

PENGEMBANGAN ALAT PERAGA MATEMATIKA INTERAKTIF BERBASIS *AUGMENTED REALITY* (AR) UNTUK VISUALISASI MATERI LUAS PERMUKAAN PADA BANGUN RUANG

(*DEVELOPMENT OF AN INTERACTIVE AUGMENTED REALITY (AR) BASED MATHEMATICS TEACHING AID FOR VISUALIZING SURFACE AREA OF GEOMETRY*)

Siti Rahila Fitria¹⁾ dan Nurrizqa²⁾

¹⁾ Pendidikan Teknologi Informasi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry

²⁾ Teknologi Informasi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry

e-mail: rahilafitria3@gmail.com¹⁾, nur.rizqa97@gmail.com²⁾,

ABSTRAK

Pemahaman konsep luas permukaan pada bangun ruang masih menjadi tantangan dalam pembelajaran matematika, terutama karena lemahnya kemampuan visualisasi spasial siswa. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat peraga pembelajaran matematika interaktif berbasis teknologi *Augmented Reality* (AR) dalam bentuk aplikasi mobile. Pengembangan dilakukan dengan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) dan menghasilkan aplikasi yang dilengkapi dengan fitur visualisasi 3D, jaring-jaring bangun ruang, serta penjelasan audio pada empat jenis bangun ruang, yaitu kubus, balok, prisma segitiga dan tabung. Validasi dilakukan oleh 2 ahli media dan 2 ahli materi, masing-masing instrumen penilaian terdiri dari 12 butir pernyataan, serta uji coba dilakukan pada 29 siswa kelas VIII di salah satu sekolah berbasis keislaman di Banda Aceh. Hasil validasi ahli media menunjukkan persentase kelayakan sebesar 82,5% (kategori sangat layak), validasi ahli materi sebesar 92,5% (kategori sangat layak), dan uji coba siswa menunjukkan skor rata-rata 93,7% (kategori sangat layak). Berdasarkan hasil tersebut, aplikasi ini dinyatakan sangat layak digunakan sebagai media pembelajaran interaktif yang mampu membantu siswa dalam memahami konsep luas permukaan pada bangun ruang dengan lebih efektif dan bermakna.

Kata Kunci: Matematika, *Augmented Reality*, Luas permukaan, Bangun ruang

ABSTRACT

Understanding the concept of surface area in geometry remains a challenge in mathematics learning, particularly due to students limited spatial visualization skills. This study aims to develop an interactive mathematics teaching aid based on *Augmented Reality* (AR) technology in the form of a mobile application. The development followed the ADDIE model (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) and resulted in an application featuring 3D visualizations, interactive nets of geometry, and audio explanations for four types of solids cube, cuboid, triangular prism, and cylinder. The validation was conducted by two media experts and two subject matter experts, each using an evaluation instrument consisting of 12 statement items, and the trial was conducted on 29 eighth grade students at an Islamic-based school in Banda Aceh. The media expert validation showed a feasibility score of 82,5% (highly feasible category), the subject matter expert validation scored 92,5% (highly feasible category), and the student trial obtained an average score of 93,7% (highly feasible category). Based on these results, the application is considered highly feasible as an interactive learning media that effectively supports students in understanding surface area concepts in a more engaging and meaningful way.

Keywords: Mathematics, *Augmented Reality*, Surface area, Geometry.

I. PENDAHULUAN

Ilmu matematika yaitu cabang ilmu pasti, tidak memungkinkan untuk diubah sebab adanya deduksi murni sebagai bagian dari satu kesatuan sistem dalam pembuktiannya[1]. Di dalam matematika terdapat berbagai macam pembahasan, salah satunya bangun ruang. Konsep bangun ruang memberikan dampak yang luas dalam beragam ranah kehidupan[2]. Penerapan konsep ini dapat

ditemukan di berbagai bidang seperti arsitektur, teknik sipil, desain produk, transportasi, dan teknologi. Ini mempertegas pemahaman terhadap konsep-konsep dasar bangun ruang sangatlah penting.

Namun, dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Nurjanah dan Juliana menunjukkan bahwa siswa masih mengalami hambatan dalam menyelesaikan permasalahan geometri, seperti kesulitan mengidentifikasi bentuk bangun ruang[3]. Temuan

serupa juga disampaikan dalam penelitian Mardiana dan Amalia yang menunjukkan bahwa siswa SMP masih mengalami kesulitan dalam memahami konsep geometri, terutama dalam memahami konsep dasar dan menyelesaikan permasalahan geometri[4].

Salah satu aspek mendasar dalam bangun ruang adalah luas permukaan. Mempelajari materi luas permukaan pada bangun ruang juga tidaklah mudah, sehingga menjadi tantangan tersendiri bagi para siswa untuk dapat memahaminya. Hal ini diperkuat oleh wawancara semi-terstruktur yang dilakukan bersama seorang guru matematika yang mengajar di salah satu sekolah berbasis keislaman di Banda Aceh. Wawancara ini dilakukan menggunakan pedoman wawancara sebagai instrumen analisis kebutuhan yang disusun untuk menggali informasi mengenai kesulitan siswa dalam pembelajaran luas permukaan pada bangun ruang, serta kebutuhan media pembelajaran yang dapat membantu proses pemahaman konsep. Dari hasil wawancara tersebut diperoleh informasi bahwa penyebab kesulitan siswa mempelajari materi ini karena adanya keterbatasan kemampuan visualisasi siswa. Kemampuan visualisasi spasial menjadi salah satu faktor yang berpengaruh untuk dapat memahami materi luas permukaan pada bangun ruang karena siswa tidak hanya diminta untuk berhitung, namun juga harus mampu memvisualisasikan suatu objek di dalam pikiran mereka[5].

