

## PENGUJIAN DAN EVALUASI BUKU INTERAKTIF AUGMENTED REALITY ARca 3D

Andria Kusuma Wahyudi<sup>1)</sup>, Ridi Ferdiana<sup>2)</sup>, Rudy Hartanto<sup>3)</sup>

Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

Jl. Grafika 2 Kampus UGM, Yogyakarta - 55281, Indonesia.

Email : [andria.mti.18a@mail.ugm.ac.id](mailto:andria.mti.18a@mail.ugm.ac.id)<sup>1)</sup>, [ridi@ugm.ac.id](mailto:ridi@ugm.ac.id)<sup>2)</sup>, [rudy@mti.ugm.ac.id](mailto:rudy@mti.ugm.ac.id)<sup>3)</sup>

### Abstrak

*Paper ini membahas tentang evaluasi dan pengujian dalam pembuatan ARca. ARca merupakan buku interaktif dalam pembelajaran candi Prambanan menggunakan augmented reality yang dilengkapi interaksi virtual button. Penelitian ini membahas pengujian dan evaluasi teknis dari aplikasi ARca yaitu pengujian pendeteksian, pengujian pelacakan, dan pengujian feature. Pengujian terdiri dari indentifikasi jarak, sudut, waktu pendeteksian dan luas area halaman buku untuk menampilkan augmented reality. Dari pengujian dan evaluasi ditemukanlah ukuran jarak, sudut, luas permukaan, dan kondisi ideal untuk penggunaan dan perancangan buku ARca. Hasil tersebut yang menjadi standar dalam penggunaan dan pengembangan buku ARca.*

**Kata kunci:** Augmented Reality, ARca, Buku Interaktif.

### 1. Pendahuluan

Berbagai penelitian AR telah diterapkan pada media buku pelajaran untuk mempermudah proses belajar mengajar. Clark and Dunser [1] mengemukakan bahwa, augmented Realty (AR) dalam bentuk buku dapat menolong pelajar yang memiliki masalah untuk mengerti materi pembelajaran *text-based* yang digunakan dalam dunia pendidikan saat ini. Hal yang sama di kemukakan oleh Lai dan Wang [2] bahwa dengan AR, pengguna akan merasa seakan-akan informasi muncul secara langsung seperti objek fisik ke dalam dunia nyata, sehingga akan menambah pengalaman yang lebih realistis dan fantastis.

Dalam perkembangannya, sejak pertama kali ide AR untuk diterapkan pada buku yang diteliti oleh Billinghamurst, Kato dan Poupyrev [3], buku AR semakin berkembang, terutama dalam dunia pendidikan antara lain *Mixed-reality Book* yang dikembangkan oleh Grasset, Dunser, dan Billinghamurst [4] untuk pembelajaran cerita sejarah, ARspatial yang dikembangkan oleh Maier, Kinlker, and Tonnis [5] untuk pembelajaran reaksi kimia, AREngine oleh Martín-Gutiérrez et al. [6] untuk pembelajaran teknik spasial, dan *Live Solar System(LSS)* oleh Sin dan Zaman [7] untuk pembelajaran tata surya. Berangkat dari perkembangan tersebut ARca dikembangkan namun diterapkan pada media *smartphone*.

ARca merupakan buku interaktif berbasis AR pada pengenalan dan pembelajaran candi Prambanan dengan *smartphone* berbasis Android. *Software* aplikasi android dan buku yang di-*print* merupakan satu kesatuan dari ARca yang memungkinkan interaksi dengan objek 3D yang ada pada halaman buku sebagai AR[8]. ARca menampilkan penggunaan AR sebagai teknologi yang mampu mengembangkan buku tradisional menjadi buku interaktif, yang dapat mendukung proses pengenalan dan pembelajaran Candi Prambanan. ARca menggunakan Vuforia SDK yang mempunyai kemampuan Computer Vision untuk mengenali dan melakukan pelacakan obyek yang ditangkap oleh kamera video secara *real time*.

