

PEMBELAJARAN BANGUN RUANG *AUGMENTED REALITY* DENGAN *METODE MARKER BASED TRACKING* BERBASIS *ANDROID*

M. Irwan Ukkas¹⁾, Reza Andrea²⁾, Dharma Deny³⁾

^{1,2,3}Teknik Informatika, STMIK Widya Cipta Dharma

^{1,2,3}Jl. M. Yamin No.25, Samarinda, 75123

E-mail : irwan212@yahoo.com¹⁾, reza@bibirdesign.com²⁾, ciposdheny@gmail.com³⁾

ABSTRAK

Penelitian dilakukan untuk membangun pembelajaran bangun ruang *augmented reality* dengan metode *marker based tracking* berbasis *android* yang nantinya penelitian ini berhasil bisa membantu SMP Negeri 5 Samarinda dalam melakukan proses pembelajaran mata pelajaran matematika.

Penelitian dilakukan di SMP Negeri 5 Samarinda. Metode pengumpulan data yang digunakan yaitu dengan wawancara yang mengajukan pertanyaan-pertanyaan yang berkaitan tentang pembelajaran bangun ruang. Dengan cara observasi, yaitu mengadakan pengamatan secara langsung ke SMP Negeri 5 Samarinda. Metode pengembangan multimedia yang digunakan meliputi dari konsep, desain, pengumpulan data, pembuatan, pengujian dan distribusi.

Adapun hasil akhir dari penelitian ini yakni berupa pembelajaran bangun ruang *augmented reality* dengan metode *marker based tracking* berbasis *android* yang dapat menyajikan pembelajaran bangun ruang yang mudah dimengerti oleh *user*, yang dapat menjadi salah satu media alternatif atau alat peraga untuk pembelajaran mata pelajaran matematika untuk tingkat SMP.

Kata Kunci: *Android, Augmented Reality, Marker Based Tracking, Pembelajaran Bangun Ruang.*

1. PENDAHULUAN

Bangun ruang adalah salah satu pokok bahasan pada pelajaran matematika di tingkat Sekolah Menengah Pertama (SMP). Pada pembelajaran bangun ruang yang selama ini menggunakan media hanya berupa papan tulis sehingga bagian dalam dan belakang dari bagian tersebut tidak terlihat. Setiap jenis dari bangun ruang memiliki bentuk dan juga rumus luas dan volume masing-masing, sehingga banyak siswa yang tidak merasa tertarik untuk mempelajari bangun ruang karena merasa kesulitan dan tidak mengetahui secara pasti bagaimana bentuk dari masing-masing bangun ruang tersebut.

Untuk memenuhi tuntutan tersebut sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya dalam bidang pendidikan, penggunaan media pembelajaran menjadi semakin beragam dan interaktif, salah satunya yang sedang marak saat ini adalah dengan memanfaatkan teknologi *Augmented Reality* (AR).

Augmented Reality (AR) adalah bidang penelitian komputer yang menggabungkan data grafis 3D dengan dunia nyata atau dengan kata lain realita yang ditambahkan ke suatu media. Media ini dapat berupa kertas, sebuah *marker* atau penanda melalui perangkat-perangkat *input* tertentu.

Marker Based Tracking merupakan tipe *Augmented Reality* yang mengenali *marker* dan mengidentifikasi pola dari *marker* tersebut untuk menambahkan suatu objek *virtual* ke lingkungan nyata.

Android adalah sebuah sistem operasi yang berbasis *Linux* yang dirancang untuk perangkat *seluler* layar sentuh seperti telepon pintar dan komputer *tablet*.

Dengan adanya perpaduan teknologi modern yaitu visualisasi 3D yang diaplikasikan pula ke dalam *android* dalam hal ini peneliti menggunakan *Augmented Reality* dengan media bantu berupa buku berbasis *marker*, maka bangun ruang yang akan diajarkan guru kepada siswa akan terasa lebih menarik dan membuat siswa dapat memahami bentuk dan rumus-rumus dari bangun ruang tersebut serta keuntungan yang didapat siswa antara lain yaitu membuat siswa mampu belajar bangun ruang di mana saja karena *smartphone android* yang mudah dibawa ke mana saja.

