



Game Virtual Tour Pengenalan Sistem Tata Surya Berbasis VR Google Cardboard dan Voice Command

Muh Ulil Alkhaq¹, dan Siti Asmiatun¹

¹ Program Studi S1 Teknik Informatika, Universitas Semarang, Indonesia.

* Korespondensi: siti.asmiatun@usm.ac.id

Sitasi: M. U. Alkhaq dan S. Asmiatun, "Game Virtual Tour Pengenalan Sistem Tata Surya Berbasis VR Google Cardboard dan Voice Command". Jurnal Teknologi Informasi Dan Multimedia, vol. 8, no. 1, pp. 151-159, 2026, <https://doi.org/10.35746/jtim.v8i1.854>

Diterima: 14-08-2025

Direvisi: 20-11-2025

Disetujui: 06-12-2025



Copyright: © 2026 oleh para penulis. Karya ini dilisensikan di bawah Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

Abstract: The solar system is an essential topic in elementary school science education, playing a role in developing students' critical thinking skills and scientific understanding. However, conventional teaching methods often make students passive recipients of information, discouraging interaction and independent exploration. This can decrease interest and engagement in learning. Therefore, a more interactive and engaging approach is necessary to teach students about the solar system effectively. This game uses VR technology and voice commands to provide an immersive experience exploring the solar system. Players can interact with objects in the solar system. It also features voice control, which allows students to interact with objects in the solar system and access additional information. The average score on the questionnaire survey of the application was 86.30%. Integrating VR and voice commands has proven effective in increasing students' interest in learning and facilitating navigation in immersive learning environments.

Keywords: Google Cardboard; Virtual Reality; Voice Command; Solar System.

Abstrak: Sistem tata surya merupakan salah satu materi penting dalam pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) di sekolah dasar, yang berperan membangun kemampuan berpikir kritis dan pemahaman ilmiah siswa. Namun, penggunaan metode pembelajaran konvensional cenderung menempatkan siswa sebagai penerima informasi pasif, sehingga kurang mendorong interaksi dan eksplorasi mandiri. Hal ini dapat mengakibatkan penurunan minat dan keterlibatan aktif dalam pembelajaran. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan yang lebih interaktif dan menarik untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran mengenai sistem tata surya. Penelitian ini mengembangkan sebuah game virtual tour berbasis Virtual Reality (VR) menggunakan perangkat Google Cardboard dan kontrol suara untuk mengenalkan sistem tata surya kepada siswa. Game ini memanfaatkan teknologi VR yang terintegrasi dengan voice command untuk memberikan pengalaman mendalam dalam menjelajahi tata surya karena pemain dapat berinteraksi dengan objek-objek dalam tata surya. Hasil dari pengujian dari Kuesioner tentang aplikasi mendapatkan nilai rata-rata 86,30%. Dengan adanya integrasi VR dan Voice Command terbukti mampu meningkatkan minat belajar siswa serta memberikan kemudahan navigasi dalam pembelajaran berbasis imersif.

Kata kunci: Google Cardboard; Virtual Reality; Voice Command; Tata Surya.

1. Pendahuluan

Sistem tata surya merupakan salah satu materi penting dalam pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) di sekolah dasar, yang berperan membangun kemampuan berpikir kritis dan pemahaman ilmiah siswa [1]. Namun, penggunaan metode pembelajaran konvensional cenderung menempatkan siswa sebagai penerima informasi pasif, sehingga kurang mendorong interaksi dan eksplorasi mandiri[2]. Penggunaan teknologi *Virtual Reality* (VR) dengan perangkat seperti *Google Cardboard* telah membuka peluang baru dalam pendidikan, memungkinkan pengalaman belajar yang lebih mendalam dan interaktif.

Berdasarkan observasi yang ditemui di SD Negeri 2 Gubug adalah hasil belajar pada materi sistem tata surya masih kurang baik, hal ini dapat dilihat dari hasil persentase jumlah siswa yang nilainya belum memenuhi Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) sebesar 56% sedangkan hasil persentase jumlah siswa yang memenuhi KKM sebesar 44%. Selain itu, nilai rata-rata yang diperoleh siswa masih tergolong di bawah KKM. Kondisi ini diperparah oleh rendahnya keterlibatan siswa selama proses belajar. Hal ini sejalan dengan temuan Durukan [3] yang menyatakan bahwa metode konvensional sering gagal memicu rasa ingin tahu dan partisipasi aktif siswa pada materi sains.