Buku interaktif yang dikembangkan pada umumnya belum memperhatikan aspek teknis dan aspek interaksi untuk memperoleh hasil yang terbaik. Untuk memperoleh kualitas buku interaktif AR yang baik, harus dilakukan pengujian dari berbagai aspek. Secara teknis, belum ada metode pengujian yang khusus pada AR. Pengujian dalam *paper* ini, membahas pengujian ARca dari segi teknis dimulai dari identifikasi unsur-unsur yang merupakan bagian dari buku AR, identifikasi pendeteksian, dan identifikasi pelacakan. Untuk melakukan pengujian, digunakan dua macam perangkat *smartphone*.

Tujuan dari tes ini adalah untuk menerapkan berbagai macam kondisi pelacakan dan pendeteksian, mengidentifikasi pendeteksian minimum sesuai perangkat yang digunakan, dan mengidentifikasi *requirement* untuk menggunakan ARca. Pada bagian 2, paper ini akan menjelaskan tentang konsep dan penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini. Pada bagian 3 menjelaskan tentang landasan teori. Kemudian Bagian 4 akan dijelaskan metode yang digunakan dalam pengujian aplikasi ARca. Pada Bagian 5 disampaikan hasil dari evaluasi. Selanjutnya Bagian 6 tentang penggunaan ARca, dan terakhir akan di lakukan pengambilan kesimpulan pada Bagian 7.

### 2. Penelitian Terkait

Pertama kali ide AR diterapkan pada buku diteliti oleh Billinghamurst et al.[9] menghasilkan konsep MagicBook seperti pada Gambar 1. Dalam penelitian tersebut, diterapkan AR untuk buku pembelajaran dan sekaligus sebagai pencetus ide pertama kali AR diterapkan pada buku. Namun belum ada pembahasan

kusus untuk melakukan evaluasi dalam pendeteksian terbaik.



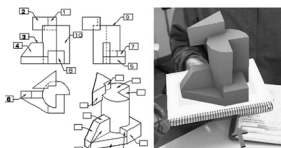
Gambar 1. Simulasi Magic Book [9]

Buku AR kemudian terus berkembang yang dilakukan oleh Dunser dan Billingham [4] untuk pembelajaran cerita sejarah. Dalam Paper tersebut ditampilkan hasil pengembangan *Mixed Realty Book* seperti pada Gambar 2. Paper tersebut lebih dibahas secara sistematis dan menitikberatkan pada pengalaman pengguna dan tipe interaksinya. Interaksi dalam paper tersebut menggunakan *viduciary marker*. Paper tersebut belum membahas dari segi teknis pendeteksian terbaik.



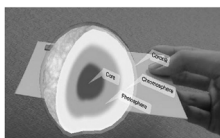
Gambar 2. Simulasi interaksi Mixed Reality[4]

Pengembangan selanjutnya AR-Dehas oleh Martín-Gutiérrez et al. [6] untuk pembelajaran teknik spasial seperti pada Gambar 3, penelitian tersebut mengumpulkan hasil dengan kuesioner yang menitikberatkan pada kemudahan penggunaannya. Dalam penelitian tersebut, masih belum meneliti tentang teknis pendeteksian dari AR-Dehas tersebut.



Gambar 3. Simulasi pembelajaran spasial [6]

Adapun *Live Solar System*(LSS) oleh Sin dan Zaman [7] untuk pembelajaran astronomi seperti pada Gambar 4. AR tersebut lebih ditekankan pada penerapan kombinasi interaksi *Tangible Marker* yaitu marker sentuh. Penelitian tersebut lebih menekankan pada efektivitas buku.



Gambar 4. Simulasi pembelajaran tata surya[7]

Sebagian besar penelitian terdahulu belum melakukan evaluasi dan pengujian secara teknis dari segi pendeteksian dan pelacakan untuk memperoleh kemampuan maksimal dari buku AR tersebut. Diperlukan pengujian teknis agar diketahui kelebihan dan kekurangan dari sistem tersebut, sekaligus dapat

menjadi standar dalam penggunaan AR untuk buku ARca.