2. RUANG LINGKUP PENELITIAN

Permasalahan difokuskan pada :

1. Bangun Ruang yang akan ditampilkan adalah pelajaran bangun ruang untuk tingkat SMP kelas VIII berupa bangun ruang sisi datar yang terdiri dari kubus, balok, limas, prisma dan kelas IX berupa bangun ruang sisi lengkung yang terdiri dari tabung, bola, kerucut.
2. Jenis ukuran buku *marker* yang digunakan ialah ukuran A5.
3. Isi buku *marker* berupa *marker* bangun ruang dan *marker* soal bangun ruang.
4. *Marker* bangun ruang berisi rangka atau bentuk bangun ruang serta rumus dari bangun ruang tersebut,

sedangkan *marker* soal bangun ruang berisi pertanyaan tentang luas permukaan dan volume masing-masing bangun ruang.

5. *Augmented Reality* (AR) ini dapat dijalankan dengan menggunakan *smartphone android* atau komputer *tablet* yang telah memiliki fasilitas kamera digital *internal* ataupun eksternal.
6. Metode yang digunakan adalah *Marker Based Tracking*.
7. Kemiripan objek 3D yang dibuat disesuaikan dengan *smartphone* atau komputer *tablet* yang digunakan.

3. BAHAN DAN METODE

Adapun bahan dan metode yang gunakan dalam membangun aplikasi ini yaitu:

3.1 *Augmented Reality*

Menurut Ronald T. Azuma (2014) mendefinisikan *Augmented reality* sebagai penggabungan benda-benda nyata dan maya di lingkungan nyata, berjalan secara interaktif dalam waktu nyata dan terdapat integrasi dan maya dimungkinkan dengan teknologi tampilan yang sesuai, interaktivitas dimungkinkan melalui perangkat-perangkat *input* tertentu, dan integrasi yang baik memerlukan penjelasan yang efektif. Sedangkan menurut Stephen Coward dan Mark Faila dalam bukunya yang berjudul *Augmented reality a partical guide*, mendefinisikan bahwa *Augmented reality* merupakan cara alami untuk mengeksplorasi objek 3D dan data, AR merupakan suatu konsep perpaduan antara *visual reality* dengan *world reality*. Sehingga objek-objek *virtual* 2 dimensi (2D) teknologi AR, pengguna dapat melihat dunia nyata yang ada di sekelilingnya dengan penambahan obyek *virtual* yang dihasilkan komputer. Dalam buku "*Hand Book of Augmented reality*", *Augmented reality* bertujuan menyederhanakan hidup pengguna dengan membawa informasi maya yang tidak hanya untuk lingkungan sekitar, tetapi juga untuk setiap melihat langsung lingkungan dunia nyata, seperti *livestreaming video*. AR meningkatkan pengguna persepsi dan interaksi dengan dunia nyata.

Menurut penjelasan Haller, Billinghamurst dan Thomas (2010), riset *Augmented Reality* bertujuan untuk mengembangkan teknologi yang memperbolehkan penggabungan secara *realtime* terhadap digital *content* yang dibuat oleh komputer dengan dunia nyata. *Augmented reality* memperbolehkan pengguna melihat objek maya dua dimensi atau tiga dimensi yang diproyeksi terhadap dunia nyata. (*Emerging Technologies of Augmented reality*).

3.2 *Marker*

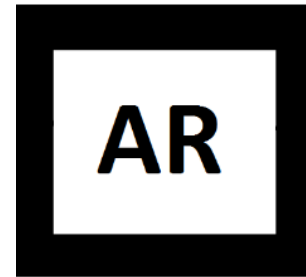
Marker merupakan sebuah gambar berpola khusus yang sudah dikenali oleh *Template Memory ARToolkit*. Dimana *marker* tersebut berfungsi untuk dibaca dan dikenali oleh kamera lalu dicocokkan dengan *template ARToolkit*. Setelah itu, baru kamera akan melakukan *render* objek 3D diatas *marker*.

Pada umumnya *Marker* yang bisa dikenali *ARToolkit* hanya *marker* dengan pola berbentuk kotak dengan bingkai hitam didalamnya. Akan tetapi seiring

berkembangnya zaman banyak pengembang *Augmented Reality* yang dapat membuat *marker* tanpa bingkai hitam.

