

# Augmented Reality Technology for the Introduction of Mobile-Based Spaces with the Hough Transform Method (Case Study: Akprind Institute of Science and Technology Campus Locations)

Galuh Ayu Novilia<sup>1</sup>, Uning Lestari<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Informatika, IST AKPRIND Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta

<sup>1,2</sup>Jl. Kalisahak Jl. Balapan No.28, Klitren, Gondokusuman, Yogyakarta, DIY, Indonesia

E-Mail Corresponden: [uning@akprind.ac.id](mailto:uning@akprind.ac.id)

Received: 21 Desember 2020

Revised: 5 Januari 2021

Accepted: 20 Januari 2021

*Abstract-AKPRIND Institute of Science & Technology (IST AKPRIND) Yogyakarta is one of the private universities in Yogyakarta which has 3 different building locations so that it has many rooms and buildings in a large area. In addition, the shape of the room is similar and the lack of information and the location of the campus which is divided into three, often makes it difficult for new students to find a room to carry out the lecture process later. Augmented Reality (AR) is a concept of combining virtual reality with world reality (real life), so that 2-dimensional (2D) or 3-dimensional (3D) virtual objects seem to look real and blend into the real world. The AR camera will capture and identify markers and then position and place a virtual data object on the marker. In the process of creating an AR application, Unity3D tools and a database using Vuforia are required. The results of the application will be tested using the Standard Hough Transform (SHT) method. SHT is tested to get a conclusion about the detection distance value at the distance between the image and the camera. The test was carried out using 3 marker sizes with a tilt angle of 0 °, 15 °, 30 °, 45 °, 60 °, 75 °, and 90 ° carried out with 20 watts of lamp lighting and a distance of 2.5 meters between the lamp and the marker. Based on testing with the SHT method, the larger the marker size, the farther the marker distance can be detected.*

**Keywords;** Augmented Reality, Hough Transform, Marker

## I. PENDAHULUAN

Teknologi Augmented Reality (AR) merupakan teknologi dalam bidang komunikasi dan informasi yang menggabungkan benda maya dua dimensi atau tiga dimensi ke dalam dunia nyata tiga dimensi. Dengan teknologi augmented reality, suatu benda yang sebelumnya hanya dapat dilihat secara dua dimensi, dapat muncul sebagai obyek virtual

yang dimasukkan kedalam lingkungan nyata secara realtime dan interaktif karena sistem ini mengintegrasikan informasi virtual ke dalam lingkungan nyata sehingga pengguna dapat melihat informasi tersebut sebagai satu kesatuan [1]. Saat ini penelitian dan penggunaan augmented reality meluas hingga ke berbagai aspek, contohnya dalam bidang kesehatan, militer, hiburan, fashion, komersial, hingga game. Hal ini dikarenakan penggunaan AR sangat informatif dan menarik.

Beberapa penelitian tentang penerapan AR untuk berbagai macam fungsi pengenalan dengan metode yang beragam telah dilakukan oleh banyak peneliti diantaranya penggunaan AR digunakan untuk pengenalan ruang UNIKOM yang berbasis android [2], pengenalan rumah sakit [3], pengenalan ruang di museum [3]. Penggunaan AR dengan dukungan basisdata Vuforia dan aplikasi Unity 3D juga telah dibuat untuk pengenalan ruang [4]. Selain untuk pengenalan ruang, AR ini juga dapat diterapkan di berbagai bidang misal di bidang pembelajaran [5],[6],[7]. Penerapan AR tidak terlepas dari pengolahan citra yang berupa bangun datar. Bangun datar merupakan bagian bidang datar yang terdiri dari garis lurus dan garis lengkung, oleh karena itu diperlukan metode khusus untuk identifikasi bangun datar. Metode yang dapat diterapkan adalah *Line Hough Transform* untuk mendeteksi garis lurus dan *Circular Hough Transform* untuk mendeteksi garis lengkung. Beberapa peneliti yang menggunakan metode Hough Transform untuk identifikasi ruang dalam AR diantaranya telah dilakukan oleh [8][9].

