

MARKER BASED AUGMENTED REALITY PADA BUKU POA DENGAN METODE FAST CORNER DETECTION

Caraka Aji Pranata¹, Ema Utami², Emha Taufiq Luthfi³
Universitas Amikom Yogyakarta ^{1,2,3}

caraka7838@students.amikom.ac.id¹, ema.u@amikom.ac.id², emha@amikom.ac.id³

Abstrak – Pada era yang serba digital saat ini, Augmented reality menjadi tren pada beberapa bidang. Pengertian augmented reality sendiri adalah sebuah teknologi yang dapat menggabungkan objek virtual dengan objek yang ada pada dunia nyata secara realtime. Augmented Reality berbeda dari Virtual Reality dan Mixed Reality. Marker base augmented reality merupakan jenis augmented reality yang menggunakan pengenalan gambar 2 dimensi secara real-time untuk memberi pengguna visualisasi data digital tambahan untuk memberikan informasi sesuai yang dibutuhkan. Fast Corner Detection merupakan sebuah algoritma yang diciptakan karena visualisasi realtime yang tidak cukup cepat dan memiliki source komputasi yang tidak terbatas. Buku Peralatan Olahraga Anak (POA) merupakan sebuah buku pedoman penggunaan dari Peralatan Olahraga Anak yang disusun untuk memberikan kemudahan dalam menggunakan peralatan tersebut. Penelitian ini membahas tentang efektifitas dari penggunaan metode FAST Corner Detection dalam teknologi Augmented Reality. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi, waktu pendeteksian marker, jarak marker terhadap kamera, sudut marker terhadap kamera, dan pengaruh cahaya terhadap marker. Dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa deteksi maksimal didapatkan saat pengujian di luar ruangan pada jarak 40cm.

Kata kunci: *Augmented Reality; Fast Corner Detection; Marker Based, Peralatan Olahraga Anak;*

Abstract - In this digital age, Augmented reality is a trend in several fields. The definition of augmented reality itself is a technology that can combine virtual objects with objects that exist in the real world in real time. Augmented Reality is different from Virtual Reality and Mixed Reality. Augmented reality marker base is a type of augmented reality that uses real-time introduction of 2-dimensional images to give users additional digital data visualization to provide the information they need. Fast Corner Detection is an algorithm created because realtime visualizations are not fast enough and have unlimited compute sources. Peralatan Olahraga Anak (POA) book used as a module of Peralatan Olahraga Anak that is compiled to provide convenience in using such equipment. This research discusses the effectiveness of the use of FAST Corner Detection method in Augmented Reality technology. The tests carried out in this study include, marker detection time, marker distance to camera, marker angle to camera, and effect of light on marker. In this research, obtained results of maximum results is in outdoor testing at 40cm range.

Keyword : **Augmented Reality; Fast Corner Detection,Marker Based; Peralatan Olahraga Anak;**

1. Latar Belakang

Pada era yang serba digital saat ini, Augmented reality menjadi tren pada beberapa bidang. Pengertian augmented reality sendiri adalah sebuah teknologi yang dapat menggabungkan objek virtual dengan objek yang ada pada dunia nyata secara realtime. Augmented Reality berbeda dari Virtual Reality dan Mixed Reality. Perbedaannya terletak pada cara kerja dari teknologi tersebut. Pada teknologi Virtual Reality, pengguna dibawa kedalam dunia virtual sepenuhnya tanpa bisa berinteraksi atau melihat dengan dunia nyata. Berbeda dengan Virtual Reality, Augmented Reality dan Mixed Reality memungkinkan pengguna untuk melihat dan berinteraksi dengan dunia

nyata [1]. Menambahkan teknologi AR dalam modul atau panduan praktis dapat membantu meningkatkan persepsi dan penguasaan konsep siswa. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa menambahkan AR dalam pembelajaran dapat meningkatkan kinerja, motivasi dan minat, retensi pengetahuan, partisipasi, sikap dan keterampilan proses. Selain itu, penggunaan augmented reality dalam kegiatan praktis dapat membantu siswa untuk berinteraksi dengan konten digital, sehingga meningkatkan imajinasi dan kreativitas [2]. Dalam Augmented Reality membutuhkan suatu target yang digunakan dalam memunculkan object 3 dimensi yang dinamakan dengan marker. Ada 2 jenis marker yang digunakan yaitu Marker Based Tracking

