

MOBILE AUGMENTED REALITY SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN INTERAKTIF JARING-JARING KUBUS DAN BALOK

Olief Imandira Ratu Farisi¹⁾ dan Gulpi Qorik Oktagalu Pratamasunu²⁾

¹⁾Pendidikan Matematika Universitas Nurul Jadid
Karanganyar, Paiton-Probolinggo

²⁾Teknik Informatika Universitas Nurul Jadid
Karanganyar, Paiton-Probolinggo

e-mail: olief.ilmandira@gmail.com¹⁾, gulpi.qorik.com²⁾

ABSTRAK

Materi jaring-jaring bangun ruang pada pelajaran Matematika adalah materi yang tergolong sulit dipahami oleh peserta didik tanpa bantuan alat peraga. Alat peraga konvensional untuk membantu pembelajaran jaring-jaring bangun ruang biasanya terbuat dari kardus atau kertas yang dirakit sedemikian rupa sehingga dapat dibuka menjadi satu jenis jaring-jaring bangun ruang. Alat peraga jaring-jaring bangun ruang tersebut tergolong tidak efektif dan efisien jika digunakan dalam pembelajaran karena membutuhkan persiapan yang lama dan ruang yang besar. Pada penelitian ini diusulkan pemanfaatan mobile augmented reality sebagai media pembelajaran interaktif jaring-jaring kubus dan balok. Dengan media ini, semua kombinasi jaring-jaring kubus dan balok dapat disimulasikan dalam smartphone Android pengguna tanpa harus membutuhkan persiapan yang lama dan ruang yang besar. Media pembelajaran ini dikembangkan menggunakan aplikasi Unity dan Blender. Hasil uji coba pada ahli media, ahli materi, dan pengguna membuktikan bahwa media pembelajaran ini layak digunakan sebagai pengganti alat peraga konvensional dengan nilai rata-rata total validasi 3.91, 3.79, dan 3.80 untuk masing-masing validator.

Kata Kunci: aplikasi mobile, augmented reality, media pembelajaran, jaring-jaring.

ABSTRACT

The 3D shape subjects in Mathematics are the subject that is difficult to understand by students without instructional media. Conventional instructional media in learning nets of 3D shape are usually made of cardboard or paper that is assembled in such a way that it can be opened into one possibility of net. The instructional media is ineffective and inefficient because it wastes time and needs large space. In this study, we proposed the use of mobile augmented reality as an interactive learning media of cube's and cuboid's nets. By using this media, all possibilities of cube's and cuboid's nets can be simulated on Android smartphone without requiring long preparation and large space. This instructional media was developed by using the Unity and Blender application. The experimental result by media experts, subject experts, and users proved that it is feasible to be used as a substitute for conventional instructional media with a total validation value of 3.91, 3.79, and 3.80 respectively.

Keywords: mobile application, augmented reality, instructional media, net.

I. PENDAHULUAN

MATEMATIKA merupakan salah satu ilmu dasar yang harus dipelajari pada jenjang persekolahan. Perkembangan matematika di bidang teori bilangan, aljabar, analisis, teori peluang, dan matematika diskrit menjadi landasan perkembangan teknologi informasi saat ini. Matematika diberikan sejak sekolah dasar (SD) untuk membekali peserta didik dengan kemampuan berpikir logis, analisis, sistematis, kritis, dan kreatif, serta kemampuan bekerja sama.

Materi matematika yang harus dipelajari pada jenjang SD salah satunya adalah jaring-jaring kubus dan balok. Jaring-jaring adalah pola suatu bangun ruang sehingga bila sisi-sisinya disambungkan akan membentuk

bangun ruang tersebut [1]. Pada materi ini, peserta didik dituntut untuk secara intuitif membayangkan jaring-jaring suatu bangun ruang atau membuktikan bahwa suatu jaring-jaring dikatakan sebagai jaring-jaring bangun ruang.

Untuk membantu peserta didik dalam memahami materi jaring-jaring bangun ruang, pendidik menyiapkan alat peraga. Alat peraga memudahkan dalam memvisualisasikan jaring-jaring bangun ruang. Selain itu, adanya alat peraga dapat meningkatkan minat belajar matematika peserta didik. Namun, penggunaan alat peraga dirasa kurang praktis dan

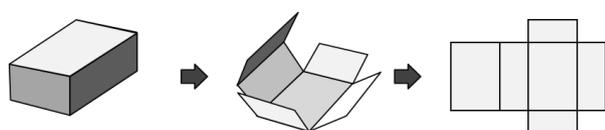
efisien, karena pendidik harus mempersiapkan berbagai alat, bahan, dan lain sebagainya. Untuk menyiapkan alat peraga yang mencakup semua kemungkinan dari jaring-jaring suatu bangun ruang akan memakan waktu yang lama. Oleh karena itu, diperlukan media alternatif lain yang dapat membantu peserta didik memahami jaring-jaring bangun ruang dan tidak membebani pendidik.

