

PENERAPAN AUGMENTED REALITY BERBASIS ANDROID SEBAGAI PELENGKAP MEDIA PEMBELAJARAN SISTEM TATA SURYA

Implementation Of Android-Based Augmented Reality As A Supplement To The Solar System Learning Media

Martien Junaedi, martienjunaedi123@gmail.com¹, Anton Siswo Raharjo Ansori,
aansori@bundamulia.ac.id²

^{1,2}Informatika/Fakultas Teknik dan Desain, Universitas Bunda Mulia

ABSTRACT

The results of the learning process are strongly influenced by interest and motivation to learn, therefore active interaction is needed in the learning process so as to create a conducive learning environment and create an ideal and effective learning process. Often, teaching aids are needed that function as visual representation during the teaching and learning process, the solar system material being one of the examples. Unfortunately, the availability of visual aids sometimes becomes an obstacle in teaching and learning activities.

This research was conducted to create a complementary media for learning the solar system, as well as an alternative choice of existing conventional learning media. Augmented reality technology is used because it can facilitate the representation of objects in the solar system in 3D. The research stages to be carried out are literature study, asset collection and application design, application development, testing, and documentation. Application development in this study will use the Unity game engine by utilizing the SDK from Vuforia.

The result of this research is an Android-based interactive learning application for the solar system that applies marker-based augmented reality with a single-marker tracking method. With this application, it is hoped that it can complement conventional learning media and visual aids, as well as an alternative medium for learning the solar system.

Keywords: android, augmented reality, marker-based, learning media, single-marker.

ABSTRAK

Hasil dari proses pembelajaran sangat dipengaruhi oleh minat dan motivasi belajar, oleh karena itu diperlukan interaksi yang aktif dalam proses pembelajaran sehingga dapat menciptakan lingkungan belajar yang kondusif dan tercipta proses belajar yang ideal serta efektif. Seringkali dibutuhkan alat peraga yang berfungsi sebagai alat bantu representasi visual selama proses belajar mengajar, materi sistem tata surya menjadi salah satu contohnya. Sayangnya ketersediaan alat peraga visual terkadang menjadi kendala dalam kegiatan belajar mengajar.

Penelitian ini dilakukan untuk menciptakan media pelengkap pembelajaran sistem tata surya, sekaligus sebagai pilihan alternatif media pembelajaran konvensional yang ada. Teknologi *augmented reality* digunakan karena dapat memudahkan dalam representasi objek-objek di dalam sistem tata surya dalam bentuk 3D. Tahapan penelitian yang akan dilakukan adalah studi literatur, pengumpulan aset dan perancangan aplikasi, pengembangan aplikasi, pengujian, dan dokumentasi. Pengembangan aplikasi dalam penelitian ini akan menggunakan game engine Unity dengan memanfaatkan SDK dari Vuforia.

Hasil dari penelitian ini adalah sebuah aplikasi pembelajaran interaktif sistem tata surya berbasis Android yang menerapkan marker-based *augmented reality* dengan metode tracking berupa single-marker. Dengan

adanya aplikasi ini diharapkan dapat melengkapi media pembelajaran konvensional dan alat bantu peraga visual, sekaligus sebagai alternatif media pembelajaran sistem tata surya.

Kata Kunci: android, *augmented reality*, *marker-based*, media pembelajaran, *single-marker*.

PENDAHULUAN

Belajar merupakan proses untuk memperoleh ilmu atau pemahaman dari suatu sumber belajar. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Sekar Anggayuh et al. besarnya minat dan motivasi belajar akan mempengaruhi hasil dari pembelajaran yang diberikan. Oleh karena itu, diperlukan interaksi yang aktif dalam proses pembelajaran sehingga dapat menciptakan lingkungan belajar yang kondusif dan tercipta proses belajar mengajar yang ideal serta efektif [1][2][3][4].

Lingkungan belajar yang memiliki interaksi yang aktif dapat dicapai dengan mempertimbangkan beberapa faktor, salah satunya adalah fasilitas belajar yang digunakan sebagai media pembelajaran. Seringkali dibutuhkan alat peraga yang berfungsi sebagai pelengkap atau sebagai alat bantu representasi visual selama proses belajar mengajar [1][2][5]. Materi sistem tata surya merupakan contohnya. Sistem tata surya adalah materi pelajaran IPA (Ilmu Pengetahuan Alam) yang diajarkan pada jenjang sekolah dasar dimana materi ini berisikan bahan ajar mengenai kumpulan benda-benda langit atau luar angkasa. Sayangnya dalam pembelajaran materi sistem tata surya, media pembelajaran yang digunakan kebanyakan masih bersifat konvensional seperti buku, gambar, atau video sehingga mengurangi interaktivitas kegiatan belajar. Ketersediaan alat peraga visual sebagai pelengkap media pembelajaran juga sering menjadi kendala dalam kegiatan belajar mengajar materi sistem tata surya [6][7][8][9][10][11][12].