dan Markerless Based Tracking [3]. Marker base augmented reality merupakan jenis augmented reality yang menggunakan pengenalan gambar 2 dimensi secara real-time untuk memberi pengguna visualisasi data digital tambahan untuk memberikan informasi sesuai yang dibutuhkan. Sedangkan untuk Markerless Augmented Reality tidak bergantung pada marker untuk identifikasi, namun tetapi pada karakteristik lingkungan. Beberapa markerless memiliki kapasitas untuk mengumpulkan dan menyimpan data dan fitur tentang area tempat mereka digunakan untuk penggunaan berikutnya [4].

Penggunaan marker dalam melakukan tracking gambar dapat dioptimalkan, diterapkan, dan diuji menggunakan beberapa metode, diantaranya adalah Harris Corner Detection [5] dan Features from Accelerated Segment Test Corner Detection [6]. Dari beberapa metode yang sudah disebutkan, Karim dalam penelitiannya membahas tentang perbedaan dari metode HCD dan FASTCD didapatkan kesimpulan bahwa HCD tidak cocok digunakan untuk pemrosesan real-time [7]. Selain perbandingan HCD dan FASTCD, ada juga perbandingan yang menunjukkan hasil bahwa FASTCD lebih cepat dalam hal proses, keakuratan, dan ruang yang digunakan dalam memory dibanding metode yang lainnya [8]. Fast Corner Detection merupakan sebuah algoritma yang diciptakan karena visualisasi realtime yang tidak cukup cepat dan memiliki source komputasi yang tidak terbatas. Salah satu contoh yang sering digunakan adalah algoritma Simultaneous Localization and Mapping atau biasa disebut dengan SLAM. SLAM memiliki tingkat komputasi yang sangat terbatas [6].

Seiring berjalannya waktu, Augmented Reality bisa dimanfaatkan dalam beberapa bidang, diantaranya adalah pada bidang marketing, budaya, dan juga pendidikan. Ketika digunakan di bidang marketing, didapatkan hasil bahwa Augmented Reality layak untuk digunakan [9]. Saat digunakan dibidang budaya, Satria dalam penelitiannya berhasil membuat aplikasi tanpa membuat pola atau barcode [10]. Pada bidang pendidikan dan fokusnya kepada kemampuan pemahaman dalam latihan untuk melakukan sebuah gerakan, Augmented Reality dibutuhkan untuk memberikan visualisasi cara melakukan gerakan dengan benar [11]. Dari segi efektifitas di bidang pendidikan, Augmented Reality sangat efektif ketika digunakan sebagai media pembelajaran. Hal ini disebabkan karena bantuan visualisasi 3 dimensi yang diberikan oleh Augmented Reality sangat membantu pengajar dalam

memberikan visualisasi dari materi yang disampaikan [12]. Maka dari itu dibutuhkannya keterlibatan dari kemajuan teknologi yang tepat dan sesuai untuk digunakan sebagai media pembelajaran. Maksudnya adalah dapat diterapkan secara berkelanjutan dan terjangkau mengikuti perkembangan teknologi yang ada.

Buku Peralatan Olahraga Anak (POA) merupakan sebuah buku pedoman penggunaan dari Peralatan Olahraga Anak yang disusun untuk memberikan kemudahan dalam menggunakan peralatan tersebut. Dalam Peralatan Olahraga Anak terdapat sebelas jenis alat yang dapat digunakan untuk melakukan berbagai jenis kegiatan jasmani, atletik (lari, lompat, dan lempar), olahraga dengan bola (bola voli, sepak bola, dan bola basket), dan olahraga raket (bulutangkis dan tenis mini) [13].

Berdasarkan dengan beberapa penelitian terdahulu tentang metode yang digunakan, penulis melakukan penelitian dengan menggunakan teknologi Augmented Reality dan metode FASTCD. Tujuan dari penelitian ini adalah menghitung tingkat akurasi dari Augmented Reality dengan metode FASTCD jika diterapkan pada Buku Peralatan Olahraga Anak. Kriteria pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah, efek cahaya dalam pembacaan marker, jarak pembacaan marker dan pengaruh sudut dalam pembacaan marker.

