

# Aplikasi Pembelajaran Bangun Ruang dengan Augmented Reality (Studi Kasus : Sdn Rorotan 07 Jakarta)

Selvana Arma Putra<sup>1</sup>, Diah Aryani<sup>2</sup>, Noviandi<sup>3</sup>, Hani Dewi Ariessanti<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Esa Unggul

[selvana.arma@gmail.com](mailto:selvana.arma@gmail.com)<sup>1</sup>, [diah.aryani@esaunggul.ac.id](mailto:diah.aryani@esaunggul.ac.id)<sup>2</sup>, [noviandi@esaunggul.ac.id](mailto:noviandi@esaunggul.ac.id)<sup>3</sup>,  
[hani.dewi@esaunggul.ac.id](mailto:hani.dewi@esaunggul.ac.id)<sup>4</sup>

*Abstract - The use of technology and reliance on the internet has altered students' learning practices, especially how they approach mathematics. As a result, a novel method of teaching mathematics is required, particularly for geometric concepts that are challenging for children to grasp. For students to better comprehend geometric forms and volume formulas, this study intends to develop spatial learning applications incorporating augmented reality (AR). The method employed in this study is called the Multimedia Development Live Cycle (MDLC), and it includes the steps of ideation, design, material collecting, assembly, testing, and distribution. The results showed that this application succeeded in increasing students' understanding in the form of geometric shapes through the use of spatial learning applications with augmented reality. This was effective in increasing students' understanding of using 3D objects and interactions through applications made students more interested and motivated to learn mathematics.*

*Keywords : augmented reality, building space, learning media*

*Abstrak – Penggunaan gadget dan ketergantungan pada internet telah mengubah kebiasaan siswa dalam belajar, termasuk dalam pembelajaran matematika. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan baru dalam pengajaran matematika khususnya topik bangun ruang yang sulit dipahami oleh siswa. Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan aplikasi pembelajaran bangun ruang dengan augmented reality (AR) untuk membantu siswa memahami bentuk bangun ruang dan rumus volume. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Multimedia Development Live Cycle (MDLC), yang terdiri dari tahapan konseptualisasi, desain, pengumpulan materi, perakitan, pengujian, dan distribusi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi ini berhasil meningkatkan pemahaman siswa dalam bentuk bangun ruang melalui pemanfaatan aplikasi pembelajaran bangun ruang dengan augmented reality ini efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa menggunakan objek 3D dan interaksi melalui aplikasi membuat siswa lebih tertarik dan termotivasi untuk belajar matematika.*

*Kata Kunci : augmented reality, bangun ruang, media pembelajaran*

## I. PENDAHULUAN

Salah satu kemajuan teknologi yang dapat dimanfaatkan untuk menambah pengetahuan adalah perkembangan teknologi informasi dalam bidang pendidikan dalam rangka peningkatan mutu pendidikan maka dunia pendidikan harus senantiasa beradaptasi dengan kemajuan teknologi termasuk cara memodifikasi cara informasi dan komunikasi [1]. Aplikasi komputer berbasis augmented reality merupakan salah satu upaya menciptakan media pembelajaran yang cocok dan menarik yang dapat meningkatkan kemampuan penalaran matematis dan hasil belajar siswa yang mengkonsumsi media secara komparatif, siswa yang memanfaatkan pembelajaran melalui teknik ceramah (pembelajaran tradisional) lebih buruk daripada mereka yang menggunakan Augmented Reality dengan pendekatan etnomatematika [2][3]. Media pembelajaran harus mengikuti kemajuan teknologi saat ini, mulai dari teknologi cetak hingga audio visual, komputer, bahkan perpaduan keduanya [4]. Oleh karena itu, upaya saat ini melibatkan pengintegrasian penggunaan teknologi dalam sistem pendidikan maka guru sebaiknya menempatkan pentingnya pendidikan berbasis teknologi di kelas, seperti pendidikan yang berpusat pada siswa, pendidikan berbasis teknologi, pelatihan langsung, pendidikan berbasis laboratorium dan e-Learning dengan hasilnya menunjukkan bahwa siswa dapat lebih terlibat ketika mereka dapat mengontrol aliran pengalaman mereka, atau ketika pembelajaran mereka diarahkan sendiri [5][6].