Di sisi lain, penggunaan alat peraga dalam pembelajaran telah lama diakui mampu membantu meningkatkan pemahaman konsep abstrak. Seiring perkembangan teknologi, muncul peluang untuk memanfaatkan media interaktif seperti *augmented reality* atau biasa disebut AR. AR yaitu teknologi yang memungkinkan integrasi dunia nyata dengan dunia maya, bersifat interaktif dan berbentuk animasi tiga dimensi[6]. Teknologi ini memungkinkan siswa untuk mengamati objek dari berbagai sudut pandang, memperbesar, memutar, serta melihat jaring-jaring dari bangun ruang secara lebih nyata, sehingga pengalaman belajar menjadi lebih mendalam dan menyenangkan.

Sebagai tindak lanjut dari potensi tersebut, beberapa studi sebelumnya telah dilakukan guna mengevaluasi efektivitas penggunaan AR sebagai alat peraga. Contohnya penelitian yang pernah dilakukan oleh Wildan dkk dan memperoleh kesimpulan bahwa AR mampu dijadikan alternatif

sebagai pengganti alat peraga konvensional karena mampu memberikan dukungan yang signifikan terhadap pembelajaran sekaligus menarik perhatian pengguna untuk mengaksesnya[7]. Selain itu, Hendra Nelva Saputra dkk juga pernah melakukan penelitian serupa dengan kesimpulan bahwa media pembelajaran berbasis AR terkategori sangat valid dan valid, sehingga media pembelajaran ini dapat digunakan dalam proses pembelajaran[8].

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa tingkat penguasaan siswa terhadap konsep luas permukaan pada bangun ruang masih menjadi tantangan dalam pembelajaran matematika, khususnya akibat keterbatasan kemampuan visualisasi spasial. Atas dasar itu, diperlukan inovasi alat peraga yang dapat berkontribusi sebagai sarana untuk mengintegrasikan pemikiran abstrak dengan pemahaman yang bersifat nyata. Alternatif solusi yang potensial adalah pemanfaatan teknologi AR sebagai media interaktif. Sejalan dengan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat peraga matematika interaktif berbasis AR sebagai media visualisasi materi luas permukaan pada bangun ruang, serta untuk mengetahui kelayakan dari hasil pengembangan alat peraga tersebut.

II. STUDI PUSTAKA

Beberapa hasil penelitian berikut ini dapat menunjukkan efektivitas dan penerimaan positif terhadap penggunaan AR dalam berbagai bidang pembelajaran:

1. Penelitian oleh Wildan dkk[7]
Mengembangkan aplikasi pembelajaran pedosfer berbasis AR dan menemukan bahwa 52% siswa sangat setuju terhadap penggunaannya sebagai media belajar alternatif.
2. Penelitian oleh Hendra Nelva Saputra dkk[8]
Mengembangkan media pembelajaran berbasis AR untuk materi input output komputer. Hasil pada penelitian ini menunjukkan penilaian kelayakan dari ahli media mencapai 87,20%, lalu dari ahli materi mencapai 82,65% dan dari uji coba skala terbatas menghasilkan rerata nilai mencapai 80,89%.
3. Penelitian oleh Winda Aggriyani Uno[9]
Menunjukkan adanya peningkatan capaian belajar dengan penggunaan media interaktif berbasis AR dalam pembelajaran IPA yang

ditunjukkan oleh kenaikan nilai rata-rata dari 65 menjadi 85.

4. Penelitian oleh Valentina Rossi Wibowo dkk[10]

Mengembangkan media pembelajaran berbasis AR untuk materi penggolongan hewan. Hasil penelitiannya menunjukkan presentase skor angket siswa mencapai 95% dan angket respon guru mencapai 92%.

5. Penelitian oleh Rismawati Kamaruddin dan Rahmatia Thahir[11]

Melakukan penelitian penerapan AR pada materi virus pelajaran biologi dengan membuat perbandingan antara 2 kelas. Kelas pertama diajarkan menggunakan media pembelajaran berbasis AR dan memperoleh rerata skor capaian belajar mencapai 80. Sementara itu, kelas kedua diajarkan menggunakan media pembelajaran konvensional dan memperoleh rerata skor capaian belajar mencapai 73.

6. Penelitian oleh Dina Siti Logayah dkk[12]

Menganalisis efektivitas penggunaan teknologi AR untuk pengembangan keterampilan berpikir historis siswa dalam pembelajaran ilmu pengetahuan sosial (IPS). Hasil penelitian mengungkapkan AR dapat meningkatkan interaksi belajar siswa mencapai 82% dan terjadi peningkatan kemampuan analisis siswa sebesar 90%, serta 95% siswa menyatakan ketertarikan yang tinggi terhadap penggunaan AR dalam pembelajaran IPS.