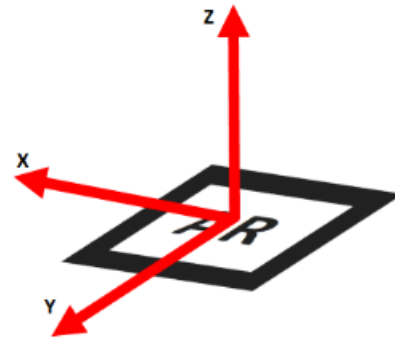
3.3 *Marker Based Tracking*

Menurut Chari (2008) *Marker Based Tracking* merupakan tipe *Augmented reality* yang mengenali *marker* dan mengidentifikasi pola dari *marker* tersebut untuk menambahkan suatu objek *virtual* ke lingkungan nyata. *Marker* merupakan ilustrasi persegi hitam dan putih dengan sisi hitam tebal, pola hitam ditengah persegi dan latar belakang putih. Contoh *marker* dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Contoh *Marker*

Titik koordinat *virtual* pada *marker* berfungsi untuk menentukan posisi dari objek *virtual* yang akan ditambahkan pada lingkungan nyata. Posisi dari objek *virtual* akan terletak tegak lurus dengan *marker*. Objek *virtual* akan berdiri segaris dengan sumbu Z serta tegak lurus terhadap sumbu X (kanan atau kiri) dan sumbu Y (depan atau belakang) dari koordinat *virtual marker*. Ilustrasi dari titik koordinat *virtual marker* dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Titik Koordinat *Virtual* pada *Marker*

3.4 *Android*

Menurut Safaat (2012), *Android* adalah sistem operasi berbasis *Linux* bagi telepon seluler seperti telepon pintar dan komputer *tablet*. *Android* juga menyediakan *platform* terbuka bagi para pengembang untuk menciptakan aplikasi mereka sendiri yang akan digunakan untuk berbagai macam piranti gerak. Awalnya, *Google Inc.* membeli *Android Inc.*, pendatang baru yang membuat piranti lunak untuk ponsel. kemudian dalam pengembangan *Android*, dibentuklah *Open Handset Alliance*, konsorsium dari 34 perusahaan piranti keras, piranti lunak, dan telekomunikasi, termasuk *Google*, *HTC*, *Intel*, *Motorola*, *Qualcomm*, *T-Mobile*, dan *Nvidia*.

3.5 Blender

Blender adalah salah satu *software open source* yang digunakan untuk membuat konten multimedia khususnya 3Dimensi. *Blender* memiliki berbagai fungsi antara lain :

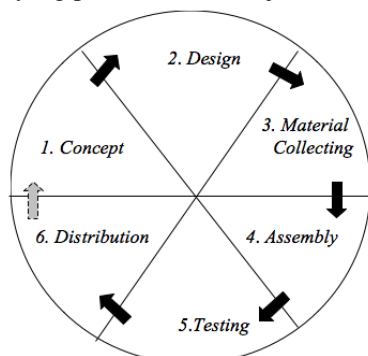
1. Aplikasi pemodelan tiga dimensi yang dapat membuat sebuah karakter untuk film.
2. Sebuah alat yang kuat untuk pewarnaan permukaan model.
3. Sebuah fasilitas dalam *rigging* dan animasi yang sangat kuat. Model tiga dimensi yang dibuat dapat dirancang untuk bergerak dan beraksi sedemikian rupa.
4. Mesin *rendering* sendiri dan dapat dianggap layaknya studio pencahayaan yang lengkap untuk sebuah film.
5. Tidak seperti paket aplikasi 3D lainnya, *Blender* memiliki *compositing module* sendiri, sehingga hasil *live shoot* bisa langsung di masukkan dan diintegrasikan dengan model tiga dimensi. *Blender* juga memiliki editor pengurutan *video* yang unik, sehingga memungkinkan untuk memotong dan mengedit *video* tanpa harus bergantung pada aplikasi pihak ketiga tambahan untuk tahap editing akhir produksi.
6. Selain semua itu, *Blender* juga memiliki fasilitas *Game Engine*.