Di era modern seperti sekarang, kemajuan teknologi yang ada membawa dampak yang besar di setiap aspek dalam kehidupan kita, tak terkecuali dalam aspek pendidikan. Kemajuan teknologi membuka berbagai peluang menciptakan strategi

pembelajaran dan fasilitas belajar yang baru [1][2][13].

Data dari Badan Pusat Statistika pada laporan Statistik Telekomunikasi Indonesia 2019 memperlihatkan dalam kurun waktu 2015 sampai 2019 terdapat peningkatan penggunaan internet dalam rumah tangga di Indonesia hingga 73,75%, diikuti dengan pertumbuhan penduduk yang menggunakan atau memiliki telepon seluler mencapai 63,53%. Dari data pengaksesan internet pada tahun 2019, sebanyak 96,95% dilakukan dengan menggunakan media telepon seluler, dan 44,17% pengaksesan dilakukan oleh penduduk dengan usia 5 sampai 24 tahun [14]. Berdasarkan data tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat derajat penggunaan *smartphone* dan internet yang tinggi.

Mempertimbangkan tingginya akses terhadap *smartphone* dan internet, dapat dibuat sebuah media pembelajaran interaktif materi sistem tata surya dengan media aplikasi *smartphone* sebagai pelengkap media pembelajaran konvensional. Salah satu teknologi yang dapat diterapkan untuk membantu melengkapi media pembelajaran konvensional tersebut adalah *augmented reality*. Teknologi *augmented reality* dapat memvisualisasikan objek-objek virtual kedalam dunia nyata secara *real-time*. Dengan demikian, selain menjadi media penyampaian materi, aplikasi ini dapat mempermudah representasi benda-benda angkasa atau antariksa, dan keseluruhan sistem tata surya dalam bentuk objek 3D atau sebagai alat bantu representasi visual.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Phill Diegmann et al. pada tahun 2015 memperlihatkan banyaknya manfaat yang diberikan dalam penerapan *augmented reality* sebagai media pembelajaran [15]. Penelitian yang dilakukan Peng Chen et al. pada tahun 2017 juga membuktikan bahwa

penggunaan *augmented reality* sebagai media pembelajaran mendapatkan respon yang positif, meningkatkan motivasi belajar siswa, dan banyak dipakai pada pembelajaran bidang sains [16].

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, berikut masalah yang dapat diidentifikasi:

1. Bagaimana mengemas materi sistem tata surya kedalam aplikasi media pembelajaran yang interaktif?
2. Bagaimana mengimplementasikan *single-marker augmented reality* kedalam aplikasi pembelajaran sistem tata surya?

Berdasarkan identifikasi masalah yang ada, maka tujuan dan manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat aplikasi Android sebagai pelengkap media pembelajaran sistem tata surya berupa peraga interaktif sistem tata surya.
2. Melakukan implementasi metode *single-marker augmented reality* kedalam aplikasi Android sebagai media pembelajaran sistem tata surya.
3. Bagi pengguna, dengan adanya aplikasi ini diharapkan dapat membantu dalam kegiatan pembelajaran materi sistem tata surya serta memberikan pelengkap media konvensional pembelajaran sistem tata surya.
4. Bagi masyarakat awam, dengan adanya aplikasi ini diharapkan dapat menjadi pilihan alternatif bagi yang ingin mulai belajar materi sistem tata surya, atau sebagai hiburan yang informatif dikala senggang.
5. Bagi peneliti, penelitian ini meningkatkan kemampuan peneliti dalam pembuatan aplikasi pembelajaran, khususnya pembuatan aplikasi *augmented reality* berbasis Android dengan menggunakan game engine Unity.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah MDLC (*Multimedia Development Life Cycle*). MDLC adalah metode pengembangan perangkat lunak berbasis multimedia [6], [7], [11].

1. Concept

Pada tahapan ini, dilakukan penentuan tujuan, pengguna dari aplikasi, dan studi literatur sehingga menghasilkan sebuah gambaran kasar mengenai produk (aplikasi) multimedia apa yang akan dibuat.

2. Design

Pada tahapan ini, dimulai perancangan dari aplikasi yang akan dibuat, seperti fitur apa saja yang harus ada didalam aplikasi (fungsionalitas), struktur navigasi, dan desain tampilan (*user interface*).

3. Material Collecting

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan aset-aset yang akan digunakan dalam pembuatan aplikasi.

4. Assembly

Pada tahapan ini, dimulai pembuatan aplikasi sesuai dengan rancangan yang telah dibuat sebelumnya pada tahap perancangan.

5. Testing

Pada tahap pengujian, dilakukan uji coba pada aplikasi yang telah dibuat baik untuk memastikan aplikasi dapat berjalan sesuai dengan perencanaan dan memenuhi kebutuhan pengguna atau target pasar yang telah ditentukan.

6. Distribution

Pada tahap ini, aplikasi sudah selesai dan siap didistribusikan atau dirilis kepada pengguna sesuai dengan target pasar yang telah ditentukan.