### 3. Teori Pendukung

#### A. Natural Feature dan Rating

*Natural-Feature rating* merupakan teknik penilaian seberapa baik sebuah gambar untuk dapat dideteksi oleh kamera. *Rating* ini dapat dilihat pada *Target Manager* untuk setiap gambar yang diunggah oleh *developer* melalui web Vuforia. *Rating* 0 mengindikasikan bahwa *image target* tersebut tidak bisa dideteksi oleh semua sistem AR, namun jika memiliki *rating* bintang 5 maka semakin mudah *image target* tersebut untuk ditrack oleh sistem AR. *Feature* adalah sudut, ketajaman, dan detail, seperti yang ada pada benda bertekstur[10].

#### B. Pendeteksian dan Pelacakan

Vuforia SDK merupakan *engine* dalam menampilkan AR untuk implementasi ARca. Terdapat perbedaan karakteristik untuk mengenali *image target* yaitu: pendeteksian dan pelacakan[11]. Pendeteksian adalah ketika aplikasi mengenali *image target* (halaman buku yang akan dikenali) untuk pertama kalinya, dan menjalankan fungsi tertentu (dalam penelitian ini menampilkan objek 3D candi Prambanan), sedangkan pelacakan adalah ketika aplikasi sudah mengenali *image target* dan melakukan pelacakan dan tetap bertahan untuk menampilkan objek 3D [12]. Terdapat beberapa Test yang dapat dilakukan untuk masing-masing pendeteksian dan pelacakan, antara lain waktu respon, jarak, sudut dan luas permukaan.

### 4. Metode Pengujian

Pengujian ini menggunakan dua tipe *smartphone* yang berbeda spesifikasi. *Smartphone* yang digunakan adalah Andromax U dan Andromax U2. Kedua *smartphone* memiliki perbedaan hardware yang cukup signifikan, dari segi *performance processor* dan kemampuan RAM sehingga dapat menjadi variasi untuk menguji sistem ARca. Selain itu, *device* ini sengaja dipilih karena memiliki kamera yang sama, yaitu 8 MP dengan kemampuan *process* yang berbeda. Dengan demikian, dapat dilihat pengaruh *processor*, RAM, GPU pada kemampuan kamera yang sejenis. Spesifikasi dapat dilihat seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Jenis Perangkat dan Spesifikasinya


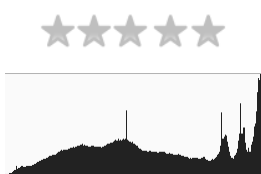



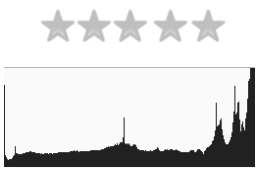
Perangkat	Spesifikasi
Andromax U	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dual Core 1.2 Ghz Qualcomm Snapdragon</li> <li>▪ Camera 8 MP</li> <li>▪ 768 MB RAM</li> <li>▪ Android 4.2 Jelly Bean 4.5" IPS Display</li> </ul>
Andromax U 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Quad Core 1.5 Ghz Qualcomm Snapdragon</li> <li>▪ Camera 8 MP</li> <li>▪ 1 GB RAM</li> <li>▪ Android 4.2 Jelly Bean</li> <li>▪ 4.5" IPS Display</li> </ul>

Perlu diketahui ukuran halaman buku telah ditetapkan sebelumnya, yaitu 22.5cm x 18.5cm. Dalam penelitian ini dipisahkan menjadi mode pendeteksian dan mode pelacakan. Setiap pengujian diulangi sebanyak lima kali, dan hasil akhir adalah nilai rata-rata dari pengujian tersebut.

**A. Pengujian Rating Image Target**

Hasil *rating* dari pengujian ini didapatkan dengan cara mengunggah *image target* buku ke website vuforia. Kode jumlah bintang merepresentasikan *feature* pada *image target*. Semakin banyak bintang yang muncul maka semakin baik pula *image target* tersebut untuk dideteksi. Tabel 2 menampilkan hasil *image target*. Terdapat sembilan *image target* yang ada pada buku ARca dan semuanya memiliki *rating* lima bintang, kemudian dipilih tiga *image target* untuk diujikan dalam penelitian ini.

