

---

## Pemanfaatan Teknologi *Augmented Reality* dengan Metode *Marker Based Tracking* sebagai Media Pengenalan Bangun Ruang

Yoga Sahria<sup>1</sup>, Ilmira Yulfihani<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknologi Informasi, Universitas Amikom Yogyakarta,

<sup>2</sup>Informatika, Universitas Teknologi Yogyakarta

Email: <sup>1</sup>yogasahria@amikom.ac.id, <sup>2</sup>ilmirayulfihani@gmail.com,

Email Penulis Korespondensi: [yogasahria@amikom.ac.id](mailto:yogasahria@amikom.ac.id)

---

### Article History:

Received Dec 19<sup>th</sup>, 2022

Revised Dec 28<sup>th</sup>, 2022

Accepted Jan 06<sup>th</sup>, 2023

### Abstrak

Bangun ruang merupakan salah satu materi dalam mata pelajaran Matematika yang memiliki jenis, ciri-ciri atau karakteristik masing-masing. Bangun ruang menggabungkan beberapa jenis bangun datar yang disusun menjadi sebuah objek yang memiliki ruang atau isi. Berbeda dengan bangun datar yang hanya memiliki 2 dimensi, bangun ruang memiliki 3 dimensi yang terdiri dari panjang, lebar, dan tinggi. Proses pembelajaran yang masih hanya menggunakan media buku cetak pastinya sudah tidak efisien mengingat perkembangan teknologi saat ini yang sudah berkembang pesat dan dapat dimanfaatkan di berbagai bidang, salah satunya pendidikan. Pemanfaatan teknologi *augmented reality* sebagai media pembelajaran Matematika khususnya pengenalan bangun ruang akan sangat membantu memberikan pemahaman konsep bangun ruang 3 dimensi. Menggunakan metode *marker based tracking*, teknologi *augmented reality* bisa menampilkan objek 3 dimensi pada dunia maya kemudian memproyeksikannya sehingga terlihat nyata. Pengimplementasian teknologi *augmented reality* dengan pembuatan filter AR dan menggunakannya pada proses pembelajaran pengenalan bangun ruang dirasa akan lebih menarik. Tahapan pengembangan filter dimulai dari perencanaan alur sampai pengujian filter dan *marker*. *Marker* dianggap berhasil apabila dapat menampilkan objek 3D dan ciri – ciri dari bangun ruang yang diinginkan. Dengan pemanfaatan *augmented reality* dalam filter AR untuk proses pembelajaran mengenal bangun ruang ini diharapkan dapat menjadi alternatif agar pembelajaran materi bangun ruang dan Matematika menjadi lebih menarik dan sesuai dengan perkembangan teknologi.

**Kata Kunci :** *augmented reality*; *marker based tracking*; bangun ruang; matematika,

---

### Abstract

*Spatial shapes are one of the materials in mathematics that have their own types, characteristics or characteristics. Spatial shapes combine several types of flat shapes that are arranged into an object that has space or content. Unlike a flat shape which only has 2 dimensions, a spatial shape has 3 dimensions consisting of length, width and height. The learning process which still only uses printed book media is certainly no longer efficient considering current technological developments are already developing rapidly and can be utilized in various fields, one of which is education. The use of augmented reality technology as a medium for learning mathematics, especially the introduction of geometric shapes, will greatly help provide an understanding of the concept of 3-dimensional geometric shapes. Using the marker-based tracking method, augmented reality technology can display 3-dimensional objects in cyberspace and then project them so they look real. The implementation of augmented reality technology by making AR filters and using them in the spatial recognition learning process is felt to be more interesting.*