Kemajuan teknologi, khususnya *Virtual Reality* (VR) telah membuka jalan bagi pengalaman belajar baru yang imersif dan berbasis pengalaman yang sangat bermanfaat bagi siswa dan transformasi pendidikan [4]. Perkembangan VR selanjutnya telah dirilis *Google* dengan teknologi *Google Cardboard* menggunakan *plugin* Unity [5]. Permainan VR *Google Cardboard* dapat digunakan bersama dengan pembelajaran tradisional untuk membantu meningkatkan proses pembelajaran [6]. Integrasi VR dengan *Voice Command* memberikan interaksi lebih natural antara siswa dan materi, sehingga mendukung prinsip learner-centered learning [7]. Solusi yang diusulkan dalam penelitian ini adalah pengembangan Game *Virtual Tour* berbasis VR menggunakan perangkat *Google Cardboard* yang memungkinkan para siswa untuk menjelajahi sistem tata surya secara interaktif.

Beberapa penelitian terdahulu telah mencoba memanfaatkan teknologi VR dalam konteks pendidikan [8]. Namun, kebanyakan dari penelitian tersebut lebih difokuskan pada penggunaan VR secara umum tanpa terfokus pada sistem tata surya. Beberapa penelitian juga telah memanfaatkan *Voice Command* untuk interaksi, namun belum banyak yang mengintegrasikan teknologi ini dalam konteks *game* edukatif untuk mempelajari sistem tata surya [5]. Beberapa penelitian telah mengeksplorasi pemanfaatan VR dalam pembelajaran IPA [9][10], serta penggunaan *Voice Command* dalam sistem edukasi interaktif [11]. Namun, masih terbatas penelitian yang menggabungkan kedua teknologi tersebut dalam konteks *game* edukatif bertema tata surya.

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman siswa tentang Sistem Tata Surya menggunakan teknologi *Virtual Tour Google Cardboard* dengan *Voice Command*. Penambahan *Voice Command* sebagai antarmuka pengguna akan memperkaya pengalaman interaksi siswa, memungkinkan mereka untuk mengendalikan permainan dengan suara mereka sendiri. Dengan adanya penerapan teknologi memungkinkan siswa memainkan peran sentral dalam kegiatan belajar yang dapat mengontrol secara alami sesuai dengan kecepatan siswa. Sehingga diharapkan dapat meningkatkan hasil belajar, motivasi dan keterlibatan siswa.

2. Bahan dan Metode

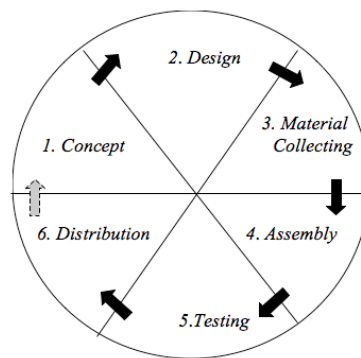
2.1. Metode Pengumpulan Data

Dalam pengumpulan data, penulis akan melakukan pengamatan secara langsung di SD Negeri 2 Gubug untuk melihat bagaimana respon para siswa dalam menanggapi pelajaran tentang sistem tata surya. Kemudian penulis mendistribusikan kuesioner

kepada responden untuk mengukur, tingkat pemahaman terhadap sistem tata surya. Kuesioner ini dipublikasikan ke masing-masing siswa pada SD Negeri 2 Gubug dan sosial media. Selain kuesioner, penulis melakukan wawancara terstruktur dengan sejumlah responden terpilih untuk mendapatkan pandangan lebih mendalam mengenai permasalahan dari proses pemahaman tentang sistem tata surya.

