

## Game Edukasi Berbasis Augmented Reality (AR) Menggunakan Metode Marker-Based Tracking dalam Perancangan Aplikasi Tata Surya

Diah Aryani<sup>1</sup>, Noviandi<sup>2</sup>, Nenden Siti Fatonah<sup>3</sup>, Habibullah Akbar<sup>4</sup>

Universitas Esa Unggul, Jl. Arjuna Utara No. 9, DKI Jakarta, Indonesia<sup>1,2,3,4</sup>

diah.aryani@esaunggul.ac.id<sup>1</sup>, noviandi@esaunggul.ac.id<sup>2</sup>, nenden.siti@esaunggul.ac.id<sup>3</sup>,  
habibullah.akbar@esaunggul.ac.id<sup>4</sup>

**Abstrak.** Teknologi Augmented Reality (AR) telah memberikan dampak positif dalam dunia pendidikan, terutama dalam meningkatkan kualitas pembelajaran dan menciptakan lingkungan belajar yang interaktif. Penelitian ini bertujuan untuk merancang aplikasi tata surya berbasis AR sebagai media pembelajaran alternatif yang mengintegrasikan model 3D, animasi, dan video guna meningkatkan pengalaman belajar siswa, khususnya di SDN Larangan 5 Tangerang. Latar belakang penelitian ini adalah minimnya variasi dalam pembelajaran materi tata surya di sekolah tersebut, yang hingga kini masih menggunakan buku teks dan video tanpa memanfaatkan teknologi AR. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Marker-Based Tracking, yang melibatkan penggunaan marker khusus untuk mendeteksi objek dan menampilkan informasi serta model 3D planet-planet dalam Tata Surya di layar perangkat. Dengan menggunakan metode ini, aplikasi dapat menyediakan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan imersif. Untuk pengujian kebergunaan, digunakan metode System Usability Scale (SUS) dengan melibatkan 33 responden, yang terdiri dari guru, siswa, dan orang tua. Hasil pengujian menghasilkan skor sebesar 78, yang menunjukkan tingkat kepuasan pengguna yang tinggi terhadap aplikasi ini. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi langkah awal dalam penerapan teknologi AR untuk mendukung inovasi pembelajaran, khususnya dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep tata surya.

**Kata Kunci :** augmented reality, game edukasi, sistem tata surya.

**Abstract.** Augmented Reality (AR) technology has had a positive impact on education, particularly in improving the quality of learning and creating an interactive learning environment. This research aims to design a solar system application based on AR as an alternative learning media that integrates 3D models, animations, and videos to enhance the learning experience of students, especially at SDN Larangan 5 Tangerang. The background of this research is the lack of variety in teaching the solar system material at the school, which still relies on textbooks and videos without utilizing AR technology. The method used in this study is Marker-Based Tracking, which involves the use of specific markers to detect objects and display information as well as 3D models of the planets in the Solar System on the device screen. By using this method, the application provides a more interactive and immersive learning experience. For usability testing, the System Usability Scale (SUS) method was used, involving 33 respondents, including teachers, students, and parents. The test results yielded a score of 78, indicating a high level of user satisfaction with the application. This study is expected to be a first step in the application of AR technology to support learning innovation, particularly in enhancing students' understanding of the solar system concept.

**Keyword :** augmented reality, educational games, solar system

### PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah membawa perubahan yang signifikan dalam berbagai sektor kehidupan, termasuk di bidang pendidikan. Salah satu teknologi yang memiliki potensi besar untuk meningkatkan kualitas pembelajaran adalah Augmented Reality (AR). AR merupakan teknologi yang memungkinkan penggabungan elemen virtual dengan lingkungan nyata secara real-time, menciptakan pengalaman yang interaktif dan mendalam. Teknologi ini telah digunakan secara luas di berbagai sektor, termasuk pendidikan, untuk meningkatkan pemahaman konsep-konsep abstrak, memotivasi siswa, dan mendorong partisipasi aktif dalam proses belajar [1].