Beberapa telah mengembangkan berbagai jenis pembelajaran menggunakan berbagai media. Nur'Aini menggunakan GeoGebra [2], Masykur menggunakan Flash [3], Nugroho memanfaatkan blog [4], dan Rusnandi menggunakan teknologi *augmented reality* [5].

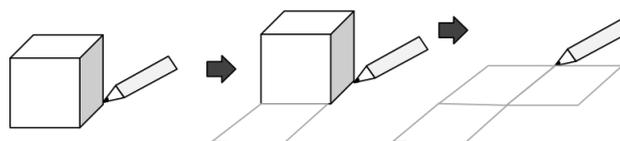
Supaat mengembangkan suatu paket program simulasi interaktif berbantuan komputer pada materi Bangun Ruang Kubus dan Balok untuk kelas IV SD [6]. Dengan program ini, siswa dapat mempelajari jaring-jaring kubus dan balok dengan mudah tanpa harus membayangkan dan guru dapat menciptakan pembelajaran matematika yang efisien. Namun, penggunaan aplikasi berbasis komputer saat ini kurang efektif karena membutuhkan ruang yang cukup besar seperti laboratorium.

Pada penelitian ini, peneliti mengusulkan teknologi *augmented reality* sebagai pengganti alat peraga konvensional dalam mempelajari jaring-jaring bangun ruang. Teknologi ini menambahkan objek tiga dimensi pada objek nyata yang ditangkap oleh kamera secara langsung. Dengan *augmented reality*, bangun ruang yang digambarkan secara dua dimensi, akan menjadi objek tiga dimensi. Hal ini memudahkan siswa untuk membayangkan suatu bangun ruang yang akan dicari jaring-jaringnya. Penelitian yang dilakukan oleh Larsen, dkk [7] dan Owen, dkk [8] telah membuktikan bahwa *augmented reality* dapat menumbuhkan minat belajar anak-anak untuk belajar ilmu sains.

Media simulasi interaktif berbasis *mobile augmented reality* dapat digunakan sebagai media pengganti alat peraga untuk membantu siswa memahami jaring-jaring kubus dan balok. Untuk mencari jaring-jaring kubus dan balok, objek tiga dimensi hasil dari *augmented reality* dapat disimulasikan secara langsung dengan membuka sisi-sisinya. Dengan cara ini, peserta didik dapat mencoba dan mendapatkan semua kemungkinan jaring-jaring dari suatu bangun ruang. Simulasi ini lebih interaktif dan menyenangkan karena peserta didik tidak hanya melihat dan mendengarkan penjelasan pendidik mengenai alat peraga melainkan terlibat secara aktif dan langsung.



Gambar. 1. Proses menemukan jaring-jaring dengan membuka sisi



Gambar. 2. Proses menemukan jaring-jaring dengan menjiplak

II. STUDI LITERATUR

A. Jaring-jaring Kubus dan Balok

Jaring-jaring adalah pembelahan suatu bangun yang berkaitan sehingga jika digabungkan akan menjadi suatu bangun ruang tertentu. Jaring-jaring dapat memperlihatkan bermacam-macam benda atau bangun ruang. Sebagai contoh, suatu kotak yang berbentuk kubus atau balok. Kotak tersebut memiliki rusuk-rusuk. Rusuk-rusuk tersebut merupakan bagian dari jaring-jaring kotak.

Terdapat dua acara untuk mencari jaring-jaring kubus dan balok. Cara pertama yaitu dengan membuka bangun kubus atau balok tersebut. Dengan cara ini, kubus dan balok dibuang perekatnya dan dibuka sesuai dengan lipatnya. Proses menemukan jaring-jaring kubus atau balok dengan cara membuka ditunjukkan oleh Gambar 1.

