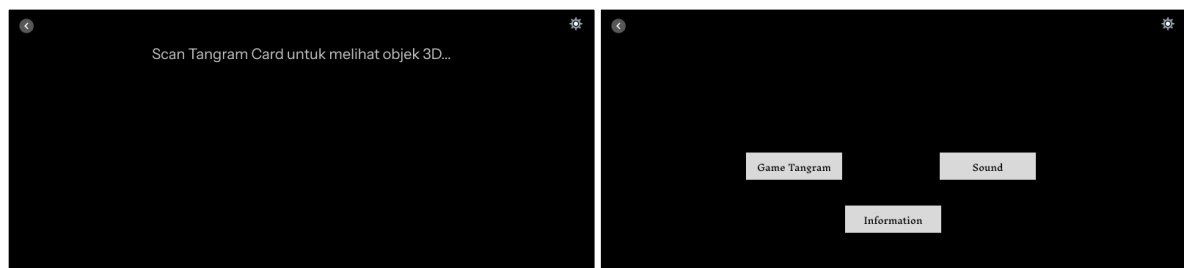
Gambar 3. Activity Diagram Aplikasi AR Tangram Card

Proses desain UI dimulai dengan pembuatan prototipe menggunakan Figma untuk beberapa menu aplikasi. Gambar 4, 5, dan 6 menampilkan tampilan UI aplikasi, yang meliputi *main menu*, AR Game, dan Tangram Game sesuai dengan alur yang dijelaskan di *Activity Diagram*. Gambar 4 menampilkan menu utama dengan 3 pilihan, yaitu AR Game, About, dan Exit. Jika memilih menu AR Game akan diarahkan ke lingkungan *Augmented Reality* (AR), seperti terlihat pada Gambar 5.

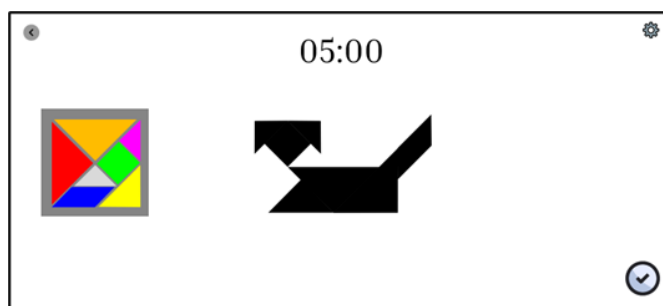
Menu AR Game memiliki beberapa sub menu, yaitu Tangram Game, Sound, dan Information yang akan muncul bersama 3D hewan saat Tangram Card berhasil terdeteksi. Jika memilih menu Tangram Game akan diarahkan pada mode bermain, seperti terlihat pada Gambar 6. Menu ini memungkinkan *user* untuk bermain tangram dengan waktu yang dibatasi.



Gambar 4. Tampilan *Main Menu* AR Tangram Card



Gambar 5. Tampilan *Menu* AR Game



Gambar 6. Tampilan Mode Bermain pada Tangram Game

2.3. Development

Tahap *development* dilakukan dengan menggunakan *software* utama, yaitu Unity3D versi 2022.3.15f1 untuk membangun antarmuka dan pengalaman *Augmented Reality* (AR) yang interaktif. Vuforia SDK versi 10-25-4 juga diintegrasikan ke dalam Unity3D untuk menambahkan fitur AR yang dilengkapi dengan kamera AR untuk mengenali *marker* yang telah didaftarkan ke dalam *database* yang diunggah ke situs web Vuforia [26]. Proses *scripting* dilakukan menggunakan Playmaker sebagai *visual scripting* untuk Unity dan bahasa pemrograman C# dengan Visual Studio Code. Selain itu, *software* Blender digunakan untuk pemodelan objek 3D hewan.

2.4. Implementation

Pada tahap *implementation*, aplikasi AR Tangram Card akan diuji coba oleh anak-anak Sekolah Dasar (SD) di kelas. Siswa diberikan kebebasan untuk berinteraksi dengan aplikasi dan mengakses fitur-fitur yang ada di

aplikasi. Setelah mencoba aplikasi, siswa akan memberikan *feedback* sebagai bahan evaluasi. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja aplikasi, terutama dari segi kemudahan penggunaan dan efektivitas dalam pembelajaran. *Feedback* dari siswa akan dievaluasi lebih lanjut untuk pengembangan aplikasi selanjutnya.

2.5. Evaluation

Tahap terakhir adalah *evaluation* atau evaluasi. Evaluasi dilakukan menggunakan metode *Blackbox Testing* dan kuesioner *System Usability Scale* (SUS). Sebelum menggunakan SUS, aplikasi perlu diuji terlebih dahulu dengan *Blackbox Testing* sebagai pengujian fungsionalitas untuk mengetahui apabila terdapat kerusakan atau *error* dalam aplikasi [27]. Setelah aplikasi berfungsi sebagaimana mestinya, evaluasi dilanjutkan dengan kuesioner SUS.

SUS dipilih karena memiliki sepuluh pertanyaan yang sederhana sehingga mudah dipahami, terutama anak-anak, serta menyediakan hasil yang dapat digunakan untuk mengukur kemudahan penggunaan aplikasi kepada *end user* secara kuantitatif [22], [28], [29]. SUS menggunakan rentang skor 1-5, dengan 1 berarti “Sangat tidak setuju” hingga 5 berarti “Sangat Setuju”. Perhitungan skor SUS dilakukan mengurangi satu poin dari skor untuk pertanyaan dengan nomor ganjil (1,3,5,7,9) dan mengurangi skor untuk pertanyaan bernomor genap (2, 4, 6, 8, 10) dari nilai 5. Lalu, menjumlahkan seluruh skor hasil perhitungan dan mengalikan hasilnya dengan 2,5 untuk mendapat skor akhir setiap responden [27].

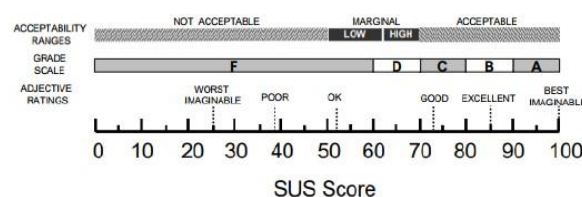
Setelah aplikasi diuji dengan *Blackbox Testing* dan SUS, instrumen yang digunakan akan diuji validitas, reliabilitas, dan normalitas. Uji validitas akan menggunakan Korelasi Pearson dan uji reliabilitas akan menggunakan *Cronbach's Alpha* untuk memastikan konsistensi jawaban responden. Selain itu, uji normalitas data menggunakan *Shapiro-Wilk* dilakukan untuk menentukan metode analisis statistik yang sesuai. Jika data terdistribusi normal, akan diuji menggunakan uji t atau ANOVA. Jika tidak, akan digunakan uji Mann-Whitney atau Kruskal-Wallis.