7. Penelitian oleh Tomi Listiawan dan Antoni [13]

Merancang media AR untuk materi transformasi geometri dan memperoleh validasi ahli media sebesar 71,25% serta tanggapan positif dari siswa.

8. Penelitian oleh Mardian dkk[14]

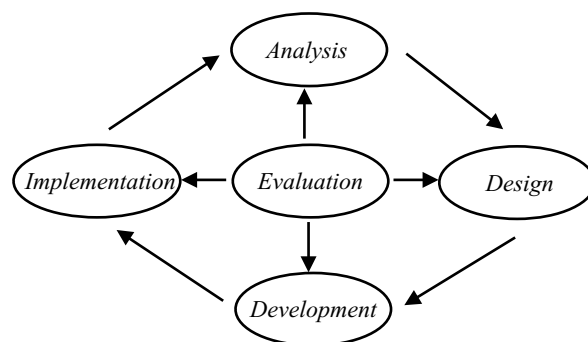
Mengembangkan media pembelajaran berbasis AR untuk konsep dimensi tiga. Hasil penilaian menunjukkan bahwa aspek materi dan manfaat media masing-masing memperoleh skor kelayakan sebesar 87,3% dan 87,6%.

Penelitian-penelitian tersebut membuktikan bahwa AR telah digunakan secara luas dalam pembelajaran berbagai mata pelajaran. Namun, sebagian besar belum secara khusus menampilkan jaring-jaring bangun ruang secara interaktif. Oleh karena itu, penelitian ini hadir untuk mengisi kekosongan tersebut.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development (RnD)*. Sugiyono mengatakan bahwa RnD merupakan metodologi penelitian yang diarahkan untuk merancang dan menghasilkan produk tertentu sekaligus menguji efektivitas produknya[15]. Penelitian pengembangan ini menggunakan pendekatan evaluasi formatif (*Formative Evaluation*), yaitu evaluasi yang dilakukan selama proses pengembangan produk untuk memperoleh masukan dan perbaikan sebelum produk digunakan secara lebih luas. Evaluasi formatif dilakukan melalui tahap validasi oleh ahli media dan ahli materi serta uji coba terbatas kepada siswa.

Model pengembangan yang digunakan yaitu model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Model ADDIE dipilih karena memiliki tahapan yang sederhana namun sistematis dan terstruktur, sehingga memudahkan peneliti dalam menganalisis kebutuhan pembelajaran, merancang desain media, mengembangkan produk, serta melakukan evaluasi secara bertahap.



Gambar 1. Tahapan Model ADDIE

Setiap tahapan model ADDIE selalu dilakukan evaluasi terlebih dahulu sebelum dilanjutkan ke tahap berikutnya. Evaluasi tersebut berfungsi untuk memastikan bahwa setiap tahapan telah memenuhi standar yang ditetapkan dan sesuai dengan kebutuhan pengguna[16]. Berikut tahapan dan penjelasan pengembangan model ADDIE secara lebih ringkas:

1. *Analysis* (Analisis)

Tahap ini dilakukan untuk mengetahui adanya keperluan pengembangan produk. Proses analisis dilakukan dengan mengumpulkan informasi melalui wawancara dengan seorang guru matematika di salah satu sekolah berbasis keis-

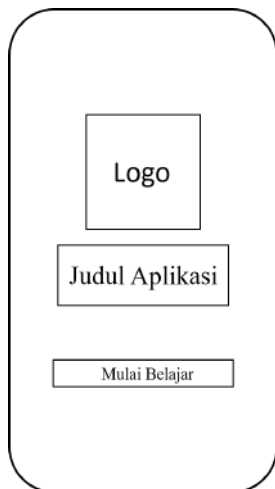
laman di Banda Aceh untuk mengetahui kendala yang dihadapi siswa dalam memahami materi. Selain itu, analisis juga dilakukan terhadap karakteristik siswa sebagai calon pengguna. Hasil dari tahap ini menjadi dasar dalam menentukan fitur, konten, dan desain media yang sesuai dengan kebutuhan pembelajaran.

2. *Design* (Desain)

Tahap ini melibatkan perancangan produk yang direncanakan untuk dikembangkan. Rancangan tersebut berupa konsep, gambaran, atau pemikiran abstrak mengenai produk yang mendasari proses pengembangan pada tahap berikutnya. Dalam penelitian ini, rancangan tersebut dibuat dengan memperhatikan prinsip desain instruksional agar media yang dikembangkan dapat mendukung proses pembelajaran secara efektif. Salah satu prinsip yang digunakan adalah prinsip pembelajaran multimedia yang dikemukakan oleh Richard E. Mayer. Prinsip ini menyatakan bahwa pembelajaran akan lebih efektif ketika informasi disajikan melalui kombinasi kata-kata dan gambar[17]. Oleh karena itu, aplikasi yang dikembangkan menampilkan visualisasi bangun ruang dalam bentuk objek tiga dimensi berbasis AR yang disertai dengan penjelasan audio.

Desain *User Interface* (UI) pada aplikasi ini dirancang dengan mempertimbangkan kemudahan pengguna oleh siswa. Tampilan aplikasi dibuat sederhana dengan adanya tombol-tombol yang jelas agar dapat mempermudah interaksi pengguna dengan aplikasi.

