

## Alat Peraga Jantung Manusia Berbasis Augmented Reality dengan Menggunakan Teknik 3D Object Tracking

### *Augmented Reality Human Heart Props Using 3D Object Tracking Technique*

<sup>1</sup>Andria K. Wahyudi<sup>1</sup>, <sup>2</sup>Yermia J. Kairupan, <sup>3</sup>Yana C. Masengi

<sup>1,3</sup>Program Studi Teknik Informatika & <sup>2</sup>Sistem Informasi, Universitas Klabat, Airmadidi  
e-mail: <sup>1</sup>andriawahyudi@unklab.ac.id

#### **Abstrak**

Pengenalan struktur jantung manusia atau yang dikenal dengan istilah anatomi menjadi sangat penting khususnya dalam bidang kedokteran dan keperawatan. Media penunjang yang digunakan sebagai pengenalan anatomi jantung pada umumnya berupa buku cetak, gambar 2D, alat peraga dan patung. Augmented Reality menjadi salah satu tools yang dapat digunakan untuk menghasilkan pembelajaran yang mendalam. Paper ini mengambil kesempatan membuat aplikasi pengenalan anatomi jantung manusia dalam bentuk 3D, dengan menggunakan teknologi Augmented Reality yang digabungkan dengan teknik 3D object tracking. Penelitian ini mencoba untuk membuat inovasi agar objek 3D virtual yang di tampilkan tidak hanya dapat di lihat saja namun dapat di genggam secara fisik. Pengguna dapat menggunakan smartphone untuk melakukan tracking pada sebuah kubus yang di desain khusus untuk menampilkan object 3D jantung. Penelitian ini memberikan inovasi dalam menampilkan objek 3D yang terdiri dari enam sisi marker yang dapat di tracking bersama sama. Teknik ini memberikan efek objek 3D dapat di pegang dalam genggam tangan pengguna. Hasil akhir berupa apps Android yang dapat menjadi contoh dalam pengembangan aplikasi AR untuk edukasi alat peraga. Aplikasi kemudian diuji pada berbagai smartphone yang berbeda untuk mencari tahu jarak efektif melakukan tracking, intensitas cahaya, tingkat kestabilan memegang smartphone dan waktu yang di butuhkan dalam mendeteksi marker. Hasilnya dapat menjadi panduan dalam perancangan alat peraga dan model pengujian pada aplikasi augmented reality.

**Keywords :** *Jantung manusia, Anatomi, Augmented Reality, Android, 3D Object Tracking*

#### **Abstract**

The introduction of the structure of the human heart or known as an anatomy becomes very important, especially in the field of kedokteran and nursing. Supporting media used as an introduction to heart anatomy are generally printed books, 2D images, props and sculptures. Augmented Reality becomes one of the tools that can be used to produce in-depth learning. This paper takes the opportunity to make an introduction application of human heart anatomy in 3D, using Augmented Reality technology combined with 3D object tracking technique. This research tries to make innovation for virtual 3D object which in show not only can be seen only but can be handheld physically. Users can use the smartphone to track a cube specially designed to display 3D heart objects. This research provides innovation in displaying 3D objects consisting of six side markers that can be tracked together. This technique gives the effect of 3D objects can be held in the hands of users. The final result is Android apps that can be an example in

*developing an AR app for educational props. Applications are then tested on a variety of different smartphones to find out the effective distance of tracking, the intensity of light, the stability of holding the smartphone and the time needed to detect markers. The results can be a guide in designing props and testing models in augmented reality applications.*

**Keywords :** *Human heart, Anatomy, Augmented Reality, Android, Smartphone, 3D Object Tracking*

## 1. PENDAHULUAN

Sistem pernapasan pada manusia merupakan sistem yang memiliki proses untuk mengangkut berbagai substansi dari dan ke sel-sel tubuh. Proses ini dapat bekerja karena ada organ tubuh yang menjadi penggerak yang disebut jantung. Jantung adalah organ berotot yang bekerja untuk memompah darah dan oksigen ke seluruh bagian tubuh. Jantung manusia, merupakan jantung berongga berbentuk kerucut dan memiliki ukuran sebesar kepalan tangan. Jantung memiliki banyak bagian dan fungsi yang disebut dengan anatomi jantung.