Evaluasi akan dilakukan kepada responden sejumlah 53 siswa Sekolah Dasar Islam Terpadu Majelis Tafsir Al-Qur'an Matesih (SDIT MTA Matesih). Evaluasi melibatkan siswa angkatan kelas 4 yang terdiri dari dua kelas, kelas 4A dan 4B. Responden dalam penelitian ini dipilih berdasarkan materi pengenalan hewan yang sesuai dengan kurikulum yang diajarkan di kelas 4. Rincian responden dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rincian Responden

Kelas	Jenis Kelamin	Jumlah
4A	Laki-laki	24 siswa
4B	Perempuan	29 siswa
Total		53 siswa

Data yang diperoleh dari SUS akan menentukan tingkat *usability* aplikasi secara keseluruhan. Rata-rata skor SUS akan dikategorikan berdasarkan skor *usability* yang diperoleh, seperti *best imaginable*, *excellent*, *good*, *OK*, *poor*, atau *worst imaginable* [30], sebagaimana terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Kategori Skor SUS

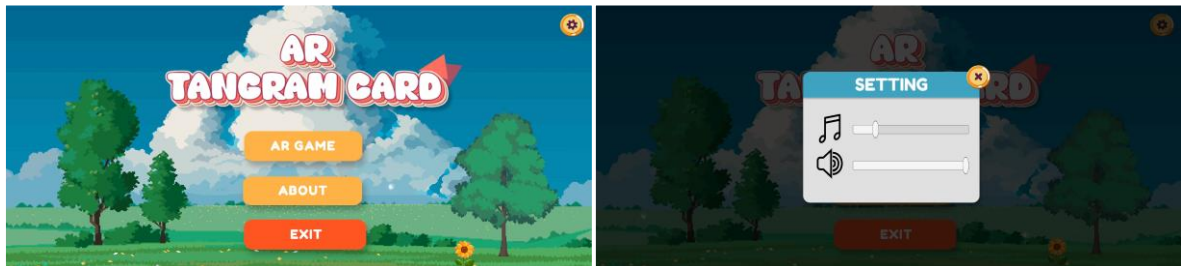
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Aplikasi

3.1.1. Halaman Main Menu

Halaman *main menu* seperti pada Gambar 8, terdapat empat tombol, yaitu AR Game untuk masuk ke halaman AR Game, About untuk mendapat informasi mengenai cara pakai aplikasi dan *link marker*, Exit untuk

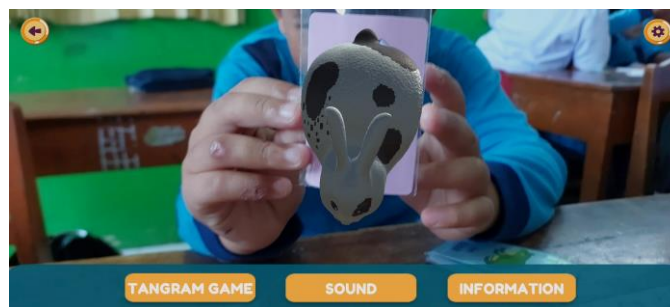
keluar dari aplikasi, dan Setting untuk mengatur *volume* musik atau SFX seperti terlihat pada Gambar 7 bagian kanan.



Gambar 8. Tampilan *Main Menu* AR Tangram Card

3.1.2. Halaman AR Game

Pada halaman AR Game, terdapat pesan "Please Scan AR Tangram Card" yang menginstruksikan *user* untuk memindai marker yang telah disiapkan. Setelah *marker* terpindai, seperti terlihat pada Gambar 9, 3D hewan akan muncul sesuai *marker* yang terdeteksi bersama tiga tombol, yaitu Tangram Game, Sound, dan Information. Tangram Game untuk bermain tangram, Sound untuk mendengar suara hewan, dan Information untuk mendapat informasi mengenai habitat dan karakteristik hewan. Pada *panel information*, terdapat fitur pilih bahasa antara Bahasa Indonesia dan Inggris, seperti terlihat Gambar 10.



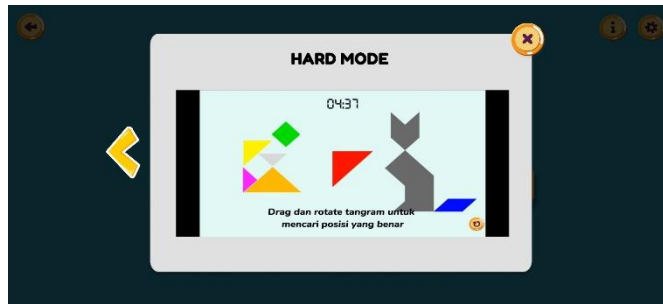
Gambar 9. 3D Hewan Muncul Bersama Tiga Tombol



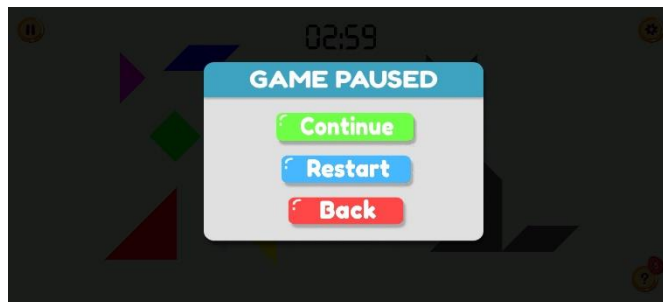
Gambar 10. Tombol *Information* dengan Fitur *Bilingual*

3.1.3. Halaman Pilih Level Tangram

Terdapat dua pilihan level tangram pada setiap hewan yang terdeteksi, yaitu *Easy* dan *Hard*. Pada tampilan ini, juga terdapat fitur *Info* dengan icon "i" untuk melihat bagaimana cara memainkan tangram sesuai level, seperti terlihat pada Gambar 11. Semua level memiliki fitur untuk *Pause*, seperti terlihat pada Gambar 12 yang terdiri dari tiga tombol, yaitu *Continue* untuk melanjutkan *game*, *Restart* untuk memulai ulang *game*, dan *Back* untuk kembali ke pilihan level.



Gambar 11. Video informasi cara bermain tangram

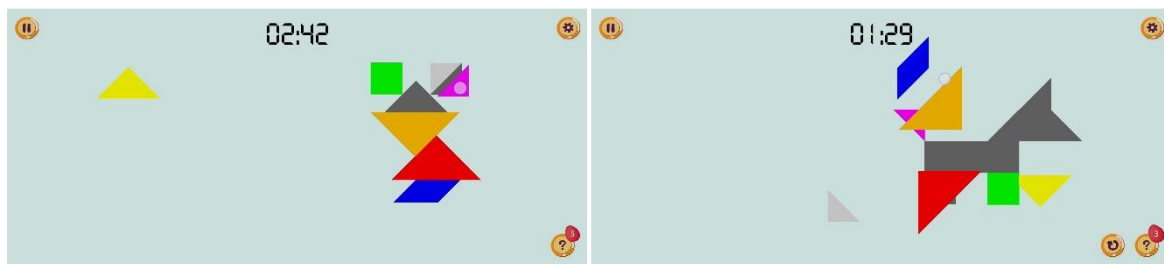


Gambar 12. Fitur pause

3.1.4. Level Tangram

Pada Easy Level, pemain cukup melakukan *drag and drop* untuk menempatkan kepingan tangram pada posisi yang benar karena rotasi tangram sudah disesuaikan dengan siluet. Level ini dilengkapi dengan fitur Hint, yang memberikan petunjuk posisi tangram yang tepat.