**Keyword :** *augmented reality*; *marker based tracking*; geometry; mathematics

---

## 1. PENDAHULUAN

Matematika merupakan mata pelajaran yang penting dalam dunia pendidikan karena matematika mencakup segala aspek kehidupan, kita tidak bisa terlepas dari matematika dalam kehidupan sehari-hari seperti menghitung, menentukan bentuk, menentukan ukuran dan lainnya, sehingga matematika hukumnya wajib untuk dipelajari [1]. Namun, Matematika merupakan mata pelajaran yang kurang diminati. Hal ini dikarenakan materi dalam Matematika yang dianggap rumit. Selain itu, metode pembelajaran dari pengajar seringkali kurang interaktif. Selain dua penyebab tersebut, banyaknya materi juga menjadi salah satu faktor penyebab Matematika kurang diminati. Salah satu materi dalam mata pelajaran Matematika adalah bangun ruang. Bangun ruang memiliki jenis yang beragam, dengan ciri-ciri atau karakteristik masing-masing. Bangun ruang adalah gabungan dari beberapa bangun datar yang disusun menjadi sebuah objek yang memiliki ruang atau isi. Berbeda dengan bangun datar yang hanya memiliki 2 dimensi, bangun ruang memiliki 3 dimensi yang terdiri dari panjang, lebar, dan tinggi. Media bangun ruang menyerupai kotak, dengan bentuk massif, berongga dan kerangka. Bentuk-bentuk bangun ruang yang sudah dikenal di kelas V adalah kubus, balok, tabung, prisma, kerucut, limas dan bola [2]. Untuk memenuhi tuntutan tersebut, maka sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi penggunaan media pembelajaran menjadi solusi [3]. Seperti yang telah kita ketahui, pada media pembelajaran yang masih menggunakan metode konvensional, pengajar hanya menggunakan buku cetak sebagai media pembelajaran. Penggunaan buku yang merupakan media 2 dimensi pastinya akan kurang maksimal dalam menyampaikan materi bangun ruang, sehingga siswa kurang memahami bagaimana bentuk nyata dan konsep dari bangun ruang tersebut. Pembelajaran yang monoton membuat semakin menurunnya inisiatif dan kreativitas peserta didik dalam pembelajaran [4]. Sedangkan, saat ini sudah banyak sekali alternatif pembelajaran, salah satunya dengan memanfaatkan teknologi. Perkembangan teknologi semakin meningkat pesat, teknologi-teknologi canggih pun tercipta sesuai kebutuhan manusia di zaman yang semakin modern ini [5]. Teknologi mampu menyelesaikan pekerjaan manusia pada semua bidang, terutama bidang pendidikan [6]. Pengajar bisa memanfaatkan perkembangan teknologi untuk membuat media pembelajaran menjadi lebih menarik. Teknologi yang paling cocok untuk diterapkan dalam pembelajaran materi ruang yaitu teknologi *augmented reality*.

Teknologi AR merupakan salah satu terobosan yang digunakan pada akhir-akhir ini dibidang interaksi. Penggunaan teknologi ini akan sangat membantu dalam menyampaikan suatu informasi kepada pengguna [7]. Teknologi *Augmented Reality (AR)* adalah sebuah teknologi yang menggabungkan benda maya dua dimensi dan ataupun tiga dimensi ke dalam sebuah lingkungan nyata tiga dimensi lalu memproyeksikan benda-benda maya tersebut dalam waktu nyata [8]. Objek virtual yang digabungkan dengan lingkungan sebenarnya bisa berupa teks, animasi, model 3D atau video sehingga user dapat merasakan obyek virtual seolah-olah berada dilingkungan yang nyata [9]. *Augmented Reality (AR)* lebih mengutamakan reality karena teknologi ini lebih dekat ke lingkungan nyata. *Augmented Reality (AR)* mengizinkan pengguna berinteraksi secara lebih *real-time* ke sistem.

Teknologi *Augmented Reality (AR)* berkembang sangat cepat sehingga perkembangannya dapat diterapkan dalam segala bidang termasuk Pendidikan [10]. Teknologi AR ini sendiri portable dan dapat digunakan di berbagai keadaan [11]. Metode penerapan Teknologi *Augmented Reality (AR)* ada dua jenis, yaitu metode *marker based* dan metode *markerless tracking*. *Marker based tracking* merupakan metode yang digunakan dalam penerapan *augmented reality* yang berfungsi untuk mengenali marker dan mengidentifikasi pola dari marker tersebut untuk menambahkan suatu objek virtual ke lingkungan nyata [12]. Sedangkan, metode *markerless tracking* adalah metode penerapan *augmented reality* tanpa menggunakan penanda atau marker 2 dimensi. Teknologi *augmented reality (AR)* ini dimanfaatkan dengan menjadikannya bagian dari teknologi pada sebuah aplikasi atau filter. Berdasarkan masalah dan penjelasan di atas, akan diimplementasikan teknologi *augmented reality (AR)* menggunakan metode *marker based tracking* dalam pembuatan filter Snapchat sebagai media pembelajaran mengenal bangun ruang.