Institut Sains & Teknologi AKPRIND (IST AKPRIND) merupakan salah satu perguruan tinggi swasta di Yogyakarta yang sudah cukup terkenal di masyarakat. Kampus ini memiliki 3 lokasi kampus yang berbeda. Setiap tahun kampus IST AKPRIND melakukan penerimaan mahasiswa baru dari berbagai wilayah. Bagi setiap mahasiswa baru

khususnya pada masa pengenalan kampus sangatlah penting untuk mengetahui ruangan-ruangan yang berada di area kampus IST AKPRIND. Ruangan-ruangan tersebut meliputi ruangan kelas, laboratorium, perpustakaan, parkir, pelayanan administrasi, ruang belajar mandiri, dan lain-lainnya. Bagi mahasiswa baru mungkin agak sulit untuk mencari ruang-ruang tersebut apalagi ada beberapa di lokasi gedung yang berbeda. Selain itu, bentuk dari ruangan yang mirip serta kurangnya informasi dan letak dari kampus yang terbagi menjadi tiga lokasi tersebut seringkali menyulitkan mahasiswa baru untuk mencari suatu ruangan untuk melakukan proses perkuliahan nantinya.

Dengan melihat fungsi pada teknologi *augmented reality* dan berkembangnya teknologi berbasis mobile, maka penggabungan kedua teknologi tersebut dapat lebih meningkatkan strategi pengenalan ruang menjadi lebih efektif dan lebih interaktif bagi penggunaannya terutama bagi mahasiswa baru dan juga lebih mengenalkan kepada masyarakat tentang kampus sehingga mendukung program promosi kampus ke masyarakat luas. Pada penelitian ini penerapan teknologi AR menggunakan metode Hough Transform untuk visualisasi dalam bentuk gambar 3 dimensi (*marker image*) dan juga menggunakan Unity 3D untuk pemrograman animasi serta Vuforia yang merupakan *software* yang digunakan untuk membantu dalam membangun *augmented reality* untuk *image recognition* yang tersimpan pada cloud.

## II. LANDASAN TEORI

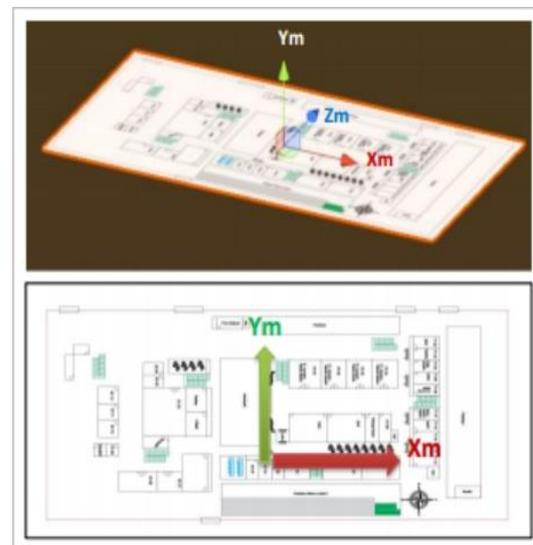
### A. *Augmented Reality*

*Augmented Reality* (AR) dimulai pada tahun 1957-1962, ketika Morton Heilig yang merupakan seorang sinematografer menciptakan sebuah simulator yang disebut juga dengan sensorama dengan *visual*, getaran dan bau. Konsep AR sendiri adalah sebuah program komputer dengan alat bantu sebuah kamera yang pada aksinya akan menangkap sebuah *image target (marker)* dan mengidentifikasi *marker* tersebut lalu memposisikan dan menempatkan suatu objek data virtual pada *marker*. Objek yang akan ditampilkan dapat berupa gambar dua dimensi, gambar tiga dimensi, video, audio. Objek tersebut akan ditampilkan diatas *marker*, sehingga orang dapat melihat objek tersebut melalui kamera [1].