Anatomi adalah ilmu yang mempelajari tentang bagian-bagian dari makhluk hidup [1]. Dalam dunia kedokteran dan keperawatan, pengenalan anatomi organ tubuh sangat penting, salah satunya adalah pengenalan anatomi jantung[2]. Media penunjang yang digunakan sebagai pengenalan anatomi jantung berupa buku cetak, gambar, alat peraga dan patung. Akan tetapi masih terdapat beberapa kekurangan pada media tersebut. Media buku dan gambar, memang memberikan informasi yang jelas tetapi kebanyakan informasinya ditulis berulang-ulang karena disesuaikan dengan bagian jantung yang ditampilkan. Kemudian gambar jantung yang ditampilkan menjadi banyak karena setiap bagian baik diluar, maupun bagian dalam jantung harus ditampilkan dan gambar yang ditampilkan hanya berupa 2D berwarna dan hitam-putih. Adapun media alat peraga dan patung yang mempunyai fungsi yang sama yaitu hanya menampilkan objek dari jantung, dengan demikian orang hanya melihat bentuknya saja karena informasinya hanya ada dalam buku. Meski memiliki gambaran dan informasi yang jelas, tetapi masih terdapat kekurangan pada media-media di atas [3]. Media pengenalan anatomi telah dikembangkan dalam bentuk digital sehingga pengenalan anatomi dapat disajikan dalam bentuk yang lebih atraktif [3]. Adapun media pengenalan anatomi jantung saat ini telah memungkinkan untuk di buat dalam bentuk aplikasi yang menggunakan teknologi *Augmented Reality* (AR) [4].

AR adalah teknologi yang menggabungkan dunia virtual dengan dunia nyata, dimana pengguna dapat mengeksplor dunia nyata dengan lebih interaktif dan lebih menarik [5], [6]. Teknologi *Augmented Reality* dapat menyajikan konten lebih menarik dengan cara berbeda yang sebelumnya tidak mungkin untuk dilakukan [7],[8] dan memberikan perspektif yang berbeda kepada penggunanya. Studi yang lain juga mengatakan bahwa penggunaan objek digital 3D yang diterapkan pada lingkungan fisik dapat menghasilkan pengalaman yang luar biasa [9], [10], [11].

Pada umumnya aplikasi AR yang ada saat ini menggunakan marker fiduciary yaitu berupa Qrcode [12] ataupun gambar 2D [13]. Dimana marker ini digunakan sebagai objek untuk menampilkan gambaran jantung ketika di-scan oleh kamera *smartphone*. Penelitian ini mencoba untuk membuat inovasi agar objek 3D virtual yang di tampilkan tidak hanya dapat di lihat saja namun dapat di genggam secara fisik. Penelitian ini mencoba menerapkan teknik *3D Object Tracking*. *3D Object Tracking* adalah teknik yang dapat mengenali semua bentuk benda yang ada disekitar, seperti mobil, meja, buku dan lain-lain [14]. Teknik *3D Object Tracking* akan

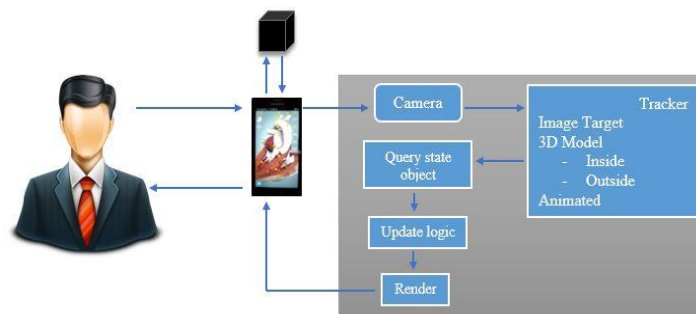
menggunakan sebuah benda atau kubus sebagai objek marker untuk memberikan efek nyata seakan-akan user sedang memegang object 3D tersebut. Ketika kamera diarahkan pada benda, maka akan muncul objek 3D pada layar *smartphone* dan objek tersebut dapat diputar 360° derajat sesuai dengan keinginan pengguna [15]. Adapun objek yang di rancang dilengkapi dengan animasi jantung berdenyut untuk memberikan pengalaman yang lebih nyata.