Sebagian besar siswa menganggap belajar matematika itu menantang karena keberhasilan belajar yang rendah dan ketidaktertarikan siswa pada topik tersebut, terutama ketika datang ke kursus geometri abstrak selain itu setiap tingkat pendidikan melibatkan matematika, tetapi sekolah dasar melakukannya terutama karena menguasai mata pelajaran sangat

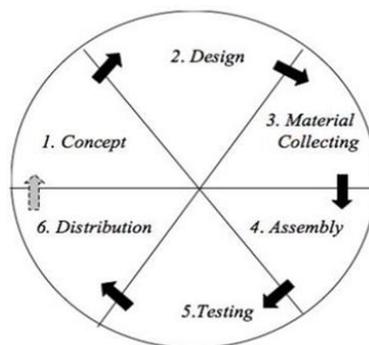
penting untuk keberhasilan dalam kehidupan sehari-hari [3]. Menurut Koparan & Yilmaz, siswa yang tidak dapat menemukan pengalaman yang lebih kaya cenderung mengingat aturan, hubungan, konsep, dan bukti bila perlu untuk itu perlu adanya kajian untuk menciptakan lingkungan belajar bagi pengembangan animasi tiga dimensi dan keterampilan spasial [7]. Namun nyatanya, masih banyak siswa siswi yang menganggap bahwa matematika adalah topik yang sulit dan membosankan. Siswa terkadang kesulitan menerima materi pelajaran khususnya bangun ruang. Wawancara informal dengan sejumlah siswa di SDN 07 Rorotan mengungkapkan bahwa sebagian besar dari mereka mengalami kesulitan dalam mendeskripsikan bentuk bangun ruang. Akibatnya, pendekatan terbaru dalam matematika, khususnya topik bangun ruang.

Bangun Ruang dan Geometri selalu menjadi kunci dan bagian yang sulit dari kurikulum matematika yang memerlukan Keterampilan visuospasial ini menjadi dasar untuk desain tiga dimensi atau penjelasan verbal dalam pembelajaran sains, teknologi, teknik, dan matematika. Kemampuan ini dapat ditingkatkan dengan penerapan teknologi baru seperti Augmented Reality (AR), yang dapat menunjukkan prosedur matematika melalui visual dan grafik, yang secara signifikan membantu siswa memvisualisasikan, dan memahami untuk mengajarkan geometri melalui visualisasi, interaksi, dan situasi [7]. AR diakui sebagai salah satu teknologi terbaik yang akan merevolusi masa depan pendidikan. Media AR adalah lingkungan belajar yang menggabungkan teknologi cetak dan komputer [8]. AR, disebut juga teknologi AR, digunakan untuk menggabungkan objek 2D/3D dari dunia maya ke dunia nyata secara real-time [9]. Mobile AR didasarkan pada lingkungan pengajaran yang ditambah, di mana beberapa halaman ditandai dan dapat menampilkan model tiga dimensi melalui webcam dengan mengintegrasikan aplikasi yang sebelumnya dirancang pada ponsel atau komputer sehingga kini banyak orang yang bisa mengakses AR yang berdampak semakin popularitas aplikasi AR dengan kesadaran lokasi merupakan hasil dari perkembangan terkini dalam teknologi seluler [10].

Menggunakan media augmented reality berbasis aplikasi Android untuk menggambarkan bentuk datar dan geometris saat mengajar geometri dengan Metode Marker Based Tracking dengan hasil yang sangat efektif dalam mengidentifikasi penanda untuk objek datar dan bidang spasial [11]. Sedangkan pada penelitian ini menggunakan metode Multi Media Life Cycle (MDLC) dengan tujuan dari penelitian ini adalah menciptakan aplikasi pembelajaran bangun ruang dengan augmented reality dan menerapkan aplikasi untuk membuat media pembelajaran yang berguna dan mudah dipahami bagi para siswa/siswi serta untuk membantu siswa/siswi untuk mengetahui sisi-sisi yang ada pada bangun ruang dan serta menambahkan rumus serta quiz volume dari bangun ruang tersebut.

## II. METODE PENELITIAN

Pendekatan pengembangan sistem Multimedia Development Live Cycle (MDLC) yang diciptakan oleh Luther (1994) menjadi metode pengembangan sistem dalam penelitian ini. Enam tahapan membentuk Multimedia Development Life Cycle (MDLC), yang digunakan untuk membuat konten multimedia: concept, design, material collecting, assembly, testing, dan distribution.