2. Kajian Pustaka

Beberapa hasil penelitian yang digunakan sebagai acuan untuk penelitian antara lain:

Penelitian dari Eis Akmeliny, dkk (2019) melakukan penelitian tentang Augmented Reality menggunakan algoritma FAST Corner Detection 2D marker based sebagai alat bantu dalam visualisasi 3 dimensi katalog rumah dijual, hasilnya adalah marker 2 dimensi yang digunakan mengalami perbedaan pengolahan kecepatan komputasi citra 2 dimensi dalam menampilkan object 3 dimensi. Hal ini dipengaruhi pada spesifikasi platform yang digunakan [9]. Pada penelitian ini waktu yang dibutuhkan untuk pengujian komputasi gambar 2 dimensi tidak ditampilkan waktu processing nya.

Lilia (2020) menggunakan Augmented Reality sebagai alat bantu pembelajaran konsep astronomi, sehingga memberikan kemudahan bagi para guru dalam memberikan pemahaman kepada para siswa. Penelitian ini mengatakan bahwa belajar dengan menggunakan Augmented Reality jauh lebih meningkatkan motivasi belajar astronomy daripada melihat

gambar 2 dimensi [14]. Namun pada penelitian ini marker gambar 2 dimensi tidak dirubah kedalam grayscale, sehingga tingkat akurasi yang didapatkan tidak terlalu maksimal.

Nurhadi pada penelitiannya menggunakan Markerless Augmented Reality dan algoritma FAST Corner Detection sebagai pembuktian bahwa algoritma FAST Corner Detection lebih baik daripada algoritma SLAM [15]. Namun dalam penelitian ini algoritma FAST Corner Detection tidak diberikan uji coba pada jarak, intensitas cahaya dan sudut.

Di penelitiannya, Kusumaningsih melakukan pengukuran deteksi Augmented Reality pada game Heroes of Surabaya dan menghasilkan data tentang pengujian dalam pembacaan marker 2 dimensi yang tersedia [16]. Namun penelitian ini tidak memiliki pengujian mendalam terhadap sudut dari pembacaan marker tersebut.

Penelitian yang dilakukan oleh Syihabudin pada tahun 2019 menggunakan Augmented Reality sebagai alat bantu dalam pengenalan hewan, dan penelitian ini menghasilkan data pengujian jarak dan sudut kamera terhadap gambar 2 dimensi, kecepatan komputasi dari pembacaan marker 2 dimensi, dan pengaruh intensitas cahaya terhadap pembacaan marker 2 dimensi [17]. Namun penelitian ini pengujiannya hanya pada platform Android saja dan tidak memberikan spesifikasi terhadap alat yang digunakan dalam melakukan pengujian.

Dadan menggunakan Augmented Reality dengan metode FAST Corner Detection sebagai alat yang digunakan untuk membantu dalam melakukan pengujian batik asli atau batik palsu dengan menggunakan QRcode sebagai marker [18]. Namun penggunaan marker dengan model QRcode kurang memberikan visualisasi sementara terhadap objek yang akan divisualisasikan.

3. Perancangan Sistem / Metode Penelitian

1. Metode Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Tahap Perencanaan

Pada tahapan ini ilustrasi gambar buku Peralatan Olahraga Anak digunakan sebagai marker untuk mengukur kecepatan komputasi algoritma FASTCD dan menghitung banyaknya interest point yang tampil pada marker.

b. Tahap Pengujian

Pada tahap ini dilakukan pengukuran kecepatan deteksi dan banyaknya

interest point yang tampil pada marker. Pengukuran sudut dan jarak menggunakan penggaris, sedangkan pengukuran cahaya menggunakan 2 kondisi yaitu kondisi indoor dengan lampu 15W dan kondisi outdoor dengan tiga pembagian waktu yaitu pukul 09.00, 12.00, dan 15.00.

c. Tahap Analisis

Dari rumusan masalah tersebut dapat diidentifikasi untuk mengetahui rekomendasi kemampuan kecepatan menampilkan interest point serta jumlah interest point yang tampil pada objek dua dimensi berdasarkan pengaruh sudut, jarak dan intensitas cahaya dari marker.