Pembelajaran berbasis praktik, atau yang dikenal sebagai learning by doing, sangat penting dalam mendukung pemahaman teoritis dan pengenalan teknis untuk mencapai hasil belajar yang optimal. Namun, sejumlah siswa masih kesulitan mengaplikasikan pengetahuan secara praktis meskipun memiliki pemahaman teori yang baik. Hal ini sering kali disebabkan oleh kurangnya motivasi belajar akibat terbatasnya konten visual yang menarik untuk melibatkan siswa secara aktif [2]. Peralihan pembelajaran dari metode tradisional menuju pendekatan digital melalui penggunaan komputer dan internet telah menjadi rekomendasi penting dalam dunia pendidikan [3]. Selain itu, pembelajaran berbasis ceramah memiliki keterbatasan, seperti kebutuhan akan ruang fisik dan kehadiran peserta secara langsung [4]. Sementara itu, teknologi telah membuktikan kemampuannya untuk meningkatkan lingkungan belajar dan bahkan mengubah cara kita memandang pendidikan [5].

Dalam pembelajaran berbasis permainan (game-based learning), AR memberikan peluang untuk menggabungkan elemen permainan dengan pendekatan pedagogis yang efektif. Game edukasi berbasis AR mampu menghadirkan visualisasi tiga dimensi (3D) dan simulasi interaktif yang membantu siswa dalam memahami materi secara lebih efektif melalui pengalaman belajar yang imersif. Salah satu topik yang relevan untuk diterapkan dalam teknologi ini adalah sistem tata surya, yang sering kali sulit dipahami oleh siswa melalui metode pembelajaran konvensional seperti buku teks dan video.

Namun, adopsi AR dalam pendidikan di Indonesia, khususnya di tingkat sekolah dasar, masih tergolong minim. Di SDN Larangan 5 Tangerang, misalnya, pembelajaran mengenai sistem tata surya masih didominasi oleh media tradisional, yang menyebabkan kurangnya variasi dan interaktivitas dalam proses belajar. Kondisi ini mengindikasikan perlunya inovasi dalam media pembelajaran untuk meningkatkan pengalaman belajar siswa [6].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan aplikasi game edukasi berbasis AR menggunakan metode Marker-Based Tracking. Metode ini dipilih karena cocok untuk pengembangan aplikasi multimedia yang mengintegrasikan model 3D, animasi, dan elemen interaktif. Melalui pendekatan ini, aplikasi yang dihasilkan diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam menciptakan lingkungan pembelajaran yang lebih menarik, meningkatkan pemahaman siswa terhadap sistem tata surya, serta memotivasi mereka untuk lebih aktif dalam pembelajaran.

Penelitian ini diharapkan dapat mengisi kesenjangan dalam pengembangan teknologi pendidikan berbasis AR di Indonesia, sekaligus memberikan solusi inovatif dalam pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) untuk tingkat sekolah dasar. Selain itu, hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi lainnya yang relevan di masa depan.

## METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan untuk mengembangkan aplikasi pembelajaran sistem tata surya berbasis Augmented Reality (AR) adalah Marker-Based Tracking. Marker-based tracking adalah metode pelacakan yang digunakan untuk mengidentifikasi dan melacak objek fisik dengan bantuan marker, seperti pola atau gambar yang mudah dikenali oleh sistem komputer atau kamera. Marker ini berfungsi sebagai titik referensi untuk mendeteksi posisi dan orientasi objek di dunia nyata dalam ruang 3D [7].