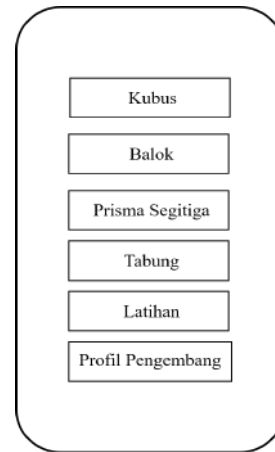
Berikut ini adalah storyboard dari aplikasi yang akan dikembangkan:



Gambar 2. Storyboard halaman awal

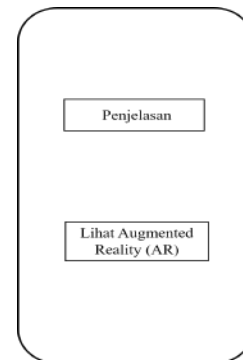
Halaman awal aplikasi akan menampilkan logo dan nama aplikasi, serta tombol “mulai be-

lajar” yang berfungsi untuk mengarahkan pengguna menuju menu utama pembelajaran.



Gambar 3. Storyboard halaman utama

Pada halaman utama tertera pilihan materi, latihan serta profil pengembang aplikasi yang dapat diklik pada setiap pilihan tersebut.



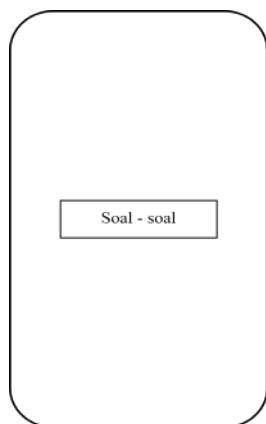
Gambar 4. Storyboard halaman materi

Jika pengguna memilih halaman materi, maka akan ada penjelasan terkait dengan materi dan terdapat tombol untuk melihat AR dari materi tersebut.



Gambar 5. Storyboard halaman AR

Di dalam halaman AR akan diperlihatkan bangun ruang dalam tampilan AR dan dilengkapi dengan tombol untuk membuka dan menutup AR. Saat tombol buka di klik, maka akan ada audio berupa penjelasan tentang rumus dari bangun ruang yang dipilih.



Gambar 6. Storyboard halaman latihan

Namun, jika pengguna memilih halaman latihan, maka akan terdapat soal-soal yang dapat dikerjakan oleh pengguna.



Gambar 7. Storyboard halaman profil pengembang

Jika pengguna membutuhkan informasi terkait pengembang aplikasi, maka pengguna dapat melihatnya pada bagian profil pengembang.

3. *Development* (Pengembangan)

Tahap untuk melakukan realisasi desain produk menjadi bentuk konkret yang siap diujicobakan dan dinilai kualitasnya.

4. *Implementation* (Implementasi)

Pada tahap ini dilakukan penerapan produk yang telah dibuat. Namun, sebelum diterapkan produk pada penelitian ini akan di uji validasi terlebih dahulu oleh validator yaitu 2 ahli media yakni dosen dari Prodi Pendidikan Teknologi

Informasi dan 2 ahli materi yakni guru dari salah satu sekolah berbasis keislaman di Banda Aceh. Kemudian yang menjadi subjek uji coba penerapan produk Adalah 29 siswa kelas VIII di sekolah tersebut. Tingkat persetujuan untuk setiap pernyataan akan diukur dengan menggunakan skala likert.

Tabel 1. Penilaian Skala Likert

Pilihan Jawaban	Skor
Sangat Tidak Setuju (STS)	1
Tidak Setuju (TS)	2
Netral (N)	3
Setuju (S)	4
Sangat Setuju (SS)	5

5. *Evaluation* (Evaluasi)

Tahap terakhir dilakukan dengan memperoleh umpan balik dari pengguna produk sebagai bahan penilaian atau pengukuran terhadap produk yang telah dikembangkan. Data diperoleh melalui penyebaran kuesioner yang terdiri atas sejumlah pertanyaan. Hasil dari jawaban yang diberikan oleh responden akan berguna untuk mendapatkan data yang terstruktur. Data tersebut akan dianalisis dengan menggunakan rumus persentase berikut:

$$P = \frac{f}{n} \times 100$$

Keterangan:

P = Persentase skor

f = Jumlah skor perolehan

n = Jumlah skor maksimal

Persentase yang diperoleh selanjutnya dikategorikan berdasarkan kriteria yang disajikan pada tabel berikut ini[18]:

Tabel 2. Kriteria Kelayakan Media

Persentase	Keterangan
0% - 20%	Sangat Tidak Layak
21% - 40%	Tidak Layak
41% - 60%	Cukup Layak
61% - 80%	Layak
81% - 100%	Sangat Layak

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan hasil yang diperoleh dari penelitian ini disajikan berdasarkan tahapan pengembangan yang telah dilaksanakan, yaitu:

1. *Analysis* (Analisis)