### B. *Marker*

*Image target* atau *marker* merupakan sebuah pola yang dibuat dalam bentuk gambar yang terlebih dahulu dimasukkan dalam database di vuforia dan *marker* ini nantinya dicetak bisa berupa *softcopy* (gambar di hp) maupun secara *hardcopy* (dicetak dengan *printer*) yang akan dikenali oleh kamera. *Marker* pada ArToolkit merupakan gambar yang terdiri atas *border outline* dan *pattern image*.

*Marker* ini berupa denah kampus 1 lantai 1 IST Akprind Yogyakarta. Cara pembuatan dilakukan dengan mengumpulkan data ruangan dengan observasi langsung ke lapangan terlebih dahulu kemudian dibuat denah menggunakan corelDRAW X7. Karena kampus 1 terdapat tiga lantai maka nantinya *marker* yang dibuat berjumlah tiga *marker* dengan tiga ukuran *marker*. *Marker* tersebut nantinya akan digunakan sebagai objek yang akan dirender. Koordinat *marker* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar II.4 berikut. Pada Gambar II.4, gambar diatas menunjukkan posisi *marker* jika dilihat dari samping, maka akan terlihat tiga koordinat yaitu  $Y_m$ ,  $Z_m$ , dan  $X_m$ . Pada gambar bawah menunjukkan posisi *marker* jika dilihat dari atas, maka hanya akan muncul dua koordinat, yaitu  $Y_m$  dan  $X_m$ . Contoh *marker* dapat dilihat pada Gambar 1

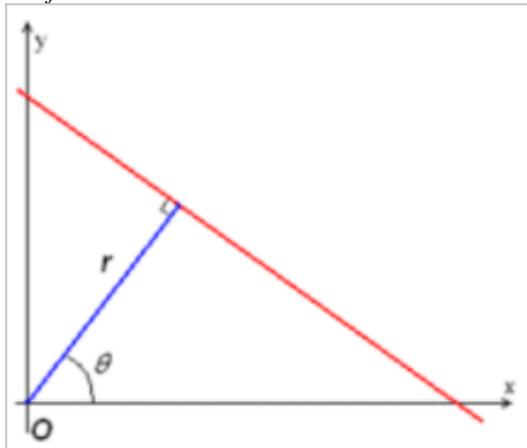


Gambar 1. Posisi Koordinat pada *Marker*

### C. *Hough Transform*

Pada tahun 1967, Hough mengusulkan untuk mendeteksi garis yang terletak dalam ruang koordinat, dimana titik  $(x,y)$  dalam ruang koordinat  $xy$  dapat ditransformasikan menjadi suatu persamaan garis pada ruang koordinat. Teknik ini dikenal dengan "*Hough Transform*". Pada Gambar 2 menjelaskan Teknik *Hough Transform*, , teknik tersebut dikembangkan oleh Duda dan Hart, dikenal dengan nama *Standart Hough Transform*, yang menggunakan koordinat yang berlawanan persamaan garis lurus, yaitu :  $r = x \cos \theta + y \sin \theta$ , dimana  $r$  adalah jarak dari titik awal ke titik terdekat dari garis lurus,  $\theta$  (*theta*) adalah sudut antara sumbu  $x$  dan garis penghubung awal dengan titik terdekat. Oleh karena itu, kemungkinan dapat menghubungkan dengan beberapa garis dari gambar  $(r, \theta)$ . Bidang  $(r, \theta)$  terkadang menunjuk kepada ruang *hough* untuk kumpulan garis dalam dua dimensi. Gambaran ini membuat konsep *hough*

transform sama dengan *two-dimensional radon transform*.



Gambar 2. Teknik Hough Transform

#### D. Unity3D Engine

Unity 3D adalah sebuah *software* pemrograman yang digunakan untuk membuat berbagai macam aplikasi. Mayoritas penggunaan unity adalah untuk pembuatan aplikasi *game*. Tetapi dengan menggunakan *unity*, dapat membuat berbagai macam aplikasi seperti presentasi, *website*, bahkan dapat digukan untuk membuat *Augmented Reality* [10]. Unity diluncurkan pertama kali sebagai versi pra-rilis dengan GooBall, yaitu sebuah video game yang didesain khusus untuk Apple Macintosh. Unity diluncurkan secara resmi sebagai aplikasi yang bersifat komersial pada dua bulan setelahnya yaitu bulan Juni tahun 2005. Fitur-fitur dari unity sebagai berikut :