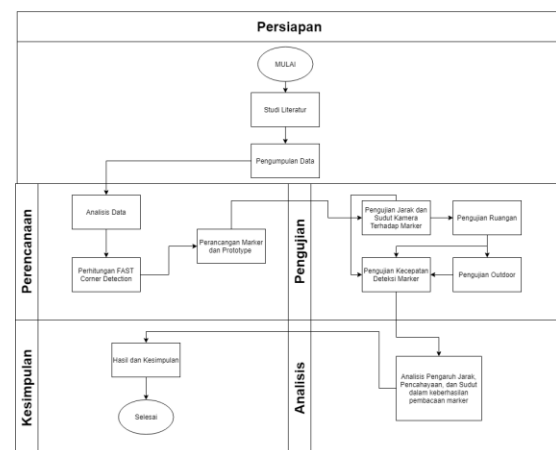
2. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data digunakan dalam memperoleh data-data yang dibutuhkan dalam penyusunan penelitian ini. Pengumpulan data yang dilakukan meliputi dengan melakukan studi literatur dari prosiding, buku, jurnal ilmiah dari penelitian sebelumnya.

3. Penyajian Data

Data hasil pengujian akan disajikan dalam bentuk tabel serta grafik data. Pada tabel dan grafik akan memuat tentang hasil pengujian marker dari berbagai versi device yang digunakan, sudut, jarak, dan kondisi pencahayaan pada saat pengujian berlangsung.

4. Alur Penelitian



Gambar 1. Alur Penelitian

Alur penelitian berawal dari mencari studi literatur yang berkaitan dengan Augmented Reality, Marker based, dan Algoritma FAST Corner Detection. Kedua, melakukan pengumpulan data yang akan digunakan selama penelitian berlangsung. Data yang digunakan didapatkan dari buku Peralatan Olahraga Anak yang akan digunakan sebagai marker. Ketiga adalah melakukan analisis data. Data yang dikumpulkan dari buku Peralatan Olahraga Anak kemudian di olah

agar bisa dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode FAST Corner Detection. Langkah ke empat adalah melakukan perhitungan dan memberikan pinpoint terhadap marker yang sebelumnya sudah di olah. Langkah ke lima merupakan pembuatan dari prototype alat uji. Pembuatan prototype menggunakan Unity 3D dan untuk database marker di koneksikan dengan Vuforia. Langkah ke enam, ke tujuh, kedelapan dan kesembilan merupakan serangkaian proses pengujian. Proses yang dilakukan adalah pengujian jarak, sudut, kondisi cahaya, dan kecepatan proses pembacaan marker. Langkah ke sembilan melakukan analisis dari pengujian yang dilakukan, apakah kriteria sesuai dengan kriteria atau belum. Langkah ke sepuluh adalah penulisan dari hasil pengujian dan sekaligus kesimpulan dari penelitian ini.

4. Implementasi Sistem dan Hasil

1. Tahap Perencanaan

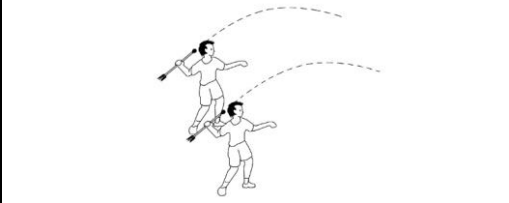
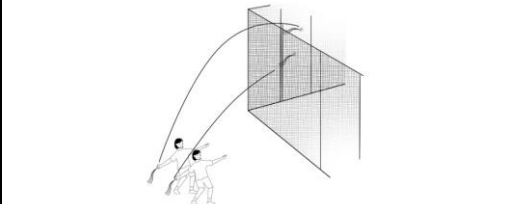
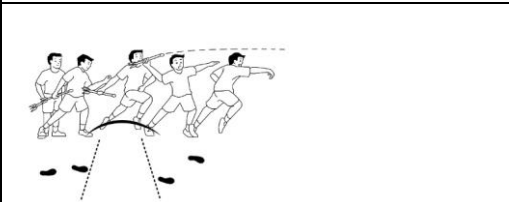
Untuk melakukan pengujian Augmented Reality menggunakan metode FAST Corner Detection dibutuhkan beberapa alat yang digunakan untuk mendukung pelaksanaan penelitian antara lain :