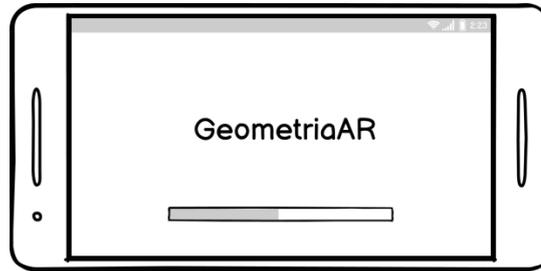


### 1. Concept

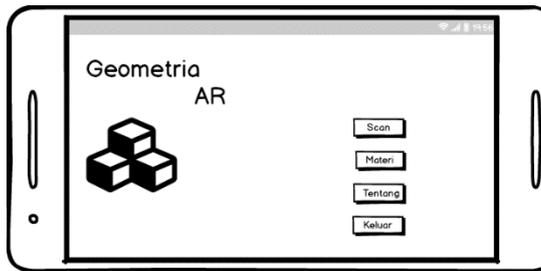
Pada tahap ini, tujuan aplikasi, pengguna yang dituju, dan analisis persyaratan sistem semuanya dipertimbangkan. Tujuan aplikasi ini sebagai media belajar khususnya siswa sekolah dasar. Untuk membuat aplikasi tersebut dibutuhkan Unity Sebagai Software pembuat aplikasi, Blender sebagai software 3D nya, dan vuforia sebagai database dalam menyimpan gambar marker.

### 2. Design

Pada tahap ini dibahas storyboard dari aplikasi yang dikembangkan, serta elemen program atau aplikasi. Design aplikasi ini menggunakan Figma untuk membuat tampilan pada aplikasi tersebut dan menggunakan Canva untuk membuat gambar marker agar bisa discan pada saat digunakan. Tampilan aplikasi seperti gambar dibawah ini:



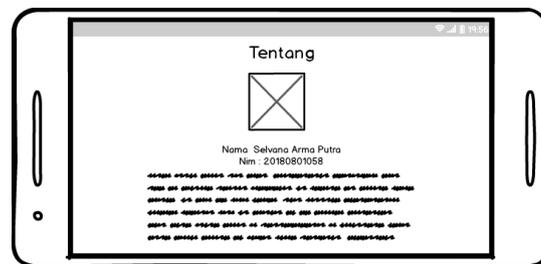
Gambar 2 Splash Screen Usulan



Gambar 3 Menu Utama Usulan



Gambar 4 Tampilan Scan Marker Usulan



Gambar 5 Tampilan Tentang

### 3. Material Collecting

Proses perolehan bahan awal. Bahan-bahan yang telah terkumpul selanjutnya akan digunakan untuk melanjutkan tahap selanjutnya yaitu perakitan..Setelah membuat tampilan awal dan 3D nya maka langkah selanjutnya ialah menyatukan aplikasi tersebut.

### 4. Assembly

Tahap pembuatan atau penggabungan ini bertujuan untuk menyatukan bahan-bahan yang telah dikumpulkan berdasarkan desain yang telah dikembangkan berdasarkan storyboard dan struktur navigasi untuk aplikasi yang diusulkan. Penggabungan aplikasi ini menggunakan unity pada saat memasukan gambar marker, 3D, serta audio yang ada pada aplikasi.

### 5. Testing

Pada tahap ini dilakukan pengujian sebelum atau sesudah perakitan semua bahan yang digunakan selama perakitan. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah aplikasi yang dimaksud beroperasi dengan benar atau tidak. Pengujian ini dilakukan langsung disekolah SDN 07 Rorotan. Dan mendapatkan hasil yang baik dan disukai oleh para siswa.

### 6. Distribution

Temuan pengujian aplikasi disimpan pada langkah distribusi ini. Jika aplikasi menggunakan lebih banyak penyimpanan daripada yang dapat ditampung oleh media penyimpanan yang tersedia, itu akan dikompresi. Pendistribusian aplikasi di berikan pada guru melalui whatsapp dan guru membagikannya ke siswa

## III. HASIL PENELITIAN

Hasil diperoleh ketika siswa tidak memiliki buku teks atau buku topik, sehingga materi diperoleh hanya dengan membaca atau menjelaskan papan tulis dari guru. Sangat sulit bagi siswa untuk menjelaskan secara langsung bangun ruang

### Implementasi Tampilan Antarmuka

#### Tampilan *Splash Screen*

Gambar 6. adalah tampilan *splash screen* yang sudah diimplementasikan kedalam aplikasi. Asset gambar pada tampilan ini menggunakan asset gratis lisensi dari situs freepik. Tujuan penggunaan gambar di atas adalah agar siswa dapat melihat dan mengingat bentuk bangun ruang secara terus menerus setiap kali membuka aplikasi.