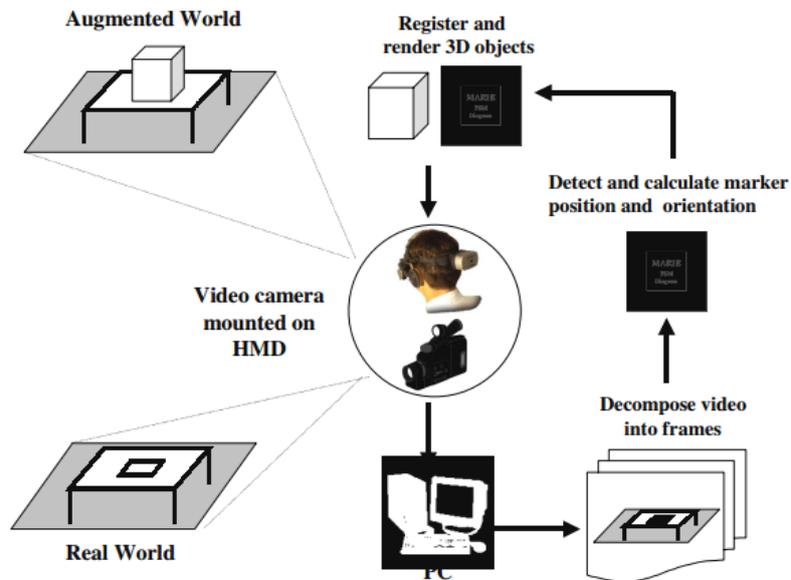
Cara yang kedua dengan menjiplak bentuk sisi dari kubus atau balok tersebut. Buat garis pada tepi sisi-sisi balok dan kubus (menjiplak sisi-sisi). Model balok dan kubus diletakkan di atas kertas, kemudian model digulingkan hingga semua sisi terjiplak seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Terdapat banyak kemungkinan jaring-jaring kubus atau jaring-jaring balok yang bisa dibuat. Kubus memiliki sebelas kemungkinan jaring-jaring yang dapat dibentuk. Sedangkan balok memiliki lima puluh empat kemungkinan jaring-jaring yang terbentuk.

B. Augmented Reality

Augmented reality adalah suatu teknologi yang dapat mengubah lingkungan sekitar pengguna menjadi antarmuka digital yang tidak bisa dilihat dan dirasakan oleh orang lain dengan menempatkan objek virtual di dunia nyata secara *real-time* baik itu gambar, animasi, suara, dan bau [9]. Dengan kemampuan untuk menambahkan objek virtual kedalam dunia nyata, membuka peluang yang tidak terbatas untuk pemanfaatan teknologi *augmented reality* ini. Perkembangan teknologi ini sangat pesat dengan pertumbuhan pasar yang semakin besar mendorong para peneliti untuk terus mengembangkan teknologi ini.

Perangkat keras minimal yang dibutuhkan untuk mengimplementasikan teknologi *augmented reality* ini adalah kamera, *display*, dan *processor*. Kamera bertugas untuk menangkap dunia nyata yang kemudian akan diproses oleh *processor*. *Processor*



Gambar. 3. Prosedur umum algoritma *augmented reality*

bertugas untuk menambahkan objek virtual ke dalam video dunia nyata yang telah ditangkap oleh kamera. Hasil dari tahap sebelumnya kemudian ditampilkan melalui *display*.

Kunci keberhasilan teknologi *augmented reality* adalah seberapa realistis objek virtual yang ditambahkan menyatu dengan lingkungan nyata. Hal ini harus didukung dengan algoritma pengolahan citra digital yang baik. Perangkat lunak harus dapat menghitung posisi koordinat dunia nyata sehingga dapat menentukan koordinat yang tepat untuk menambahkan objek virtual yang telah disiapkan. Beberapa algoritma yang bisa digunakan adalah metode *image registration* dan *pattern matching* yang telah diteliti oleh Azuma [10].

Secara umum algoritma untuk menambahkan objek virtual pada teknologi *augmented reality* diawali dengan deteksi *interest point* pada citra yang ditangkap oleh kamera, yang biasa disebut *marker*. Dari *interest point* tersebut didapatkan koordinat yang akan digunakan untuk mengatur posisi dan rotasi saat penambahan objek virtual. Proses ini ditunjukkan pada Gambar 3 [11].

Pemilihan *marker* yang digunakan harus



Gambar. 4. Contoh *marker* yang baik

memenuhi beberapa syarat tertentu sehingga *marker* tersebut dapat dilacak dengan akurasi yang tinggi. Beberapa syarat tertentu yang mempengaruhi tingkat akurasi pelacakan *marker* adalah sebagai berikut:

1. *Marker* dengan detail lebih banyak dan terperinci memiliki tingkat akurasi lebih bagus
2. *Marker* dengan gambar yang berulang (gambar yang sama, garis kotak-kotak, dsb) menyusahkan *marker* untuk dideteksi
3. *Marker* dengan detail dari berbagai macam skala (kecil ke besar) lebih mudah untuk dideteksi
4. Distribusi detail pada *marker* yang merata lebih mudah dideteksi
5. *Marker* dengan kontras yang tinggi lebih mudah untuk dideteksi

III. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian dan pengembangan atau Research and Development, meliputi lima tahapan yaitu Tahap Analisis, Tahap Perancangan, Tahap Implementasi, Tahap Pengujian, dan Tahap Penilaian. Lima tahapan tersebut diuraikan sebagai berikut.

A. Tahap Analisis

Tahap awal pada penelitian ini adalah tahap analisis kebutuhan dengan mengumpulkan data kebutuhan pengguna. Pengumpulan data dilakukan dengan wawancara dan observasi mengenai pembelajaran jaring-jaring kubus dan balok di sekolah.