Berdasarkan hasil studi literatur yang dilakukan, dipilihlah teknologi *augmented reality* untuk membuat media pembelajaran alternatif materi sistem tata surya. Media pembelajaran yang akan dibuat berupa aplikasi Android yang dapat menampilkan miniatur sistem tata surya dan juga

informasi mengenai objek-objek antariksa seperti planet dan matahari. Aplikasi yang akan dibuat ditujukan untuk umum ataupun untuk akademisi (siswa SD dan SMP) yang sedang belajar materi sistem tata surya.

Dengan konsep yang sudah ditentukan, berikut ini adalah perancangan dari aplikasi yang akan dibuat:

Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional berisikan proses, informasi, atau fitur apa saja yang harus ada didalam aplikasi yang akan dibuat. Berikut adalah kebutuhan fungsional dari aplikasi augmented reality pembelajaran sistem tata surya yang akan dibuat:

- Aplikasi harus memiliki halaman bantuan penggunaan aplikasi.
- Aplikasi harus memiliki halaman tentang aplikasi yang berisikan informasi seputar pembuatan aplikasi.
- Aplikasi harus memiliki musik latar belakang dan suara efek ketika menekan tombol pada antarmuka.
- Pengguna dapat mengatur keras dari suara musik dan efek.
- Aplikasi dapat menampilkan model atau miniatur tata surya dalam bentuk 3D.
- Pengguna dapat melakukan navigasi (mengontrol kamera) pada model tata surya seperti mengorbit, memperbesar atau memperkecil jarak pandang. Terdapat batasan untuk merotasi, memperkecil, dan memperbesar jarak pandang untuk menghindari pergerakan yang tidak perlu dan mempermudah pengguna menavigasikan kamera.
- Pengguna dapat berinteraksi dengan objek yang ada pada miniatur sistem tata surya untuk melihat informasi seputar objek tersebut.
- Aplikasi harus dapat memperlihatkan objek tata surya dalam mode AR. Pengguna dapat mengatur ukuran serta merotasi objek yang dilihat pada mode AR.

- Pengguna tetap dapat melihat informasi seputar objek yang dilihat dalam mode AR.
- Terdapat halaman kuis pilihan ganda seputar sistem tata surya untuk mengevaluasi informasi yang didapat pengguna.
- Soal yang ada pada kuis terbatas pada informasi yang ada pada aplikasi.
- Pertanyaan dan pilihan ganda dari setiap soal harus diacak setiap kali pengguna mengakses halaman kuis.
- Minimal terdapat 30 soal pada aplikasi, dimana setiap kali pengguna memulai kuis, akan ditampilkan 10 soal yang sudah diacak dari 30 soal yang ada pada aplikasi.
- Pengguna dapat melihat score yang didapatkan setelah menyelesaikan kuis.

Kebutuhan Non-Fungsional

Kebutuhan non-fungsional berisikan fitur tambahan atau kebutuhan pendukung dari aplikasi yang akan dibuat seperti kebutuhan operasional, dan sebagainya. Berikut ini adalah kebutuhan non-fungsional dari aplikasi *augmented reality* pembelajaran sistem tata surya yang akan dibuat:

- Perpindahan halaman pada aplikasi harus responsif.
- Aplikasi harus dapat memuat miniatur tata surya dalam waktu kurang dari 3 detik.
- Semua objek yang ada pada miniatur dapat terlihat dengan jelas, bahkan untuk objek paling jauh (Neptunus).
- Pada halaman miniatur sistem tata surya, kamera berpindah dengan responsif mengikuti gerakan tangan pengguna.
- Kamera dapat dikendalikan dengan mudah serta menggunakan gestur yang familiar.
- Pada halaman miniatur tata surya, setiap objek harus memiliki informasi yang relatif sama.
- Objek dapat dimuat dan ditampilkan dengan cepat dalam mode AR.

- Objek berotasi dan berubah ukuran secara responsif sesuai dengan gestur yang diberikan pengguna.

Material Collecting

Dalam penelitian ini terdapat beberapa aset yang dipakai, dan dapat digolongkan menjadi dua jenis. Aset internal yang dibuat oleh peneliti atau aset eksternal yang didapat dari tempat lain. Aset internal yang digunakan pada penelitian ini berupa gambar, logo, dan ikon yang dibuat menggunakan aplikasi pengolah vektor dan *prototyping* Figma. Aset eksternal yang digunakan pada aplikasi ini adalah aset-aset seperti objek 3D planet, musik latar, dan juga informasi-informasi yang akan dijadikan materi.

Assembly

Tahap implementasi dari aplikasi pembelajaran sistem tata surya dibagi menjadi beberapa bagian seperti pembuatan marker, pembuatan antarmuka sesuai dengan rancangan yang dibuat pada tahap desain.