Gambar 6 Tampilan Splash Screen

#### Tampilan Menu Utama

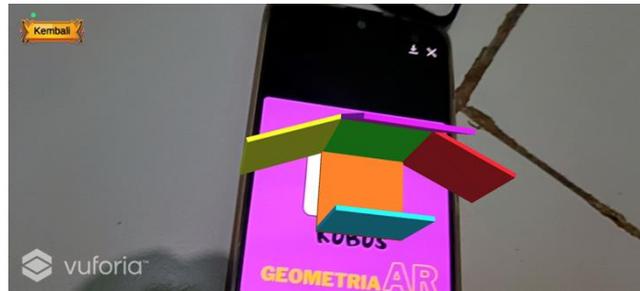
Pada tampilan menu utama terdapat menu belajar, kuis, tentang, dan menu keluar. Menu belajar adalah menu yang berisi materi tentang bentuk bangun ruang. Menu kuis adalah menu yang berisi kuis dengan 5 soal. Tombol keluar adalah untuk keluar dari aplikasi. Kemudian menu tentang adalah untuk memberikan informasi seputar aplikasi dan pengembang. Aset tombol yang digunakan adalah aset gratis dari aplikasi unity. Tampilan menu utama seperti gambar 7 berikut.



Gambar 7 Tampilan Menu Utama

#### Tampilan Menu Belajar

Gambar 8. adalah tampilan awal ketika memilih menu belajar. Terdapat tampilan untuk memindai marker dan setelah marker terpindai akan menampilkan objek 3 dimensi.



Gambar 8 Tampilan Scan Marker

Selanjutnya gambar 9. adalah tampilan ketika marker sudah terdeteksi maka akan muncul tampilan seperti gambar 5. Pada tampilan tersebut terdapat objek 3D dari marker yang dipindai. Selain itu juga terdapat informasi berupa suara dari objek 3D tersebut.



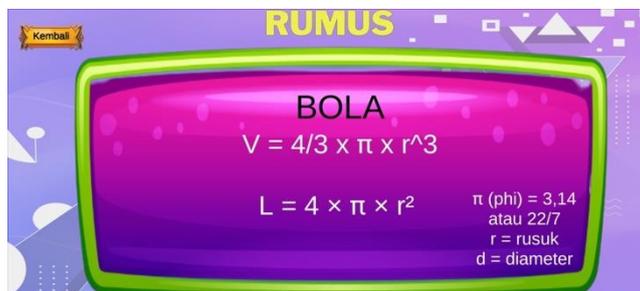
Gambar 9 Tampilan Materi Setelah Scan Marker

### Tampilan Menu Rumus



Gambar 10 Tampilan Rumus

Ini adalah tampilan ketika membuka menu rumus, maka akan banyak rumus bangun ruang yang bisa dipilih seperti : bola, kubus, limas segi empat, kerucut, balok, dan tabung.



Gambar 11 Tampilan Rumus Bola

Ini adalah contoh salah satu rumus yang ada pada menu rumus bangun ruang.

### Tampilan Menu Kuis



Gambar 12 Tampilan Ketika Menjawab Benar

Gambar 13. merupakan tampilan menu kuis yang berisi 5 soal pilihan ganda dengan materi tentang bentuk bangun ruang. Terdapat skor nilai yang dapat diperoleh siswa ketika berhasil menjawab pertanyaan dengan benar. 1 pertanyaan bernilai 20. Jika pengguna menjawab soal dengan benar maka akan keluar emotikon karakter berwarna hijau dan jika pengguna menjawab soal dengan jawaban yang salah maka akan keluar emotikon karakter berwarna merah



Gambar 13 Tampilan Ketika Menjawab Salah

Gambar 14. adalah tampilan ketika sudah selesai mengerjakan kuis. Siswa akan dapat melihat berapa skor nilai yang didapat. Selain itu terdapat tombol mengerjakan kembali dan tombol keluar untuk keluar dari aplikasi.