2.2. Metode Pengembangan Sistem

Metode yang dipilih penulis adalah metode Luther, yaitu metode pengembangan multimedia yang dilakukan berdasarkan enam tahap yaitu *Concept*, *Design*, *Material Collecting*, *Assembly*, *Testing* dan *Distribution* [12] seperti pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Metode Luther

1. *Concept*

Pada tahap *concept* (pengonsepan) adalah tahap untuk menentukan konsep, tujuan, target pengguna, dan lain- lain. Pada tahap ini, penulis telah menentukan konsep untuk game ini dari data yang telah penulis kumpulkan, konsep pada game ini akan bertema tentang tata surya, yang dimana akan bisa di jelajahi menggunakan *Virtual Reality* berbasis *Google Cardboard* dan *Voice Command*, dan game tersebut akan di beri nama *Virtual Tour Antariksa VR*, yang di buat menggunakan *software Game Engine Unity 3D*.

2. *Design*

Pada tahap *design* (perancangan) adalah tahap pembuatan spesifikasi mengenai arsitektur program, gaya, dan tampilan. Tahap yang dilakukan yaitu membuat *storyboard*, *flowchart*, serta *Finite State Machine* (FSM) yang menggambarkan alur jalannya program dan perancangan desain antarmuka aplikasi.

3. *Material Collecting*

Pada tahap *material collecting* (Pengumpulan Bahan) adalah tahap pengumpulan bahan yang sesuai dengan kebutuhan yang dikerjakan. Bahan-bahan tersebut, antara lain seperti gambar clip art, foto, animasi, video, audio, dan lain-lain yang dapat diperoleh secara gratis atau berbayar kepada pihak tertentu sesuai dengan rancangannya. Perencanaan bahan yang akan dibuat dan dikumpulkan adalah *Text*, *Jenis Font*, Gambar objek 3D beserta *texture*, dan pendukung lain.

4. *Assembly*

Pada tahap *assembly* (Pembuatan) adalah tahap pembuatan semua objek atau bahan multimedia. Pembuatan aplikasi didasarkan pada tahap *design*, seperti *storyboard*, *flowchart*, atau struktur navigasi. Penulis akan mulai mengembangkan game *virtual tour* berdasarkan rencana desain yang telah dibuat, melibatkan pengembangan perangkat lunak, pembuatan konten edukatif, dan integrasi teknologi VR dan *Voice Command* ke dalam game.

5. *Testing*

Pada tahap *testing* (pengujian) dilakukan setelah menyelesaikan tahap pembuatan (*assembly*) dengan menjalankan aplikasi dan mengujinya untuk memastikan semua fitur berjalan dengan baik. Metode pengujian yang digunakan diantaranya adalah *Whitebox*, *blackbox*, dan *Kuesioner* untuk memastikan bahwa suatu event atau masukan akan menjalankan proses yang tepat dan menghasilkan output sesuai dengan tujuan.

Hasil kuesioner akan dianalisis secara kuantitatif dengan menghitung persentase skor tiap item menggunakan rumus:

$$I = \frac{N}{Y} \times 100$$

dengan N adalah jumlah skor aktual, dan Y adalah skor maksimal. Hasil persentase kemudian dikategorikan berdasarkan tabel kriteria interpretasi skala Likert (0–19,99% = sangat tidak setuju; 80–100% = sangat setuju).

Pendekatan ini selaras dengan penelitian Kumar et al. [2] dan Haetami & Khan [13] yang menilai efektivitas media VR melalui evaluasi kuantitatif berbasis persepsi pengguna.

6. *Distribution*

Setelah dilakukan pengujian, dan setelah dilakukan evaluasi terkait aplikasi sudah sukses dijalankan pada beberapa perangkat, maka langkah terakhir dari metode Luther adalah *distribution*, yaitu tahapan mendistribusikan aplikasi melalui media-media yang dapat digunakan pengguna untuk menginstall aplikasi. Karena aplikasi ini untuk *smartphone Android*, maka media yang digunakan adalah *Google Play*, tempat mempublikasi atau mendistribusikan aplikasi ke pengguna *Android*.