1. Tempat Pengujian : pengujian dilakukan di dalam ruangan dengan luas 3x3 m². Pencahayaan bersumber dari lampu yang digunakan yaitu 30W.
2. Peralatan Uji
 - a. Lampu : untuk lampu yang digunakan dalam pengujian berjenis LED dengan merk Philips dan memiliki besaran watt 15.
 - b. Smartphone : menggunakan Redmi Note 5 dan Samsung Galaxy A5 2017.
 - c. Stopwatch : digunakan untuk menghitung waktu yang dibutuhkan oleh smartphone untuk melakukan proses komputasi dari algoritma FAST Corner dalam membaca marker.
 - d. Marker

Kriteria marker yang akan dijadikan sebagai penanda adalah gambar 2 dimensi pada buku Peralatan Olahraga Anak. Marker yang akan diuji merepresentasikan tentang gerakan yang diperagakan. Untuk marker yang digunakan ada 3 jenis, seperti yang dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Marker

No	Marker
----	--------

1	
2	
3	

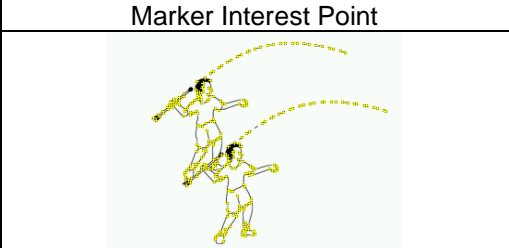
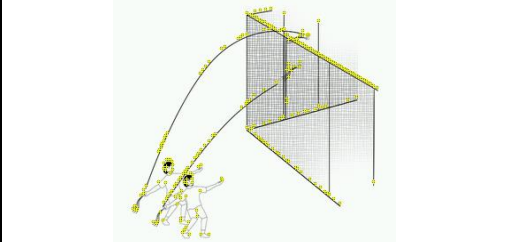
3. Desain Arsitektur Pengujian

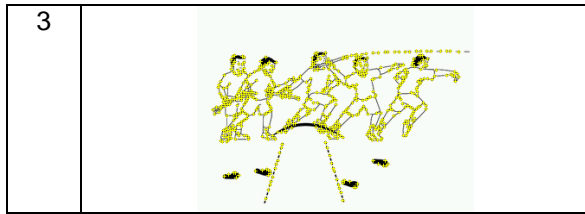
Marker yang ada pada buku Peralatan Olahraga Anak diletakan diatas meja atau bidang datar lainnya. Kemudian smartphone diarahkan dengan jarak 7cm, 10cm, 15cm, 20cm, 30cm, dan 40cm. Lalu untuk pengecekan sudut berada pada jarak 20cm dengan sudut yang diujikan adalah 30°, 60°, dan 90°.

4. Software pengujian

Software yang digunakan dibuat dengan menggunakan Unity 3D dan menggunakan bahasa C#. Alat bantu yang digunakan dalam menentukan interest point FASTCD adalah Vuforia SDK. Untuk hasil interest point dari marker, dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Interest Point Marker

No	Marker Interest Point
1	
2	



2. Tahap Pengujian

Tahap pengujian dilakukan dengan menguji waktu marker dapat terbaca, jarak kamera terhadap marker, sudut kamera terhadap marker, dan pengaruh cahaya terhadap marker. Proses pengujian memakan waktu ± 1 jam untuk setiap marker yang diuji. Untuk spesifikasi smartphone yang digunakan dalam pengujian ditampilkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi Alat Uji

Device	OS	CPU (Chipset)	Resolusi	Kamera
Redmi Note 5A	7.12	Octa-core 1.4 GHz Cortex-A53 (Snapdragon 435 28 nm)	720x 1280 px (16:9 ratio)	13MP
Samsung Galaxy A5 2017	8.0	Octa-core 1.9 GHz Cortex-A53 (Exynos 7880 14nm)	1080 x 1920 px (16:9 ratio)	16 MP