Dalam pengembangan filter berteknologi *augmented reality (AR)* ini, dibutuhkan beberapa aplikasi dan website bantuan. Aplikasi yang digunakan meliputi *Sketchfab*, *Adobe Illustrator*, *qrcodemonkey*, *Vuforia engine*, *Lens Studio*, dan *Snapchat*. *Sketchfab* adalah sebuah website penampil model 3D secara *online* [13]. Selain sebagai penampil objek 3D, *Sketchfab* juga menyediakan beragam jenis objek 3D yang berbayar ataupun gratis yang bisa diunduh dalam beberapa pilihan format, seperti format *.obj*, *.glb*, dan *.blend*.

*Adobe Illustrator* adalah aplikasi editing dan desain grafis yang digunakan untuk membuat asset 2D [14]. *Qrcodemonkey* adalah website generator kode QR. Dalam pembuatan filter AR dengan metode *image tracking*, kita bisa menggunakan kode QR sebagai marker. Website ini tersedia secara gratis dan marker atau kode QR dapat diunduh secara gratis. Di *qrcodemonkey*, kita juga bisa menyisipkan logo atau image di tengah kode QR.. *Vuforia engine* adalah salah satu *software development kit (SDK)* yang bisa membantu pengembang membuat sebuah aplikasi atau filter berteknologi AR [15]. Selain itu, *Vuforia engine* juga dapat menjadi tempat untuk meninjau keakuratan atau keunikan dari marker (*image rating*). *Lens Studio* merupakan bagian penting dari pembuatan filter AR. *Lens Studio* adalah alat pengembangan filter AR yang nantinya dapat ditampilkan atau digunakan di aplikasi Snapchat. Snapchat adalah aplikasi komunikasi yang memiliki teknologi *augmented reality (AR)* dalam bentuk filter AR atau "lens" yang dapat dipilih dan digunakan. Snapchat dapat diunduh secara gratis di PlayStore atau AppStore.

Berdasarkan pemaparan di atas, tujuan dari pembuatan filter AR ini adalah untuk membantu para pengajar atau siapapun yang ingin belajar, tentang materi bangun ruang. Dengan bantuan filter AR ini, pengguna bisa mengenal jenis-jenis bangun ruang dengan menampilkan objek 3D dan informasi tentang ciri-ciri dari masing-masing bangun ruang.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Perancangan Proses

Tahapam ini merupakan langkah awal dari pembuatan filter AR pengenalan bangun ruang. Pada tahap ini akan ditentukan bagaimana alur proses atau cara kerja dari filter AR yang akan dibuat. Ditunjukkan pada Gambar 1 sebagai berikut:

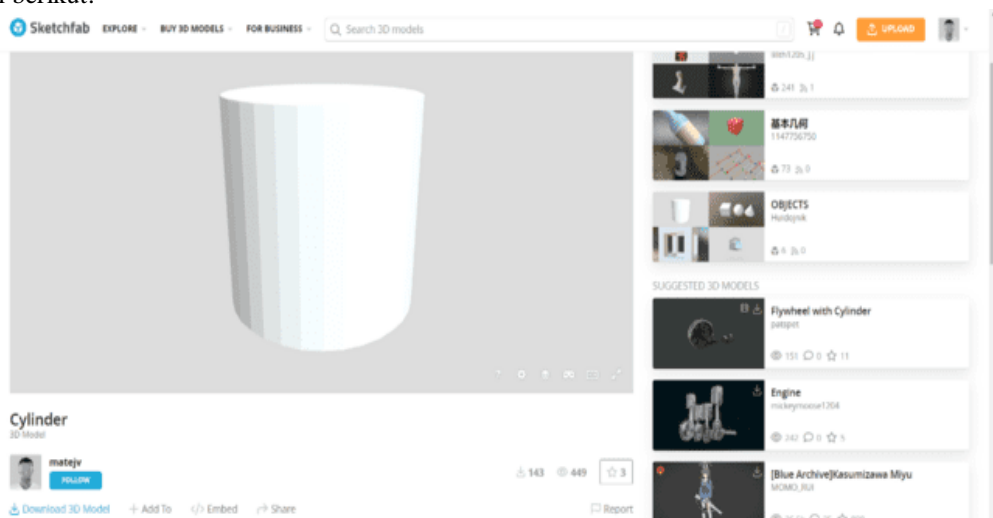


Gambar 1. Cara Kerja Filter Snapchat Pengenalan Bangun Ruang

Pada gambar 1 menjelaskan cara kerja dari filter AR pengenalan bangun ruang. Dimulai dari mengunduh aplikasi, kemudian membukanya sampai filter AR dapat dimunculkan. Setelah berhasil memunculkan objek 3D dan ciri-cirinya, pengguna bisa memotret ataupun merekam di dalam Snapchat.