Sementara itu, pada Hard Level, selain *drag and drop*, pemain juga harus melakukan rotasi kepingan agar dapat menempatkannya dengan benar. Level ini memiliki dua fitur utama, yaitu Reset, untuk mengembalikan tangram ke posisi awal, dan Hint, yang memberikan petunjuk posisi yang benar. Tampilan kedua *level* tersebut dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Level Tangram Game

3.1.5. *Popup* YOU WIN dan YOU LOSE

Popup YOU WIN muncul ketika *user* berhasil menyelesaikan tangram sebelum waktu habis, sedangkan *popup* YOU LOSE muncul jika *user* gagal menyelesaikan tangram hingga waktu berakhir. Kedua *popup* ini memiliki tiga tombol, yaitu Home untuk kembali ke main menu, Back untuk kembali ke AR Game, dan Replay untuk bermain kembali.

3.2. Kompatibilitas Perangkat

Pengujian kompatibilitas perangkat dilakukan pada sepuluh perangkat dengan spesifikasi yang beragam untuk memastikan aplikasi AR Tangram Card dapat berjalan sesuai kebutuhan. Aplikasi ini di-setting untuk minimal Android 6.0 (Marshmallow API Level 23) dengan spesifikasi perangkat yang mendukung AR.

Pengujian ini menunjukkan bahwa aplikasi bisa berjalan dengan baik pada tujuh perangkat yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perangkat yang Kompatibel dengan AR Tangram Card

No	Perangkat	Versi Android	Hasil
1.	Samsung Galaxy A73 5G	Android 14	Berhasil
2.	Samsung Galaxy J6+	Android 10	Berhasil
3.	Samsung Galaxy S9+	Android 10	Berhasil
4.	Samsung Galaxy A03s	Android 13	Berhasil
5.	Redmi 9	Android 13	Berhasil
6.	Pocophone F1	Android 10	Berhasil
7.	Lenovo Ideapad Flex 5i	Windows 11	Berhasil (dengan MuMu Player Android 12)

Namun, terdapat tiga perangkat yang ditemukan kendala berupa *blackscreen* saat memasuki halaman AR Game. Perangkat yang terkendala tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perangkat yang Mengalami Kendala

No	Perangkat	Versi Android	Hasil
1.	Samsung Galaxy A21s	Android 12	<i>Blackscreen</i> pada AR Game
2.	Vivo Y17	Android 9	<i>Blackscreen</i> pada AR Game
3.	Huawei P30 Lite (MAR-LX2)	Android 12	<i>Blackscreen</i> pada AR Game

Masalah *blackscreen* pada perangkat tertentu saat memasuki halaman AR Game diketahui terkait dengan dukungan Camera2 API pada perangkat Android. Berdasarkan informasi dari forum resmi Vuforia Engine (Github), perangkat yang tidak mendukung Camera2 API secara penuh tidak dapat menampilkan AR secara optimal. Vuforia Engine akan merilis pembaruan pada versi 10.29 untuk mengatasi masalah tersebut [31].

3.3. Testing

3.3.1. Blackbox Testing

Blackbox testing akan mengevaluasi fungsionalitas aplikasi tanpa memeriksa kode programnya dengan tujuan menemukan potensi kerusakan atau *error* sehingga memastikan aplikasi dapat berjalan dengan baik [21], [27]. Pengujian ini dilakukan pada fitur-fitur utama aplikasi, seperti pemindaian marker, kemunculan 3D hewan, pemutaran suara, dan permainan tangram diuji. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi telah memenuhi kebutuhan *user* yang telah ditetapkan. Tahapan dan hasil pengujian *Blackbox* dapat dilihat pada Tabel 4-7.

Pada Tabel 4, dapat dilihat bahwa semua fitur di halaman awal aplikasi sudah berjalan sesuai yang diharapkan. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan *user* dapat berinteraksi dengan aplikasi secara intuitif, seperti mengatur *volume* melalui *slider*, membuka halaman informasi, atau keluar dari aplikasi dengan mudah.

Tabel 4. *Blackbox Testing* Halaman Main Menu Aplikasi

Fitur	Hasil yang Diharapkan	Hasil
Menu Setting		
Tombol Setting	Menampilkan <i>popup setting</i> dengan dua slider, <i>volume music</i> dan SFX	Valid
Slider volume	Audio baik <i>music</i> maupun SFX dapat diatur <i>volume</i> -nya	Valid
Tombol close	<i>Popup setting</i> hilang	Valid
Menu About		
Tombol About	Menampilkan <i>popup</i> cara penggunaan aplikasi dan tombol <i>download</i> Tangram Card	Valid
Tombol Download	<i>Direct link</i> ke Gdrive untuk men- <i>download</i> marker	Valid
Tombol close	<i>Popup About</i> hilang	Valid
Menu Exit		
Tombol Exit	Menampilkan <i>popup exit</i> dengan dua pilihan, <i>Yes</i> atau <i>No</i>	Valid
Tombol Yes	Keluar aplikasi	Valid
Tombol No	<i>Popup exit</i> hilang	Valid
Menu AR Game		
Tombol AR Game	Menuju halaman AR Game	Valid

Pada Tabel 5, dapat dilihat bahwa seluruh fitur di halaman AR Game telah berjalan sesuai yang diharapkan. Fitur-fitur seperti proses *scan marker*, tombol Back, Tangram Game, Sound, dan Information berfungsi dengan baik. Selain itu, fitur *bilingual* juga berjalan sesuai harapan, memastikan konten audio dan teks *information* berubah sesuai bahasa yang dipilih oleh *user*.

Tabel 5. *Blackbox Testing* Halaman AR Game

Fitur	Hasil yang Diharapkan	Hasil
Proses <i>scan marker</i>	Muncul objek 3D hewan sesuai <i>marker</i> yang di- <i>scan</i> dengan tiga tombol terkait: Tangram Game, Sound dan Information	Valid
Tombol <i>Back</i>	Kembali ke <i>main menu</i>	Valid
Tombol <i>Sound</i>	Memutar suara hewan sesuai <i>marker</i> yang di- <i>scan</i>	Valid
Tombol <i>Tangram Game</i>	Menuju mode bermain tangram sesuai hewan yang di- <i>scan</i>	Valid
Tombol <i>Information</i>	Menampilkan informasi habitat dan karakteristik hewan sesuai dengan <i>default current language</i>	Valid
Tombol <i>Bilingual</i> (Bahasa)	Konten pada audio dan teks <i>information</i> akan berubah sesuai bahasa yang dipilih	Valid

Pada Tabel 6 dan 7, fitur di halaman Pilih level dan Tangram Game juga telah diuji. *User* dapat memilih *level* permainan, melihat *tutorial*, serta mengakses opsi di menu Pause untuk melanjutkan, kembali ke pemilihan *level*, atau memulai ulang permainan setelah menang atau kalah. Notifikasi memberikan *feedback* yang sesuai pada setiap hasil permainan.