**Tabel 2. Tabel Jumlah Rating dan Bentuk Image Target**

Image Target	Rating & Histogram
 22.5cm x 18.5cm	
 22.5cm x 18.5cm	
 22.5cm x 18.5cm	

*Image target* yang terdapat pada ARca memiliki *rating* yang tinggi, yaitu lima bintang. Dengan demikian maka semakin baik pula *image target* tersebut untuk dideteksi dan dapat digunakan untuk pengujian selanjutnya, yaitu pengujian pendeteksian dan pengujian pelacakan.

**B. Pengujian Pendeteksian**

Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan minimum *requirement* dalam mengenali *image target*. Pengujian ini terdiri dari beberapa bagian antara lain sebagai berikut.

**1). Waktu Respon**

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan berapa lama waktu proses pendeteksian sebelum mengenali *image target* dan *render* objek 3D ketika *smartphone* diarahkan

ke *image target* pertama kali. Hasilnya dapat dilihat seperti pada Tabel 3.

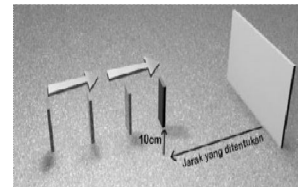
**Tabel 3. Tabel Jenis Perangkat waktu pendeteksian**

Perangkat	Waktu
Andromax U	< 1 Detik
Andromax U2	< 1 Detik

Dari hasil tersebut, kedua *smartphone* mampu mengenali *image target* dengan waktu kurang dari satu detik.

**2). Jarak Minimum**

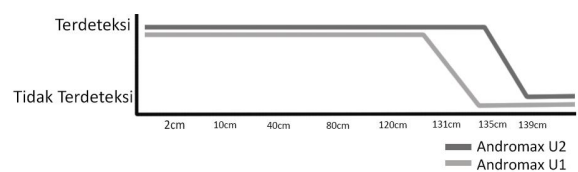
Pengujian untuk menentukan jarak deteksi minimum sehingga dapat menetapkan batas antara *smartphone* ke *image target*. Seperti pada Gambar 5 pendeteksian dilakukan dengan mengarahkan *smartphone* dari posisi terjauh kemudian mulai mendekati *image target* (direpresentasikan sebagai kotak persegi) sampai *smartphone* bisa mendeteksi *image target*. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.



**Gambar 5. Menentukan jarak pendeteksian**

**Tabel 4. Tabel Jenis Perangkat jarak pendeteksian**

Perangkat	Jarak Rata rata
Andromax U	131cm
Andromax U2	137cm

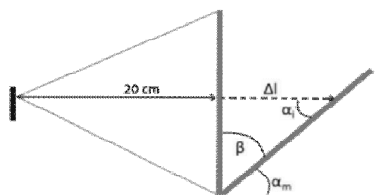


**Gambar 6. Grafik pendeteksian jarak**

Dari hasil pada Gambar 6 tersebut, Andromax U2 memiliki kemampuan lebih jauh untuk melakukan pendeteksian awal, dan sebagian besar di atas 130cm.

**3). Sudut Minimum**

Pengujian untuk menentukan sudut minimum dalam pendeteksian *image target* dapat dilihat seperti pada Gambar 7 dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 9.