Dengan demikian penelitian ini membuat sebuah aplikasi pengenalan anatomi jantung menggunakan teknologi *Augmented Reality* dengan teknik yang berbeda yaitu, Teknik *3D Object Tracking*. Pada bagian awal paper ini akan menjelaskan tentang konsep aplikasi, kemudian perancangan AR, pengujian pendeteksian, dan terakhir pengujian oleh expert aplikasi dan dokter spesialis jantung.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Sistem yang di Usulkan

Model sistem yang di usulkan dapat di lihat pada kerangka konseptual aplikasi seperti pada Gambar 1. Sistem ini di adaptasi dari sistem sebelumnya[6] namun marker dalam pendeteksian ini menggunakan 3D cube.



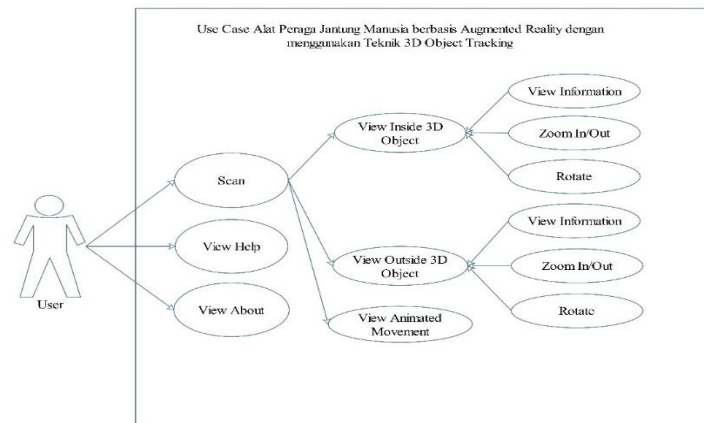
Gambar 1 Kerangka Konseptual Aplikasi

Gambar 1. merupakan gambaran umum dari aplikasi. Dalam keadaan aplikasi yang sudah aktif, jika user ingin menerjemahkan teks, maka langkah-langkah untuk mengoperasikan aplikasi sebagai berikut.

- 1) User membuka aplikasi yang telah terinstal di *smartphone*.
- 2) User mengarahkan *camera smartphone* ke objek benda atau kubus yang sebelumnya telah ditempelkan gambar 2D sebagai image target untuk menampilkan 3D jantung.
- 3) *Camera* akan memastikan bahwa setiap *frame* ditangkap dengan baik kemudian diteruskan ke *tracker*.
- 4) Proses selanjutnya kamera akan melakukan *tracking* marker pada *image* target untuk menampilkan visualisasi 3D Jantung *inside*, *outside* dan *animated*, setelah objek terdeteksi lewat marker maka hasil visualisasi akan diperbaharui.
- 5) Aplikasi akan melakukan *render* untuk menggabungkan objek maya 3D jantung dengan objek nyata yang telah terdeteksi.
- 6) Setelah berhasil melakukan *render* maka aplikasi akan menampilkan hasil akhir berupa *object 3D* jantung *inside* dan *outside* yang dapat di putar 360° derajat serta animasi 3D jantung.

### 2.2 Perancangan Aplikasi

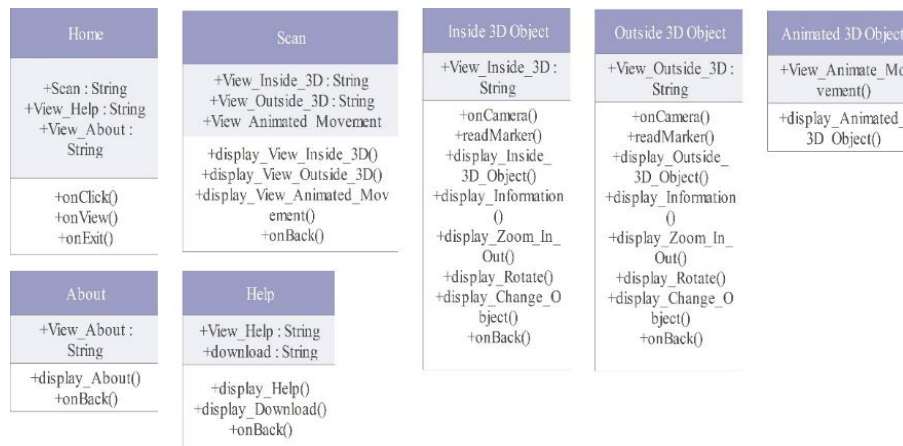
Arsitektur dari aplikasi pada penelitian ini di buat menggunakan diagram *use case* seperti pada gambar 2.