3.6 Unity 3D

Unity 3D adalah sebuah *game engine* yang berbasis *cross-platform*. *Unity* dapat digunakan untuk membuat sebuah *game* yang bisa digunakan pada perangkat komputer, ponsel pintar *android*, *iPhone*, PS3, dan bahkan X-BOX. *Unity* adalah sebuah alat yang terintegrasi untuk membuat *game*, arsitektur bangunan dan simulasi. *Unity* bisa untuk *game PC* dan *game Online*. Untuk *game Online* diperlukan sebuah *plugin*, yaitu *Unity Web Player* sama halnya dengan *Flash Player* pada *Browser*.

3.7 Tahapan Pengembangan Multimedia

Menurut Binanto (2010), metodologi pengembangan multimedia terdiri dari enam tahap, yaitu *concept* (pengonsepan), *design* (pendesainan), *material collecting* (pengumpulan materi), *assembly* (pembuatan), *testing* (pengujian), dan *distribution* (pendistribusian). Keenam tahap ini tidak dapat bertukar posisi. Meskipun begitu, tahap *concept* memang harus menjadi hal yang pertama kali dikerjakan.



Gambar 3. Tahapan Pengembangan Multimedia

Tahapan Pengembangan Multimedia Meliputi :

1. Concept

Tahapan *concept* (pengonsepan) adalah tahap untuk menentukan tujuan dan siapa pengguna program (identifikasi *audiens*). Tujuan dan pengguna akhir program berpengaruh pada nuansa multimedia sebagai pencerminan dari identitas organisasi yang menginginkan informasi sampai pada pengguna akhir. Karakteristik pengguna termasuk kemampuan pengguna juga perlu dipertimbangkan karena dapat mempengaruhi pembuatan desain. Selain itu, tahap ini juga akan menentukan jenis aplikasi (presentasi, interaktif, dan lain-lain) dan tujuan aplikasi (hiburan, pelatihan, pembelajaran dan lain-lain). Dasar aturan untuk perancangan juga ditentukan pada tahap ini, misalnya ukuran aplikasi, target, dan lain-lain. *Output* dari tahap ini biasanya berupa dokumen yang bersifat naratif untuk mengungkapkan tujuan proyek yang ingin dicapai.

2. Design

Design (perancangan) adalah tahap pembuatan spesifikasi mengenai arsitektur program, gaya, tampilan, dan kebutuhan material atau bahan untuk program. Spesifikasi dibuat serinci mungkin sehingga pada tahap berikutnya, yaitu *material collecting* dan *assembly*, pengambil keputusan baru tidak diperlukan lagi, cukup menggunakan keputusan yang sudah ditentukan pada tahap ini. Meskipun demikian, pada prakteknya, pekerjaan proyek pada tahap awal masih akan sering mengalami penambahan bahan atau pengurangan bagian aplikasi, atau perubahan-perubahan lain.

3. Material Collecting

Material Collecting adalah tahap pengumpulan bahan yang sesuai dengan kebutuhan yang dikerjakan. Bahan-bahan tersebut, antara lain gambar *clip art*, foto, animasi, *video*, *audio*, dan lain-lain yang dapat diperoleh secara gratis atau dengan pemesanan kepada pihak lain sesuai dengan rancangannya. Tahap ini dapat dikerjakan secara paralel dengan tahap *assembly*. Namun, pada beberapa kasus, tahap *material collecting* dan tahap *assembly* akan dikerjakan secara linear dan tidak paralel.

4. Assembly

Tahap *Assembly* adalah tahap pembuatan semua objek atau bahan multimedia. Pembuatan aplikasi didasarkan pada tahap *design*, bagan alir, dan atau struktur navigasi.

5. Testing

Tahap *Testing* (pengujian) dilakukan setelah menyelesaikan tahap pembuatan (*assembly*) dengan menjalankan aplikasi atau program dan melihatnya apakah ada kesalahan atau tidak. Tahap pertama pada tahap ini disebut tahap pengujian *alpha* (*alpha testing*) yang pengujiannya dilakukan oleh pembuat atau lingkungan pembuatnya sendiri. Setelah lolos dari pengujian *alpha*, pengujian *beta* yang melibatkan penggunaan akhir akan dilakukan.