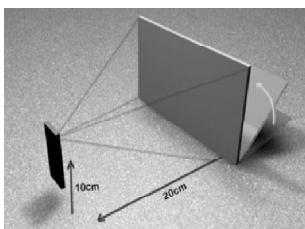
Gambar 7. Indeks sudut minimum

$$\alpha_i + 90^\circ + \beta = 180^\circ$$

$$90^\circ - \beta = \alpha_m$$

$$\alpha_i = \alpha_m$$

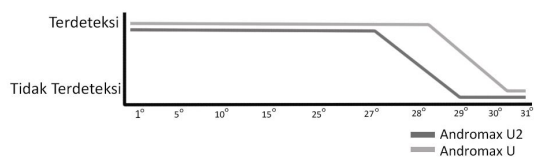
Seperti yang ditampilkan pada Gambar 7, untuk menemukan posisi sudut ( $\alpha_m$ ) ditambahkan mulai dari  $0^\circ$  sampai  $90^\circ$ , dengan tujuan untuk menentukan indeks sudut ( $\alpha_i$ ) dari pendeteksian[11]. Gambar 7 menampilkan visualisasi cara pendeteksian. Dengan demikian akan ditemukan sudut minimum dalam mendeteksi *image target*. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.



Gambar 7. Visualisasi penentuan sudut

Tabel 5. Tabel Jenis Perangkat dan Sudut Pendeteksian

Perangkat	Sudut derajat rata-rata ( $\alpha_i$ )
Andromax U	28.9 <sup>0</sup>
Andromax U2	28.0 <sup>0</sup>

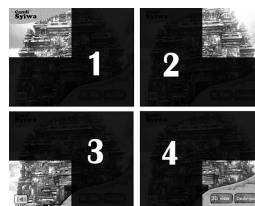


Gambar 8. Grafik derajat pendeteksian sudut

Dari hasil seperti pada Gambar 8, Andromax U dan U2 tidak begitu signifikan, namun Andromax U2 lebih sensitif dari segi sudut pendeteksian.

#### 4). Luas Permukaan

Pengujian untuk menentukan luas permukaan minimum dalam pendeteksian *image target*. Pengujian ini dilakukan dengan menghalangi area *image target* pada bagian tertentu pada empat sisi masing-masing dengan parameter persentase yaitu 25%, 50%, dan 75%. Dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 6 dengan indikator “ya” jika terdeteksi dan “tidak” jika tidak terdeteksi.



Gambar 9. Pengujian Menutup 75% Image Target pada Empat Bagian yang Berbeda

Tabel 6. Tabel Jenis Perangkat dan Persentase

Perangkat	25%	50%	75%	80%	90%
Andromax U	Ya	Ya	Ya	Tidak	Tidak
Andromax U2	Ya	Ya	Ya	Tidak	Tidak

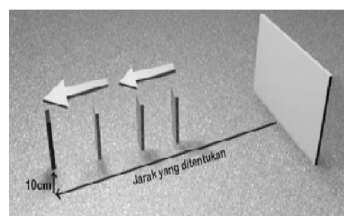
Berdasarkan hasil pada Tabel 6, ARca masih mengenali objek sampai 75% untuk pendeteksiannya.

#### C. Pengujian Pelacakan

Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan kemampuan minimum pelacakan. Pengujian ini terdiri dari beberapa bagian antara lain sebagai berikut.

##### 1). Jarak Minimum

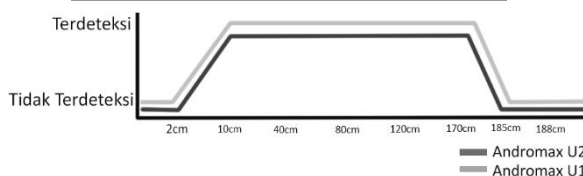
Pengujian untuk menentukan jarak deteksi minimum sehingga dapat menetapkan batas antara *smartphone* ke *image target* dalam proses pelacakan seperti pada Gambar 10. Pengujian dilakukan dengan meletakkan *smartphone* pada jarak minimal terdekat untuk pendeteksian, kemudian mulai menjauh dari *image target* sampai tidak terdeteksi lagi. Hasil ini dapat dilihat pada Tabel 7.



Gambar 10. Menentukan jarak pelacakan

Tabel 7. Tabel Jenis Perangkat jarak pendeteksian

Perangkat	Jarak Rata rata
Andromax U	184cm
Andromax U2	184cm

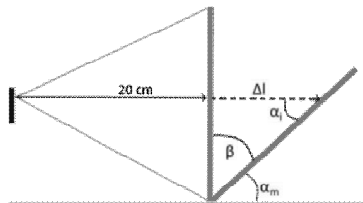


Gambar 11. Grafik jarak pelacakan

Dari hasil tersebut seperti pada Gambar 11, Andromax U dan Andromax U2 memiliki kemampuan maksimal yang sama dalam pelacakan yaitu 184cm.