Tabel 6. *Blackbox Testing* Halaman Pilih Level Tangram Game

Fitur	Hasil yang Diharapkan	Hasil
Pilih level	Pengguna dapat memilih level antara <i>easy</i> atau <i>hard</i> tombol terkait: Tangram Game, Sound dan Information	Valid
Tombol <i>Info</i>	Menampilkan <i>video tutorial</i> bermain tangram baik di <i>easy level</i> atau di <i>hard level</i>	Valid
Tombol <i>Easy</i>	Menuju halaman <i>Easy</i>	Valid
Tombol <i>Hard</i>	Menuju halaman <i>Hard</i>	Valid

Tabel 7. *Blackbox Testing* Halaman Tangram Game

Fitur	Hasil yang Diharapkan	Hasil
Siluet Hewan	Aplikasi menampilkan siluet hewan sesuai dengan <i>marker</i> yang di- <i>scan</i> pada masing-masing halaman <i>level</i> yang dipilih	Valid
Deteksi bentuk tangram	Sistem mendeteksi bentuk tangram yang berada di posisi yang sesuai dengan memberikan <i>feedback</i> berupa <i>flash</i> dan <i>sound effect</i>	Valid
Menu Pause		
Tombol <i>Pause</i>	Menampilkan <i>popup pause</i> dengan tiga pilihan: <i>continue</i> , <i>restart</i> , dan <i>back</i>	Valid
Tombol <i>Continue</i>	Melanjutkan permainan dengan <i>timer</i> berlanjut	Valid
Tombol <i>Restart</i>	Mengulangi permainan	Valid
Tombol <i>Back</i>	Kembali ke Pilih Level	Valid
Menang/Kalah		
Notifikasi Menang/Kalah	Menampilkan pesan “You Win!”/”You Lose” dengan tiga tombol: <i>home</i> , <i>back</i> , dan <i>replay</i>	Valid
Tombol <i>Home</i>	Kembali ke <i>main menu</i> setelah menang atau kalah	Valid
Tombol <i>Back</i>	Kembali ke AR Game setelah menang atau kalah	Valid
Tombol <i>Replay</i>	Memulai ulang permainan setelah menang atau kalah	Valid

3.3.2. Pengujian Menggunakan System Usability Scale (SUS)

Pengujian dimulai dengan memperkenalkan aplikasi AR Tangram Card kepada siswa. Siswa kemudian diberi kesempatan untuk mencoba menggunakan aplikasi tersebut secara mandiri dalam kelompok kecil. Setelah selesai mencoba, siswa diminta untuk mengisi kuesioner SUS yang telah dimodifikasi dari segi bahasa sehingga mudah dipahami oleh anak-anak. Modifikasi ini dilakukan untuk memastikan siswa dapat memahami setiap pertanyaan dengan baik. Rincian pertanyaan SUS hasil modifikasi dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Modifikasi Kuesioner SUS

No	Pertanyaan
1.	Aku mau pakai aplikasi ini lagi
2.	Aplikasi ini susah dipakai
3.	Aplikasi ini mudah dipakai
4.	Aku butuh bantuan orang lain untuk memakai aplikasi ini
5.	Semua bagian pada aplikasi ini bekerja dengan baik
6.	Ada bagian dari aplikasi ini yang kelihatan tidak cocok
7.	Orang lain pasti cepat ngerti cara pakai aplikasi ini
8.	Aplikasi ini bikin aku bingung
9.	Aku tidak ada kesulitan pakai aplikasi ini
10.	Aku harus belajar dulu sebelum pakai aplikasi ini

Pengujian melibatkan siswa kelas 4 Sekolah Dasar Islam Terpadu Majelis Tafsir Al-Qur'an Matesih (SDIT MTA Matesih) dengan total 53 siswa yang terbagi dalam dua kelas, yaitu Kelas 4A dengan 24 siswa laki-laki dan Kelas 4B dengan 29 siswa perempuan. Perhitungan skor SUS dilakukan dengan langkah-langkah berikut [27]:

- Mengurangi satu poin dari skor untuk pertanyaan dengan nomor ganjil (1,3,5,7,9).
- Mengurangi skor untuk pertanyaan bernomor genap (2, 4, 6, 8, 10) dari nilai 5.
- Menjumlahkan seluruh skor hasil perhitungan
- Mengalikan hasilnya dengan 2,5 untuk mendapat skor akhir setiap responden.

Hasil perhitungan skor SUS setiap responden ditunjukkan pada Tabel 9 menunjukkan total skor SUS sebesar 3750. Visualisasi skor setiap responden dapat dilihat pada grafik di Gambar 14. Grafik ini menunjukkan variasi nilai SUS setiap responden berdasarkan pengalaman mereka menggunakan aplikasi AR Tangram Card. Kemudian untuk mencari nilai rata-rata total skor SUS dapat dilihat pada persamaan (1).

$$\text{Nilai rata - rata} = \sum_{i=1}^N \frac{X_i}{N} \quad (1)$$

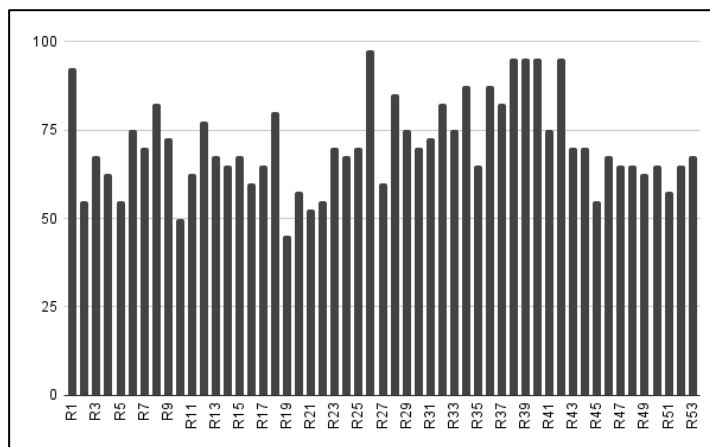
Tabel 9. Hasil Perhitungan SUS

Responden	Jenis Kelamin	Skor SUS	Responden	Jenis Kelamin	Skor SUS
R1	Laki-laki	92,5	R28	Perempuan	85
R2	Laki-laki	55	R29	Perempuan	75
R3	Laki-laki	67,5	R30	Perempuan	70
R4	Laki-laki	62,5	R31	Perempuan	72,5
R5	Laki-laki	55	R32	Perempuan	82,5
R6	Laki-laki	75	R33	Perempuan	75
R7	Laki-laki	70	R34	Perempuan	87,5
R8	Laki-laki	82,5	R35	Perempuan	65
R9	Laki-laki	72,5	R36	Perempuan	87,5
R10	Laki-laki	50	R37	Perempuan	82,5
R11	Laki-laki	62,5	R38	Perempuan	95
R12	Laki-laki	77,5	R39	Perempuan	95
R13	Laki-laki	67,5	R40	Perempuan	95
R14	Laki-laki	65	R41	Perempuan	75
R15	Laki-laki	67,5	R42	Perempuan	95
R16	Laki-laki	60	R43	Perempuan	70
R17	Laki-laki	65	R44	Perempuan	70
R18	Laki-laki	80	R45	Perempuan	55
R19	Laki-laki	45	R46	Perempuan	67,5