##### a. Rendering

*Graphics engine* yang digunakan adalah *Direct3D* (Windows, Xbox 360), *OpenGL* (Mac, Windows, Linux, PS3), *OpenGL ES* (Android, iOS), dan *proprietary APIs* (Wii). Ada pula kemampuan untuk *bump mapping*, *reflection mapping*, *parallax mapping*, *Screen Space Ambient Occlusion (SSAO)*, *dynamic shadows using shadow maps*, *render-to-texture and full-screen post-processing effects*.

##### b. Scripting

*Script game engine* dibuat dengan Mono 2.6, sebuah implementasi *open-source* dari .NET Framework. Programmer dapat menggunakan *UnityScript* (bahasa terkustomisasi yang terinspirasi dari sintaks *ECMAScript*, dalam bentuk *JavaScript*), *C#*, atau *Boo* (terinspirasi dari sintaks bahasa pemrograman *python*).

##### c. Asset Tracking

Unity juga menyertakan *Server Unity Asset*, yaitu sebuah solusi terkontrol untuk *game developer asset* dan *script*. *Server* tersebut menggunakan *PostgreSQL* sebagai *backend*, sistem audio dibuat menggunakan *FMOD*

*library* (dengan kemampuan untuk memutar *Ogg Vorbis Compressed Audio*), *video playback* menggunakan *Theora codec*, *engine* daratan dan vegetasi (dimana mensupport *tree billboarding*, *Occlusion Culling* dengan *Umbr*), *built-in lightmapping* dan *global illumination* dengan *beast*, *multiplayer networking* menggunakan *RakNet*, dan navigasi *mesh*.

##### d. Platforms

*Unity support* pengembangan ke berbagai *platform*. Didalam *project*, *developer* memiliki *control* untuk mengirim *keperangkat mobile*, *web browser*, *desktop*, dan *console*. Unity juga mengijinkan spesifikasi kompresi tekstur dan pengaturan resolusi di setiap *platform* yang didukung.

##### e. Asset Store

*Asset store* terdiri dari koleksi lebih dari 4,400 *asset packages*, beserta 3D models, *textures* dan *materials*, *sistem particle*, *music* dan efek suara, *tutorial* dan *project*, *scripting package*, *editor extensions* dan layanan online.

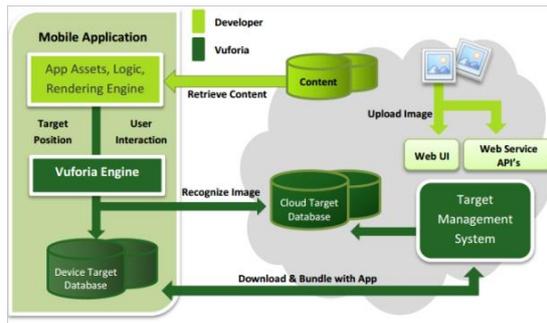
##### f. Physics

Unity juga memiliki *support built-in* untuk *PhysX physics engine* (sejak Unity 3.0) dari *Nvidia* (sebelumnya *Ageia*) dengan penambahan kemampuan untuk simulasi *real-time cloth* pada *arbitrary* dan *skinned meshes*, *thick ray cast*, dan *collision layers*

#### E. Vuforia

*Vuforia* merupakan *software* yang digunakan untuk membantu dalam membangun *augmented reality* yang dikembangkan oleh *Qualcomm*, dengan sumber yang konsisten mengenai *computer vision* yang fokus pada *image recognition*. Dengan fitur yang disediakan oleh *vuforia*, sangat membantu para pengembang sebagai sarana untuk mewujudkan pemikiran mereka tanpa adanya batasan secara teknikal [7].