Pengujian Box Testing

Pada penelitian ini, pengujian *black box* dilakukan secara internal oleh peneliti untuk memeriksa apakah seluruh kebutuhan fungsional dari aplikasi sudah terpenuhi sebelum dilakukan *IDE profiling*, dan aplikasi disebar bersama dengan kuesioner *user acceptance*.

IDE Profiling

Pada penelitian ini, performa dari aplikasi akan diuji sebelum dibuat (*build*) menggunakan *profiler* bawaan dari Unity (*Unity Profiler*) untuk mendapatkan data kinerja aplikasi pada area CPU, dan memori, dalam bentuk grafik.

2.5.3 User Acceptance Testing

Pengujian terakhir yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan kuesioner. Pengumpulan data kuesioner dilakukan untuk mendapatkan validasi dan *feedback* dari pengguna (responden kuesioner). Kuesioner ini akan disebar melalui media sosial seperti

Discord, LINE, dan WhatsApp, dimana tidak terdapat batasan usia, pekerjaan, dan jenis kelamin dari responden kuesioner selama peserta kuesioner menggunakan perangkat Android.

Distribution

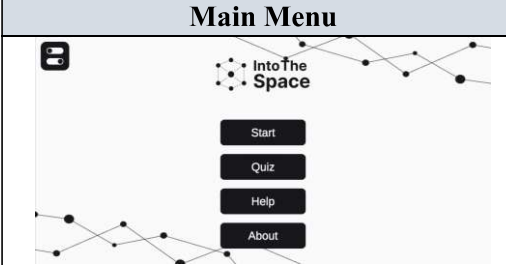


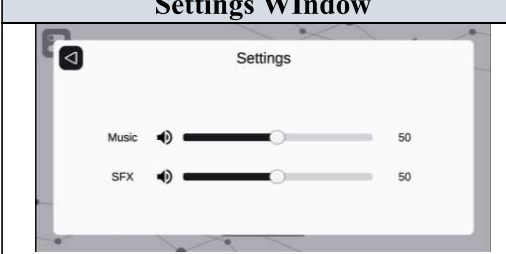
Pada tahap distribusi, aplikasi akan disebar melalui link Google Drive yang akan dilampirkan pada kuesioner yang dibagikan ketika pengambilan data.

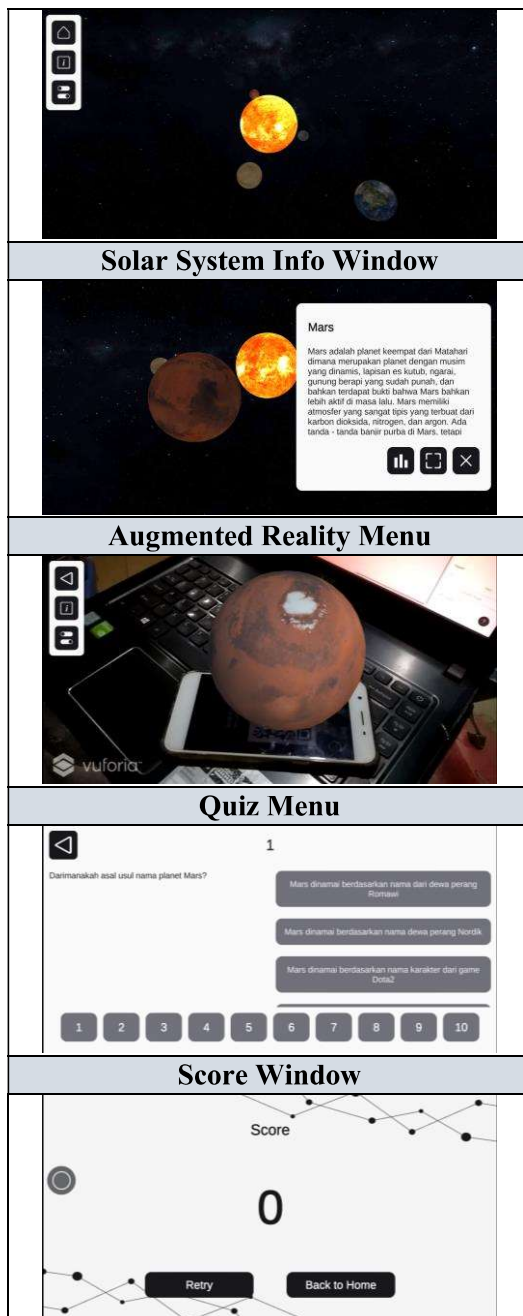
HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Antarmuka

Tampilan antar muka yang diinformasikan pada Tabel 1 adalah hasil implementasi antarmuka aplikasi:

Tabel 1. Implementasi Antarmuka

<p>Main Menu</p> 
<p>About Window</p> 
<p>Help Window</p> 
<p>Settings Window</p> 
<p>Solar System Menu</p>



Pengujian *Black Box* Aplikasi

Pengujian Blakbox Aplikasi ditunjukkan pada Tabel 2. Tabel 2 menginformasikan Aktivitas pengujian, Input dan Output serta penilaian Hasil pengujian berhasil atau gagal.