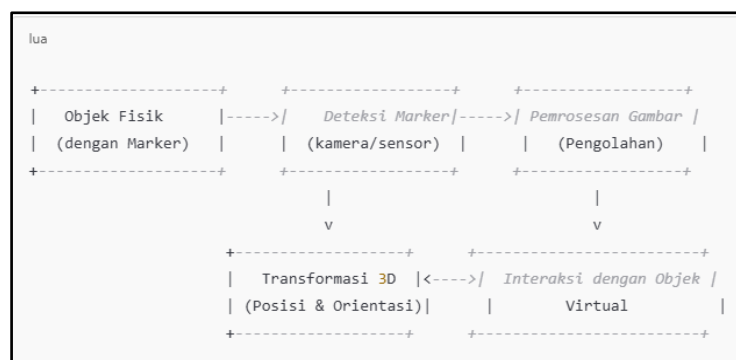
Proses utama dari marker-based tracking mencakup beberapa tahap:

- **Penempatan Marker:** Marker (biasanya berupa pola geometris atau gambar) ditempatkan pada objek fisik. Marker ini dapat berupa QR code, ArUco markers, atau pola lainnya yang dirancang untuk dapat dengan mudah terdeteksi oleh kamera [8]. Marker ini mengandung informasi yang dapat digunakan untuk menghitung posisi dan orientasi objek.
- **Deteksi Marker:** Kamera atau sensor akan memindai dunia nyata dan mencari pola marker



yang telah diletakkan. Deteksi dilakukan dengan menggunakan algoritma visi komputer yang mengidentifikasi marker tersebut berdasarkan pola unik yang sudah diketahui sebelumnya [9]. Dalam banyak aplikasi, algoritma seperti ArUco atau AprilTags digunakan untuk mendeteksi marker secara cepat dan akurat.

- **Pemrosesan Gambar:** Setelah marker terdeteksi, data gambar dari kamera akan diproses untuk menentukan posisi marker dalam ruang 3D. Ini melibatkan pengolahan citra dan estimasi geometri untuk menentukan transformasi 3D dari marker yang terdeteksi [7].
- **Transformasi 3D:** Berdasarkan posisi marker yang terdeteksi, sistem akan menghitung transformasi 3D, yang meliputi translasi (posisi) dan rotasi (orientasi) marker di ruang dunia nyata. Hal ini memungkinkan objek virtual untuk disinkronkan dengan dunia nyata dalam konteks Augmented Reality (AR) [8].
- **Interaksi dengan Objek Virtual:** Dengan informasi posisi dan orientasi marker, objek virtual (seperti model 3D) dapat ditampilkan dengan presisi tinggi dalam konteks dunia nyata. Objek virtual ini dapat berubah sesuai dengan posisi atau orientasi marker yang terdeteksi [9].



Gambar 1. Tahapan Marker Based Tracking

## 1. Definisi

Aplikasi edukasi ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman siswa SD tentang tata surya menggunakan teknologi AR. Aplikasi ini memungkinkan siswa memindai gambar marker untuk memunculkan model 3D planet-planet, matahari, dan elemen lain dari tata surya, lengkap dengan penjelasan interaktif.

## 2. Alur Pengembangan Aplikasi

### A. Konsep Dasar

- a. Target Pengguna: Siswa SD kelas 4-6.
- b. Tujuan Pembelajaran:
  - 1) Memahami posisi planet dalam tata surya.
  - 2) Mengetahui karakteristik masing-masing planet (misalnya, ukuran, jarak dari matahari, komposisi).
  - 3) Mempraktikkan teknologi digital dalam pembelajaran.

### B. Peralatan dan Teknologi

- a. Perangkat Lunak:
  - 1) Unity 3D (pengembangan aplikasi)
  - 2) Vuforia SDK (pengenalan marker).
  - 3) Blender 3D (pembuatan model 3D planet).
- b. Perangkat Keras:
  - 1) Komputer untuk pengembangan aplikasi.
  - 2) Smartphone Android atau iOS untuk menjalankan aplikasi.