3. Hasil

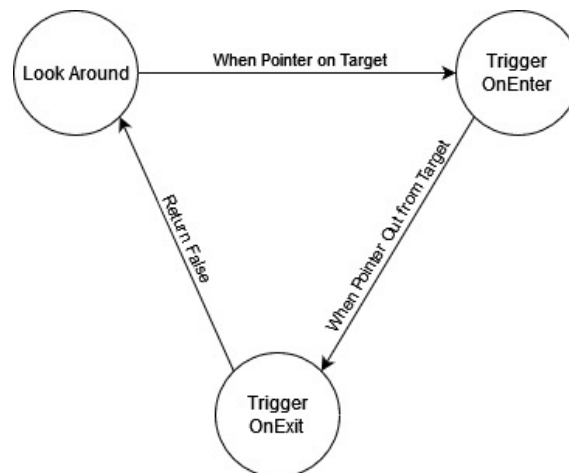
Pada tahapan pertama, penelitian ini menyiapkan konsep dari *game* yang dibuat ini melalui tabel di bawah ini:

Tabel 1 Konsep Sistem

Nama	Virtual Tour Antariksa
Tujuan	Mengenalkan tata surya dengan teknologi virtual reality
Kategori	Pendidikan
Genre	Petualangan, Pendidikan, Simulasi
Deskripsi Singkat	Rasakan petualangan luar angkasa yang menakjubkan dengan Virtual Reality
Deskripsi Lengkap	<p>Dalam game virtual tour antariksa ini, kamu akan memulai perjalanan epik penjelajahan melintasi semua planet di sistem tata surya kita. Menyandang peran sebagai eksplorator luar angkasa, petualanganmu akan dibimbing oleh robot cerdas yang penuh kecerdasan, Mira. Melalui kendali yang responsif menggunakan virtual reality cardboard, serta inovatif dengan fitur voice command, kamu akan merasakan sensasi mendalam dari setiap langkahmu dalam eksplorasi ini.</p> <p>Setiap planet menawarkan pemandangan yang memukau dan unik, dari medan gurun Merkurius hingga cincin raksasa Saturnus yang megah. Kamu dapat mengamati secara mendetail formasi geologis, atmosfer, dan keunikan masing-masing planet, semuanya sementara ditemani penjelasan mendalam dari Mira.</p> <p>Berpetualanglah melintasi batas-batas tata surya dengan teknologi virtual reality yang mendalam dan kontrol suara inovatif, memungkinkan kamu untuk merasakan keajaiban dan kompleksitas alam semesta secara langsung. Jelajahi, pelajari, dan hayati keindahan antariksa melalui mata eksplorator luar angkasa ini.</p>

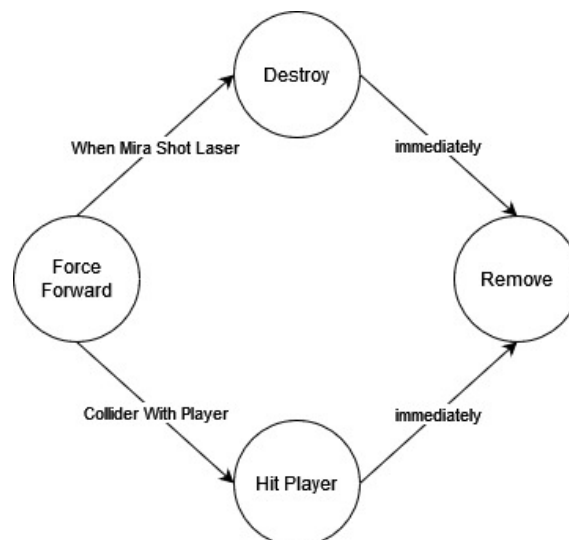
Rentang Usia	12+
Platform	Android
Publisher	KenTank
Distributor	Play Store
Kontrol	Virtual Reality 360°
Grafis	3D
Fitur	VR, Penjelasan Suara Tentang Planet, Kontrol Suara, Mini Game, Subtitle

Kemudian tahapan kedua, penulis membuat desain menggunakan *Finite State Machine* (FSM). FSM ini dapat mendesain perilaku karakter atau *Event* yang ada didalam game.



Gambar 2 FSM VR Pointer

Pada gambarError! Reference source not found. di atas menjelaskan 3 *state* akan memicu *event OnEnter* dan *OnExit* jika *pointer* tepat berada pada target. Selain *event*, dibawah ini adalah salah satu FSM karakter asteroid sebagai *Non Player Charater*.