Analisis kebutuhan menunjukkan perlunya alat peraga yang dapat memvisualisasikan

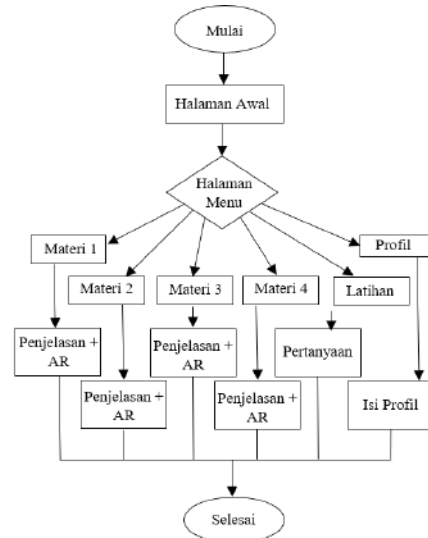
bangun ruang dan jaring-jaringnya secara interaktif. Pemilihan teknologi AR didasarkan pada kemampuannya untuk menampilkan objek secara nyata dan menarik, sehingga memudahkan siswa memahami konsep luas permukaan ketika difasilitasi penggunaannya oleh guru di kelas. Berikut data hasil analisis melalui wawancara yang telah dilakukan:

Tabel 3. Data Hasil Wawancara

No	Aspek Yang Ditanyakan	Hasil Wawancara	Implikasi Dalam Pengembangan Media
1	Kesulitan siswa dimateri luas permukaan pada bangun ruang	Siswa mengalami kesulitan memahami konsep luas permukaan karena sulit membayangkan bentuk 3D	Media dikembangkan dengan visualisasi objek 3D berbasis AR
2	Media yang digunakan guru	Guru masih menggunakan buku dan ruangan kelas sebagai acuan bentuk bangun ruang	Dibutuhkan media yang lebih interaktif
3	Kebutuhan media pembelajaran	Guru menyatakan perlunya media yang dapat menampilkan bentuk bangun ruang secara nyata	Aplikasi AR dirancang untuk menampilkan model 3D yang interaktif
4	Respon terhadap teknologi	Siswa lebih tertarik pada pembelajaran yang menggunakan teknologi digital	Media dirancang berbasis aplikasi mobile

2. *Design* (Desain)

Perancangan alat peraga dilakukan dengan mengacu pada hasil analisis kebutuhan. Materi yang disajikan mencakup empat bangun ruang, yaitu kubus, balok, prisma segitiga dan tabung. Setiap materi dilengkapi dengan tampilan model 3D, jaring-jaring interaktif, audio penjelasan, serta latihan soal. Desain antarmuka dibuat sederhana dan jelas, serta dengan navigasi yang mudah diakses. Alur aplikasi dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 8. Alur Aplikasi

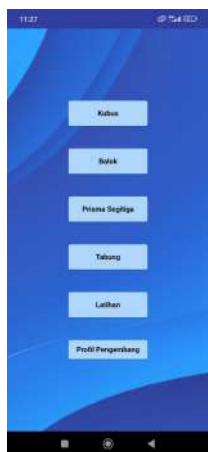
3. *Development* (Pengembangan)

Fitur AR dibuat menggunakan assembler edu. Kemudian diintegrasikan ke dalam aplikasi mobile yang dikembangkan dengan platform koderlar. Setelah aplikasi selesai, pada saat dibuka aplikasi akan menampilkan halaman awal.



Gambar 9. Halaman awal aplikasi

Setelah menekan tombol “mulai belajar”, pengguna diarahkan ke menu utama yang menampilkan daftar bangun ruang. Setiap tombol pada menu akan membawa pengguna ke halaman pembelajaran interaktif sesuai bentuk yang dipilih. Selain itu, terdapat menu latihan yang berisi soal-soal dan halaman profil pengembang yang berisi biodata pengembang aplikasi.



Gambar 10. Menu utama aplikasi



Gambar 12. Tampilan jaring-jaring kubus

Sebagai contoh, ketika memilih bangun ruang kubus, pengguna dapat membaca penjelasan tentang karakteristik kubus yang dilengkapi dengan fitur untuk melihat AR. AR pada aplikasi ini menggunakan metode marker based tracking. Proses pemindaian AR dilakukan dengan menekan tombol “lihat Augmented Reality (AR)” pada aplikasi yang kemudian secara otomatis mengarahkan pengguna ke google chrome untuk membuka platform assembler edu, di mana kamera perangkat digunakan untuk memindai marker yang telah disediakan.



Gambar 11. Tampilan AR kubus

Kubus pada gambar dapat di buka dan akan membentuk jaring-jaring kubus. Pada saat kubus sudah terbuka juga akan ada audio yang menjelaskan tentang konsep luas permukaan.

4. *Implementation* (Implementasi)

Berdasarkan proses validasi oleh para ahli, diperoleh hasil dengan rincian:

Tabel 4. Hasil Validasi Ahli Media

No	Pernyataan	Skor Penilaian				
		STS (1)	TS (2)	N (3)	S (4)	SS (5)
1	Tampilan desain media sudah menarik	-	-	1	-	1
2	Kombinasi warna desain media sudah bagus	-	-	1	-	1
3	Gambar bangun ruang 3D tampil dengan jelas dan tidak kabur	-	-	-	1	1
4	Bangun ruang 3D membantu memperjelas konsep pembelajaran	-	-	-	2	-
5	Font yang digunakan mudah untuk dibaca	-	-	-	1	1
6	Ukuran huruf sudah sesuai dan tidak menyulitkan pengguna	-	-	-	1	1
7	Setiap huruf tampil dengan jelas dan tidak membingungkan	-	-	-	1	1
8	Media sesuai untuk digunakan sebagai sarana pembelajaran interaktif	-	-	-	1	1
9	Media ini dapat membantu menyampaikan	-	-	-	1	1

	konsep pada materi dengan baik							
10	Media mudah dipahami dan digunakan oleh pengguna	-	-	-	2	-		
11	Navigasi dalam media berjalan lancar dan tidak membingungkan	-	-	1	1	-		
12	Media dapat dioperasikan tanpa menggunakan petunjuk khusus	-	-	2	-	-		
	Skor perolehan	-	-	5	11	8		
	Skor perolehan x skor penilaian	0	0	15	44	40		
	Jumlah skor perolehan			99				

Tabel di atas menunjukkan hasil penilaian dari 2 ahli media terhadap aspek desain tampilan aplikasi, kejelasan gambar 3D, keterbacaan huruf, kemudahan penggunaan, hingga kelancaran navigasi aplikasi. Perhitungan dilakukan dengan menghitung total skor setiap pernyataan dari kedua ahli media yang diperoleh dari kuesioner ahli media. Perhitungan total skor tersebut akan dituliskan pada kolom skor penilaian sesuai dengan tingkat persetujuannya. Lalu skor penilaian setiap persetujuan akan dijumlah untuk mendapatkan skor perolehan yang berguna untuk mendapatkan jumlah skor perolehan secara keseluruhan.

Hasil dari uji validasi ahli media terlihat bahwa pernyataan dengan skor tinggi terdapat pada aspek kejelasan gambar 3D dan keterbacaan huruf. Karena kedua validator memberikan penilaian setuju dan sangat setuju. Sementara itu, skor rendah terdapat pada aspek desain tampilan aplikasi, kemudahan penggunaan dan kelancaran navigasi aplikasi. Karena masih ada validator yang memberikan penilaian netral. Hal ini disebabkan oleh tampilan antarmuka aplikasi yang masih perlu disederhanakan agar lebih mudah digunakan oleh siswa. Dengan adanya masukan tersebut, peneliti kemudian melakukan beberapa perbaikan pada media yang dikembangkan yaitu menyederhanakan tampilan antarmuka aplikasi dan menyesuaikan tata letak tombol agar lebih mudah dioperasikan oleh pengguna.

Tabel 5. Hasil Validasi Ahli Materi

No	Pernyataan	Skor Penilaian				
		STS (1)	TS (2)	N (3)	S (4)	SS (5)

1	Materi dalam media pembelajaran sesuai dengan tujuan pembelajaran	-	-	-	1	1		
2	Isi materi mencakup seluruh konsep penting tentang luas permukaan bangun ruang	-	-	-	1	1		
3	Penyajian materi disusun secara sistematis dan logis	-	-	-	2	-		
4	Materi yang disajikan dapat membantu siswa mencapai tujuan pembelajaran	-	-	-	1	1		
5	Bahasa yang digunakan dalam media pembelajaran mudah dipahami	-	-	-	-	2		
6	Istilah matematika digunakan secara tepat dan tidak membingungkan	-	-	-	-	2		
7	Penjelasan materi memperjelas pemahaman siswa terhadap konsep luas permukaan pada bangun ruang	-	-	-	1	1		
8	Kalimat yang digunakan sesuai dengan Tingkat perkembangan siswa	-	-	-	1	1		
9	Tampilan desain media sudah menarik	-	-	-	-	2		
10	Gambar 3D yang ditampilkan jelas dan sesuai dengan bentuk bangun ruang	-	-	-	-	2		
11	Jenis dan ukuran huruf mudah dibaca	-	-	-	-	2		
12	Media dapat dioperasikan	-	-	-	2	-		
	Skor perolehan	-	-	-	9	15		
	Skor perolehan x skor penilaian	0	0	0	36	75		
	Jumlah skor perolehan				111			

Tabel di atas menunjukkan hasil penilaian dari 2 ahli materi terhadap aspek relevansi materi dengan tujuan pembelajaran, tingkat pemahaman terhadap isi materi, tampilan desain aplikasi, kejelasan objek 3D, keterbacaan teks, kemudahan penggunaan aplikasi dan ketepatan manfaat aplikasi. Perhitungan uji validasi ahli materi mengikuti langkah-langkah yang serupa seperti perhitungan uji validasi ahli media. Sehingga didapatkan hasil bahwa hampir semua aspek memperoleh nilai tinggi. Kedua validator memberikan penilaian setuju dan sangat setuju untuk semua aspek yang mencakup di dalam pernyataan. Hal ini menjadikan skor yang diperoleh relatif homogen. Kondisi ini menunjukkan bahwa secara umum validator menilai bahwa materi yang disajikan dalam aplikasi telah sesuai dengan konsep matematika serta kompetensi pembelajaran yang ditargetkan. Dengan demikian, isi materi dalam aplikasi dinilai sudah cukup lengkap, disajikan secara sistematis, mudah dipahami, dan sesuai dengan tingkat perkembangan siswa. Meskipun demikian, validator tetap memberikan beberapa saran perbaikan minor terkait penyajian materi agar alur penjelasan konsep menjadi lebih jelas bagi siswa.