### 2.2 Pengumpulan Objek 3D Bangun Ruang






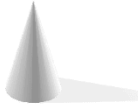
Tahapan kedua setelah alur proses penerapan filter AR telah ditentukan, selanjutnya kita mulai mengumpulkan bahan atau konten yang akan ditampilkan di filter AR pengenalan bangun ruang. Pengumpulan bahan dimulai dengan pengunduhan objek 3D bangun ruang pada website Sketchfab. Format objek 3D yang diunduh adalah .gltf. disajikan pada Gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Pengumpulan Objek 3D Bangun Ruang

Berikut ini merupakan hasil pengumpulan objek 3D dari ketujuh bangun ruang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengumpulan Objek 3D

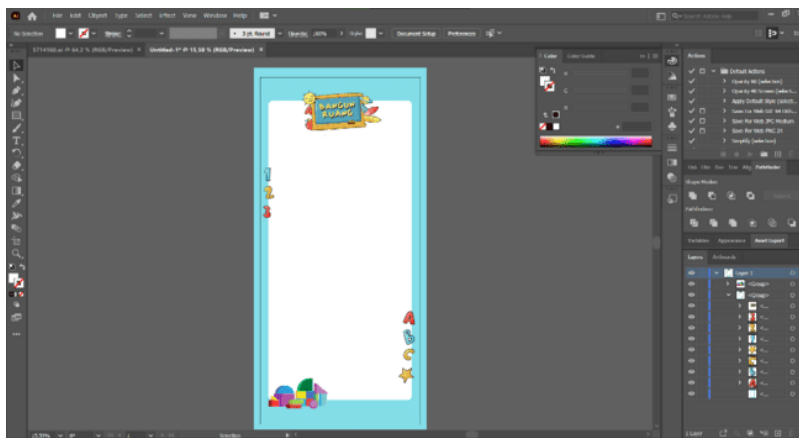
No	Bangun Ruang	Objek 3D
1.	Kubus	
2.	Balok	
3.	Prisma	
4.	Limas	
5.	Tabung	
6.	Kerucut	

7. Bola



**2.3 Pembuatan Objek 2D Pengenalan Bangun Ruang**

Pengumpulan objek selanjutnya adalah objek 2D yaitu berupa teks ciri-ciri bangun ruang. Objek 2D ciri-ciri ini nantinya akan muncul bersamaan dengan objek 3D menyesuaikan dari masing-masing bangun ruang. Selain itu, objek 2D pada filter AR ini berupa frame yang mengelilingi kamera saat filter digunakan. Aplikasi yang digunakan dalam tahapan ini adalah aplikasi Adobe Illustrator. Adapun hasilnya ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pembuatan Objek 2D Pengenalan Bangun Ruang

Berikut ini merupakan hasil pengumpulan objek 2D dari ketujuh bangun ruang ditunjukkan tabel 2.