Gambar 14 Tampilan Selesai Kuis

### Hasil Belajar

Pengamatan ini menggunakan pengetahuan siswa untuk melakukan eksperimen sebelum dan sesudah penerapan untuk mengidentifikasi bangun ruang. Berikut adalah tabel data yang dibuat pada saat melakukan observasi:

Tabel 1. Uji Pengetahuan Bangun Ruang

No	Nama Siswa	Sebelum		Setelah	
		Bisa	Tidak Bisa	Bisa	Tidak Bisa
1	Abrar Wisesa	✓		✓	
2	Afnan Aulia		✓	✓	
3	Ahmad Zaky		✓	✓	
4	Akbar Prasetyo	✓		✓	
5	Alifia Putri Madinah		✓	✓	
6	Ameera Ghaida Putri Aryana	✓			✓
7	Ardanish Subhan Baghaskara		✓		✓
8	Athallah Wildan Dwi Putra	✓		✓	
9	Delya Anggraeni Akbar		✓	✓	
10	Deni Maulana		✓	✓	
11	Dimas Prasetyo	✓		✓	
12	Feodara Dzahabiya Tjahyadi	✓		✓	
13	Hikmah Sepiya Nurohmah	✓		✓	
14	Irdina Khoiriyatun Amri		✓		✓
15	Kevla Anggraeni Pratiwi		✓	✓	
16	Marcel Hermawan	✓		✓	
17	Muhammad Hafidz Maulana		✓	✓	
18	Muhammad Naufal		✓	✓	
19	Muhammad Rafid Rifaldy		✓	✓	
20	Muhammad Syawaludin	✓		✓	
21	Naviza Sadina Rafanava		✓	✓	
22	Putri Nabila		✓	✓	
23	Qori'atuzakivyah	✓		✓	
24	Rafaello Natonis		✓		✓
25	Razib Ahmad Albavvan	✓		✓	
26	Reka Sagalih Jona		✓	✓	
27	Resandi Wicaksono	✓		✓	
28	Ridhwan Rasyid Hidayat		✓	✓	
29	Sabrina Vania	✓		✓	
30	Salasa Sabila		✓		✓
31	Tasya Dwi Anandita		✓	✓	

Dari uji pengetahuan siswa diatas maka dapat dibuat grafik lingkaran dengan persentase uji sebelum menggunakan aplikasi adalah 68% siswa tidak bisa menjelaskan bentuk bangun ruang dan 32% bisa menjelaskan bentuk bangun ruang dengan benar.



Gambar 155 Grafik Lingkaran Uji Pengetahuan Sebelum Memakai Aplikasi

Adapun kegiatan uji pengetahuan ke-2 dilakukan untuk mengetes kembali bentuk bangun ruang dengan tanpa diberi tahu bahwa akan di tes ulang terkait uji tersebut kepada siswa. Sehingga siswa dapat belajar fokus menggunakan aplikasi dengan baik. Pengujian setelah menggunakan aplikasi didapat bahwa 83% siswa dapat menjelaskan bentuk bangun ruang dan 17% siswa masih belum bisa mengurutkannya.



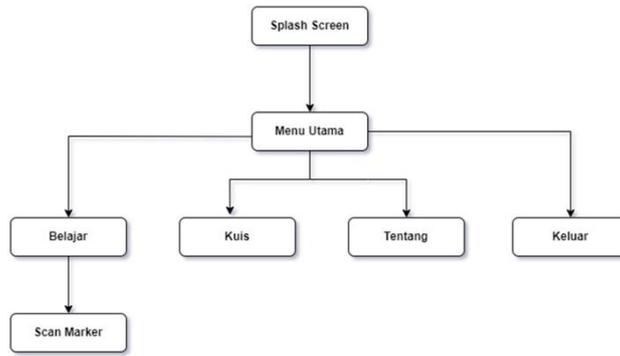
Gambar 166 Grafik Lingkaran Uji Pengetahuan Sesudah Memakai Aplikasi

Dari data di atas dapat kita simpulkan bahwa perlu adanya media pembelajaran baru yang lebih interaktif. Kemudian mengumpulkan data melalui referensi. Saat mengumpulkan data sebagai bahan referensi dan meneliti penelitian sebelumnya.

Hasil akhir yang diharapkan adalah sebuah media pembelajaran interaktif mengenal bentuk tata surya dalam objek 3 dimensi dan dalam bentuk aplikasi.