Kemudian implementasi kepada siswa memperoleh hasil:

Tabel 6. Hasil Implementasi Aplikasi

No	Pernyataan	Skor Penilaian				
		STS (1)	TS (2)	N (3)	S (4)	SS (5)
1	Materi yang disajikan sudah jelas, sehingga mudah dipahami	-	-	-	8	21
2	Bahasa yang digunakan pada media sudah tepat	-	-	1	10	18
3	Media pembelajaran ini dapat membantu saya mempelajari konsep materi luas permukaan pada bangun ruang	-	-	-	15	14
4	Tulisan-tulisan yang terdapat pada media mudah untuk dibaca	-	-	-	8	21
5	Bangun ruang 3D yang disajikan mudah untuk dilihat	-	-	-	14	15

6	Bangun ruang 3D yang disajikan sesuai dengan materi yang sedang di bahas	-	-	-	8	21
7	Tampilan keseluruhan pada media ini sangat menarik dan layak untuk diterapkan dalam proses pembelajaran	-	-	-	4	25
8	Penggunaan media ini dapat meningkatkan motivasi belajar saya karena terdapat bangun ruang 3D yang interaktif	-	-	-	11	18
9	Belajar dengan menggunakan media ini terasa lebih menyenangkan	-	-	-	8	21
10	Penggunaan media ini tidak sulit, sehingga bisa digunakan dengan baik	-	-	-	3	26
Skor perolehan		-	-	1	89	200
Skor perolehan x skor penilaian		0	0	3	356	1000
Jumlah skor perolehan					1359	

Dari tabel di atas, terdapat aspek penilaian terhadap kejelasan penyampaian materi, penggunaan bahasa, pemahaman terhadap isi materi, tampilan keseluruhan desain, minat siswa terhadap aplikasi, ketepatan manfaat aplikasi dan kemudahan penggunaan aplikasi. Perhitungan hasil implementasi kepada siswa juga mengikuti langkah-langkah yang serupa seperti perhitungan uji validasi ahli media dan ahli materi. Kemudian, hasil yang didapatkan dari perhitungan implementasi kepada siswa didapatkan bahwa hampir semua aspek mendapatkan penilaian tinggi dengan kategori setuju dan sangat setuju. Kecuali pada pernyataan yang berhubungan dengan bahasa yang digunakan pada aplikasi, terdapat 1 siswa yang memberikan penilaian netral. Namun, dari keseluruhan hasil implementasi ini dapat dikatakan bahwa siswa merespons aplikasi ini dengan sangat positif.

5. *Evaluation* (Evaluasi)

Data yang diperoleh dari hasil uji validasi

dan implementasi selanjutnya dianalisis menggunakan rumus persentase seperti berikut:

- Analisis hasil uji validasi ahli media

$$P = \frac{99}{120} \times 100 = 82,5 \%$$

- Analisis hasil uji validasi ahli materi

$$P = \frac{111}{120} \times 100 = 92,5 \%$$

- Analisis hasil implementasi kepada siswa

$$P = \frac{1359}{1450} \times 100 = 93,7 \%$$

Berdasarkan hasil analisis dari para ahli. Rata-rata hasil penilaian uji validasi ahli media menunjukkan skor 82,5% yang termasuk kategori sangat layak. Kemudian rata-rata hasil penilaian uji validasi ahli materi menunjukkan skor 92,5%, termasuk dalam kategori sangat layak. Selain itu, hasil implementasi memperoleh skor 93,7% yang juga termasuk dalam kategori sangat layak. Skor tersebut menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis AR yang dikembangkan memiliki Tingkat penerimaan yang tinggi dari siswa ketika digunakan dalam pembelajaran. Dengan demikian, media yang dikembangkan dapat digunakan sebagai alat bantu visualisasi dalam pembelajaran matematika karena mampu mendukung siswa dalam memahami konsep bangun ruang melalui penyajian objek tiga dimensi secara interaktif.

V. KESIMPULAN

Pengembangan alat peraga pembelajaran matematika interaktif berbasis AR telah berhasil direalisasikan dalam bentuk aplikasi mobile. Hasil evaluasi menunjukkan konsistensi penilaian yang tinggi antara ahli media, ahli materi, dan siswa. Penilaian para ahli menegaskan bahwa aplikasi telah memenuhi standar kelayakan dari sisi teknis maupun substansi materi. Sementara itu, respon siswa yang sangat positif memperkuat bahwa aplikasi ini tidak hanya layak secara teoritis, tetapi juga efektif dan menarik dalam praktik pembelajaran di kelas.