Dengan support untuk sistem operasi *iOS*, *Android*, dan *Unity3D*, platform *Vuforia* membantu pengembang membuat dan menerapkan aplikasi di hampir seluruh jenis dan tipe *smartphone* dan *tablet*. Kebebasan yang diberikan pengembang dalam mendesain dan membuat aplikasi yang mempunyai kemampuan antara lain [7] : 1. Teknologi *computer vision* tingkat tinggi yang mengijinkan pengembang untuk membuat efek khusus pada *mobile device*, 2. Terus-menerus mengenali *multiple image*, 3. *Tracking dan detection* tingkat lanjut, 4. Solusi pengaturan *database* gambar yang fleksibel. Pada Gambar 2 menggambarkan struktur dari *vuforia* dimana *software* tersebut dapat mengenali gambar menjadi sebuah data-data penting yang kemudian disimpan di dalam *database* berbentuk *cloud*. Data yang terimpan akan dipakai kembali sebagai informasi gambar didalam sebuah aplikasi.



Gambar 3. Struktur Vuforia

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Perancangan aplikasi

Perancangan Aplikasi merupakan media perencanaan sebagai penggambaran urutan alur kerja aplikasi berupa kumpulan pola gambar dengan inialisasi di dalam sketsa sederhana. Penggabungan model unity 3D dengan *extension* Vuforia sehingga menjadi aplikasi AR yang dapat dijalankan pada *mobile* yang dapat menampilkan informasi tentang ruang-ruang kampus IST AKPRIND dalam bentuk animasi 3 dimensi. Langkah-langkah tersebut dibuat dalam diagram alir aplikasi yang dapat dilihat pada Gambar 3. Proses pembuatan sistem tersebut terdiri dari beberapa proses yaitu :

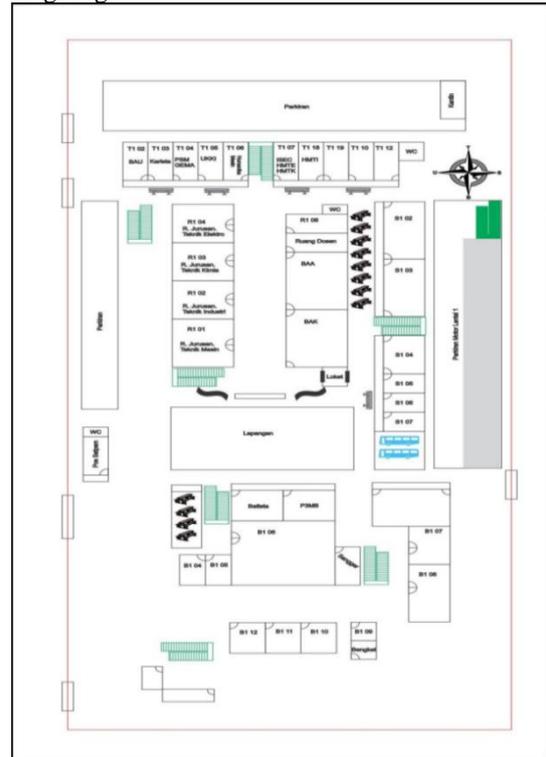
- a. Proses Inialisasi, yang meliputi proses:
  - Inialisasi image capture dan membaca marker dan parameter kamera
  - Ambil *image frame input*
- b. Proses Loop Utama
  - Mendeteksi pola *marker* dan pola gambar
  - Penghitungan transformasi kamera relative yang terdeteksi
  - Menggambar objek virtual pada pola yang terdeteksi
- c. Proses Akhir
  - Tutup *image capture*



Gambar 4. Diagram Alir Aplikasi

#### B. Perancangan Marker

Data yang berupa image untuk pengenalan ruang perlu dibuat pada awal pembuatan sistem. Gambar berupa denah lokasi kampus IST AKPRIND harus sesuai dengan keadaan real di lapangan. Pada sistem ini telah dibuat 3 buah jenis marker denah gedung sesuai dengan lokasi gedung. Pada Gambar 4. merupakan struktur gambar denah ruangan kampus 1 lantai 1 pada IST Akprind Yogyakarta. Denah ruangan ini didapatkan dari pengamatan atau observasi lapangan secara langsung.