5. Distribution

Pada tahap ini, aplikasi akan disimpan dalam suatu media penyimpanan. Jika media penyimpanan tidak

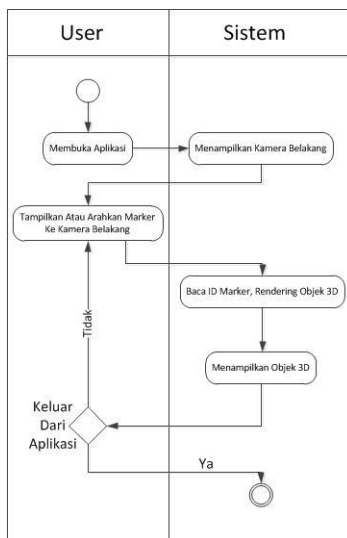
cukup untuk menampung aplikasinya, komprehensi terhadap aplikasi tersebut akan dilakukan. Tahap ini juga dapat disebut tahap evaluasi untuk pengembangan produk yang sudah jadi supaya menjadi lebih baik. Hasil evaluasi ini dapat digunakan sebagai masukan untuk tahap *concept* pada produk selanjutnya.

4. RANCANGAN SISTEM

Perancangan aplikasi pembelajaran bangun ruang *augmented reality* berbasis *android* ini menggunakan UML sebagai salah satu cara untuk mempermudah dalam pembuatan aplikasi ini.

1. *Activity Diagram* Pembelajaran Bangun Ruang *Augmented Reality* Dengan Metode *Marker Based Tracking* Berbasis *Android*

Alur UML dimulai saat *user* membuka aplikasi dengan cara memilih atau menekan *icon* “ARBangunRuang” dan sistem akan menampilkan tampilan kamera belakang. Lalu *user* akan mengarahkan *marker* yang ada pada buku *Augmented Reality* bangun ruang ke kamera belakang, lalu aplikasi akan melakukan identifikasi *marker* dan melakukan *rendering* objek sesuai dengan *marker* yang diarahkan oleh *user*. Objek bangun ruang 3 Dimensi pun akan tampil diatas *marker*. Untuk menampilkan objek bangun ruang 3 Dimensi yang lain *user* dapat mengarahkan jenis *marker* lain yang terdapat pada buku *Augmented Reality*. Jika *user* memilih keluar, sistem akan selesai namun jika tidak maka *user* tetap dapat menampilkan *marker* ke kamera belakang. Seperti yang terlihat pada gambar 4.



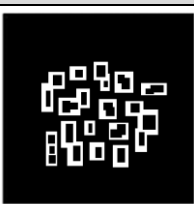

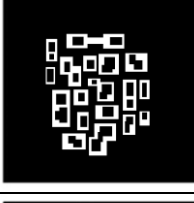
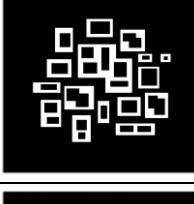
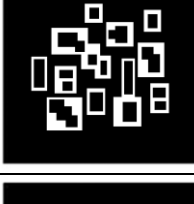
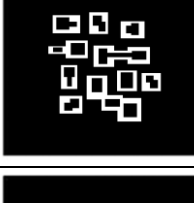
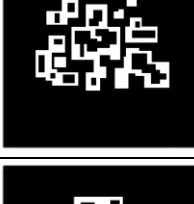

Gambar 4. Activity Diagram Pembelajaran Bangun Ruang *Augmented Reality* Dengan Metode *Marker Based Tracking* Berbasis *Android*




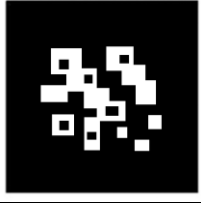
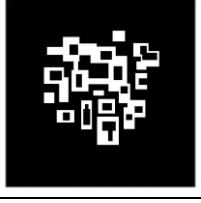
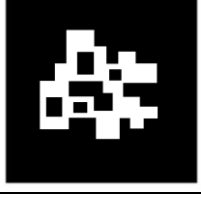
5. IMPLEMENTASI

Hasil implementasi berdasarkan analisis dan perancangan adalah sebagai berikut :

1. *Marker* Dalam Pembelajaran Bangun Ruang *Augmented Reality* Dengan Metode *Marker Based Tracking* Berbasis *Android*