Kriteria untuk uji coba deteksi marker pada buku Peralatan Olahraga Anak sebagai berikut :

1. Waktu deteksi marker : < 1 detik
2. Ukuran marker : 5x5cm
3. Jumlah marker uji coba : 3 sample
4. Tempat uji coba : kamar dengan ukuran 3.5 x 4m²
5. Penerangan :
 - a. Di dalam ruangan menggunakan lampu LED Philips 20W
 - b. Pada luar ruangan menggunakan cahaya matahari.
6. Jarak deteksi marker dengan kamera : 10cm, 20cm, 30 cm dan 40cm
7. Posisi marker terhadap kamera :
 - a. Marker tegak lurus terhadap kamera.
 - b. Marker dimiringkan 30°, 60°, dan 90° terhadap kamera.

Untuk hasil dari pengujian ketika menggunakan perangkat redmi note 5A dan dilakukan di dalam ruangan dapat dilihat pada Gambar 2.

No	Lokasi	Jarak (cm)				Sudut			Waktu (Detik)	Objek (Marker)
		10	20	30	40	30°	60°	90°		
1	Dalam Ruangan	√				√			< 1	1,2,3 Terbaca
2	Dalam Ruangan	√					√		< 1	1,2,3 Terbaca
3	Dalam Ruangan	√						√	< 1	1,2,3 Terbaca
4	Dalam Ruangan		√			√			< 1	1,2,3 Terbaca
5	Dalam Ruangan		√				√		< 1	1,2,3 Terbaca
6	Dalam Ruangan		√					√	< 1	1,2,3 Terbaca
7	Dalam Ruangan			√		√			< 1	1,2,3 Terbaca
8	Dalam Ruangan			√			√		< 1	1,2,3 Terbaca
9	Dalam Ruangan			√				√	< 1	1,2,3 Terbaca
10	Dalam Ruangan				√	√			< 1	1,2,3 Tidak Terbaca
11	Dalam Ruangan				√		√		< 1	1,2,3 Tidak Terbaca
12	Dalam Ruangan				√			√	< 1	1,2,3 Tidak Terbaca

Gambar 2. Hasil Pengujian Redmi Dalam Ruangan

Untuk hasil dari pengujian ketika menggunakan perangkat Samsung Galaxy A5 2017 dan dilakukan di dalam ruangan dapat dilihat pada Gambar 3

No	Lokasi	Jarak (cm)				Sudut			Waktu (Detik)	Objek (Marker)
		10	20	30	40	30°	60°	90°		
1	Dalam Ruangan	√				√			< 1	1,2,3 Tidak Terbaca
2	Dalam Ruangan	√					√		< 1	1,2,3 Tidak Terbaca
3	Dalam Ruangan	√						√	< 1	1,2,3 Terbaca
4	Dalam Ruangan		√			√			< 1	1,2,3 Tidak Terbaca
5	Dalam Ruangan		√				√		< 1	1,2,3 Tidak Terbaca
6	Dalam Ruangan		√					√	< 1	1,2,3 Terbaca
7	Dalam Ruangan			√		√			< 1	1,2,3 Tidak Terbaca
8	Dalam Ruangan			√			√		< 1	1,2,3 Tidak Terbaca
9	Dalam Ruangan			√				√	< 1	1,2,3 Tidak Terbaca
10	Dalam Ruangan				√	√			< 1	1,2,3 Tidak Terbaca
11	Dalam Ruangan				√		√		< 1	1,2,3 Tidak Terbaca
12	Dalam Ruangan				√			√	< 1	1,2,3 Tidak Terbaca

Gambar 3. Hasil Pengujian Samsung Dalam Ruangan

Pengujian selanjutnya adalah pengujian di luar ruangan. Pengujian ini dilakukan pada pukul 10.00-12.00 dalam kondisi cerah. Untuk hasil dari pengujian dengan menggunakan Redmi dapat dilihat pada Gambar 4.