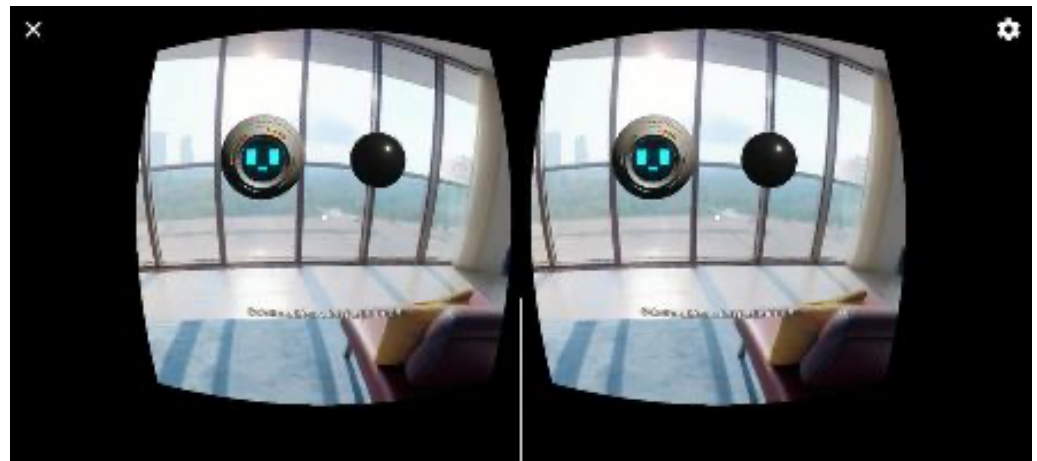


Gambar 3 FSM Asteroid Mini Game

Pada **Gambar** di atas terdapat 4 *state* yang bekerja secara berurutan, dimana ketika saat pertama kali asteroid muncul, akan menjalankan *state Force Forward*, dan jika asteroid tersebut di tembak oleh Robot Mira, maka asteroid tersebut akan memasuki *state Destroy*, yang akan menghancurkan asteroid tersebut, dan seketika akan menghapus asteroid tersebut dari *Game* nya, dan jika asteroid menabrak *player*, maka akan memicu *state Hit Player* yang akan memunculkan Notifikasi dan seketika menuju ke *state Remove*

Kemudian pada tahapan *Material Collecting* ini mengumpulkan beberapa Gambar dan Media menggunakan *Google Cardboard SDK for Unity* dan *Speech Recognizer* oleh Piotr Zmudzinski untuk pembuatan sistem. Tahapan ini juga mengumpulkan beberapa objek 3d tambahan yang berlisensi bebas untuk melengkapi pembuatan sistem seperti *Asteroid* bersumber dari Sebastian Sosnowski melalui Sketchfab, Robot (Mira) bersumber dari Ravi Maurya melalui Sketchfab dan *Terrain* bersumber dari Jimbodies melalui Sketchfab

Untuk tahapan *Assembly*, penulis mulai mengimplementasikan kedalam *game engine unity*. Hasil dari tahapan ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4 Halaman utama

Pada gambar diatas merupakan halaman utama game yang menampilkan sebuah karakter robot bernama Mira. Mira akan memberikan instruksi dan menerima instruksi melalui *voice command*.



Gambar 5 Halaman penjelajahan tata surya

Gambar diatas merupakan halaman awal setelah pemain memulai penjelajahan tata surya. Pemain akan mulai menjelajah dari planet bumi dan Mira akan menjelaskan pengetahuan dasar tentang planet bumi. Kemudian Mira akan melanjutkan penjelasan ke planet selanjutnya setelah menerima intruksi dari pemain.

Setelah menyelesaikan tahap *Assembly*, tahapan selanjutnya menguji aplikasi dengan menggunakan kuesioner *skala Likert*. Pada pengujian ini, terdapat 10 pertanyaan yang menanyakan tentang kepuasan penggunaan aplikasi dan 23 Responden yang telah mengikuti kuesioner. Setelah Nilai dari Skala *Likert* di temukan, selanjutnya menghitung Interval, dengan menggunakan rumus 1. Hasil perhitungan *interval Likert* seperti tabel 6 dibawah ini :