B. Tahap Perancangan

Perancangan sistem yang dimaksud adalah perancangan aplikasi simulasi interaktif pembelajaran jaring-jaring kubus dan balok menggunakan teknologi *augmented reality*. Perancangan sistem ini meliputi tiga aspek penting yaitu (1) pembuatan objek 3D jaring-

jaring kubus dan balok (2) perancangan antar muka sistem dan (3) perancangan alur program berbasis augmented reality.

Pembuatan objek 3D jaring-jaring kubus dan balok dilakukan setelah melakukan pengumpulan data tentang bentuk dan macam-macam jaring-jaring kubus dan balok. Tahap ini dilakukan menggunakan perangkat lunak Blender. Hasil objek 3D kemudian diubah ke dalam objek yang siap diimplementasikan kedalam perangkat lunak Unity.

Perancangan antar muka sistem dilakukan berdasarkan kebutuhan aplikasi pembelajaran berbasis *augmented reality* yang diterjemahkan ke dalam menu yang mendukung terjadinya proses *input*, proses, dan *output*. Sedangkan perancangan alur program dilakukan untuk merancang alur penambahan objek 3D yang telah dibuat sebelumnya ke dalam aplikasi beserta informasi-informasi lain yang dapat membantu proses belajar peserta didik tentang jaring-jaring kubus dan balok. Pada tahap ini juga dirancang alur program simulasi interaktif dari aplikasi berbasis *augmented reality* ini.

C. Tahap Implementasi

Hasil perancangan sistem pada tahap sebelumnya kemudian selanjutnya diimplementasikan kedalam perangkat lunak Unity. Hal ini dilakukan dengan menggabungkan hasil dari ketiga tahap dalam perancangan sistem yaitu, objek 3D dari jaring-jaring kubus dan balok, antar muka sistem, dan alur program simulasi interaktif pembelajaran berbasis *augmented reality*.

D. Tahap Pengujian

Proses pengujian sistem akan dilakukan oleh peserta didik, pendidik, dan para ahli media. Proses ini bertujuan untuk mengetahui kesalahan baik dalam penyajian materi atau kesalahan lain yang dapat mengganggu proses belajar jaring-jaring kubus dan balok berbasis *augmented reality*. Jika terdapat kesalahan pada sistem maka akan dilakukan perbaikan lebih lanjut.

E. Tahap Penilaian

Rancangan instrumen pengujian pada penelitian ini menggunakan tingkat kualitas media pembelajaran. Berdasarkan uraian tingkat kualitas program, dapat dirangkum suatu kriteria yang dapat dijadikan pedoman untuk validator dalam menilai kelayakan aplikasi simulasi interaktif pembelajaran jaring-jaring bangun ruang menggunakan teknologi *mobile augmented reality*. Masing-masing validator menilai aspek yang berbeda-beda. Aspek yang dinilai oleh Ahli Materi meliputi aspek isi dan bahasa, oleh Ahli Media meliputi aspek keterpaduan, animasi, bentuk, dan warna, sedangkan oleh Pengguna meliputi aspek desain dan fungsi. Instrumen yang digunakan dalam pengumpulan data berupa angket yang diberikan kepada validator dengan pemberian skor.

Data hasil angket diolah dengan menentukan rata-rata. Tahapan dari analisis skor validasi dapat diuraikan sebagai berikut.

- (1) Menentukan rata-rata skor dari beberapa validator untuk tiap kriteria.

Rumus yang digunakan adalah $K_i = \frac{\sum s_i}{n_v}$ dengan

K_i = rata-rata skor kriteria ke-*i*.

$\sum s_i$ = jumlah skor yang diberikan validator untuk kriteria ke-*i*.

n_v = banyaknya validator.

- (2) Menentukan rata-rata untuk tiap aspek.

Rumus yang digunakan adalah $A_j = \frac{\sum K_{ij}}{n_j}$ dengan

A_j = rata-rata aspek ke-*j*.

$\sum K_{ij}$ = jumlah rata-rata kriteria ke-*i* aspek ke-*j*.

n_j = banyaknya kriteria dari aspek ke-*j*.

- (3) Menentukan rata-rata total validasi semua aspek.

Rumus yang digunakan adalah $RTV = \frac{\sum A_j}{n_a}$,

dengan

RTV = rata-rata total validasi.

$\sum A_j$ = jumlah rata-rata aspek ke-*j*.