## 2). Sudut Minimum

Pengujian ini untuk menentukan sudut maksimum pada saat sedang melakukan pendeteksian *image target*. Seperti pada Gambar12, pengujian dimulai dari posisi objek (am) terdeteksi pada sudut 90<sup>0</sup> dan mulai menurun sampai tidak bisa melakukan pelacakan.



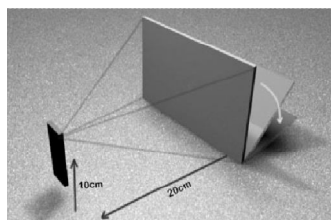
Gambar 12. Indeks Sudut Maksimum Pelacakan

$$\alpha_i + 90^0 + \beta = 180^0$$

$$90^0 - \beta = \alpha_m$$

$$\alpha_i = \alpha_m$$

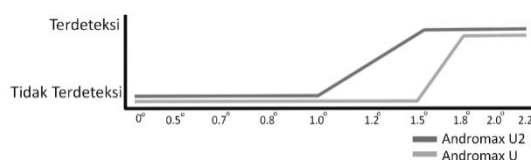
Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12, pendeteksian dimulai dari (am) 90<sup>0</sup> dan menurun hingga aplikasi tidak mampu melakukan pelacakan dan nilai minimum (ai) akan diketahui. Hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 8 dengan cara seperti pada Gambar 13.



Gambar 13. Visualisasi menentukan sudut

Tabel 8. Tabel Jenis Perangkat jarak pelacakan

Perangkat	Sudut (ai)
Andromax U	1.8 <sup>0</sup>
Andromax U2	1.2 <sup>0</sup>



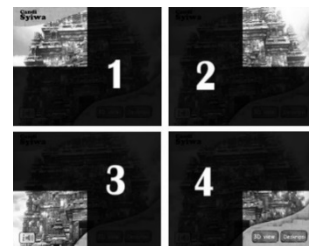
Gambar 14. Grafik derajat pelacakan

Dari hasil pada Gambar 14, Andromax U2 sedikit lebih sensitif dalam mempertahankan pendeteksian dari sudut, dan ditemukan sudut minimal dalam melakukan pendeteksian 1.8<sup>0</sup>. untuk daerah yang ideal pada saat

berinteraksi adalah daerah di atas 5<sup>0</sup>, karena dibawah sudut 5<sup>0</sup>, aplikasi akan sedikit kesulitan dalam mendeteksi image target.

## 4). Luas Permukaan

Pengujian untuk menentukan luas permukaan minimum dalam pelacakan *image target* pertama kali. Pengujian ini dilakukan dengan menghalangi area *image target* pada bagian tertentu pada empat sisi masing-masing seperti pada Gambar 15 dengan parameter persentase yaitu 25%, 50%, dan 75%. Dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 9 dengan indikator “ya” jika masih bisa melakukan pelacakan dan “tidak” jika tidak terdeteksi.



Gambar 15. Pengujian Menutup 75% Image Target pada Empat Bagian yang Berbeda

Tabel 9. Tabel Jenis Perangkat dan Sudut Pelacakan

Perangkat	25%	50%	75%	80%	90%
Andromax U	Ya	Ya	Ya	Tidak	Tidak
Andromax U2	Ya	Ya	Ya	Tidak	Tidak

Berdasarkan hasil pada Tabel 9, ARca masih mengenali objek sampai 75% untuk pendeteksiannya.

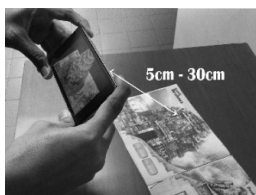
## 5. Hasil Evaluasi

Berdasarkan analisis yang dilakukan pada pengujian, hasil yang ditemukan adalah sebagai berikut.