R20	Laki-laki	57,5	R47	Perempuan	65
R21	Laki-laki	52,5	R48	Perempuan	65
R22	Laki-laki	55	R49	Perempuan	62,5
R23	Laki-laki	70	R50	Perempuan	65
R24	Laki-laki	67,5	R51	Perempuan	57,5
R25	Perempuan	70	R52	Perempuan	65
R26	Perempuan	97,5	R53	Perempuan	67,5
R27	Perempuan	60			

Total: 3750

Rata-rata skor SUS: 70,75



Gambar 14. Grafik Skor SUS Setiap Responden

Keterangan:

 X_i = Total Skor SUS N = Jumlah Responden
$$\text{Nilai rata-rata total skor SUS} = \frac{3750}{53} = 70,75$$

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan SUS, aplikasi Aplikasi AR Tangram Card menunjukkan skor 70,75 yang berarti aplikasi ini *ACCEPTABLE* dan masuk dalam kategori *GOOD*. Skor ini menunjukkan bahwa aplikasi berhasil memberikan pengalaman yang baik bagi *user*, meskipun terdapat dua responden yang memberikan skor 50 dan di bawah 50 yang menunjukkan pengalaman yang kurang baik. Sebagian besar responden, 51 dari 53 responden memberikan skor di atas 50 sehingga termasuk dalam kategori *OK* hingga *Best Imaginable*. Hasil ini menunjukkan bahwa aplikasi AR Tangram Card dapat diterima dengan baik oleh sebagian besar *user* dan memenuhi kriteria aplikasi yang mudah digunakan.

Sebagai perbandingan, dalam penelitian lain mengembangkan aplikasi AR Bola untuk pengenalan jenis bola pada anak-anak, hasil uji SUS menunjukkan rata-rata skor SUS 83 yang masuk ke dalam kategori *EXCELLENT*. Aplikasi ini berhasil diterima dengan baik oleh 20 responden kelas 1 Sekolah Dasar (SD). Aplikasi ini memanfaatkan AR untuk mengenalkan berbagai jenis bola dengan cara yang lebih interaktif daripada mengenalkan bola melalui buku yang sering kurang menarik bagi anak-anak [16].

Penelitian lain juga membahas AR yang diukur melalui perhitungan SUS kepada 60 responden. Aplikasi ini berfokus pada pengenalan huruf hijaiyah dan mendapat rata-rata skor SUS sebesar 77,2 yang masuk dalam kategori *GOOD*. Aplikasi ini menggunakan metode *marker-based* untuk menampilkan 3D huruf hijaiyah sehingga responden mendapatkan pengalaman belajar yang lebih imersif daripada pembelajaran dengan media cetak seperti buku iqro' [18].

Ketiga aplikasi tersebut memanfaatkan teknologi AR untuk tujuan edukasi anak-anak. Namun, Aplikasi AR Tangram Card memiliki skor yang lebih rendah dibandingkan dengan aplikasi pengenalan bola dan huruf hijaiyah. Hal ini mungkin kompleksitas materi yang digunakan oleh AR Tangram Card yang menggabungkan permainan tangram yang memerlukan tingkat pemahaman lebih tinggi dibandingkan dengan materi sederhana yang ada pada aplikasi pengenalan bola atau huruf hijaiyah. Selain itu, perbedaan usia target pengguna yang lebih muda, seperti kelas 1 SD juga menjadi salah satu faktor penyebab perbedaan skor, mengingat anak-anak yang lebih muda lebih mudah menerima materi yang sederhana dan visualnya.

3.3.3. Uji Validitas

Uji validitas dilakukan menggunakan Korelasi Pearson dengan bantuan *software* IBM SPSS Statistics. Berdasarkan hasil pengujian, seluruh item memiliki nilai signifikansi (p-value) di bawah 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa seluruh pertanyaan pada instrumen modifikasi *System Usability Scale* (SUS) dinyatakan valid karena memenuhi syarat signifikansi pada level 0,05. Hasil uji validitas dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Uji Validitas

Item	Nilai Korelasi	Signifikansi (p-value)	Hasil
P1	0,554	<0,001	Valid
P2	0,518	<0,001	Valid
P3	0,564	<0,001	Valid
P4	0,400	0,003	Valid
P5	0,581	<0,001	Valid
P6	0,640	<0,001	Valid
P7	0,498	<0,001	Valid
P8	0,709	<0,001	Valid
P9	0,656	<0,001	Valid
P10	0,452	<0,001	Valid

3.3.4. Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas bertujuan untuk mengukur konsistensi hasil pengukuran suatu instrumen apabila digunakan kembali pada responden yang sama. Pengujian ini menunjukkan keandalan sebuah instrumen dalam memberikan hasil yang konsisten dan terpercaya [32]. Penelitian ini menggunakan *Cronbach's Alpha* untuk mengukur reliabilitasnya. Hasil uji reliabilitas menunjukkan nilai *Cronbach's Alpha* sebesar 0,73 yang menunjukkan bahwa instrumen tersebut dianggap reliabel, seperti terlihat pada Tabel 11. Berdasarkan level reliabilitas *Cronbach's Alpha* instrumen dianggap sangat reliabel apabila nilai >0,9, reliabel apabila nilai di antara 0,70 – 0,90, cukup reliabel apabila nilai di antara 0,40 – 0,70, kurang reliabel apabila nilai di antara 0,20 – 0,40, dan tidak reliabel apabila nilai <0,20 [33].