Tabel 1: Desain Storyboard Aplikasi Modul Tata Surya

| Visual                                                                                                                                                     | Sketch                                                                               | Audio                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Pada layar Pembukaan terdapat Menu Utama                                                                                                                   |    | Layar Sistem Tata Surya dan Audio |
| Halaman berikutnya adalah Halaman Detail yang menyajikan informasi mengenai setiap planet dan dilengkapi dengan tombol kembali untuk kembali ke menu utama |    | Layar Sistem Tata Surya dan Audio |
| Penjelasan mendalam mengenai masing-masing planet                                                                                                          |   | Layar Sistem Tata Surya dan Audio |
| Selanjutnya adalah Halaman Kuis, di mana akan ada tanda untuk jawaban salah atau benar, serta tombol kembali ke menu utama                                 |  | Layar Sistem Tata Surya dan Audio |
| Ini adalah tampilan saat jawaban yang diberikan salah.                                                                                                     |  | Layar Sistem Tata Surya dan Audio |
| Ini adalah tampilan saat jawaban yang diberikan benar.                                                                                                     |  | Layar Sistem Tata Surya dan Audio |

|                                                                                                                                        |                                                                                    |                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| <p>Pada frame Kuis ini, terdapat informasi tentang jumlah jawaban benar, salah, total skor, dan tombol untuk kembali ke menu utama</p> |  | <p>Layar Sistem Tata Surya dan Audio</p> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|

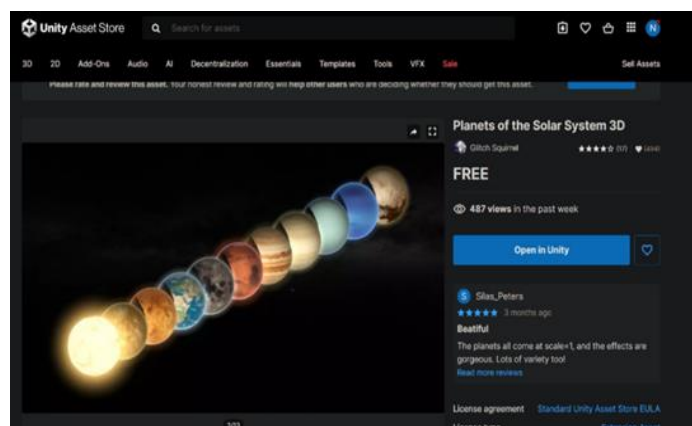
### 3. Implementasi Marker-Based Tracking

Pada tahap ini, materi yang diperlukan untuk pembuatan aplikasi multimedia dikumpulkan, seperti gambar, clip art, animasi, video, audio, dan elemen multimedia lainnya sesuai dengan kebutuhan yang telah ditentukan pada tahap perancangan. Data yang dibutuhkan saat merancang aplikasi Tata Surya pada tahap pengumpulan materi mencakup aset dan audio.

Proses pengumpulan aset berupa model objek 3D dimulai dengan foto pendukung yang bertujuan untuk menyediakan latar belakang dan animasi interaktif dalam bentuk model objek 3D sebagai replika yang mendukung bahan ajar untuk pembuatan aplikasi modul Tata Surya. Pembuatan aplikasi Tata Surya ini dimulai dengan gambar pendukung yang bertujuan untuk menciptakan animasi dan latar belakang interaktif. Selain itu, proses pengumpulan aset dalam bentuk model objek 3D sebagai replika juga dilakukan, disertai dengan fitur musik sebagai latar belakang serta suara tombol yang diaktifkan ketika pointer berada di atasnya.