Tabel 2 Perhitungan *Interval Likert*

No	Aspek	Item Pertanyaan	Skor (%)	Rata-rata Dimensi
1	Kemudahan	- Aplikasi mudah dipahami - Penjelasan mudah dipahami - Narasi mudah dipahami - Akses mudah	86,96	88,55%
2	Tampilan	- Tampilan objek baik - Subtitle mudah dibaca - Warna nyaman	84,78	84,42%
3	Voice Command	- Fitur perintah suara berfungsi baik	80,43	80,43%
4	Minat Belajar	- Aplikasi meningkatkan minat belajar	98,91	98,91%
Rata-rata			86,30%	

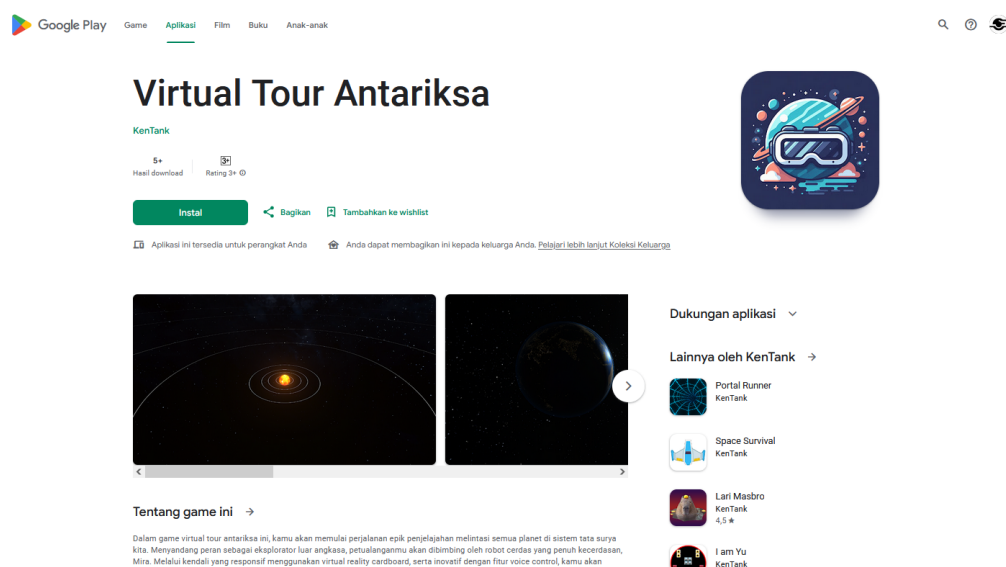
Dari keempat aspek yang dianalisis, diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 3 Tabel Skala Likert

Aspek	Rata-rata (%)	Kriteria
Kemudahan	88,55%	Sangat Setuju
Tampilan	84,42%	Sangat Setuju
Voice Command	80,43%	Sangat Setuju
Minat Belajar	98,91%	Sangat Setuju

Rata-rata keseluruhan kuesioner adalah 86,30%, dan berdasarkan tabel *interpretasi Skala Likert*, nilai ini termasuk dalam kategori Sangat Setuju. Sedangkan Skor tertinggi terdapat pada aspek Minat Belajar (98,91%), menunjukkan bahwa aplikasi secara signifikan berhasil meningkatkan motivasi belajar pengguna.

Setelah semua tahapan-tahapan di atas telah selesai, selanjutnya adalah tahap pendistribusian. Tahapan ini memanfaatkan toko pemasaran aplikasi Android terbesar, yang menjangkau seluruh dunia, yaitu Play Store. Pengajuan produksi telah di setujui oleh pihak *Google*, maka aplikasi atau *game* akan tayang secara publik di *Google* dan siap untuk di mainkan oleh semua kalangan, hasil akhir terlihat seperti berikut ini:



Gambar 2 Publikasi Aplikasi

Gambar 2 menunjukkan hasil dari tahap *Distribution* yang telah berhasil di lakukan pada platform *Google Play Store*.

4. Pembahasan

4.1. Efektivitas VR

Berdasarkan hasil kuesioner menunjukkan bahwa rata-rata skor kepuasan pengguna mencapai 86,30%, termasuk dalam kategori Sangat Setuju. Hasil penelitian ini masih konsisten dengan penelitian Lee et al. [1] yang membuktikan bahwa lingkungan belajar menggunakan VR mampu memicu rasa ingin tahu (epistemic curiosity) dan meningkatkan retensi pengetahuan siswa. Integrasi narasi, suara, visualisasi 3D, dan interaksi Voice Command dalam game ini memberikan pengalaman belajar multisensori (penggunaan berbagai indera secara bersama). Hal ini sejalan dengan teori multimedia learning Mayer mengatakan bahwa kombinasi elemen visual dan audio dapat memperkuat pemahaman konsep sains [14].