1. Jika ARca telah mendeteksi *image target* sekali dan sedang melakukan pelacakan, maka jarak maksimum bisa sampai 184cm dan tidak lebih dari itu meskipun *prosesor* dan RAM lebih tinggi, namun untuk melakukan pendeteksian awal, jarak yang dibutuhkan adalah 130cm. Jarak ideal dalam berinteraksi dengan ARca adalah 2cm - 60cm.
2. Jika ARca telah mendeteksi *image target* sekali dan sedang melakukan pelacakan, maka sudut termiring bisa sampai 1.3<sup>0</sup>, namun untuk melakukan pendeteksian awal, sudut yang dibutuhkan adalah 30<sup>0</sup>. Sudut minimum dalam melakukan pelacakan dan berinteraksi dengan ARca adalah pada sudut 5<sup>0</sup>.
3. *Image Target* dalam hal ini, halaman buku ARca dapat dengan mudah diidentifikasi oleh kamera jika persentase luas yang tidak terlihat adalah 75% baik pada pendeteksian maupun pada pelacakan.
4. ARca memiliki *image target* dengan nilai lima bintang pada website Developer Vuforia sehingga pendeteksian menjadi lebih baik.

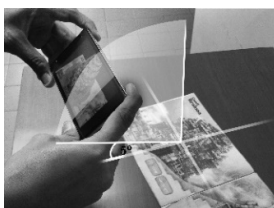
## 6. Best Practices ARca

Berdasarkan hasil evaluasi, ditemukanlah cara penggunaan ARca yang paling ideal secara teknis. ARca memberikan kemudahan dalam melakukan eksplorasi 3D dengan bebas untuk melihat objek 3D candi Prambanan dari berbagai arah dan sudut. Melihat objek 3D sangat menyenangkan, namun perlu diperhatikan jarak yang terbaik dan sudut yang sesuai. Untuk berinteraksi dengan objek 3D ARca secara optimal, sebaiknya memperhatikan jarak yang ideal seperti pada Gambar 13, jarak yang terbaik adalah 5cm – 30cm dari permukaan buku ARca.



Gambar 16. Jarak Ideal Interaksi ARca

Selanjutnya seperti pada Gambar 14, untuk daerah yang ideal pada saat berinteraksi adalah daerah di atas  $5^0$ , karena dibawah sudut  $5^0$ , aplikasi akan sedikit kesulitan dalam mendeteksi image target.



Gambar 17. Daerah Ideal Interaksi ARca

## 7. Kesimpulan

Paper ini menampilkan evaluasi pada aplikasi ARca dengan menggunakan teknik pengujian pendeteksian, pengujian pelacakan, dan pengujian *rating*. Dalam evaluasi ini, ditemukan kemampuan dari ARca dari berbagai aspek antara lain:

- Semakin dekat jarak posisi *smartphone* dengan *image target* dalam hal ini halaman buku, maka pendeteksian semakin baik.
- Sudut pendeteksian dan pelacakan, semakin vertikal maka semakin baik bagi ARca untuk mengenali *image target*.
- Kemampuan pemrosesan, pendeteksian, dan *render* pada aplikasi ARca sudah proporsional untuk kapasitas perangkat GPU *smartphone*.
- Jenis *processor* dan kapasitas kamera mempengaruhi pendeteksian dan pelacakan. Semakin tinggi *processor* dan kemampuan kamera, maka semakin baik dalam melakukan pelacakan dan pendeteksian.

Paper ini juga menampilkan teknik pengujian pada aplikasi AR yang dapat berguna untuk pengujian pada aplikasi AR selanjutnya dan menemukan standar dalam penggunaan ARca dari segi teknis.

Adapun agenda selanjutnya dari penelitian ini, yaitu; menganalisa *usability* dari ARca dengan menerapkan pada situasi yang sesungguhnya dalam dunia pembelajaran.