Kecenderungan skor yang tinggi pada semua aspek menandakan keberhasilan integrasi teknologi AR dengan materi matematika, terutama dalam meningkatkan kemampuan visualisasi siswa

terhadap konsep luas permukaan bangun ruang. Tampilan desain yang sederhana namun informatif, disertai fitur jaring-jaring interaktif dan audio penjelasan, menjadi faktor kunci yang memudahkan siswa memahami materi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. S. Wita sinaga, Bung Heri Parhusip, Robin Tarigan, "Perkembangan Matematika Dalam Filsafat Dan Aliran Formalisme Yang Terkandung Dalam Filsafat Matematika," *Sepren*, vol. 2, no. 2, pp. 17–22, 2021, doi: 10.36655/sepren.v2i2.508.
- [2] S. Tuningsih and H. Widyastuti, "Pengalaman Guru Sekolah Dasar dalam Mengajar Geometri," *Elem. Sch. Educ. J. ESE J.*, vol. 1, no. 1, pp. 34–44, 2025.
- [3] A. Juliana, "Hambatan Didaktis Siswa SMP dalam Penyelesaian Masalah Geometri Berdasarkan Kemampuan Persepsi Ruang," vol. 11, no. 2, pp. 236–244, 2020.
- [4] Y. A. Mardiana, "Analisis Kesulitan Siswa Dalam Memahami Konsep Geometri Transformasi Pada Kelas VII Di SMP Negeri 2 Kuala Kabupaten Nagan Raya," vol. 10, no. 1, pp. 30–35, 2023.
- [5] P. Y. Fenti Amanda Putri, "Analisis Kemampuan Spasial Matematis Siswa Dalam Menyelesaikan Masalah Geometri Bangun Ruang," *MEGA J. Pendidik. Mat.*, vol. 5, no. 1, pp. 697–705, 2024, doi: 10.59098/mega.v5i1.1472.
- [6] I. Mustaqim, "Pemanfaatan Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran," *J. Pendidik. Teknol. dan Kejuru.*, vol. 13, no. 2, p. 174, 2016, doi: 10.1109/SIBIRCON.2010.5555154.
- [7] Wildan, S. Khaerawati, and M. Noval, "Aplikasi Pembelajaran Pedosfer Berbasis Augmented Reality," *J. JTik (Jurnal Teknol. Inf. dan Komunikasi)*, vol. 7, no. 2, pp. 280–285, 2023, doi: 10.35870/jtik.v7i2.757.
- [8] N. I. Hendra Nelva Saputra, Salim, "Augmented Reality Based Learning Media Development," *AL-ISHLAH J. Pendidik.*, vol. 12, no. 2, pp. 176–184, 2020, doi: 10.31004/edukatif.v5i6.5963.
- [9] W. A. Uno, "Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Augmented Reality untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep IPA," *J. Pendidik. dan Pembelajaran*, vol. 4, no. 1, pp. 28–33, 2024, doi: 10.35445/alishlah.v12i2.258.
- [10] V. R. Wibowo, K. Eka Putri, and B. Amirul Mukmin, "Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality pada Materi Penggolongan Hewan Kelas V Sekolah Dasar," *PTK J. Tindakan Kelas*, vol. 3, no. 1, pp. 58–69, 2022, doi: 10.53624/ptk.v3i1.119.

- [11] R. Thahir and R. Kamaruddin, “Pengaruh Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality (Ar) Terhadap Hasil Belajar Biologi Siswa Sma,” *J. Ris. dan Inov. Pembelajaran*, vol. 1, no. 2, pp. 24–35, 2021, doi: 10.51574/jrip.v1i2.26.
- [12] D. Siti Logayah, A. B. Salira, M. A. Rakhman, R. A. Darmawan, and F. N. Heryanto, “Enhancing Students Historical Thinking Based on Augmented Reality (AR) Media in Social Studies,” *Int. J. Soc. Learn.*, vol. 5, no. 2, pp. 442–459, 2025, doi: 10.47134/ijsl.v5i2.402.
- [13] A. Tomi Listiawan, “Pengembangan Media Pembelajaran Matematika Berbasis Augmented Reality (AR) Pada Materi Transformasi Geometri,” *JP2M (Jurnal Pendidik. dan Pembelajaran Mat.*, vol. 7, no. 1, pp. 43–52, 2021.
- [14] S. Zurni Mardian, Sarjon Defit, “Implementasi Augmented Reality Berbasis Android Sebagai Media Pembelajaran Matematika Dimensi Tiga,” *Jambura J. Informatics*, vol. 5, no. 1, pp. 30–44, 2023, doi: 10.29100/jp2m.v7i1.2099.
- [15] O. Okpatrioka, “Research And Development (R&D) Penelitian Yang Inovatif Dalam Pendidikan,” *Dharma Acariya Nusant. J. Pendidikan, Bhs. dan Budaya*, vol. 1, no. 1, pp. 86–100, 2023, doi: 10.47861/jdan.v1i1.154.
- [16] M. Waruwu, “Metode Penelitian dan Pengembangan (R&D): Konsep, Jenis, Tahapan dan Kelebihan,” *J. Ilm. Profesi Pendidik.*, vol. 9, no. 2, pp. 1220–1230, 2024, doi: 10.29303/jipp.v9i2.2141.
- [17] P. Rahayu, S. Marmoah, and T. Budiharto, “Analisis penerapan prinsip Mayer pada multimedia digital dalam pembelajaran matematika di kelas iv sekolah dasar,” vol. 12, no. 5, pp. 353–361, 2024.
- [18] R. Aziz, “Pengembangan Media Pembelajaran Maket 3D Geo grafi Pada Materi Lipatan dan Patahan Patahan, Pengembangan Media Pembelajaran Maket 3D Pada Materi Lipatan dan,” *Swara Bhumi e-Journal Pendidik. Geogr. FIS Unesa*, vol. Vol 5, no. 1, p. 2, 2019.