Gambar 5. Marker Kampus 1 Lantai

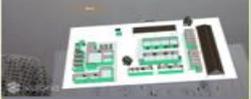
### IV. PEMBAHASAN

Aplikasi dibangun dan dianalisa agar penerapan metode hough transform dapat diimplementasikan dalam media *smartphone*. Aplikasi pengenalan ruangan kampus I IST AKPRIND Yogyakarta memberikan solusi dengan hasil jarak terdekat dan terjauh *marker* yang terdeteksi oleh kamera *webcam* dengan metode hough transform. Adapun hasil *screenshot* dari aplikasi dan *marker* ini, diantaranya adalah :

#### A. Marker

*Marker* untuk pengenalan ruang berupa denah kampus I yang digunakan sebagai gambar untuk dideteksi oleh AR Camera. Aplikasi ini menggunakan tiga ukuran *marker*, yang masing-masing memiliki ukuran sebagai berikut : **Marker A** dengan panjang 12,7 cm dan lebar 8,1 cm; **Marker B** dengan panjang 21,7 cm dan lebar 14,9 cm, dan **Marker C** memiliki panjang 29,7 cm dan lebar 21 cm. Penentuan bidang (x,y) dari x



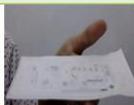
	Marker C	27,96		terdeteksi
30°	Marker A	13,36		terdeteksi
	Marker B	23,75		terdeteksi
	Marker C	33,03		terdeteksi
	Marker A	14,7		terdeteksi
45°	Marker B	25,87		terdeteksi

Hasil dari Tabel 1 menunjukkan jarak *marker* akan terdeteksi jika *marker* A dengan bidang (8,1 ; 12,7) mempunyai sudut ( $\theta$ )  $0^{\circ}$  -  $60^{\circ}$ , dengan jarak berkisar antara 8,1 cm sampai 15,04 cm. *marker* B dengan bidang (14,9 ; 21,7) mempunyai sudut ( $\theta$ )  $0^{\circ}$  -  $60^{\circ}$ , dengan jarak berkisar antara 14,9 cm sampai 26,24 cm, dan *marker* C dengan bidang (21 ; 29,7) mempunyai sudut ( $\theta$ )  $0^{\circ}$  -  $60^{\circ}$ , dengan jarak berkisar antara 21 cm sampai 26,24 cm, sedangkan jarak *marker* tidak terdeteksi apabila *marker* A mempunyai sudut ( $\theta$ )  $75^{\circ}$  dan  $90^{\circ}$ , dengan jarak berkisar antara 14,35 cm dan 12,7 cm, *marker* B mempunyai sudut ( $\theta$ )  $75^{\circ}$  dan  $90^{\circ}$ , dengan jarak berkisar antara 24,81 cm dan 21,7 cm, dan *marker* C mempunyai sudut ( $\theta$ )  $75^{\circ}$  dan  $90^{\circ}$ , dengan jarak berkisar antara 34,11 cm dan 29,7 cm

#### d. Pengujian

Pengujian pada aplikasi dengan metode hough transform berdasarkan sudut kemiringannya ( $\theta$ ) dapat dilihat pada tabel 2. Pengujian dilakukan dengan sudut kemiringan  $0^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ ,  $75^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$  dengan jarak marker 15 cm, dengan X=8.1 cm dan Y=12.7 cm. Dari Tabel IV.4 menunjukkan bahwa hasil toleransi kemiringan pembacaan *marker* dapat Terdeteksi pada sudut kemiringan  $0^{\circ}$  sampai  $60^{\circ}$ , pada sudut kemiringan  $75^{\circ}$  dan  $90^{\circ}$  *marker* tidak terdeteksi

Tabel 2. Pengujian berdasarkan Sudut Kemiringannya ( $\theta$ )

Sudut Kemiringan ( $\theta$ )			
Jarak marker = 15 cm, dengan X = 8,1 cm dan Y = 12,7 cm			
$0^{\circ}$	$15^{\circ}$	$30^{\circ}$	$30^{\circ}$
			