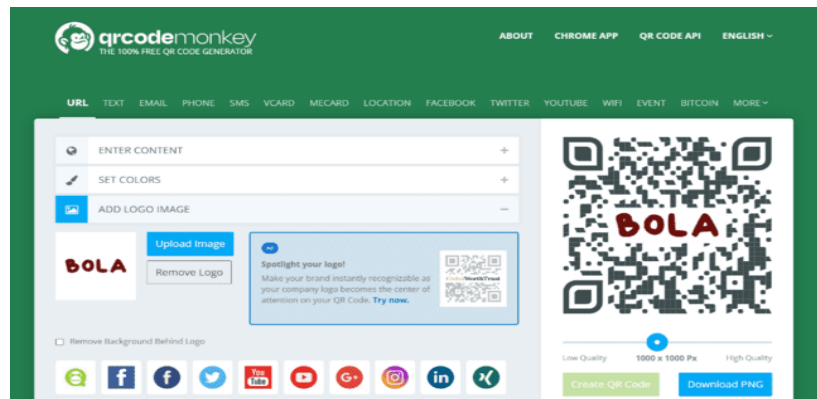
Tabel 2. Hasil Pengumpulan Objek 2D

No	Keterangan Gambar	Objek 2D
1.	Kubus	
2.	Balok	
3	Prisma	

4.	Limas	 <p><b>Ciri - Ciri Limas</b></p> <p>Mempunyai sisi sebanyak jumlah segi alas +1, rusuk 2 kali segi alasnya, dan titik sudut sebanyak segi alas +1</p>
5.	Tabung	 <p><b>Ciri - Ciri Tabung</b></p> <p>Mempunyai 2 rusuk, 3 sisi, dan tidak mempunyai titik sudut</p>
6.	Kerucut	 <p><b>Ciri - Ciri Kerucut</b></p> <p>Mempunyai 2 sisi, 1 rusuk, dan 1 sudut puncak</p>
7.	Bola	 <p><b>Ciri - Ciri Bola</b></p> <p>Mempunyai 1 sisi lengkung, tidak mempunyai rusuk dan titik sudut, mempunyai jari-jari dan diameter</p>
8.	Interface	 <p>The interface is titled "BANGUN RUANG" and features a large white space for content. On the left side, there are numbered markers 1, 2, and 3. On the right side, there are letters A, B, and C, and a star. At the bottom, there are colorful geometric shapes like a cube, sphere, and cone.</p>

#### 2.4 Pembuatan Marker Pengenalan Bangun Ruang

Tahapan selanjutnya adalah pembuatan kode QR sebagai marker dalam filter AR pengenalan bangun ruang. Pembuatan marker menggunakan website qrcodemonkey sebagai generator kode QR. Marker dibuat 7 buah dengan pola yang berbeda. Adapun generate marker dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pembuatan Marker Pengenalan Bangun Ruang

Berikut ini merupakan hasil pembuatan *marker* dari ketujuh bangun ruang ditunjukkan pada Gambar 5.



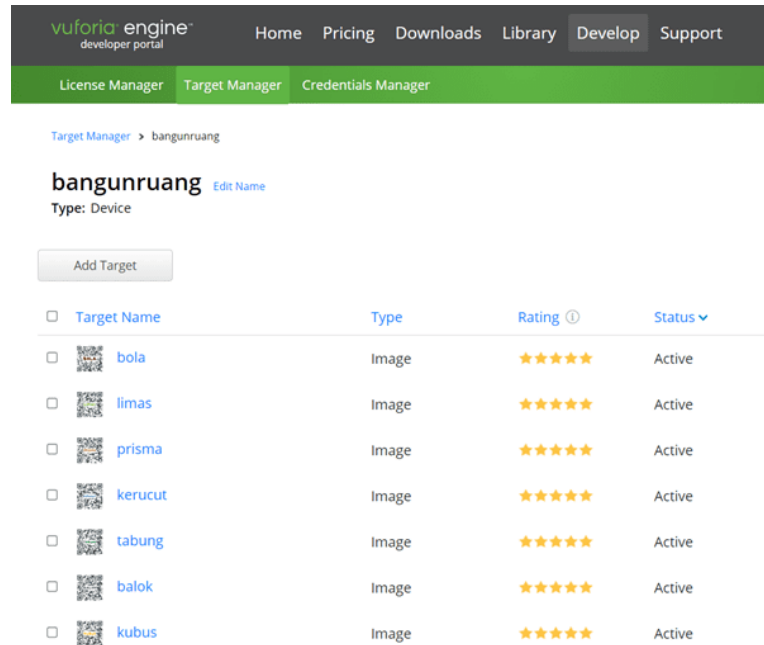
Gambar 5. Hasil Pembuatan Marker Bangun Ruang

## 2.5 Pendaftaran Marker Pengenalan Bangun Ruang

Sistem AR bekerja berdasarkan deteksi citra dan citra yang digunakan adalah marker. Prinsip kerjanya adalah kamera yang telah dikalibrasi akan mendeteksi marker yang diberikan, kemudian setelah mengenali dan menandai pola marker, kamera handpone akan melakukan perhitungan apakah marker sesuai dengan database yang dimiliki. Bila tidak, maka informasi marker tidak akan diolah, tetapi bila sesuai maka informasi marker akan digunakan untuk me-render dan menampilkan objek 3D atau animasi yang telah dibuat sebelumnya[16]. Setelah marker-marker berhasil dibuat, sebenarnya kita sudah bisa langsung masuk ke tahapan pembuatan filter AR. Namun, seringkali marker yang dibuat kurang akurat sehingga menyebabkan kesalahan pada proses pendeteksian marker saat filter AR digunakan. Untuk menghindari kesalahan dalam penggunaan filter AR, diperlukan peninjauan keunikan marker yang akan digunakan.