### 4. Desain Marker dan Konten AR

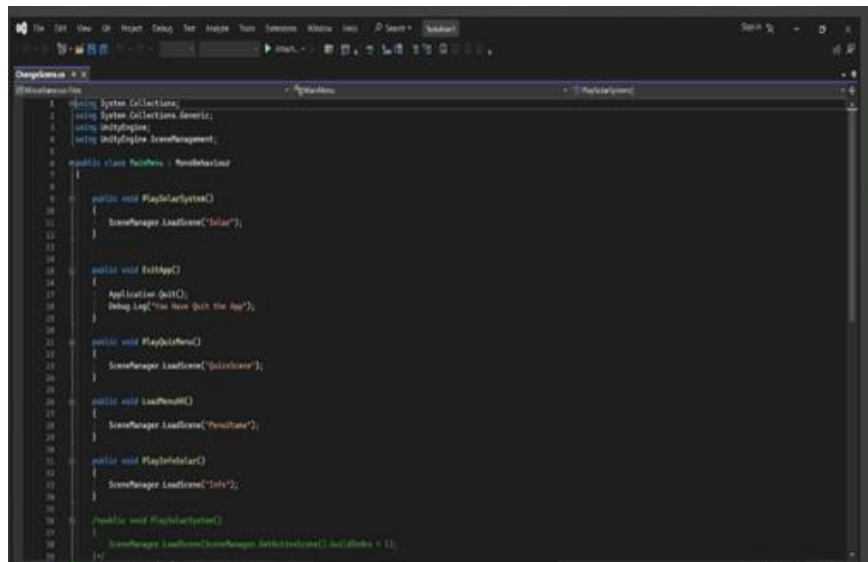
Tahap produksi adalah tahap di mana semua materi multimedia diintegrasikan ke dalam aplikasi multimedia yang lengkap sesuai dengan desain yang telah dibuat. Pada tahap ini juga dilakukan pemrograman aplikasi. Tahap pengeditan dilakukan melalui beberapa langkah oleh peneliti, yaitu menentukan objek menggunakan Unity Asset Store dan Sketchfab.



Gambar 2. Pembuatan 3D Objects

Pada tahap ini, dilakukan pengkodean (coding) yang bertujuan untuk memastikan bahwa fitur atau tombol pada aplikasi tata surya dapat berfungsi dengan baik. Pengkodean dilakukan dengan menambahkan skrip untuk tombol perintah, di mana setiap proses memiliki kode skripnya sendiri dan menambahkan komponen baru. Kemudian, kode program yang ditulis menggunakan bahasa pemrograman C# pada Visual Studio dapat dijalankan dengan perangkat lunak Unity 2018, sebagaimana dijelaskan pada gambar berikut.





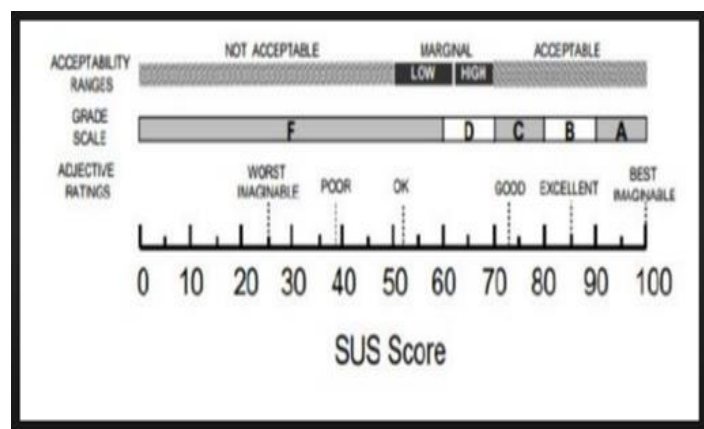
Gambar 3. Application coding with C#

## 5. Pengujian

Aplikasi multimedia yang telah dibangun diuji secara modular dan keseluruhan untuk memastikan tidak ada kesalahan atau masalah. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode System Usability Scale (SUS).

Metode SUS dikembangkan oleh John Brooke pada tahun 1986 dan merupakan salah satu alat pengujian kebergunaan yang paling efektif, populer, andal, serta murah. Metode ini menggunakan pendekatan berupa kuesioner dengan sepuluh pertanyaan dan skala Likert lima poin sebagai jawabannya.