### Struktur Navigasi

No	Nama Marker	Gambar
1	Kubus	



Gambar 17. Struktur Navigasi

Pada perancangan aplikasi ini menggunakan model struktur navigasi hirarki dengan memanfaatkan percabangan dalam menampilkan gambar atau data pada layer. Dari struktur tersebut diketahui bahwa diawal aplikasi akan terdapat *splash screen*, lalu menu utama. Dalam menu utama terdapat menu lainnya yaitu belajar, kuis, dan keluar. Pada menu belajar terdapat *scan marker*.

**Perancangan Marker**

Pada perancangan marker ini, dibuat menggunakan aplikasi edit foto dan gambar yang digunakan adalah berasal dari gambar yang di unduh di internet dengan lisensi bebas hak cipta. Adapun marker yang sudah dibuat berjumlah 6 yaitu: kubus, balok, kerucut, bola, tabung, dan limas segi empat seperti gambar 20. Berikut :

No	Nama Marker	Gambar
1	Kubus	
2	Balok	
3	Kerucut	
4	Bola	
5	Tabung	
6	Limas Segi Empat	

Gambar 18. Tabel Marker Bangun Ruang

**Pengujian Sistem**

Pengujian pada aplikasi ini dilakukan dengan menggunakan unit testing dan usability testing yang bertujuan mengidentifikasi dan meminimalisir masalah pada aplikasi.

**Unit Testing**

Dilakukan pengujian dengan menggunakan blackbox yaitu pengujian fungsional. Pengujian ini berfokus pada unit dan fungsi yang terdapat pada aplikasi sehingga aplikasi dapat berjalan dengan baik. Pengujian ini menggunakan perangkat android dengan merk Xiaomi Mi 11T Android 12 Prosesor OctaCore Ram 8/256 GB.

aplikasi edit foto dan gambar yang digunakan adalah berasal dari gambar yang di unduh di internet dengan lisensi bebas hak cipta. Adapun marker yang sudah dibuat berjumlah 6 yaitu: kubus, balok, kerucut, bola, tabung, dan limas segi empat.

**Pengujian Sistem**

Pengujian pada aplikasi ini dilakukan dengan menggunakan unit testing dan usability testing yang bertujuan mengidentifikasi dan meminimalisir masalah pada aplikasi.

**Unit Testing**

Dilakukan pengujian dengan menggunakan blackbox yaitu pengujian fungsional. Pengujian ini berfokus pada unit dan fungsi yang terdapat pada aplikasi sehingga aplikasi dapat berjalan dengan baik. Pengujian ini menggunakan perangkat android dengan merk Xiaomi Mi 11T Android 12 Prosesor OctaCore Ram 8/256 GB.

Hasil Pengujian Unit Testing pada Aplikasi Geometri AR				
No	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Uji	Kesimpulan
1.	Pengujian tampilan awal aplikasi	Tampilan yang ada pada awal aplikasi dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan dengan menampilkan splash screen beserta animasi dan suaranya	Sesuai harapan	Valid
2.	Pengujian tampilan halaman menu utama	Berjalan sesuai dengan sistem yang ada, dapat menampilkan menu utama, suara serta animasi	Sesuai harapan	Valid
3.	Pengujian tampilan menu belajar dan scan marker	Berjalan sesuai dengan sistem yang ada, dapat menampilkan kamera, tampilan scan marker, suara, serta objek yang sesuai dengan marker	Sesuai harapan	Valid
4.	Pengujian tampilan menu kuis dan menjawab kuis	Berjalan dengan sesuai sistem yang ada, dapat menampilkan kuis dan hasil dari kuis tersebut	Sesuai harapan	Valid
5.	Pengujian tampilan download marker	Sistem dapat mengarahkan langsung ke halaman download marker	Sesuai harapan	Valid
6.	Pengujian menu keluar	Sistem akan langsung keluar dari permainan	Sesuai harapan	Valid

Gambar 19. Hasil Pengujian Unit Testing pada Aplikasi

Pengujian Marker pada Aplikasi GeometriAR				
Skenario Pengujian	Gambar yang Dipindai	Hasil yang Diharapkan	Hasil Uji	Kesimpulan
Memindai gambar lain yang tidak termasuk dalam marker Bangun Ruang GeometriAR		Tidak dapat menampilkan objek		Valid
Memindai gambar lain yang termasuk dalam marker Bangun Ruang GeometriAR		Dapat menampilkan objek		Valid