Marker yang telah dibuat selanjutnya perlu kita daftarkan pada library Vuforia engine. Marker yang paling baik digunakan adalah marker dengan rating bintang lima. Adapun uji peninjauan *rating* dapat dilihat pada Gambar 6.

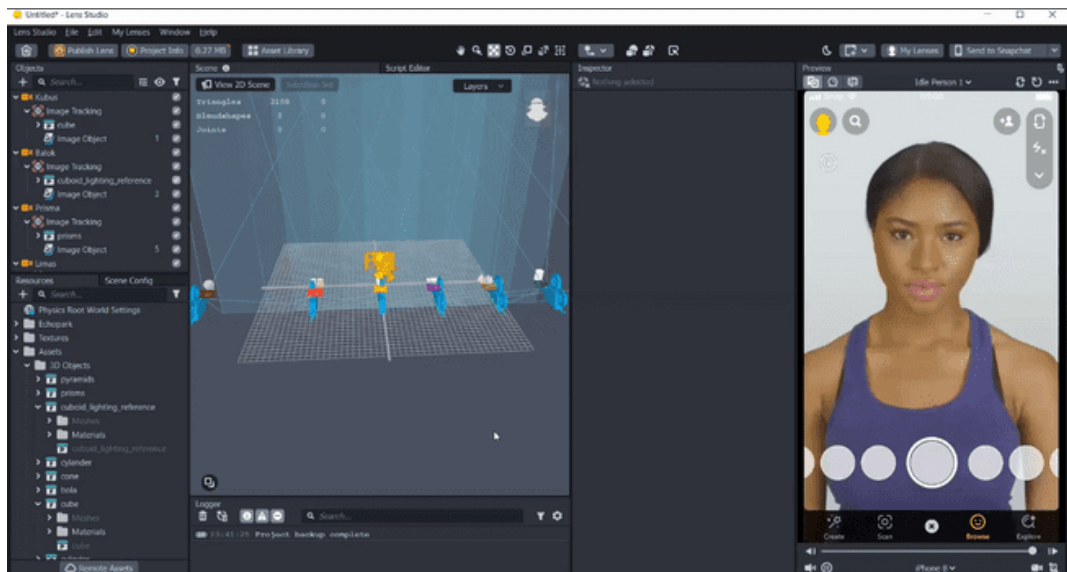


Target Name	Type	Rating	Status
<input type="checkbox"/> bola	Image	★★★★★	Active
<input type="checkbox"/> limas	Image	★★★★★	Active
<input type="checkbox"/> prisma	Image	★★★★★	Active
<input type="checkbox"/> kerucut	Image	★★★★★	Active
<input type="checkbox"/> tabung	Image	★★★★★	Active
<input type="checkbox"/> balok	Image	★★★★★	Active
<input type="checkbox"/> kubus	Image	★★★★★	Active

Gambar 6. Hasil Peninjauan Rating Marker Bangun Ruang

## 2.6 Development Augmented Reality Pengenalan Bangun Ruang

Tahapan terpenting dari pengembangan filter AR pengenalan bangun ruang ini adalah proses pembuatan filter AR Snapchat. Pembuatan filter menggunakan aplikasi Lens Studio dan memanfaatkan fitur *image tracking*. Pembuatan filter dimulai setelah semua asset atau bahan sudah terkumpul. Proses pembuatan filter dimulai dengan memasukkan *image tracking* dan memilih kode qr bangun ruang, kemudian memasukkan model 3D dan objek 2D berupa ciri-ciri bangun ruang ke dalam *image tracking* sesuai dengan ketentuan *marker* masing-masing bangun ruang, sesuai gambar 7.