4.2. Keunggulan Integrasi Voice Command

Dalam VR ini terdapat Fitur Voice Command yang memudahkan navigasi tanpa perlu menggunakan kontrol tambahan. Karena kontrol tambahan dapat menjadi kendala pada perangkat Google Cardboard. Penelitian Hsiao menunjukkan bahwa peserta didik merasakan berhubungan langsung dengan sikap mereka terhadap penggunaan sistem, sehingga mendorong mereka untuk menggunakan teknologi yang tersedia dan penggunaan teknologi ini dapat meningkatkan keterlibatan dan kenyamanan pengguna [15]. Dalam konteks siswa SD, penggunaan perintah suara juga membantu meminimalisasi hambatan teknis dan membuat interaksi lebih alami, mendukung pendekatan learner-centered learning seperti yang diuraikan dalam penelitiannya Yang dkk [7].

4.3. Temuan Penelitian

Dalam penelitian Durukan [3] menjelaskan bahwa VR efektif untuk pembelajaran sains, akan tetapi sebagian besar studi masih fokus pada visualisasi tanpa menggabungkan interaksi suara. Hasil penelitian ini telah mengisi gap dengan cara mengintegrasikan VR dan Voice Command dalam bentuk game edukasi, sehingga tidak hanya meningkatkan keterlibatan siswa tetapi juga memberikan kemudahan kontrol. Dalam penelitian Loureiro [4] mengatakan bahwa pentingnya unsur gamifikasi dalam VR untuk meningkatkan motivasi belajar siswa. Keunggulan dari hasil penelitian ini terdapat pada penambahan mini game "Tembak Asteroid" yang terbukti mendapat respons positif dari siswa.

4.4. Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini tidak sepenuhnya menghasilkan dampak yang positif karena masih memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, dalam uji coba penelitian ini hanya dilakukan disatu sekolah saja dengan responden terbatas. Kedua, Dalam penyajian konten, produk dalam penelitian ini masih terbatas pada sistem tata surya. Dan ketiga, Aplikasi yang tersedia dapat didownload diplatform android saja sehingga belum mencakup pengguna IOS. Penelitian khumar juga mengungkapkan bahwa efektivitas media berbasis VR masih sangat bergantung dengan ketersediaan perangkat dan kompatibilitas platform.

5. Kesimpulan

Penelitian ini telah berhasil mengembangkan Game Virtual Tata Surya berbasis *Virtual Reality* dan *Voice Command* menggunakan *Google Cardboard*. Fitur *voice command* telah berhasil meningkatkan interaksi dan keterlibatan siswa. Game ini dapat membantu meningkatkan daya tarik siswa untuk mencoba belajar tentang sistem tata surya. Hasil uji coba pada 23 siswa SD Negeri 2 Gubug menunjukkan bahwa aplikasi ini mendapat

respons sangat positif dengan rata-rata skor kepuasan 86,30% (Sangat Setuju). Dengan adanya integrasi VR dan *Voice Command* terbukti mampu meningkatkan minat belajar siswa serta memberikan kemudahan navigasi dalam pembelajaran berbasis imersif.

Keterbatasan penelitian ini meliputi lingkup uji coba yang terbatas terutama dalam penerapan *voice command* dan cakupan materi yang masih fokus pada sistem tata surya. Penelitian selanjutnya dapat memperluas materi mengenai tata surya atau menambah topik IPA lain serta mengembangkan versi lintas *platform* yang tidak hanya diakses melalui android saja sehingga dapat diakses oleh lebih banyak pengguna.