Tabel 2. Hasil pengujian *black box*

Main Menu			
Aktivitas Pengujian	Input	Output	Hasil Uji
Masuk ke halaman	Tekan	Menampilkan halaman tata	Berhasil

model tata surya	tombol Start	surya	
Masuk ke halaman quiz	Tekan tombol quiz	Menampilkan halaman quiz	Berhasil
Membuka jendela help	Tekan tombol help	Menampilkan jendela help	Berhasil
Menutup jendela help	Tekan tombol back pada jendela help	Menutup jendela help	Berhasil
Membuka jendela about	Tekan tombol about	Menampilkan jendela about	Berhasil
Mengakses link creator dan credit pada jendela about	Tekan tombol Github, NASA, tata surya Scope, 3D Assets, dan Vilkas Sound yang ada pada jendela about	Membuka link pada browser	Berhasil
Menutup jendela about	Tekan tombol back pada jendela about	Menutup jendela about	Berhasil
Membuka jendela settings	Tekan tombol settings	Membuka jendela settings	Berhasil
Mengatur volume dan mute musik atau sfx	Menggeser slider volume atau menekan tombol mute pada jendela settings	Volume musik dan sfx membesar, mengecil, atau mute	Berhasil
Menutup jendela settings	Tekan tombol back pada jendela settings	Menutup jendela settings	Berhasil
Solar System Menu			
Aktivitas Pengujian	Input	Output	Hasil Uji
Kembali ke main menu	Tekan tombol home	Menampilkan halaman main menu	Berhasil
Membuka jendela informasi tata surya	Tekan tombol info	Menampilkan jendela info tata surya	Berhasil
Membuka mode AR tata surya	Tekan tombol AR pada jendela info tata surya	Membuka halaman AR tata surya	Berhasil
Menutup jendela informasi tata	Tekan tombol close pada jendela info tata	Menutup jendela informasi tata	Berhasil

surya	surya	surya	
Membuka jendela settings	Tekan tombol settings	Menampilkan jendela settings	Berhasil
Mengatur volume dan mute musik atau sfx	Menggeser slider volume atau menekan tombol mute pada jendela settings	Volume musik dan sfx membesar, mengecil, atau mute	Berhasil
Menutup jendela settings	Tekan tombol back pada jendela settings	Menutup jendela settings	Berhasil
Melihat informasi objek antariksa	Tekan objek antariksa yang ada pada model tata surya	Kamera mengarah ke objek antariksa yang dipilih dan menampilkan jendela info seputar objek tersebut	Berhasil
Melihat informasi dalam angka seputar objek antariksa (by-nuber)	Menekan tombol by-number pada jendela info objek antariksa	Menampilkan jendela by-number	Berhasil
Menutup jendela by number	Tekan tombol close pada jendela by-number	Menutup jendela by-number	Berhasil
Membuka mode AR objek antariksa	Tekan tombol AR pada jendela info objek antariksa	Membuka halaman AR objek antariksa	Berhasil
Menutup jendela informasi objek antariksa	Tekan tombol close pada jendela info objek antariksa	Menutup jendela informasi objek antariksa	Berhasil
Memperkecil, memperbesar jarak pandang, dan merotasikan kamera untuk melihat model tata surya	Mencubit dan menggesek layar	Kamera memperkecil atau memperbesar atau berputar mengorbit model tata surya	Berhasil
AR Menu			
Aktivitas Pengujian	Input	Output	Hasil Uji
Kembali ke menu tata surya	Tekan tombol back	Menampilkan halaman tata surya	Berhasil
Membuka jendela	Tekan	Menampilkan jendela info	Berhasil

informasi objek antariksa	tombol info	objek antariksa	
Melihat informasi dalam angka seputar objek antariksa (by-nuber)	Menekan tombol by-number pada jendela info objek antariksa	Menampilkan jendela by-number	Berhasil
Menutup jendela by number	Tekan tombol close pada jendela by-number	Menutup jendela by-number	Berhasil
Membuka jendela settings	Tekan tombol settings	Menampilkan jendela settings	Berhasil
Mengatur volume dan mute musik atau sfx	Menggeser slider volume atau menekan tombol mute pada jendela settings	Volume musik dan sfx membesar, mengecil, atau mute	Berhasil
Menutup jendela settings	Tekan tombol back pada jendela settings	Menutup jendela settings	Berhasil
Menampilkan objek antariksa dalam bentuk AR	Merekam marker	Objek antariksa muncul pada layar	Berhasil
Memperbesar dan memperkecil objek antariksa yang sedang dilihat	Mencubit atau menggesek layar	Objek antariksa berputar dan mengecil atau membesar	Berhasil
Quiz Menu			
Aktivitas Pengujian	Input	Output	Hasil Uji
Kembali ke main menu	Tekan tombol back	Menampilkan halaman main menu	Berhasil
Masuk ke halaman soal	Tekan tombol start	Menampilkan jendela soal	Berhasil
Memilih soal	Tekan tombol nomor soal	Menampilkan soal untuk nomor yang ditekan	Berhasil
Memilih jawaban pilihan ganda pada soal	Tekan salah satu tombol pilihan ganda pada soal	Tombol pilihan ganda yang ditekan, dan tombol nomor soal tersebut berubah warna menjadi hitam	Berhasil