Gambar 7. Proses Pembuatan Filter AR Pengenalan Bangun Ruang



### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Implementasi Filter AR dalam Aplikasi Snapchat

Filter AR pengenalan bangun ruang yang telah selesai dibuat selanjutnya harus melewati proses pengujian filter. Pengujian ini bertujuan untuk melihat apakah filter dapat muncul dan berjalan sesuai dengan alur atau cara kerja yang telah direncanakan. Pengujian filter AR ini dilakukan di aplikasi sebagai *target software* dari Lens Studio, yaitu Snapchat. Untuk langkah pengujian filter dimulai dengan memasang atau *pairing lens* dengan meng-*scan snapcode* dari Lens Studio ke kamera aplikasi Snapchat. Setelah terpasang, maka *lens* atau filter akan terkirim yang selanjutnya bisa dilakukan pengujian apakah filter benar muncul sesuai alur di Snapchat atau tidak. Berikut hasil AR bangun ruang disajikan pada Gambar 8.










Gambar 8. Hasil Aplikasi AR Bangun ruang pada Snapchat

#### 3.2 Pengujian Marker Bangun Ruang

Dalam proses pengujian filter AR pengenalan bangun ruang, pastinya dilakukan juga sebuah pengujian *marker*. Proses pengujian dilakukan dengan melihat kecocokan *marker* terhadap objek 3D dan objek 2D yang dihasilkan. Pengujian dilakukan dengan mengarahkan kamera ke satu-persatu *marker* yang sudah dicetak dan melihat hasilnya. Suatu filter AR dengan metode *marker based tracking* dianggap berhasil apabila saat kamera diarahkan ke *marker*, maka hasil yang diinginkan dapat muncul. Hasil yang diinginkan dalam filter AR ini adalah apabila *marker* terdeteksi, maka akan memunculkan objek 3D dari bangun ruang dan objek 2D berupa ciri-ciri masing – masing bangun ruang, sesuai tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Marker

No	Marker	Hasil	
		Objek 3D	Objek 2D
1.		Berhasil ditampilkan dan sesuai dengan marker	Berhasil ditampilkan, sesuai dengan objek 3D dan marker
2.		Berhasil ditampilkan dan sesuai dengan marker	Berhasil ditampilkan, sesuai dengan objek 3D dan marker
3.		Berhasil ditampilkan dan sesuai dengan marker	Berhasil ditampilkan, sesuai dengan objek 3D dan marker
4.		Berhasil ditampilkan dan sesuai dengan marker	Berhasil ditampilkan, sesuai dengan objek 3D dan marker
5.		Berhasil ditampilkan dan sesuai dengan marker	Berhasil ditampilkan, sesuai dengan objek 3D dan marker
6.		Berhasil ditampilkan dan sesuai dengan marker	Berhasil ditampilkan, sesuai dengan objek 3D dan marker
7.		Berhasil ditampilkan dan sesuai dengan marker	Berhasil ditampilkan, sesuai dengan objek 3D dan marker