Tabel 1. Tabel *Marker*

No	<i>Marker</i>	Penjelasan
1		<i>Marker</i> kubus merupakan <i>Marker</i> untuk menampilkan objek kubus 3 dimensi
2		<i>Marker</i> balok merupakan <i>Marker</i> untuk menampilkan objek balok 3 dimensi
3		<i>Marker</i> prisma merupakan <i>Marker</i> untuk menampilkan objek prisma 3 dimensi
4		<i>Marker</i> limas merupakan <i>Marker</i> untuk menampilkan objek limas 3 dimensi
5		<i>Marker</i> kerucut merupakan <i>Marker</i> untuk menampilkan objek kerucut 3 dimensi
6		<i>Marker</i> tabung merupakan <i>Marker</i> untuk menampilkan objek tabung 3 dimensi
7		<i>Marker</i> bola merupakan <i>Marker</i> untuk menampilkan objek bola 3 dimensi
8		<i>Marker</i> soal kubus merupakan <i>Marker</i> untuk menampilkan objek soal kubus 3 dimensi

9		<i>Marker</i> soal balok merupakan <i>Marker</i> untuk menampilkan objek soal balok 3 dimensi
10		<i>Marker</i> soal prisma merupakan <i>Marker</i> untuk menampilkan objek soal prisma 3 dimensi
11		<i>Marker</i> soal limas merupakan <i>Marker</i> untuk menampilkan objek soal limas 3 dimensi
12		<i>Marker</i> soal kerucut merupakan <i>Marker</i> untuk menampilkan objek soal kerucut 3 dimensi
13		<i>Marker</i> soal tabung merupakan <i>Marker</i> untuk menampilkan objek soal tabung 3 dimensi
14		<i>Marker</i> soal bola merupakan <i>Marker</i> untuk menampilkan objek soal bola 3 dimensi

2. Tampilan *Icon* Program *.Apk



Gambar 5. *Icon* Program *.Apk

Tombol *icon* “ARBangunRuang” berfungsi untuk masuk ke kamera belakang dengan aplikasi *Augmented Reality*. Seperti yang terlihat pada gambar 5.

3. Tampilan Objek 3 Dimensi Bangun Ruang *Augmented Reality* Berbasis *Android*

Objek 3 dimensi bangun ruang memiliki tampilan objek padat, objek terbelah atau rangka objek, elemen-elemen dari objek, dan rumus-rumus yang berlaku pada objek tersebut. Objek padat merupakan tampilan dari bentuk objek bangun ruang secara utuh. Objek terbelah

atau rangka objek merupakan tampilan untuk menampilkan bagian dalam objek dan diberi keterangan elemen-elemen yang terdapat pada objek tersebut seperti tinggi, panjang, lebar, sisi, jari-jari, dan alas. Rumus-rumus yang berlaku pada objek tersebut ditampilkan dibagian atas, rumus-rumus yang ditampilkan seperti luas permukaan dan volume. Seperti yang terlihat pada gambar 6.



Gambar 6. Objek 3 dimensi bangun ruang *Augmented Reality* berbasis *Android*

4. Tampilan Dua Objek 3 Dimensi Bangun Ruang *Augmented Reality* Berbasis *Android*

Dua Objek 3 dimensi bangun ruang memiliki tampilan objek padat, objek terbelah atau rangka objek, elemen-elemen dari objek, dan rumus-rumus yang berlaku pada objek tersebut. Objek padat merupakan tampilan dari bentuk objek bangun ruang secara utuh. Objek terbelah atau rangka objek merupakan tampilan untuk menampilkan bagian dalam objek dan diberi keterangan elemen-elemen yang terdapat pada objek tersebut seperti tinggi, panjang, lebar, sisi, jari-jari, dan alas. Rumus-rumus yang berlaku pada objek tersebut ditampilkan dibagian atas, rumus-rumus yang ditampilkan seperti luas permukaan dan volume. Seperti yang terlihat pada gambar 7.