Tabel 11. Hasil Uji Reliabilitas

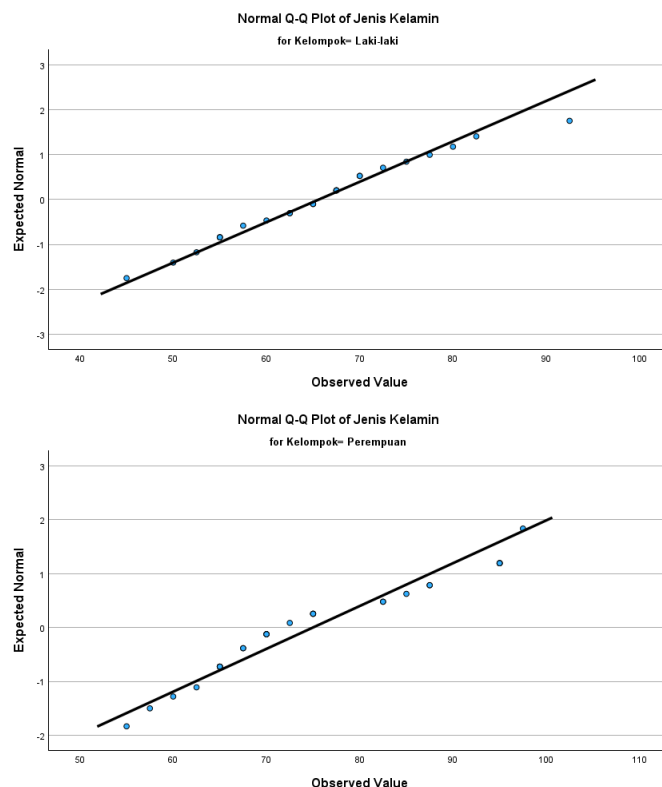
Cronbach's Alpha	N of Items
0,730	10

3.3.5. Uji Normalitas

Uji Normalitas dilakukan menggunakan *Shapiro-Wilk* karena kelompok laki-laki (24) dan kelompok perempuan (29) masing-masing kurang dari 50 jumlah sampelnya. Hasil uji pada tabel 12 menunjukkan bahwa kelompok laki-laki memiliki nilai signifikansi sebesar 0,940 yang berarti data terdistribusi normal karena nilai signifikansi lebih dari 0,05. Namun, kelompok perempuan memiliki nilai signifikansi sebesar 0,03 yang menunjukkan bahwa data tidak terdistribusi normal karena nilainya kurang dari 0,05. Sebagai gambaran visual, Q-Q Plot pada Gambar 15 menunjukkan distribusi masing-masing kelompok berdasarkan garis diagonal. Data kelompok laki-laki terdistribusi normal karena mengikuti garis diagonal meskipun terdapat satu titik yang menjauhi garis. Sedangkan, data kelompok perempuan tidak terdistribusi normal karena tidak mengikuti garis diagonal. Mengingat adanya kelompok yang tidak terdistribusi normal, maka dilakukan uji *non-parametric* menggunakan *Mann-Whitney U Test* untuk menguji lebih lanjut perbedaan antara dua kelompok.

Tabel 12. Hasil Uji Normalitas

	Kelompok	Statistic	df	Sig.
Jenis	Laki-laki	0,983	24	0,940
Kelamin	Perempuan	0,920	29	0,030



Gambar 15. Q-Q Plot Masing-masing Kelompok

Berdasarkan hasil uji *Mann-Whitney U Test* pada Tabel 13, diperoleh nilai Mann-Whitney U sebesar 206.500 dengan Asymp. Sig. (2-tailed) sebesar 0,011. Nilai signifikansi ini lebih kecil dari 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara skor kelompok laki-laki dan perempuan. Nilai Mean Rank kelompok perempuan adalah 31,88 atau lebih tinggi dari kelompok laki-laki, yaitu 21,10.

Perbedaan yang signifikan ini menunjukkan bahwa skor kelompok perempuan secara konsisten lebih tinggi dibandingkan kelompok laki-laki. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan respon yang diukur pada penelitian ini, yang kemungkinan dipengaruhi oleh karakteristik masing-masing kelompok. Temuan ini memberikan wawasan tentang variasi antara dua kelompok berdasarkan variabel yang diukur yang dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk analisis lebih lanjut.

Tabel 13. Hasil Uji *Non-parametric* Menggunakan *Mann-Whitney U Test*

Jenis Kelamin	
Mann-Whitney U	206.500
Wilcoxon W	506.500
Z	-2,537
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,011

3.4. Diskusi

3.4.1. Kelebihan Aplikasi

Aplikasi AR Tangram Card memiliki fitur *Augmented Reality* (AR) yang memungkinkan visualisasi 3D hewan beserta informasi edukatifnya, sehingga dapat menarik perhatian anak-anak. Selain itu, aplikasi ini juga menyediakan permainan tangram yang merupakan permainan edukatif yang dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreativitas anak. Tampilan *User Interface* yang intuitif memudahkan anak-anak untuk berinteraksi dengan aplikasi tanpa mengalami kesulitan. Terdapat juga fitur bilingual yang memungkinkan anak-anak mendapatkan informasi hewan dalam Bahasa Indonesia maupun Bahasa Inggris sehingga memperluas cakupan pembelajaran. Selain itu, berdasarkan hasil pengujian *Blackbox*, semua fitur dalam aplikasi AR

Tangram Card berfungsi dengan baik sesuai yang diharapkan.

3.4.2. Kekurangan Aplikasi

Aplikasi AR Tangram Card memiliki masalah pada kompatibilitas perangkat, terutama pada perangkat yang belum mendukung Camera2 API dan jika dilihat dari Tabel 3, terlihat bahwa masalah *blackscreen* pada menu AR Game terjadi pada perangkat yang memiliki Android versi 9 dan 12. Selain itu, tidak adanya fitur *reward* atau *leaderboard* yang biasanya ada di fitur permainan.

3.4.3. Implikasi Penelitian dalam Dunia Pendidikan

Aplikasi ini memiliki potensi besar dalam pendidikan anak, khususnya dalam mengajarkan konsep-konsep dasar pembelajaran dan ketrampilan pemecahan masalah melalui permainan. Penggunaan AR dapat menarik perhatian anak-anak dan memberikan alternatif pembelajaran yang lebih menarik daripada metode konvensional. Selain itu, penggunaan tangram sebagai permainan edukatif dapat membantu anak-anak dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreativitas mereka.

3.4.4. Saran Pengembangan Aplikasi

Penelitian ini memiliki masalah *blackscreen* yang terjadi pada beberapa perangkat dikarenakan adanya masalah pada Vuforia SDK yang tidak mendukung perangkat yang tidak mendukung Camera2 API. Oleh karena itu, perlu dilakukan pembaruan pada Vuforia SDK ke versi terbaru agar dapat mengatasi masalah tersebut dan mendukung perangkat yang lebih luas. Selain itu, perlu adanya pengembangan cakupan materi yang tidak hanya berfokus pada pengenalan hewan, misalnya materi Biologi lainnya, seperti pengenalan ekosistem, tumbuhan, atau konsep-konsep dasar lainnya yang mendukung pembelajaran secara lebih menyeluruh. Sebagai tambahan. Pengembangan pada fitur Tangram Game berupa penambahan system *high score* dan *reward* sehingga akan menambah motivasi pengguna untuk menyelesaikan Tangram Game dengan secepat-cepatnya. Fitur ini akan mendorong pengguna untuk terus berinteraksi dengan aplikasi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan terhadap aplikasi AR Tangram Card, dapat disimpulkan bahwa aplikasi ini memenuhi kriteria fungsionalitas dan kemudahan penggunaan yang baik berdasarkan pengujian *System Usability Scale* (SUS) yang menunjukkan skor 70,75 sehingga termasuk dalam kategori *ACCEPTABLE* dan *GOOD*. Pengujian validitas terhadap pertanyaan SUS menunjukkan bahwa semua instrumen pertanyaan pada penelitian ini valid, sementara uji reliabilitas menunjukkan tingkat konsistensi yang baik karena hasil *Cronbach's Alpha* adalah 0,73.