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penjelasan dan hasil pengujian dari filter AR pengenalan bangun ruang, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut. Pemanfaatan teknologi *augmented reality* pada proses pembelajaran Matematika tepatnya pada materi bangun ruang dapat menjadi pilihan yang bagus untuk meningkatkan minat para siswa dalam belajar Matematika. Pengenalan bangun ruang dengan menggunakan filter AR ini bisa menjadikan proses pembelajaran lebih menarik dan tidak monoton. Selain itu, juga bisa menambah pemahaman siswa mengenai konsep dari bangun ruang, dan Hasil pengujian filter AR pengenalan bangun ruang ini menunjukkan bahwa filter sudah berjalan dengan baik. Pengujian *marker* terhadap hasil yang ditampilkan juga sudah sesuai dengan keinginan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada LPPM universitas Amikom dan Universitas Teknologi Yogyakarta dan pihak-pihak yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Aragón, M. C. Canto-López, M. Aguilar, I. Menacho, and J. I. Navarro, "Estudio longitudinal sobre procesamiento de magnitudes simbólicas y no-simbólicas y su relación con la competencia matemática," *Revista de Psicodidáctica*, Nov. 2022, doi: 10.1016/J.PSICOD.2022.07.003.
- [2] S. Gargrish, A. Mantri, and D. P. Kaur, "Augmented Reality-Based Learning Environment to Enhance Teaching-Learning Experience in Geometry Education," *Procedia Comput Sci*, vol. 172, pp. 1039–1046, Jan. 2020, doi: 10.1016/J.PROCS.2020.05.152.
- [3] M. R. A. Haryana, S. Warsono, D. Achjari, and E. Nahartyo, "Virtual reality learning media with innovative learning materials to enhance individual learning outcomes based on cognitive load theory," *The International Journal of Management Education*, vol. 20, no. 3, p. 100657, Nov. 2022, doi: 10.1016/J.IJME.2022.100657.
- [4] S. N. Z, M. Ahmad, S. Syarif, Budu, I. Idris, and Stang, "Effectiveness of Augmented Reality (AR) based learning media on increasing the physical examination system of pregnant women urinary system," *Gac Sanit*, vol. 35, pp. S221–S223, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.GACETA.2021.10.025.
- [5] T. M. Ward, M. Skubic, M. Rantz, and A. Vorderstrasse, "Human-centered approaches that integrate sensor technology across the lifespan: Opportunities and challenges," *Nurs Outlook*, vol. 68, no. 6, pp. 734–744, Nov. 2020, doi: 10.1016/J.OUTLOOK.2020.05.004.
- [6] W. Liang, "Towards a set of design principles for technology-assisted critical-thinking cultivation: A synthesis of research in English language education," *Think Skills Creat*, vol. 47, p. 101203, Mar. 2023, doi: 10.1016/J.TSC.2022.101203.
- [7] H. Y. Chang *et al.*, "Ten years of augmented reality in education: A meta-analysis of (quasi-) experimental studies to investigate the impact," *Comput Educ*, vol. 191, p. 104641, Dec. 2022, doi: 10.1016/J.COMPEDU.2022.104641.
- [8] N. Fijačko, R. Masterson Creber, T. P. Chang, K. Krsteski, and R. Greif, "Enhancing cardiopulmonary resuscitation education through game-based augmented reality face filters," *Resuscitation*, vol. 180, pp. 108–110, Nov. 2022, doi: 10.1016/J.RESUSCITATION.2022.09.021.
- [9] A. Theodoropoulos and G. Lepouras, "Augmented Reality and programming education: A systematic review," *Int J Child Comput Interact*, vol. 30, p. 100335, Dec. 2021, doi: 10.1016/J.IJCCI.2021.100335.
- [10] J. Garzón, Kinshuk, S. Baldiris, J. Gutiérrez, and J. Pavón, "How do pedagogical approaches affect the impact of augmented reality on education? A meta-analysis and research synthesis," *Educ Res Rev*, vol. 31, p. 100334, Nov. 2020, doi: 10.1016/J.EDUREV.2020.100334.
- [11] Y. Liu, V. E. Sathishkumar, and A. Manickam, "Augmented reality technology based on school physical education training," *Computers and Electrical Engineering*, vol. 99, p. 107807, Apr. 2022, doi: 10.1016/J.COMPELECENG.2022.107807.
- [12] A. Rohacz, S. Weißenfels, and S. Strassburger, "Concept for the comparison of intralogistics designs with real factory layout using augmented reality, SLAM and marker-based tracking," *Procedia CIRP*, vol. 93, pp. 341–346, Jan. 2020, doi: 10.1016/J.PROCIR.2020.03.039.
- [13] S. Ubik, J. Kubišta, and T. Dvořák, "Interactive 3D models: Documenting and presenting restoration and use of heritage objects," *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, vol. 27, p. e00246, Dec. 2022, doi: 10.1016/J.DAACH.2022.E00246.
- [14] "Art Nouveau: Pasting Vector Art from Illustrator," *Creative Photoshop*, pp. 322–339, Jan. 2007, doi: 10.1016/B978-0-240-52046-9.50023-9.

- [15] M. Bakkiyaraj, G. Kavitha, G. Sai Krishnan, and S. Kumar, "Impact of Augmented Reality on learning Fused Deposition Modeling based 3D printing Augmented Reality for skill development," *Mater Today Proc*, vol. 43, pp. 2464–2471, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.MATPR.2021.02.664.
- [16] Y. Ye, Z. Song, and J. Zhao, "High-fidelity 3D real-time facial animation using infrared structured light sensing system," *Comput Graph*, vol. 104, pp. 46–58, May 2022, doi: 10.1016/J.CAG.2022.03.007.