			

Selain itu pengujian tiap marker A, B, C juga dilakukan untuk menentukan jarak terdekat *marker* dan jarak terjauh. Pengujian *marker* A menunjukkan bahwa *marker* A dengan sudut  $0^{\circ}$ , dan diketahui bidang (x,y) adalah (8,1 ; 12,7) *marker* akan terdeteksi apabila *marker* dari *webcam* mempunyai jarak terdekat 8,1 cm dan jarak terjauh 36 cm. Sebaliknya *marker* tidak akan terdeteksi jika pengujian jarak lebih dari 36 cm. Pengujian jarak terdeteksi dan tidak terdeteksi ditentukan oleh nilai ambang batas (*threshold*) antara 36 cm sampai 43 cm. Dari hasil uji dapat disimpulkan bahwa nilai ambang batas pengujian 36 cm dan 37 cm, *marker* atau image target masih terdeteksi, tetapi pada nilai 38 cm, 39 cm, 40 cm, 41 cm, 42 cm, dan 43 cm *marker* tidak terdeteksi.

Pengujian pada *marker* B menunjukkan bahwa *marker* B dengan sudut  $0^{\circ}$ , dan diketahui bidang (x,y) adalah (14,9 ; 21,7) *marker* akan terdeteksi apabila *marker* dari *webcam* mempunyai jarak terdekat 14,9 cm dan jarak terjauh 49 cm. Sebaliknya *marker* tidak akan terdeteksi jika pengujian jarak lebih dari 49 cm. Pengujian jarak terdeteksi dan tidak terdeteksi ditentukan oleh nilai ambang batas (*threshold*) antara 49 cm sampai 56 cm. Hasil uji coba dapat disimpulkan bahwa nilai ambang batas pengujian 49 cm, 50 cm, 51 cm, dan 52 cm, *marker* atau image target masih bisa dideteksi, tetapi pada nilai 53 cm, 54 cm, 55 cm, dan 56 cm *marker* tidak terdeteksi.

Pengujian pada *marker* C menunjukkan bahwa *marker* C dengan sudut  $0^{\circ}$ , dan diketahui bidang (x,y) adalah (21 ; 29,7) *marker* akan terdeteksi apabila *marker* dari *webcam* mempunyai jarak terdekat 21 cm dan jarak terjauh 72 cm. .Sebaliknya *marker* tidak akan terdeteksi jika pengujian jarak lebih dari 72 cm. Pengujian jarak terdeteksi dan tidak terdeteksi ditentukan oleh nilai ambang batas (*threshold*) antara 72 cm sampai 87 cm. Hasil uji coba disimpulkan bahwa nilai ambang batas pengujian 72 cm, 73 cm, 74 cm, 75 cm, 76 cm, 77 cm, 78 cm, 79 cm, 80 cm, 81 cm, dan 82 cm, *marker* atau image target masih bisa dideteksi, tetapi pada nilai 83 cm, 84 cm, 85 cm, 86 cm, dan 87 cm *marker* tidak terdeteksi. Hasil uji coba dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji coba

Kriteria	MARKER A	MARKER B	MARKER C
Ukuran	(8,1 ; 12,7) cm	(14,9 ; 21,7) cm	(21 ; 29,7) cm
Sudut 0°	TERDETEKSI pada: Jarak terdekat 8,1 Jarak Terjauh 36 cm TIDAK TERDETEKSI jika jarak > 36 cm	TERDETEKSI pada: Jarak terdekat 14,9 Jarak Terjauh 49 cm TIDAK TERDETEKSI jika jarak > 49 cm	TERDETEKSI pada: Jarak terdekat 21 cm Jarak Terjauh 72 cm TIDAK TERDETEKSI jika jarak > 72 cm
Ambang Batas	θ : 36 - 43 cm Jarak 36-37 : Terdeteksi Jarak > 37 cm: Tidak Terdeteksi	θ : 49-56 cm Jarak 49-52 : Terdeteksi Jarak > 53 cm: Tidak Terdeteksi	θ : 36 - 43 cm Jarak 36-37 : Terdeteksi Jarak > 37 cm: Tidak Terdeteksi