Mengakhiri kuis	Tekan tombol back	Menampilkan jendela konfirmasi	Berhasil
Menutup jendela konfirmasi	Tekan tombol back pada jendela konfirmasi	Jendela konfirmasi tertutup	Berhasil
Melihat skor	Tekan tombol finish pada jendela konfirmasi	Menampilkan jendela skor	Berhasil
Mengulang kuis	Tekan tombol retry pada jendela skor	Kembali ke halaman kuis, dan soal teracak	Berhasil
Menutup jendela skor	Tekan tombol retry atau back to home	Kembali ke halaman kuis (mengulang kuis) atau kembali ke halaman utama	Berhasil

Pengujian *black box* dilakukan secara internal oleh peneliti untuk memeriksa fungsionalitas dari aplikasi. Hasil dari pengujian yang terdapat pada tabel 1 memperlihatkan tidak ada kegagalan atau bug pada fitur dari aplikasi.

Pengujian Profiling Aplikasi

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan data kinerja aplikasi pada area CPU, dan memori, dalam bentuk grafik, dimana pengujian *profiling* dilakukan dalam *playmode* Unity Profiler dengan target *frame rate* aplikasi di 60 FPS.

Profiling Menu Utama

Berikut beberapa skenario pengujian pada halaman utama:

1. Dilakukan perekaman data *profiling* dengan keadaan diam (*idle*) pada menu utama sebagai pembandingan.
2. Dilakukan perekaman data *profiling* dengan mengakses secara bergantian seluruh menu yang ada pada menu utama.

Dari perekaman data *profiling* pada menu utama dengan skenario pertama, tidak ada penurunan performa yang signifikan selama pengujian. Aplikasi menggunakan

CPU sebesar 0,9 ms, dan penggunaan memori sebesar 0,77GB. Aplikasi juga berjalan pada *frame rate* yang tinggi sebesar 1105 FPS (*Frame rate Per Second*).

Dari perekaman data *profiling* pada menu utama dengan skenario kedua juga tidak terjadi penurunan performa yang signifikan. Penggunaan CPU oleh aplikasi sebesar 1,4 ms, penggunaan memori sebesar 1,01 GB, dan aplikasi berjalan di 712 FPS. Dapat disimpulkan bahwa pada menu utama, aplikasi masih berjalan dengan keadaan stabil dan mencapai target *frame rate* yang diinginkan.

Profiling Menu Sistem Tata Surya

Berikut beberapa skenario pengujian pada menu sistem tata surya:

1. Dilakukan perekaman data *profiling* dengan keadaan diam (*idle*) pada menu sistem tata surya sebagai pembandingan.
2. Dilakukan perekaman data *profiling* dengan melakukan navigasi secara bergantian ke seluruh planet yang ada, dan juga melakukan rotasi, memperkecil dan memperbesar jarak pandang kamera.

Dari perekaman data *profiling* pada menu sistem tata surya dengan skenario pertama, tidak terjadi penurunan performa yang signifikan. Penggunaan CPU oleh aplikasi mencapai 5,1 ms, dan penggunaan memori mencapai 1,45GB. Aplikasi berjalan pada *frame rate* sebesar 155,2 FPS.

Dari perekaman data *profiling* pada menu sistem tata surya dengan skenario kedua juga tidak terjadi penurunan performa yang signifikan. Penggunaan CPU oleh aplikasi sebesar 4,5 ms, penggunaan memori sebesar 1,45 GB, dan aplikasi berjalan di 217 FPS. Dapat disimpulkan bahwa pada menu sistem tata surya, aplikasi masih berjalan dengan keadaan stabil dan mencapai target *frame rate* yang diinginkan.

Profiling Menu Augmented reality

Pada menu *augmented reality*, skenario pengujian yang akan dilakukan adalah menggunakan mode *augmented reality* bergantian untuk beberapa planet. Hasilnya tidak terjadi penurunan performa dalam pengujian halaman *augmented reality*. Penggunaan CPU oleh aplikasi sebesar 6,1 ms, penggunaan memori sebesar 0,93 GB, dan aplikasi berjalan di 162,7 FPS. Dapat disimpulkan bahwa pada menu *augmented reality*, aplikasi masih berjalan dengan keadaan stabil dan mencapai target *frame rate* yang diinginkan.