Penelitian ini menggunakan uji normalitas *Shapiro-Wilk* yang menunjukkan distribusi data normal pada kelompok laki-laki, tetapi tidak normal pada kelompok perempuan. Oleh karena itu, dilakukan pengujian lebih lanjut melalui uji *non-parametric* menggunakan *Mann-Whitney U Test* yang menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara dua kelompok.

Aplikasi ini berkontribusi terhadap dunia pendidikan dengan memperkenalkan aplikasi berbasis *Augmented Reality* (AR) yang dapat meningkatkan pengalaman belajar anak-anak. Visualisasi 3D dalam pengenalan hewan akan menarik perhatian anak-anak, sementara permainan tangram akan membantu meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreativitas anak melalui penyusunan tangram. Selain itu, teknologi AR memiliki potensi besar untuk meningkatkan pembelajaran yang lebih interaktif dan menyenangkan.

Namun, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, antara lain terkait kompatibilitas perangkat yang terkendala *blackscreen*. Oleh karena itu, peneliti merekomendasikan untuk memperbaiki aplikasi dengan memperbarui Vuforia SDK ke versi terbaru agar dapat mendukung perangkat yang tidak sepenuhnya mendukung fitur AR sehingga aplikasi dapat berjalan dengan baik pada lebih banyak perangkat. Selain itu, disarankan untuk melakukan pengujian lebih lanjut dengan variasi *user* yang lebih besar dan beragam untuk dapat dilakukan untuk mengoptimalkan aplikasi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Z. M. Zain, F. N. N. Jasmani, N. H. Haris, and S. M. Nurudin, "Gadgets and Their Impact on Child Development," in *International Academic Symposium of Social Science 2022*, Basel Switzerland: MDPI, Sep. 2022, p. 6. doi: 10.3390/proceedings2022082006.
- [2] R. Ausrianti, R. Putri Andayani, P. Deka Putri, D. Dinah Oswi, and D. Salsabilla, "Program 'TAMAN' (Lestari Permainan Tradisional) dalam Upaya Mengurangi Kecanduan Gadget pada Anak," *Jurnal Peduli Masyarakat*, vol. 6, no. 1, 2024, doi: <https://doi.org/10.37287/jpm.v6i1.2577>.
- [3] A. A. Kustiawan and S. Aulia Enggarwati, "Pengaruh Pembelajaran Berbasis Permainan Online Terhadap Kecerdasan Fisik Motorik Anak Usia Dini," *Journal of Early Childhood and Character Education*, vol. 1, no. 1, pp. 91–106, Feb. 2021, doi: 10.21580/joece.v1i1.6619.
- [4] S. Ningsih and A. Shanie, "Pengaruh Penggunaan Gadget Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik Sekolah Dasar," *Muallimuna : Jurnal Madrasah Ibtidaiyah*, vol. 8, no. 2, p. 52, Apr. 2023, doi: 10.31602/muallimuna.v8i2.10126.
- [5] A. Julmiran and S. Q. Ain, "Hubungan Durasi Penggunaan Gadget dengan Prestasi Siswa Kelas V Sekolah Dasar," 2024. doi: <https://doi.org/10.58230/27454312.548>.
- [6] Badan Pusat Statistik, "Statistik Telekomunikasi Indonesia 2022," 2023, Accessed: Jan. 22, 2025. [Online]. Available: https://web-api.bps.go.id/download.php?f=EgFVpigkUS2P0h+MhVNYTGNpcnhCUjRydU4xL2JFeHFFMi9FdTVhVXFrUm53Mjl4c0Q0Z0hqamJDcGswbmUvTmUvSE5XVUtWNS9USmIrUE9leTE4bWtqN25XRUpVSm9PdJRVbmlyQlRQQVp4dDN3TWxYRWZmZmdHSS9seVJ4L0V5cVZmc1FIY0ZJQ1FMVzJYbzNXL0tWejU4NVFaVzUrUUpJenFiU2oyWDI2SWsrajBnN0Yzc3AxSGd5YmhrZU1qY014Uk1LWWxvVWRTeUhIa3FkYXNXWTE4L3VJdkpMeTBEVHFrbYtEMEp2cnJsNjlrTmdTL05NbXIxb2o2RTJ5UUpRa0Y3bGJabENZdDVvbldVdVRNK1BRVfVhVaU5RN0JsdFh5YzVnPT0=&_gl=1*psv21z*_ga*MTEzODc4NjAxMC4xNzM3NTI5MjYz*_ga_XXTTVXWHDB*MTczNzUyOTI2Mi4xLjEuMTczNzUyOTQ3NS4wLjAuMA..
- [7] kanal.psikologi, "Anak Kecanduan Gadget, Mengapa dan Bagaimana Mengatasinya?," Kanal Psikologi Universitas Gadjah Mada. Accessed: Jan. 22, 2025. [Online]. Available: <https://kanal.psikologi.ugm.ac.id/anak-kecanduan-gadget-mengapa-dan-bagaimana-mengatasinya/>
- [8] J. Jufrida, F. R. Basuki, and W. Kurniawan, "Agen Penggerak Permainan Tradisional: Solusi mengurangi Kecanduan Gadget Pada Anak," *Jurnal Surya Masyarakat*, vol. 4, no. 1, p. 1, Nov. 2021, doi: 10.26714/jsm.4.1.2021.1-9.
- [9] F. C. Panjaitan, R. Muliani, N. Kurnia, and M. D. Sipayung, "Penggunaan Media Tangram dalam Pembelajaran Segi Banyak di Sekolah Dasar," *Jurnal Pendidikan dan Konseling (JPDK)*, vol. 4, no. 6, pp. 13373–13377, 2022.
- [10] E. Cahyanita, S. Sunardi, E. Yudianto, N. R. Aini, and H. T. Wijaya, "The development of tangram-based geometry test to measure the creative thinking ability of junior high school students in solving two-dimensional figure problems," *J Phys Conf Ser*, vol. 1836, no. 1, p. 012051, Mar. 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1836/1/012051.
- [11] M. Dicky Juliansyach, "Aplikasi Augmented Reality Pengenalan Hewan untuk Anak Usia Dini Berbasis Android," *SIBATIK JOURNAL: Jurnal Ilmiah Bidang Sosial, Ekonomi, Budaya, Teknologi, dan Pendidikan*, vol. 2, no. 4, pp. 1155–1166, Mar. 2023, doi: 10.54443/sibatik.v2i4.753.
- [12] L. Indahsari and S. Sumirat, "Implementasi Teknologi Augmented Reality dalam Pembelajaran Interaktif," *Cognoscere: Jurnal Komunikasi dan Media Pendidikan*, vol. 1, no. 1, pp. 7–11, Jul. 2023, doi: 10.61292/cognoscere.v1i1.20.
- [13] M. I. S. Guntur and W. Setyaningrum, "The Effectiveness of Augmented Reality in Learning Vector to Improve Students' Spatial and Problem-Solving Skills," *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, vol. 15, no. 05, p. 159, Mar. 2021, doi: 10.3991/ijim.v15i05.19037.
- [14] A. Syahputra, S. Andryana, and A. Gunaryati, "Aplikasi Augmented Reality (AR) dengan Metode Marker Based sebagai Media Pengenalan Hewan Darat pada Anak Usia Dini menggunakan Algoritma Fast Corner Detection (FCD)," *Jurnal JTIK (Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi)*, vol. 4, no. 2, p. 56, Dec. 2020, doi: 10.35870/jtik.v5i1.164.
- [15] N. Abidin and A. F. Haq, "Aplikasi Media Pembelajaran Anak Usia Dini Menggunakan Teknologi Augmented Reality Berbasis Android," *Jurnal Nasional Komputasi dan Teknologi Informasi (JNKTI)*, vol. 6, no. 1, pp. 95–102, Feb. 2023, doi: 10.32672/jnkti.v6i1.5807.
- [16] P. A. Raharja and R. Indrajaya, "Rancang Bangun Aplikasi Augmented Reality Media Pembelajaran Pengenalan Macam-macam Bola Pada Anak Usia Dini," *ZONAsi: Jurnal Sistem Informasi*, vol. 5, no. 1, pp. 204–214, Feb. 2023, doi: 10.31849/zn.v5i1.11102.