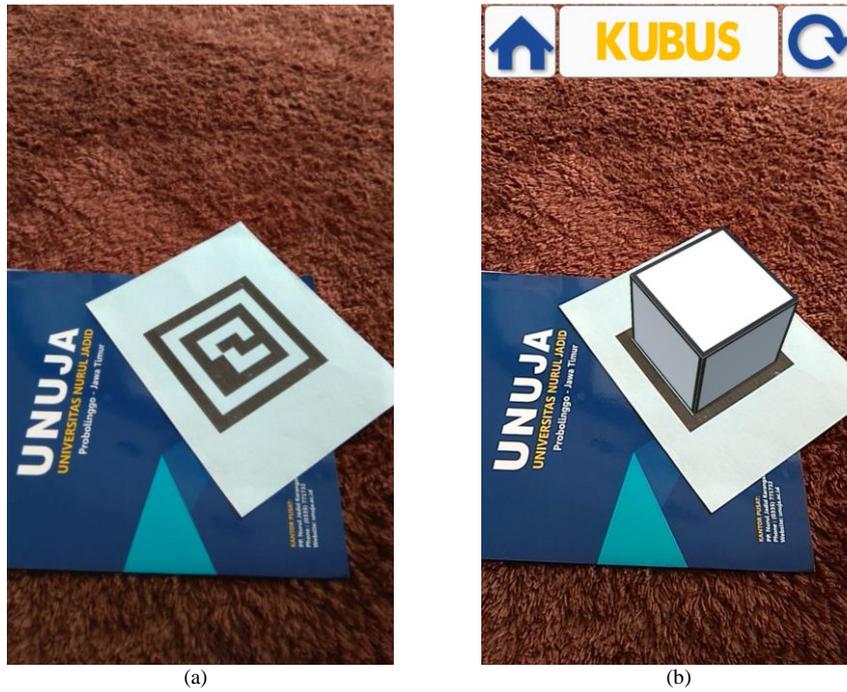
n_a = banyaknya aspek.

- (4) Menyatakan rata-rata total validasi dengan kriteria validasi pada Tabel 1 berikut.

TABEL 1
KRITERIA VALIDASI

Nilai	Kriteria Validasi
$3 \leq RTV \leq 4$	Valid
$2 \leq RTV < 3$	Cukup valid
$RTV < 2$	Tidak valid

Berdasarkan Tabel 1, apabila rata-rata total validasi program mencapai skor lebih dari atau sama dengan 2, maka aplikasi simulasi interaktif pembelajaran jaring-jaring bangun ruang menggunakan teknologi *mobile augmented reality* dinyatakan cukup valid atau valid dan dapat dimanfaatkan dalam kegiatan belajar siswa di sekolah ataupun individu. Sebaliknya, jika rata-rata total validasi program kurang dari 2, maka program tersebut belum dapat dimanfaatkan dalam kegiatan belajar siswa di sekolah ataupun individu dan perlu



Gambar 5. Aplikasi *augmented reality* jaring-jaring kubus dan balok. (a) Gambar asli; (b) Hasil *augmented reality*

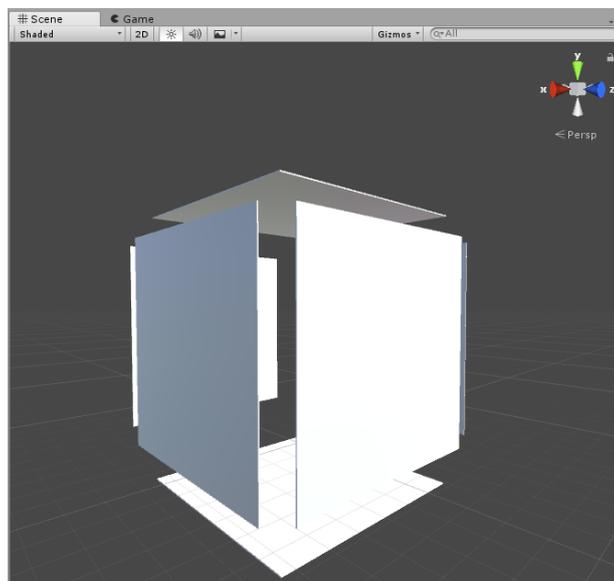
dilakukan penyempurnaan atau revisi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengembangan aplikasi mobile *augmented reality* ini, digunakan komputer dengan spesifikasi Processor Intel(R) Core(TM) i7 CPU 2.20 GHz dan 4.00 GB RAM. Untuk perangkat lunak yang digunakan adalah Unity untuk mengembangkan aplikasi berteknologi *augmented reality* dan Blender untuk desain objek 3D jaring-jaring kubus dan balok.

Hasil penelitian ini adalah aplikasi *augmented reality* jaring-jaring kubus dan balok yang interaktif dan

berjalan pada *platform smartphone* dengan sistem operasi minimal Android 4.0.3. Aplikasi ini memanfaatkan kamera pada *smartphone* pengguna untuk menangkap *marker* yang sebelumnya telah dicetak dan menggunakan informasi lokasi *marker* tersebut untuk menambahkan objek 3D (kubus atau balok, sesuai dengan jenis *markernya*) ke dalam aplikasi dan menganimasikannya secara *real-time*. Gambar 5 menggambarkan perbedaan gambar yang diambil oleh kamera sebelum dan sesudah ditambahkan objek 3D menggunakan teknologi *augmented reality*.