Referensi

- [1] S. W. Y. Lee, Y. T. Hsu, and K. H. Cheng, "Do curious students learn more science in an immersive virtual reality environment? Exploring the impact of advance organizers and epistemic curiosity," *Comput. Educ.*, vol. 182, p. 104456, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104456>.
- [2] V. V. Kumar, D. Carberry, C. Beenfeldt, M. P. Andersson, S. S. Mansouri, and F. Gallucci, "Virtual reality in chemical and biochemical engineering education and training," *Educ. Chem. Eng.*, vol. 36, pp. 143–153, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.ece.2021.05.002>.
- [3] A. Durukan, H. Artun, and A. Temur, "Virtual Reality in Science Education: a Descriptive Review," *J. Sci. Learn.*, vol. 3, no. 3, pp. 132–142, 2020, <https://doi.org/10.17509/jsl.v3i3.21906>.
- [4] G. Lampropoulos and Kinshuk, *Virtual reality and gamification in education: a systematic review*, vol. 72, no. 3. Springer US, 2024. <https://doi.org/10.1007/s11423-024-10351-3>.
- [5] D. Sumardani, I. Midaraeni, and N. I. Sumardani, "Virtual Reality Sebagai Media Pembelajaran Relativitas Khusus Berbasis Google Cardboard Pada Smartphone Android," *Pros. Semin. Nas. Pendidik. KALUNI*, vol. 2, pp. 309–321, 2019, <https://doi.org/10.30998/prokaluni.v2i0.80>.
- [6] M. R. Sanzana, M. O. M. Abdulrazic, J. Y. Wong, K. H. Ng, and S. Ghazy, "Lecture-based, virtual reality game-based and their combination: which is better for higher education?," *J. Appl. Res. High. Educ.*, vol. 14, no. 4, pp. 1286–1302, 2021, <https://doi.org/10.1108/JARHE-09-2020-0302>.
- [7] K. Yang, X. Zhou, and I. Radu, "XR-Ed Framework: Designing Instruction-driven and Learner-centered Extended Reality Systems for Education," *Human-Computer Interact.*, 2020, <http://arxiv.org/abs/2010.13779>.
- [8] F. H. Arief, A. A. Wiradarmo, R. Widarsyah, and M. Palesangi, "Designing an Interactive and Educational Virtual Reality Game for Museum Bahari," *VCD J. Vis. Commun. Des.*, vol. 10, no. 01, pp. 149–173, 2025. <https://doi.org/10.37715/vcd.v10i1.5281>.
- [9] M. Kersting, R. Steier, and G. Venville, "Exploring participant engagement during an astrophysics virtual reality experience at a science festival," *Int. J. Sci. Educ. Part B Commun. Public Engagem.*, vol. 11, no. 1, pp. 17–34, 2021, <https://doi.org/10.1080/21548455.2020.1857458>.
- [10] N. N. Aini, M. Azizah, R. S. Bakti, and M. A. Thohir, "Efektivitas Penggunaan Media Pembelajaran Virtual Reality terhadap Hasil Belajar Siswa pada Pembelajaran IPA di SD," *Caruban J. Ilm. Ilmu Pendidik. Dasar*, vol. 6, no. 2, p. 267, 2023, <https://doi.org/10.33603/caruban.v6i2.8611>.
- [11] E. Childs *et al.*, "An Overview of Enhancing Distance Learning Through Emerging Augmented and Virtual Reality Technologies," *IEEE Trans. Vis. Comput. Graph.*, vol. 30, no. 8, pp. 4480–4496, 2024, <https://doi.org/10.1109/TVCG.2023.3264577>.
- [12] A. P. D. Prayogha and M. R. Pratama, "Implementasi Metode Luther untuk Pengembangan Media Pengenalan Tata Surya Berbasis Virtual Reality," *BIOS J. Teknol. Inf. dan Rekayasa Komput.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–14, 2020, <https://doi.org/10.37148/bios.v1i1.3>.
- [13] A. Haetami and O. Khan, "The Impact of Virtual Reality on Collaborative Learning in Higher Education," *Int. J. Educ. Narrat.*, vol. 2, no. 6, pp. 535–545, 2024, <https://doi.org/10.70177/ijen.v2i6.1611>.
- [14] R. E. Mayer, *Multimedia Learning*, 1st ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- [15] H.-W. Hsu, "An Examination of Automatic Speech Recognition (ASR)-based Computer-assisted Pronunciation Training (CAPT) for Less-proficient EFL Students Using the Technology Acceptance Model," *Int. J. Technol. Educ.*, vol. 7, no. 3, pp. 456–473, 2024, <https://doi.org/10.46328/ijte.681>.