## Daftar Pustaka

- [1] A. Clark and A. Dunser, "An interactive augmented reality coloring book," in *2012 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI)*, 2012, pp. 7–10.
- [2] C.-L. Lai and C.-L. Wang, "Mobile Edutainment with Interactive Augmented Reality Using Adaptive Marker Tracking," presented at the 2012 IEEE 18th International Conference on Parallel and Distributed Systems (ICPADS), 2012, pp. 124–131.
- [3] M. Billinghurst, H. Kato, and I. Poupyrev, "The MagicBook - moving seamlessly between reality and virtuality," *IEEE Comput. Graph. Appl.*, vol. 21, no. 3, pp. 6–8, 2001.
- [4] R. Grasset, A. Dunser, and M. Billinghurst, "The design of a mixed-reality book: Is it still a real book?," presented at the 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2008. ISMAR 2008, 2008, pp. 99–102.
- [5] P. Maier, G. Kinler, and M. Tonnis, "Augmented Reality for teaching spatial relations," *Int. J. Arts Sci. Tor.*, 2009.
- [6] J. Martín-Gutiérrez, J. Luís Saorín, M. Contero, M. Alcañiz, D. C. Pérez-López, and M. Ortega, "Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students," *Comput. Graph.*, vol. 34, no. 1, pp. 77–91, Feb. 2010.
- [7] A. K. Sin and H. B. Zaman, "Live Solar System (LSS): Evaluation of an Augmented Reality book-based educational tool," in *Information Technology (ITSim), 2010 International Symposium in*, 2010, vol. 1, pp. 1–6.
- [8] A. K. Wahyudi, R. Ferdiana, and R. Hartanto, "ARca: Buku Interaktif Berbasis Augmented Reality pada Pengenalan dan Pembelajaran Candi Prambanan dengan Smartphone Berbasis Android," in *IThinkSmart2013*, Manado, 2013, vol. 1, pp. 1–8.
- [9] M. Billinghurst, H. Kato, and I. Poupyrev, "The MagicBook - moving seamlessly between reality and virtuality," *IEEE Comput. Graph. Appl.*, vol. 21, no. 3, pp. 6–8, 2001.
- [10] "Natural Features and Rating | Vuforia Developer Portal." [Online]. Available: <https://developer.vuforia.com/resources/dev-guide/natural-features-and-rating>. [Accessed: 25-Nov-2013].
- [11] A. S. Ibañez and J. P. Figueras, "Vuforia v1.5 SDK: Analysis and evaluation of capabilities," Master Thesis, Universitat Politècnica De Catalunya, 2013.
- [12] "Developing with Vuforia | Vuforia Developer Portal," 25-Apr-2013. [Online]. Available: <https://developer.vuforia.com/resources/dev-guide/getting-started>. [Accessed: 25-Apr-2013].

## Biodata Penulis

**Andria Kusuma Wahyudi**, memperoleh gelar Sarjana Komputer (S.Kom), Jurusan Teknik Informatika Universitas Klabat (UNKLAB), lulus tahun 2010. Saat ini sedang menempuh program magister di Pascasarjana Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Universitas Gadjah Mada.

**Ridi Ferdiana**, Dosen dan Peneliti di Universitas Gadjah Mada. Memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) dan Magister Teknik (M.T) di Universitas Gadjah Mada. Memperoleh gelar Doktor (Dr) di Program Doktor Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Universitas Gadjah Mada dalam Rekayasa Perangkat Lunak (*Application Lifecycle Management*), fokus pada Metodologi *Agile Global*, pada tahun 2011. Adapun sertifikat Microsoft yang dimiliki; MCTS, MCPD, MCITP, MTA, MOS, dan MCT. Saat ini, tulisan-tulisan beliau terdapat pada <http://ridilabs.net> dan @ridife.

**Rudy Hartanto**, memperoleh gelar Insinyur (Ir), Jurusan Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada, lulus tahun 1989. Memperoleh gelar Magister Teknik (M.T) Program Pasca Sarjana Magister Teknik Elektro Universitas Gajah Mada, lulus tahun 1995. Saat ini menjadi Dosen dan Peneliti di Universitas Gadjah Mada.