Gambar 6. Objek 3D terpisah yang membentuk kubus



Gambar 7. Tampilan menu utama

Aplikasi ini dapat mensimulasikan jaring-jaring kubus dan balok layaknya alat peraga jaring-jaring kubus dan balok yang dibuat menggunakan kertas atau kardus. Kekurangan alat peraga tersebut adalah hanya bisa mensimulasikan satu jenis jaring-jaring saja. Pada pengembangan aplikasi ini, setiap sisi merupakan objek 3D yang terpisah dan dianimasikan secara terpisah menggunakan *library DOTween* pada aplikasi Unity, sehingga aplikasi ini dapat mensimulasikan semua

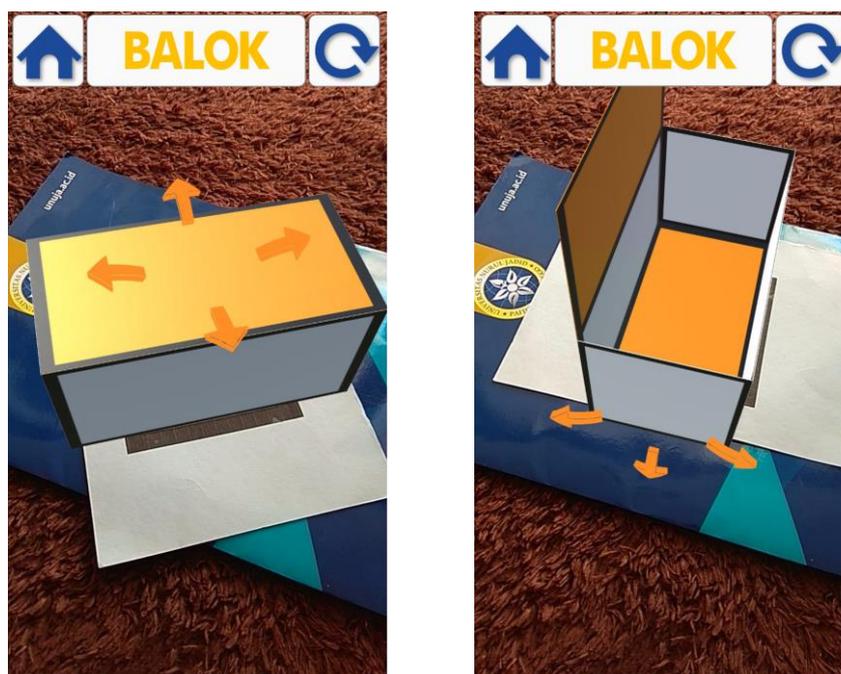
kemungkinan jaring-jaring yang mungkin dibentuk dari bangun kubus dan balok. Gambar 6 menggambarkan objek 3D terpisah yang membentuk kubus.

Tampilan menu utama ditunjukkan pada Gambar 7. Pada menu utama terdapat tiga pilihan, yaitu Main, Cetak, dan Petunjuk. Tombol Main untuk memulai *augmented reality*, tombol Cetak untuk mencetak *marker*, dan tombol Petunjuk untuk menampilkan petunjuk penggunaan dari aplikasi ini.

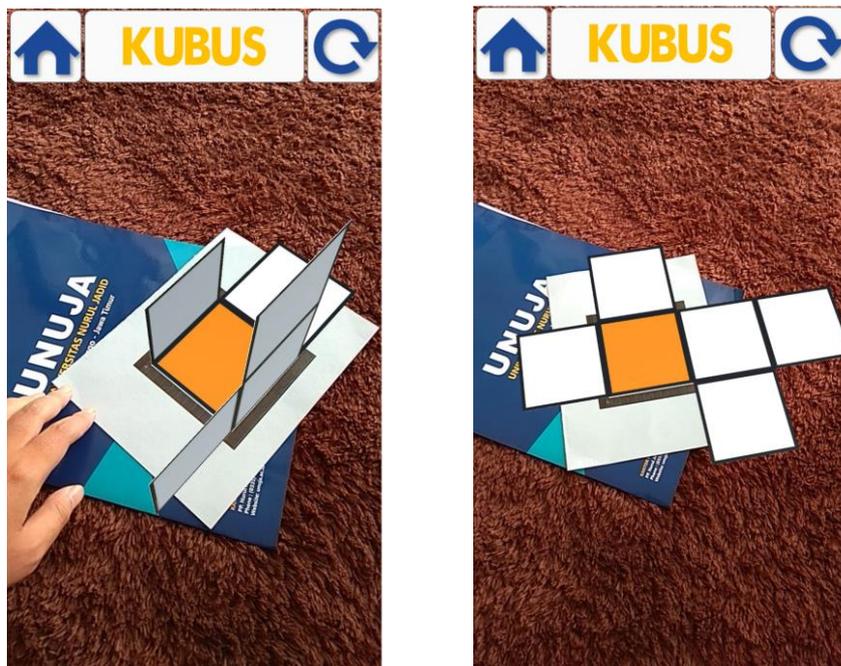
Penggunaan aplikasi ini telah disesuaikan dengan kebutuhan pengguna dengan melewati beberapa tahap uji prototipe pada siswa yang sedang mempelajari jaring-jaring bangun ruang. Ketika suatu sisi bangun ruang disentuh, akan muncul empat arah panah yang menunjukkan ke arah mana saja sisi tersebut dapat dibuka. Jika suatu sisi telah terbuka, maka arah panah untuk membuka ke sisi tersebut akan dihilangkan. Hal ini dilakukan untuk menjaga agar simulasi jaring-jaring kubus dan balok sesuai dengan alat peraga yang sesungguhnya. Gambar 8 menunjukkan arah panah untuk membuka sisi dan jaring-jaring yang telah terbuka.