Pada menu kuis, skenario pengujian yang akan dilakukan adalah perekaman data *profiling* saat mengerjakan kuis. Berikut adalah hasil perekaman data *profiling* pada menu kuis. Hasilnya tidak terjadi penurunan performa dalam pengujian halaman kuis. Penggunaan CPU oleh aplikasi sebesar 8,1 ms, penggunaan memori sebesar 0,60 GB, dan aplikasi berjalan di 123,3 FPS. Dapat disimpulkan bahwa pada menu kuis, aplikasi masih berjalan dengan keadaan stabil dan mencapai target *frame rate* yang diinginkan.

Pengujian User Acceptance

Dari hasil distribusi kuesioner, didapatkan 37 orang responden dengan 84% dari responden adalah mahasiswa, dan 70% berusia 21 tahun. Perhitungan kuesioner akan dilakukan menggunakan skala Likert, dimana setiap opsi jawaban memiliki nilai tertentu yang dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Nilai skala likert

Opsi	Skor
Sangat Tidak Setuju	1
Tidak Setuju	2
Netral/Cukup	3
Setuju	4
Sangat Setuju	5

Perhitungan nilai dilakukan untuk mendapatkan persentase dari setiap jawaban, dimana persentase yang didapat

terbagi dalam beberapa kategori yang menentukan seberapa baik atau buruk pendapat responden mengenai pernyataan yang diberikan dalam kuesioner. Kategori dari setiap persentase dapat dilihat pada tabel 3. Nilai persentase dapat dihitung dengan rumus:

$$P = \frac{s}{\text{Skor Ideal}} \times 100\%$$

Dimana, P adalah persentase pernyataan, s adalah total skor yang didapatkan oleh sebuah pernyataan dengan menjumlahkan nilai yang didapat untuk setiap opsi jawaban, Skor Ideal adalah nilai tertinggi pada skala likert, dikali dengan total responden kuesioner.

Tabel 4. Interval persentase skala likert

Interval	Kategori
80 % - 100 %	Sangat Baik
60 % - 79.9 %	Baik
40 % - 59.9 %	Cukup
20 % - 39.9 %	Kurang
0 % - 19.9 %	Sangat Kurang

Dari hasil perhitungan persentase, didapatkan nilai rata-rata untuk setiap pernyataan yang diberikan pada kuesioner adalah sebesar 85%. Berdasarkan persentase tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa aplikasi pembelajaran sistem tata surya sudah memenuhi ekspektasi pengguna. Hasil pengumpulan data dan perhitungan persentase kuesioner dapat dilihat pada tabel 5.

Tab 5.Pengujian Kuesioner

	No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban					Nilai	Persentase
			STS	TS	N	S	SS		
USABILITY	1	Desain tampilan antarmuka relevan dengan informasi yang diberikan.	0	0	2	22	13	159	86%
	2	Tampilan antarmuka terlihat konsisten.	0	1	0	19	17	163	88%
	3	Tampilan antarmuka aplikasi mudah dipelajari.	0	0	4	16	17	161	87%
	4	Navigasi aplikasi terstruktur dan tidak membingungkan.	0	0	8	16	13	153	83%
	5	Aplikasi dapat berjalan dengan responsif.	0	1	4	19	13	155	84%
INFORMASI	1	Informasi yang ditampilkan dapat terbaca dengan jelas.	0	0	1	19	17	164	89%
	2	Informasi yang disediakan oleh aplikasi mudah dipahami.	0	0	2	20	15	161	87%
	3	Informasi yang disediakan oleh aplikasi relevan dengan objek yang ditampilkan.	0	0	2	17	18	164	89%
	4	Informasi yang disediakan oleh aplikasi sesuai dengan yang diharapkan.	0	0	6	21	10	152	82%
	5	Secara keseluruhan informasi yang disediakan sangat memuaskan.	0	0	4	18	15	159	86%
FUNGSIONAL	1	Aplikasi mempunyai kemampuan atau fitur sesuai dengan yang diharapkan.	0	1	6	17	13	153	83%
	2	Model/miniatur sistem tata surya yang ada pada aplikasi berfungsi dengan baik.	0	0	4	18	15	159	86%
	3	Mode augmented reality pada aplikasi berfungsi dengan baik.	0	2	3	16	16	157	85%
	4	Fitur kuis yang ada pada aplikasi berfungsi dengan baik.	0	3	7	17	10	145	78%
	5	Secara keseluruhan fitur yang ada pada aplikasi ini sudah sangat memuaskan.	0	0	7	17	13	154	83%
		Rata-Rata							85%

KESIMPULAN

Berikut kesimpulan dari penulis berdasarkan hasil dari penelitian yang dilakukan:

1. Materi sistem tata surya berhasil dikemas ke dalam aplikasi Android sebagai aplikasi pelengkap media pembelajaran yang interaktif, dimana interaktivitas aplikasi terutama bersumber dari fitur miniatur sistem tata surya.
2. Teknologi *augmented reality* dengan metode *single-marker* dapat diterapkan pada aplikasi pembelajaran sistem tata surya sebagai alat peraga visual dimana pengguna dapat memilih planet atau matahari untuk divisualisasikan ke lingkungan fisik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Mustaqim and N. Kurniawan, "PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN BERBASIS AUGMENTED REALITY," *Lentera Pendidik. J. Ilmu Tarb. dan Kegur.*, vol. 1, no. 1, 2017, doi: 10.24252/lp.2018v21n1i6.
- [2] I. Aripin and Y. Suryaningsih, "Pengembangan Media Pembelajaran Biologi Menggunakan Teknologi Augmented Reality (AR) Berbasis Android pada Konsep Sistem Saraf," *Sainsmat J. Ilm. Ilmu Pengetah. Alam*, vol. 8, no. 2, p. 47, 2019, doi: 10.35580/sainsmat82107192019.
- [3] L. Kamelia, "Perkembangan Teknologi Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran Interaktif Pada Mata Kuliah Kimia Dasar," *ISTEK*, vol. IX, no. 1, p. 238, 2015, [Online]. Available: <https://www.gob.mx/semar/que-hacemos>.
- [4] S. A. Laras and A. Rifai, "Pengaruh Minat dan Motivasi Belajar Terhadap Hasil Belajar Peserta Didik Di BBPLK Semarang," *J. Eksistensi Pendidik. Luar Sekol.*, vol. 4, no. 2, pp. 121–130, 2019.
- [5] A. Ramauli and M. Siddik, "Aplikasi Media Pembelajaran Interaktif 3D Tata Surya Menggunakan Teknologi Augmented Reality Berbasis Android," *J. Mhs. Apl. Teknol. Komput. dan Inf.*, vol. 3, no. 1, pp. 13–19, 2021, [Online]. Available: <http://www.ejournal.pelitaindonesia.ac.id/JMapTeKsi/index.php/JOM/article/view/597>.
- [6] Y. Fatma, A. Salim, and R. Hayami, "Augmented reality berbasis android sebagai media pembelajaran sistem tata surya," *J. Comput. Sci. Inf. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 53–59, 2021.
- [7] N. J. D. Atmaja, "Pengembangan Aplikasi Media Pembelajaran Interaktif 3D Tata Surya Menggunakan Teknologi Augmented Reality dengan Android," *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Fak. Tek. Univ. Muhammadiyah Jakarta*, 2018, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/se-mnastek/article/view/3439>.
- [8] M. Masri and E. Lasmi, "Perancangan Media Pembelajaran Tata Surya Menggunakan Teknologi Augmented Reality Dengan Metode Markerless," *J. Electr. Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 40–47, 2019, [Online]. Available: <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/jet/article/view/1118>.
- [9] A. Fitriansyah, "PENGUNAAN TEKNOLOGI AUGMENTED REALITY DALAM MEMPELAJARISISTEM TATA SURYA DENGAN ANDROID," *Fakt. Exacta*, vol. 11, no. 2, pp. 179–185, 2018, doi: 10.30998/faktorexacta.v11i2.2515.
- [10] I. A. Astuti and A. G. Mahardika, "Pengembangan dan Testing Marker 3D Printed Model pada Augmented Reality Planet Tata Surya," *Sistemasi*, vol. 10, no. 3, p. 701, 2021, doi: 10.32520/stmsi.v10i3.1465.

- [11] D. Tresnawati, S. Rahayu, and K. Yusuf, "Pengenalan Sistem Tata Surya Menggunakan Teknologi Augmented Reality pada Siswa Sekolah Dasar," *J. Algoritma*, vol. 18, no. 1, pp. 182–191, 2021, doi: 10.33364/algoritma/v.18-1.954.
- [12] Y. Sartika, T. D. Tambunan, and P. A. Telnoni, "Aplikasi Pembelajaran Tata Surya Untuk Ipa Kelas 6 Sekolah Dasar Menggunakan Augmented Reality Berbasis Android," *e-Proceeding Appl. Sci.*, vol. 2, no. 3, pp. 93–96, 2016, [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/appliedscience/article/view/3572>.
- [13] Y. Pratama, I. Akhlis, and S. Linuwih, "Pengembangan Media Pembelajaran Arts Berbasis Android Pada Materi Tata Surya Untuk Smp," *UPEJ Unnes Phys. Educ. J.*, vol. 9, no. 1, pp. 73–78, 2020, doi: 10.15294/upej.v9i1.38283.
- [14] Badan Pusat Statistik, *Statistik Telekomunikasi Indonesia 2019*. Jakarta: Badan Pusat Statistik, 2020.
- [15] P. Diegmann, M. Schmidt-Kraepelin, S. Van den Eynden, and D. Basten, "Benefits of Augmented Reality in Educational Environments – A Systematic Literature Review," *12th Int. Conf. Wirtschaftsinformatik, March 4-6 2015, Osnabrück, Ger.*, no. March, pp. 1542–1556, 2015.
- [16] P. Chen, X. Liu, W. Cheng, and R. Huang, "A review of using Augmented Reality in Education from 2011 to 2016," pp. 13–19, 2017, doi: 10.1007/978-981-10-2419-1.