Rumus Persamaan 1 digunakan untuk menghasilkan nilai dari pertanyaan positif, sedangkan Rumus Persamaan 2 digunakan untuk pertanyaan dengan makna negatif. Jumlah jawaban dari pertanyaan positif dan negatif kemudian menghasilkan skor SUS, yang selanjutnya dikalikan dengan 2,5. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11, sebuah sistem dikatakan baik jika nilai SUS tidak kurang dari 68, yang menunjukkan nilai di atas rata-rata [10].



Gambar 4. System Usability Score (SUS) score

## 6. Peluncuran dan Evaluasi

Pada tahap akhir, aplikasi multimedia disimpan pada media penyimpanan yang sesuai, seperti CD, DVD, website/online, atau diinstal pada perangkat yang ditargetkan, seperti komputer atau smartphone. Proses distribusi juga dapat disertai dengan pengemasan untuk mendukung pemasaran produk.

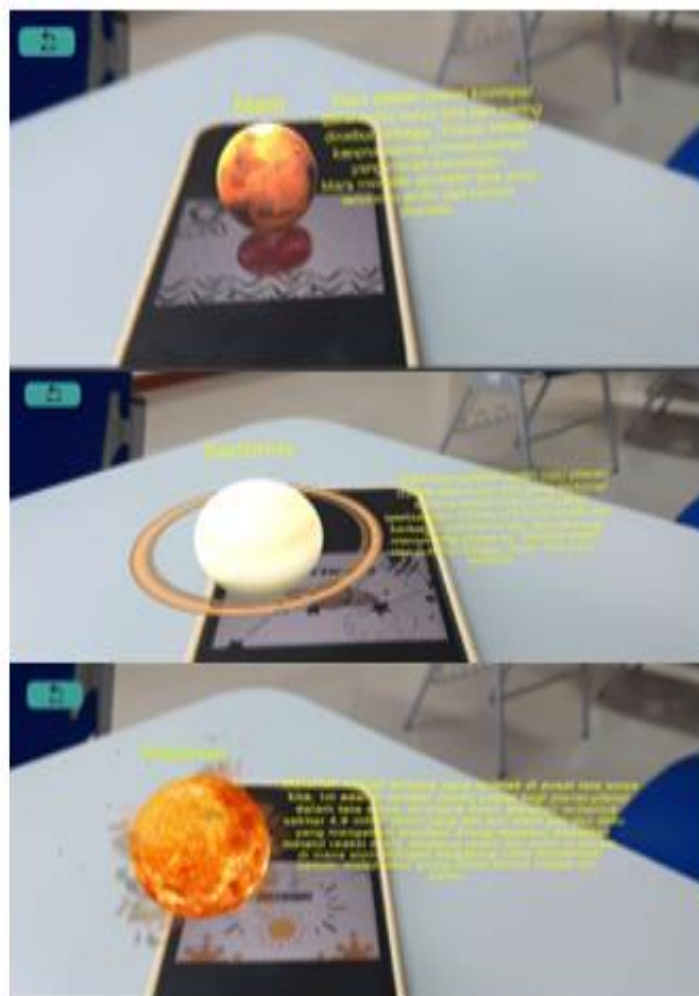


## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penerapan teknologi Augmented Reality di SDN Larangan 5 menunjukkan tujuan untuk meningkatkan motivasi belajar siswa yang berdampak pada pengembangan aplikasi pembelajaran Tata Surya dengan memanfaatkan metode Marker-Based Tracking. Selanjutnya, tampilan aplikasi dievaluasi berdasarkan hasil implementasi yang dilakukan. Pendekatan ini memungkinkan pengguna untuk merasakan pengalaman dan berinteraksi dengan aplikasi sesuai dengan tujuan yang dirancang selama proses pengembangannya.

### 3.1 Implementasi Aplikasi

Objek yang dikembangkan dalam aplikasi mencakup karakter, pengenalan tata surya yang dilengkapi dengan deskripsi masing-masing planet, serta fitur kuis yang disertai dengan notifikasi jawaban benar atau salah dan skor pengguna. Gambar 5 menunjukkan tampilan aplikasi saat proses pemindaian penanda (marker scanning) dilakukan.