Gambar 9 menunjukkan tampilan halaman *augmented reality*. Pada halaman ini terdapat keterangan bangun, tombol Home, dan Restart. Keterangan bangun menampilkan nama bangun yang terdeteksi. Tombol Home untuk kembali pada menu utama dan tombol Restart untuk memulai kembali percobaan jaring-jaring.

Pengujian dilakukan kepada tiga validator, yaitu satu ahli media, satu ahli materi, dan 20 pengguna. Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian dari ahli media. Ahli media menilai dari tiga aspek, meliputi keterpaduan,



(a) (b)
Gambar 8. Arah panah untuk memilih sisi yang dibuka



Gambar 9. Hasil jaring-jaring

animasi, dan tulisan dan warna. Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan, didapat $RTV = 3.91$. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa aplikasi ini layak untuk digunakan.

Ahli materi menilai aplikasi dari aspek isi dan bahasa. Aspek isi menunjukkan kesesuaian aplikasi dengan materi jaring-jaring kubus dan balok. Hasil pengujian dari ahli materi ditunjukkan pada Tabel 3. Berdasarkan analisis data, didapat RTV untuk ahli materi sebesar 3.79. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi ini dapat membantu siswa dalam memahami materi jaring-jaring kubus dan balok. Sehingga, aplikasi layak digunakan.

Validator pengguna pada aplikasi ini merupakan 20

siswa yang terdiri dari siswa Sekolah Dasar kelas 5 dan 6. Pengguna menilai dari aspek desain dan fungsi aplikasi. Rata-rata total validasi dari pengguna adalah sebesar 3.80. Hal ini menunjukkan bahwa antusiasme siswa cukup besar dalam mempelajari jaring-jaring kubus dan balok menggunakan teknologi *augmented reality*.

Hasil pengujian dan penilaian dari ketiga validator, yaitu ahli media, ahli materi, dan pengguna menunjukkan bahwa aplikasi ini layak untuk digunakan dalam pembelajaran jaring-jaring kubus dan balok.

TABEL 2
ANALISIS DATA HASIL VALIDASI AHLI MEDIA

Aspek	Kriteria	$\sum s_i$	K_i	A_j	RTV
Keterpaduan	1. Kesesuaian urutan antarhalaman	4	4	3.75	3.91
	2. Kesesuaian petunjuk penggunaan	3	3		
	3. Kesesuaian ukuran animasi, gambar, dan tulisan tiap halaman	4	4		
	4. Kesesuaian tata letak animasi, gambar, dan tulisan tiap halaman	4	4		
Animasi	1. Kemenarikan animasi dan gambar	4	4	4.00	
	2. Kemudahan animasi untuk dimengerti	4	4		
	3. Kesesuaian penggunaan animasi dengan karakteristik siswa	4	4		
Tulisan dan Warna	1. Kemudahan tulisan untuk dibaca	4	4	4.00	
	2. Kemudahan kalimat yang digunakan	4	4		
	3. Kesesuaian warna yang digunakan	4	4		

TABEL 3
ANALISIS DATA HASIL VALIDASI AHLI MATERI

Aspek	Kriteria	$\sum s_i$	K_i	A_j	RTV
Isi	1. Kesesuaian media dengan materi jaring-jaring kubus dan balok	4	4	3.83	3.79
	2. Kejelasan materi yang disampaikan	4	4		
	3. Kejelasan petunjuk penggunaan	3	3		
	4. Kecerahan warna, tulisan, dan gambar pada media	4	4		
	5. Kesesuaian animasi yang ditampilkan dengan materi jaring-jaring kubus dan balok	4	4		
	6. Kejelasan animasi dalam menyampaikan materi jaring-jaring kubus dan balok.	4	4		
Bahasa	1. Kemudahan bahasa untuk dipahami	3	3	3.75	
	2. Keefektifan kalimat	4	4		
	3. Kelengkapan kalimat/informasi yang dibutuhkan	4	4		
	4. Ketepatan penggunaan grammar	4	4		