No	Lokasi	Jarak (cm)				Sudut				Waktu (Detik)	Objek (Marker)
		10	20	30	40	30°	60°	90°			
1	Luar Ruang	√				√			< 1	1,2,3 Terbaca	
2	Luar Ruang	√					√		< 1	1,2,3 Terbaca	
3	Luar Ruang	√						√	< 1	1,2,3 Terbaca	
4	Luar Ruang		√			√			< 1	1,2,3 Terbaca	
5	Luar Ruang		√				√		< 1	1,2,3 Terbaca	
6	Luar Ruang		√					√	< 1	1,2,3 Terbaca	
7	Luar Ruang			√		√			< 1	1,2,3 Terbaca	
8	Luar Ruang			√			√		< 1	1,2,3 Terbaca	
9	Luar Ruang			√				√	< 1	1,2,3 Terbaca	
10	Luar Ruang				√	√			< 1	1,2,3 Terbaca	
11	Luar Ruang						√		< 1	1,2,3 Terbaca	
12	Luar Ruang				√			√	< 1	1,2,3 Terbaca	

Gambar 4. Hasil Pengujian Redmi Luar Ruang

Selanjutnya adalah hasil pengujian dengan Samsung ketika dilakukan pengujian diluar ruangan dapat dilihat pada Gambar 5.

No	Lokasi	Jarak (cm)				Sudut				Waktu (Detik)	Objek (Marker)
		10	20	30	40	30°	60°	90°			
1	Dalam Ruang	√				√			< 1	1,2,3 Tidak Terbaca	
2	Dalam Ruang	√					√		< 1	1,2,3 Tidak Terbaca	
3	Dalam Ruang	√						√	< 1	1,2,3 Terbaca	
4	Dalam Ruang		√			√			< 1	1,2,3 Tidak Terbaca	
5	Dalam Ruang		√				√		< 1	1,2,3 Tidak Terbaca	
6	Dalam Ruang		√					√	< 1	1,2,3 Terbaca	
7	Dalam Ruang			√		√			< 1	1,2,3 Tidak Terbaca	
8	Dalam Ruang			√			√		< 1	1,2,3 Tidak Terbaca	
9	Dalam Ruang			√				√	< 1	1,2,3 Tidak Terbaca	
10	Dalam Ruang				√	√			< 1	1,2,3 Tidak Terbaca	
11	Dalam Ruang				√		√		< 1	1,2,3 Tidak Terbaca	
12	Dalam Ruang				√			√	< 1	1,2,3 Tidak Terbaca	

Gambar 5. Hasil Pengujian Samsung Luar Ruang

3. Tahap Analisis

Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan temuan bahwa ketika di dalam ruangan Redmi tidak bisa mendeteksi marker pada jarak 40cm dari sudut manapun. Namun ketika berada di luar ruangan, Redmi dapat membaca seluruh marker dari semua sudut yang ditentukan. Hal ini terjadi karena faktor atau peranan cahaya sangat penting dalam pembacaan marker. Pada saat menggunakan Samsung, marker yang terbaca hanya pada jarak 10cm, 20cm, 30cm dan pada sudut 90° saja.

5. Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan, didapatkan kesimpulan bahwa :

- 1.Peranan cahaya sangat penting dalam proses pembacaan marker.
- 2.Berdasarkan pengujian algoritma dengan ukuran marker 5 x 5 cm jarak maksimal pembacaan marker ada pada 40 cm. Sedangkan sudut minimal berada pada 30° untuk menampilkan objek dengan sempurna.
- 3.Rata-rata marker dapat terdeteksi adalah pada posisi marker tegak lurus terhadap kamera (90°) pada jarak maksimum 30 cm.
- 4.Pengujian tingkat kecepatan pembacaan marker berada dibawah 1 detik.
- 5.Perbedaan situasi dan kondisi (dalam ruangan atau luar ruangan) dapat memberikan hasil yang berbeda pada tipe platform yang sama.