Gambar 7. Dua Objek 3 dimensi bangun ruang *Augmented Reality* berbasis *Android*

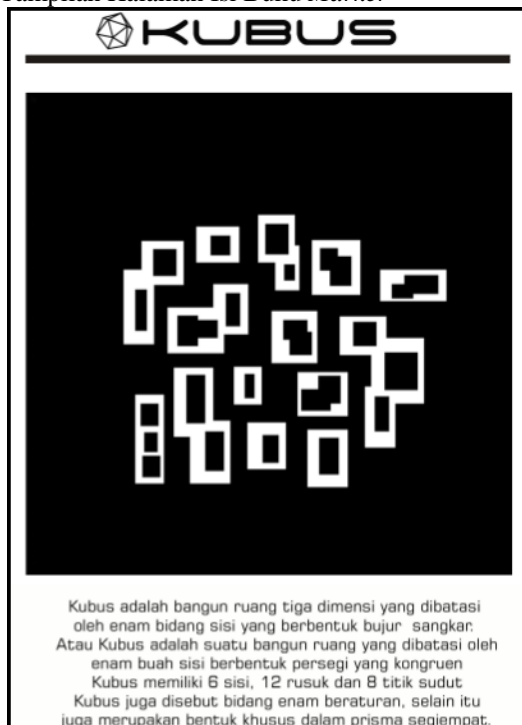
5. Tampilan Cover Buku Marker



Gambar 8. Cover buku marker

Tampilan Cover buku marker didesain dengan sedemikian rupa agar tampilannya dapat menarik perhatian yang melihatnya. Seperti yang terlihat pada gambar 8.

6. Tampilan Halaman Isi Buku Marker



Gambar 9. Halaman isi buku marker

Halaman isi buku marker menampilkan nama bangun ruang, penjelasan mengenai bangun ruang tersebut, dan

marker bangun ruang. Seperti yang terlihat pada gambar 9.

7. Keterbatasan aplikasi pembelajaran bangun ruang Augmented Reality berbasis Android

Aplikasi pembelajaran bangun ruang Augmented Reality berbasis Android memiliki beberapa keterbatasan dalam hal pemakaiannya yang dipengaruhi oleh beberapa faktor.

1). Oklusi

Objek virtual hanya akan muncul ketika marker ditangkap kamera. Hal ini membatasi ukuran atau gerakan dari objek virtual. Ini juga berarti bahwa jika pengguna menutupi pola yang ada pada marker dengan tangan mereka atau benda lain, objek virtual akan menghilang.

2). Jarak

Jarak juga menjadi masalah dalam pelacakan optik, ketika marker bergerak menjauhi kamera, mereka menempati lebih sedikit piksel pada layar kamera, dan mungkin tidak cukup detail untuk dapat dengan benar mengidentifikasi pola pada marker.

Dengan menggunakan salah satu marker dari aplikasi pembelajaran bangun ruang Augmented Reality berbasis Android yaitu marker kubus dengan ukuran yang berbeda yang diuji menggunakan kamera dengan resolusi 640x480 dan frame rate 30fps. Hasil ini didapatkan dengan menggerakkan marker menjauhi kamera sampai pada jarak tertentu objek virtual 3 dimensi yang berada diatas marker menghilang. Seperti yang terlihat pada tabel 2.

Tabel 2. Tabel jarak Marker

Marker	Jarak Kamera – Marker
Ukuran (cm)	Terjauh (cm)
4 x 4	45
6 x 6	61
8 x 8	78
12 x 12	117
16 x 16	159

3). Marker

Objek virtual akan muncul jika marker berhasil dikenali oleh Vuforia. Marker yang dapat dikenali adalah marker dengan pola tertentu yang telah dikenalkan atau diinputkan pada Vuforia. Dilakukan pengujian untuk mengetahui apakah marker dapat dikenali jika polanya diputar atau dirotasi.

4). Cahaya

Faktor cahaya yang dapat ditangkap oleh lensa kamera juga berperan penting karena apabila menampilkan marker ke kamera pada saat kondisi cahaya gelap atau kurang terang maka kamera akan susah dalam mengenali marker dan objek virtual tidak dapat tampil.

6. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian dari hasil pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa pembuatan pembelajaran bangun ruang *augmented reality* dengan metode *marker based tracking* berbasis *android* sebagai berikut :

1. Membangun aplikasi pembelajaran bangun ruang *Augmented Reality* dengan metode *Marker Based Tracking* Berbasis *Android* menggunakan *Unity 3D*, *Blender 2.73*, *Adobe Photoshop CS7*, *Vuforia SDK*, serta metode pengembangan multimedia yang digunakan terdiri dari konsep, desain, pengumpulan data, pembuatan, pengujian, dan distribusi.
2. Aplikasi pembelajaran bangun ruang *Augmented Reality* dengan metode *Marker Based Tracking* berbasis *Android* menggunakan buku *marker* ini dapat menjadi salah satu media alternatif atau sebagai alat peraga untuk pembelajaran bangun ruang untuk tingkat SMP. Dengan tampilan bangun ruang 3 dimensi, penambahan elemen-elemen, rumus-rumus serta soal-soal yang berlaku pada bangun ruang tersebut diharapkan siswa dapat lebih mudah memahami materi bangun ruang.

7. SARAN

Berdasarkan hasil dari penelitian ini akan beberapa saran, yaitu sebagai berikut :

1. Guru perlu mendampingi siswa dalam belajar melalui aplikasi ini agar siswa lebih mengerti dan memahami pokok bahasan yang diajarkan.
2. Bagi peneliti yang ingin mengembangkan penelitian ini lebih lanjut diharapkan agar aplikasi yang dibuat dapat bersifat dinamis dengan cara dapat menambahkan lebih banyak soal-soal latihan bangun ruang secara otomatis melalui *virtual buttons* agar siswa-siswi SMP dapat terbiasa untuk menyelesaikan soal-soal latihan.
3. Dapat mengembangkan aplikasi ini dengan memakai *markerless augmented reality*. Sehingga *marker* yang digunakan tidak hanya *marker* hitam putih tetapi *marker* yang bisa mendeteksi wajah, gambar berwarna, bahkan gerakan tangan.

8. DAFTAR PUSTAKA

- Ardhianto, Eka, dkk. 2012. *Augmented Reality Objek 3 Dimensi dengan Perangkat Artoolkit dan Blender*, Jurnal Teknologi Informasi Dinamik Vol 17. Semarang: Universitas Stikubank.
- Azuma, R.T. 2014. *A Survey Of Augmented Reality : Presence Teleoperators and Virtual Environments Hughes Research Laboratories*. Chapel Hill : University of North Carolina.
- Bimber, O. 2005, *Spatial Augmented Reality Merging Real and Virtual Worlds*. A.K Peters Ltd
- . Chari, dkk. 2008, *Augmented Reality Using Over Segmentation : Center for Visual Information Technology, International Institute of Information Technology*
- Depdiknas, 2006. *Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan : Standar Isi Mata Pelajaran Matematika*. Jakarta : Depdiknas.
- Djumanta, Wahyudin. 2008, *Belajar Matematika Aktif dan Menyenangkan Untuk SMP/MTS Kelas IX*. Departemen Pendidikan Nasional.
- Erwin, dkk. 2014. *Perpaduan Teknik Pemetaan Pikiran dengan Aplikasi Augmented Reality Berbasis Marker Tracking untuk Media Pembelajaran*, Jurnal Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
- Haller, Michael. Billinghamurst, Mark. Thomas, H, Bruce. 2010. *Emerging Technologies of Augmented Reality*. London : Idea Group Publishing.
- Hudojo, Herman. 2006. *Pengembangan Kurikulum dan Pembelajaran Matematika*. Malang : UM Press.
- Nazruddin, Safaat, H. 2012. *Pemrograman Aplikasi Mobile Smartphone dan Tablet PC Berbasis Android*. Bandung: Informatika.
- Pressman, R. 2010. *Software Engineering: A Practitioner's Approach*. New York : McGraw-Hill.
- Suyanto, M. 2005. *Multimedia Alat Untuk Meningkatkan Keunggulan Bersaing*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Vaughan, Tay. 2011. *Multimedia : Making It Work 8th Edition*. New York : McGraw Hill.
- Villagomez. G. 2010. *Augmented Reality*. Kansas : University of Kansas.
- Yan, dkk. 2011. *Research on Augmented Reality Display Method of Scientific Exhibits : Digital Entertainment Research Center*. China : Nanjing Normal University