TABEL 4
ANALISIS DATA HASIL VALIDASI PENGGUNA

Aspek	Kriteria	$\sum s_i$	K_i	A_j	RTV
Desain	1. Kejelasan petunjuk penggunaan	70	3.50	3.67	3.80
	2. Kecerahan warna, tulisan, dan gambar pada program komputer	72	3.60		
	3. Kemenarikan animasi, gambar, dan tulisan	78	3.90		
	4. Kejelasan kalimat yang digunakan	75	3.75		
	5. Kemudahan dalam pengoperasian program	72	3.60		
Fungsi	1. Kemampuan media dalam memotivasi saya dalam belajar jaring-jaring kubus dan balok	78	3.90	3.93	
	2. Kemampuan media dalam membantu saya memahami materi jaring-jaring kubus dan balok	78	3.90		
	3. Kemampuan media dalam membantu saya dalam mendapatkan jaring-jaring kubus dan balok.	80	4.00		

Dengan aplikasi ini, guru tidak perlu menghabiskan waktu untuk menyiapkan alat peraga. Sehingga, tugas guru hanya mendampingi siswa. Selain itu, siswa lebih termotivasi dalam mempelajari matematika, khususnya jaring-jaring kubus dan balok.

V. KESIMPULAN

Matematika merupakan salah satu mata pelajaran yang wajib dikuasai sejak dini. Salah satu materi matematika yang dipelajari saat sekolah dasar adalah jaring-jaring kubus dan balok. Namun, siswa mengalami kesulitan dalam membayangkan sehingga menyulitkan dalam mencaari jaring-jaring kubus dan balok. Dengan aplikasi *mobile augmented reality* ini, siswa dapat secara mandiri menemukan semua kemungkinan jaring-jaring kubus dan balok. Hasil pengujian yang telah dilakukan kepada tiga validator, meliputi ahli media, ahli materi, dan pengguna, menunjukkan bahwa aplikasi ini layak digunakan sebagai media pembelajaran untuk membantu guru dan siswa dalam proses belajar mengajar jaring-jaring kubus dan balok.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Harta, Idris. 2011. Pedoman Pembelajaran Geometrid dan Pengukuran Berbasis Kegiatan di Sekolah Dasar. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- [2] Nur'aini, I.L, dkk. 2017. Pembelajaran Matematika Geometri Secara Realistis dengan GeoGebra. Jurnal Teori dan Terapan Matematika, Vol. 16 No. 2.
- [3] Masykur, R., Nofrizal, Syazali, M.. 2017. Pengembangan Media Pembelajaran Matematika dengan Macromedia Flash. Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika, Vol. 8, No. 2.
- [4] Nugroho, A.A, dkk. 2017. Pengembangan Blog Sebagai Media Pembelajaran Matematika. Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika, Vol. 8, No. 2.
- [5] Rusnandi, E., Sujadi, H., and Fauzyah, E.F.N. 2015. Implementasi Augmented Reality (AR) pada Pengembangan Media Pembelajaran Pemodelan Bangun Ruang 3D untuk Siswa Sekolah Dasar. Infotech Journal, Vol. 1. No. 2.
- [6] Supaat. 2008. Pengembangan Simulasi Interaktif Berbantuan Komputer pada Materi Bangun Ruang Kubus dan Balok untuk Kelas IV SD. Skripsi Pendidikan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang.

- [7] Larsen, Yelva C., Buchholz, Hagen, dan Brosda, Constantin. 2011. Evaluation of A Portable and Interactive Augmented Reality Learning System by Teachers and Students. Augmented Reality in Education. EDEN – 2011 Open Classroom Conference.
- [8] Owen, Martin, Owen, Sue, Barajas, Mario, dan Trifonova, Anna. 2011. Pedagogic Issues and Questions from the Science Centre to Go, Augmented Reality, Project Implementation. Augmented Reality in Education, EDEN - 2011 Open Classroom Conference.
- [9] Merel, Tim. 2016. The Reality of AR/VR Competition. techcrunch.com/2016/10/21/the-reality-of-arvr-competition/, diakses tanggal 6 Juni 2017.
- [10] Azuma, Ronald, et al. 2001. Recent Advances in Augmented Reality. Computers & Graphics.
- [11] Liarokapis, Fotis. 2002. Multimedia Augmented Reality Interface for E-learning (MARIE). World Transactions on Engineering and Technology Education, Vol. 1. No. 2.