6. Pustaka

- [1] Kaplan, A. D., Cruik, J., Beers, S. M., Sawyer, B. D., Hancock, P. A., (2020).The Effects of Virtual Reality, Augmented Reality, and Mixed Reality as Training Enhancement Methods: A Meta-Analysis, Human Factors and Ergonomics Society.
- [2] Firmansyah, J., Suhandi, A., Setiawan, A., Permanasari, A., (2020). Development of augmented reality in the basic physics practicum module, Journal of Physics: Conference Series.
- [3] Devita, M. Z., Andryana, S., Hidayatullah, D., (2020). Augmented Reality Pengenalan Huruf dan Angka Arab Menggunakan Metode Marker Based Tracking Berbasis Android, Jurnal Media Informatika Budidarma.
- [4] Romli, R., Razali, A. F., Ghazali, N. H., Hanin, N. A., Ibrahim, S. Z., (2020). Mobile Augmented Reality (AR) Marker-based for Indoor Library Navigation, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.
- [5] Moaresa, R., Jadhavb, V., Bagulc, R., RejiJacobod., Rajgurue, S., Kalantri, R., (2019), Inter AR: Interior Decor App using Augmented Reality Technology, SSRN Electronic Journal.
- [6] Syahputra, A., Andryana, S., Gunaryati, A., (2020), Aplikasi Augmented Reality (AR) dengan Metode Marker Based sebagai Media Pengenalan Hewan Darat pada Anak Usia Dini menggunakan Algoritma Fast

- Corner Detection (FCD), Jurnal JTIK.
- [7] Karim, A. A., Nasser, E. F., (2017), Improvement of Corner Detection Algorithms (Harris, FAST and SUSAN) Based on Reduction of Features Space and Complexity Time, *Engineering and Technology Journal*.
- [8] Belghit, H., Bellarbi, A., Zenati, N., Otmane, S., (2018), Vision-based Pose Estimation for Augmented Reality : A Comparison Study, *arXiv*.
- [9] Fitriana, E. A., Setyaningrum, A. H., Arini., (2019), Pengembangan Aplikasi Katalog Rumah Berbasis Augmented Reality Menggunakan Algoritma FAST, *JISKa*, No.1, Vol.4, Hal. 9-21.
- [10] Putra, S. I. W., (2019), Implementasi Teknologi Markerless Augmented Reality Menggunakan Metode Algoritma Fast Corner Detection Berbasis Android (Studi Kasus Multimedia Buku Interaktif Kebudayaan Lokal Kalimantan Barat), *Coding : Jurnal Komputer dan Aplikasi*, No. 01, Vol. 07, hal. 1-10.
- [11] Soltani. P., Morice, A. H. P., (2020), *Augmented reality tools for sports education and training*, Elsevier Ltd.
- [12] Voronina, M. V., Tretyakova, Z. O., Krivonozhkina, E. G., Buslaev, S. I., Sidorenko, G. G., (2019), Augmented Reality in Teaching Descriptive Geometry, *Engineering and Computer Graphics – Systematic Review and Results of the Russian Teachers' Experience*, *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*.
- [13] Lumintuarso, R. (2014). *Peralatan Olahraga Anak Untuk Pengembangan Multilateral*, UNY Press.
- [14] Midak, Liliia Y.Kravets, Ivan V.Kuzyshyn, Olga V.Berladyniuk, Khrystyna V.Buzhdyhan, Khrystyna V.Baziuk, Liliia V.Uchitel, Aleksandr D. (2020). Augmented reality in process of studying astronomic concepts in primary school, *CEUR Workshop Proceedings*.
- [15] Nurhadi, et al. (2019), Implementation of Object Tracking Augmented Reality Markerless using FAST Corner Detection on User Defined-Extended Target Tracking in Multivarious Intensities, *Journal of Physics: Conference Series*
- [16] Kusumaningsih, A, et al. (2020). Augmented Reality-Marker Detection Measurement on Heroes of Surabaya Mobile Games, *Journal of Physics: Conference Series*.
- [17] Syihabudin, B., Andryana, S., Gunaryanti, A. (2020), The introduction of 3D applications Animal In Indonesia Using Augmented Reality Marker-Based Tracking Method, *Jurnal Mantik*.
- [18] Romdoni, D., Sugiharto, T., Permana, A., Nugraha, R. (2019), Implementasi Algoritma Fast Corner Detection FAST (Feature Form Accelerated Segment Test) dan Augmented Reality untuk Menentukan Keaslian Batik Studi Kasus (Batik Trusmi) Cirebon, *Balong International Journal of Design*.