-
- [17] E. S. Susanto, F. Hamdani, F. Nuryansah, and N. Oper, "Pengembangan Aplikasi Smart-Book Sebagai Media Pembelajaran Bahasa Inggris Anak Berbasis AR (Augmented Reality)," *Jurnal Mnemonic*, vol. 5, no. 1, pp. 64–71, Feb. 2022, doi: 10.36040/mnemonic.v5i1.4438.
 - [18] P. A. Raharja, T. Yuniarti, and A. I. Perdana, "Pengenalan Huruf Hijaiah (ARENYA) Menggunakan Augmented Reality," *Journal of Informatics, Information System, Software Engineering and Applications (INISTA)*, vol. 4, no. 1, pp. 31–39, Nov. 2021, doi: 10.20895/inista.v4i1.401.
 - [19] C.-Y. Chou, C.-C. Yang, and Z.-H. Chen, "Applying Augmented Reality to Assisting Children in Solving Tangram Puzzle," *Proceedings of the 21st International Conference on Computers in Education, ICCE 2013*, pp. 139–144, Jan. 2013, doi: <https://doi.org/10.58459/icce.2013.242>.
 - [20] A. Hermawan and S. Hadi, "Realitas Pengaruh Penggunaan Teknologi Augmented Reality dalam Pembelajaran terhadap Pemahaman Konsep Siswa," *Jurnal Simki Pedagogia*, vol. 7, no. 1, pp. 328–340, Jun. 2024, doi: 10.29407/jsp.v7i1.694.
 - [21] R. R. Aditama Farhan Mudhoffar and W. Widayat, "Perancangan Sistem Informasi Rekam Medis Berbasis Web," *The Indonesian Journal of Computer Science*, vol. 13, no. 2, Apr. 2024, doi: 10.33022/ijcs.v13i2.3822.
 - [22] A. Fatmawati, "Evaluasi Usability pada Learning Management System OpenLearning Menggunakan System Usability Scale," *INOVTEK Polbeng - Seri Informatika*, vol. 6, no. 1, p. 120, Jun. 2021, doi: 10.35314/isi.v6i1.1881.
 - [23] H. A. Bukhori, S. Sunarti, T. Widyatmoko, and H. L. Ting, "ADDIE method for implementation of virtual reality in online course using model project-based learning," *JINoP (Jurnal Inovasi Pembelajaran)*, vol. 8, no. 1, May 2022, doi: 10.22219/jinop.v8i1.18905.
 - [24] M. A. Adeoye, K. A. S. I. Wirawan, M. S. S. Pradnyani, and N. I. Septiarini, "Revolutionizing Education: Unleashing the Power of the ADDIE Model for Effective Teaching and Learning," *JPI (Jurnal Pendidikan Indonesia)*, vol. 13, no. 1, pp. 202–209, Apr. 2024, doi: 10.23887/jpiundiksha.v13i1.68624.
 - [25] N. M. Nasir, N. Azly, and M. Ali, "The Development of An Augmented Reality Technology Application Using Addie Model on Packaging," *International Journal of Accounting, Finance and Business*, vol. 7, no. 41, pp. 209–218, 2022, doi: 10.55573/IJAFB.074119.
 - [26] D. A. P. Putri, N. D. Septiyanti, E. Sudarmilah, and D. Priyawati, "Augmented Reality Development for Garbage Sortation Education for Children," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 15, no. 7, 2024, doi: 10.14569/IJACSA.2024.0150718.
 - [27] E. Sudarmilah, D. B. Saputra, A. F. B. Arbain, and B. Murtiyasa, "Web-Based System for Growth and Development Monitoring Early Childhood," *J Phys Conf Ser*, vol. 1874, no. 1, p. 012024, May 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1874/1/012024.
 - [28] P. A. Raharja and B. Z. Pramudya, "Evaluasi Usability Aplikasi Augmented Reality Morphfun Menggunakan System Usability Scale," *MULTINETICS*, vol. 8, no. 2, pp. 122–130, Dec. 2022, doi: 10.32722/multinetics.v8i2.4702.
 - [29] A. Munawar, U. Hayati, and R. Danar Dana, "Analisis Penggunaan Aplikasi Kehadiran Pegawai Berbasis Android Menggunakan Metode System Usability Scale," 2023. doi: 10.36040/jati.v7i1.6213.
 - [30] N. Z. S. Pratama and C. I. Ratnasari, "Sinau: Javanese Educational Games for Early Childhood as an Effort to Preserve Javanese Heritage," *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, vol. 8, no. 2, pp. 645–654, Dec. 2024, doi: 10.29408/edumatic.v8i2.27889.
 - [31] PTC Inc., "Vuforia Camera Black Screen Issue on Samsung F13 and A55 (Android 14) #149," GitHub. Accessed: Jan. 19, 2025. [Online]. Available: <https://github.com/PTCInc/vuforia-engine/issues/149#issuecomment-2558371964>
 - [32] M. Mawarti and I. Seprina, "Analisis Kesuksesan Sistem Informasi Akademik (SIKAD) Menggunakan Model DeLone dan McLean (Studi Kasus STIHPADA Palembang)," *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, vol. 8, no. 2, pp. 393–406, May 2023, doi: 10.29100/jupi.v8i2.3462.
 - [33] A. Nur Rohmah, M. Nugraheni Mardi Rahayu, and F. Psikologi Universitas Kristen Satya Wacana, "Big Five Personality Terhadap Perilaku Impulsive Buying Produk Fashion Mahasiswa Psikologi UKSW," 2022.