## V. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil pembuatan sistem aplikasi pengenalan ruang dengan menggunakan teknologi Augmented Reality berbasis mobile ini adalah sistem ini telah berhasil menampilkan objek tiga dimensi (3D) pada layar ketika sebuah *marker* tertentu dihadapkan pada *webcam*. Metode *Hough Transform* juga telah berhasil di terapkan dalam teknologi ini dengan memakai tools Unity 3D, dan metode ini menghasilkan suatu rentang jarak antara jarak yang terdeteksi maupun jarak tidak terdeteksi oleh kamera pada *webcam*. Penggunaan SDK pada Vuforia dan Unity untuk mengembangkan aplikasi *augmented reality* (AR) membantu para pemula karena sifatnya *low programming*. Sistem ini membutuhkan pengembangan-pengembangan diantaranya:

1. Dikarenakan penyimpanan memori yang besar pada unity dan berdampak pada besarnya kapasitas file apk untuk diunduh, maka disarankan untuk mencari teknik yang lebih baik dalam meminimalisir penggunaan memori pada ruang penyimpanan *handphone*.
2. Kurangnya menu dalam aplikasi seperti tombol zoom maupun rotasi dimaksimalkan untuk mempermudah dalam menelusuri ruangan kampus.
3. Lebih dikembangkan dengan memakai teknologi *Virtual Reality* (VR), sehingga aplikasi menjadi lebih nyata.

## Daftar Pustaka

- [1] J. Carmigniani, B. Furht, M. Anisetti, P. Ceravolo, E. Damiani, en M. Ivkovic, "Augmented reality technologies, systems and applications", *Multimed. Tools Appl.*, vol 51, no 1, bll 341–377, 2011.
- [2] S. Ginting en ES Hidayat, "Penerapan Teknologi Augmented Reality Sebagai Media Pengenalan Gedung Baru UNIKOM Berbasis Android", *J. Maj. Ilm. Unikom*,

- vol 14, no 2, 2016.
- [3] C. L. Kilmanun, V. Tulenan, en B. Sugiarto, "Pengenalan Rumah Sakit Umum Propinsi Prof. Dr. R. D. Kandou di Kota Manado Berbasis Augmented Reality", *J. Tek. Inform.*, vol 9, no 1, bll 1–9, 2016.
  - [4] A. Nugroho en B. A. Pramono, "Aplikasi Mobile Augmented Reality Berbasis Vuforia Dan Unity Pada Pengenalan Objek 3D Dengan Studi Kasus Gedung M Universitas Semarang", *J. Transform.*, vol 14, no 2, bl 86, 2017.
  - [5] D. Atmajaya, "IMPLEMENTASI AUGMENTED REALITY UNTUK PEMBELAJARAN INTERAKTIF", *Ilk. J. Ilm.*, vol 9, no 2, 2017.
  - [6] U. Lestari en E. Trisanjaya, "Virtual Tour Cagar Budaya Taman Sari Dengan Menggunakan Metode Augmented Reality Guna Mendukung Yogyakarta Sebagai Heritage Cities", *Semastikom*, no 28–29, bll 1–7, 2016.
  - [7] U. Lestari en A. Franz, "Augmented Reality Untuk Pengenalan Satwa Pada Kebun Binatang Gembira Loka Yogyakarta", *SCRIPT*, vol 1, no 2, 2014.
  - [8] E. Winata, H. Risna, en R. Angreni, "Identifikasi Jenis Bangun Datar dengan Algoritma Line Hough Transform dan Circular Hough Transform", *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol 2, no 2, bll 120–129, 2016.
  - [9] Z. Bahri, "Metode Pusat dan Circular Hough Transformation untuk Mendeteksi Lingkaran pada Sebuah Citra", *Digit. Zo. J. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol 11, no 2, 2020.
  - [10] Pamoedji, A. K., *Mudah Membuat Game Augmented Reality (AR) dan Virtual Reality (VR) dengan Unity 3D*. 2017.