Gambar 20. Skema pengujian Marker

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil pengujian dan analisis pada penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Aplikasi yang berbasis Augmented Reality ini dapat dijadikan sebagai media pembelajaran sekaligus alat peraga dalam menunjang pembelajaran khususnya pada mata pelajaran Matematika.
2. Penggunaan perangkat seluler berbasis android menjadi bermanfaat karena adanya interaksi antara guru dan siswa.
3. Objek 3 dimensi yang disajikan membuat siswa tertarik untuk belajar mengenai bangun ruang.
4. Berdasarkan pengujian sistem dengan unit testing ini didapatkan bahwa aplikasi sudah dapat berjalan dengan baik. Ini dibuktikan dengan pengujian yang dilakukan dengan menggunakan blackbox.
5. Berdasarkan uji kelayakan dengan usability testing didapatkan bahwa kategori Learnability, Efficiency, Memorability, dan Satisfaction sudah sangat baik dan kategori Errors dengan tidak setuju bahwa aplikasi memiliki bug atau eror.

REFERENSI

- [1] Haris Budiman, “Peran Teknologi Informasi Dan Komunikasi Dalam Pendidikan,” *Al-Tadzkiyyah J. Pendidik. Islam*, vol. 8, no. 1, pp. 31–43, 2017.
- [2] I. Al Ikhsan, N. Supriadi, and W. Gunawan, “Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality: Materi Bangun Ruang Sisi Datar,” *JKPM (Jurnal Kaji. Pendidik. Mat.*, vol. 7, no. 2, p. 289, 2022, doi: 10.30998/jkpm.v7i2.12839.
- [3] A. Fauzi, A. Buchori, and D. Wulandari, “Pengembangan Media Berbasis Android dengan Fitur Augmented Reality Menggunakan Pendekatan Etnomatematika Materi Bangun Ruang Sisi Datar Di SMP,” *Imajiner J. Mat. dan Pendidik. Mat.*, vol. 3, no. 6, pp. 484–495, 2021, doi: 10.26877/imajiner.v3i6.7911.
- [4] R. E. Saputro and D. I. S. Saputra, “Pengembangan Media Pembelajaran Mengenal Organ Pencernaan Manusia Menggunakan Teknologi Augmented Reality,” *J. Buana Inform.*, vol. 6, no. 2, 2015, doi: 10.24002/jbi.v6i2.404.
- [5] L. V. Fedynich, “Teaching beyond the classroom walls: The pros and cons of cyber learning,” *J. Instr. Pedagog.*, vol. 13, pp. 1–7, 2014, [Online]. Available: <http://aabri.comwww.aabri.com/manuscripts/131701.pdf>
- [6] T. Pipattanasuk and A. Songsriwittaya, “Development of an instructional model with augmented reality technology for vocational certificate students,” *Int. J. Instr.*, vol. 13, no. 3, pp. 539–554, 2020, doi: 10.29333/iji.2020.13337a.
- [7] T. Koparan, H. Dinar, E. T. Koparan, and Z. S. Haldan, “Integrating augmented reality into mathematics teaching and learning and examining its effectiveness,” *Think. Ski. Creat.*, vol. 47, no. January, p. 101245, 2023, doi: 10.1016/j.tsc.2023.101245.
- [8] A. B. Craig, “Understanding augmented reality: concepts and applications.,” 2013. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-240-82408-6.00002-3>.
- [9] J. Motejlek and E. Alpay, “Taxonomy of Virtual and Augmented Reality Applications in Education,” *IEEE Trans. Learn. Technol.*, vol. 14, no. 3, pp. 415–429, 2021, doi: 10.1109/TLT.2021.3092964.
- [10] E. A. Kyza, Y. Georgiou, M. Souropetsis, and A. Agesilaou, “Collecting ecologically valid data in location-aware augmented reality settings: A comparison of three data collection techniques,” *Int. J. Mob. Blended Learn.*, vol. 11, no. 2, pp. 78–95, 2019, doi: 10.4018/IJMBL.2019040106.
- [11] S. D. Putra, D. Aryani, H. Syofyan, and V. Yasin, “Aplikasi Augmented Reality Geometri Sekolah Dasar Untuk Bangun Datar dan Ruang Menggunakan Metode Marker Based Tracking,” vol. 7, pp. 250–259, 2023, doi: 10.30865/mib.v7i1.5281.