Gambar 5. Tampilan Solar System Application

### 3.2 Hasil Uji Metode System Usability Scale (SUS)

Pengujian dilakukan dengan melibatkan kelompok yang terdiri dari 12 guru, 13 siswa, dan 8 orang tua, dengan total 33 responden. Hasil pengujian kebergunaan dirangkum dalam Tabel II, yang mencakup aspek-aspek yang dinilai, rata-rata skor dalam bentuk persentase, serta interpretasi yang sesuai.

| Responden         | Pertanyaan |    |    |    |    |    |    |    |    |     | Hasil Hitung |
|-------------------|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|--------------|
|                   | Q1         | Q2 | Q3 | Q4 | Q5 | Q6 | Q7 | Q8 | Q9 | Q10 |              |
| 1                 | 4          | 4  | 4  | 4  | 4  | 3  | 4  | 4  | 3  | 4   | 95           |
| 2                 | 4          | 2  | 4  | 2  | 4  | 2  | 4  | 2  | 2  | 2   | 70           |
| 3                 | 3          | 3  | 3  | 3  | 2  | 3  | 2  | 3  | 3  | 3   | 70           |
| 4                 | 4          | 2  | 4  | 2  | 4  | 3  | 4  | 2  | 4  | 2   | 78           |
| 5                 | 3          | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3   | 75           |
| 6                 | 3          | 3  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 3  | 4  | 3   | 85           |
| 7                 | 3          | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 2  | 3   | 73           |
| 8                 | 4          | 3  | 4  | 3  | 4  | 2  | 4  | 3  | 2  | 3   | 80           |
| 9                 | 3          | 3  | 3  | 3  | 4  | 2  | 4  | 3  | 3  | 3   | 78           |
| 10                | 2          | 2  | 2  | 2  | 2  | 3  | 2  | 2  | 2  | 2   | 53           |
| 11                | 3          | 3  | 3  | 3  | 3  | 2  | 3  | 3  | 3  | 3   | 73           |
| 12                | 3          | 3  | 3  | 3  | 3  | 2  | 3  | 3  | 3  | 3   | 73           |
| 13                | 4          | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 3  | 4   | 98           |
| 14                | 3          | 3  | 3  | 3  | 4  | 3  | 4  | 3  | 3  | 3   | 80           |
| 15                | 3          | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3   | 75           |
| 16                | 4          | 4  | 4  | 4  | 3  | 4  | 3  | 4  | 3  | 4   | 93           |
| 17                | 3          | 3  | 3  | 3  | 4  | 3  | 4  | 3  | 3  | 3   | 80           |
| 18                | 4          | 3  | 4  | 3  | 4  | 4  | 4  | 3  | 3  | 3   | 88           |
| 19                | 2          | 2  | 2  | 2  | 3  | 3  | 3  | 2  | 3  | 2   | 60           |
| 20                | 4          | 3  | 4  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3   | 80           |
| 21                | 4          | 4  | 4  | 4  | 3  | 4  | 3  | 4  | 3  | 4   | 78           |
| 22                | 3          | 3  | 3  | 3  | 4  | 3  | 4  | 3  | 3  | 3   | 77           |
| 23                | 4          | 3  | 4  | 3  | 4  | 4  | 4  | 3  | 3  | 3   | 77           |
| 24                | 4          | 2  | 4  | 2  | 4  | 3  | 4  | 2  | 4  | 2   | 77           |
| 25                | 3          | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3   | 77           |
| 26                | 3          | 3  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 3  | 4  | 3   | 78           |
| 27                | 3          | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 2  | 3   | 77           |
| 28                | 3          | 3  | 3  | 3  | 3  | 2  | 3  | 3  | 3  | 3   | 77           |
| 29                | 4          | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 3  | 4   | 77           |
| 30                | 4          | 4  | 4  | 4  | 4  | 3  | 4  | 4  | 3  | 4   | 77           |
| 31                | 4          | 2  | 4  | 2  | 4  | 2  | 4  | 2  | 2  | 2   | 79           |
| 32                | 3          | 3  | 3  | 3  | 2  | 3  | 2  | 3  | 3  | 3   | 79           |
| 33                | 3          | 3  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 3  | 4  | 3   | 79           |
| SKOR HASIL HITUNG |            |    |    |    |    |    |    |    |    |     | 78           |

Gambar 6. Skor Hasil Hitung

Hasil uji SUS di atas menghasilkan skor sebesar 78, yang menunjukkan bahwa aplikasi mendapatkan predikat "Baik". Hal ini mengindikasikan tingkat kepuasan pengguna terhadap aplikasi tata surya yang telah diuji pada para responden.

## KESIMPULAN

Dari hasil implementasi dan pengujian aplikasi Augmented Reality pada aplikasi Tata Surya, dapat disimpulkan beberapa hal penting. Pertama, aplikasi Tata Surya telah berhasil berjalan dengan baik dan sesuai dengan tujuannya, yaitu memberikan inovasi pembelajaran berbasis teknologi Augmented Reality untuk meningkatkan motivasi belajar siswa. Kedua, hasil pengujian menggunakan metode System Usability Scale (SUS) menunjukkan bahwa fitur-fitur dan kuis dalam aplikasi dinilai layak digunakan, dengan skor 78 yang berada di atas rata-rata. Namun, masih diperlukan pengembangan lebih lanjut pada aspek kebergunaan agar aplikasi dapat lebih mudah diterima oleh pengguna. Penelitian di masa depan dapat mempertimbangkan penambahan fitur tambahan, seperti animasi, serta menggunakan metode pengujian alternatif, mengingat metode SUS tidak bersifat diagnostik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kesim, Mehmet, and Yasemin Ozarslan. "Augmented Reality in Education: Current Technologies and the Potential for Education." *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 47: 297–302. 2012.
- [2] D. P. Kaur, A. Mantri, and B. Horan, "Enhancing student motivation with use of augmented reality for interactive learning in engineering education," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 172, no. 2019, pp. 881–885, 2020.





- [3] M. S. Chande, R. R. Khanwelkar, and P. A. Barve, "Synthesis of novel spiro compounds using anthrone and pyrazole-5-thione moieties: A Michael addition approach," *J. Chem. Res.*, vol. 111, no. 8, pp. 468–471, 2019.
- [4] J. Lee and J. M. Lim, "Factors Associated With the Experience of Cognitive Training Apps for the Prevention of Dementia: Cross-sectional Study Using an Extended Health Belief Model," *J. Med. Internet Res.*, vol. 24, no. 1, pp. 1–9, 2022.
- [5] C. B. De Lima, S. Walton, and T. Owen, "A critical outlook at augmented reality and its adoption in education," *Comput. Educ. Open*, vol. 3, no. August, p. 100103, 2022.
- [6] Yuen, Steve C.-Y., Grace Yaoyuneyong, and Erik Johnson. "Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education." *Journal of Educational Technology Development and Exchange* 4 (1): 119–140. 2011.
- [7] D. W. McDonald, "A Survey of Marker-Based Tracking Techniques for Augmented Reality," *IEEE Transactions on Computer Vision*, vol. 15, no. 2, pp. 123-134, Mar. 2018.
- [8] F. X. Yu and M. K. Bhargava, "Marker Detection and Pose Estimation in Augmented Reality," *IEEE Transactions on Virtual Reality*, vol. 12, no. 4, pp. 450-462, Dec. 2019.
- [9] J. L. Garcia and S. D. Kumar, "3D Object Tracking Using Fiducial Markers," *IEEE Journal of Augmented Reality*, vol. 8, no. 1, pp. 75-88, Jan. 2021.
- [10] J. Brooke, "SUS : A Retrospective," *J. Usability Study*, vol. 8, no. 2, pp. 29–40, 2020.