Gambar 2 Use Case Diagram User

### 2.3 Class Diagram

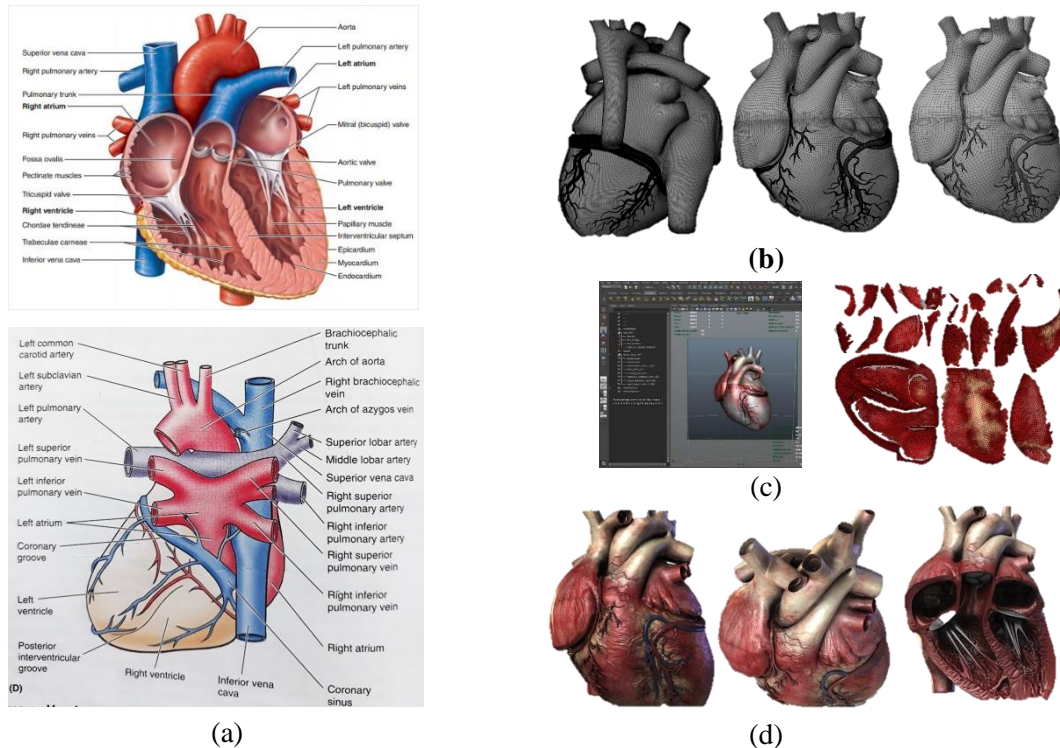
Class diagram memberikan gambaran dari setiap class yang terdapat dalam aplikasi. Class diagram dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Class Diagram

### 2.4 Perancangan Objek 3D

Pada tahap ini dilakukan perancangan model 3D menggunakan beberapa *software* authoring tools seperti Blender3D untuk *modeling* base objek dan Cinema4D untuk memberikan tekstur menggunakan teknik *UVmapping* [16]. Adapun digunakan teknik *Bake* [14] untuk menghasilkan tekstur yang realistis namun memaksimalkan kinerja processor pada proses *lighting* [17]. Model 3D yang di hasilkan dapat di lihat pada gambar 4.



Gambar 4.(a) Gambar informasi dari Buku kedokteran[18], [19]; (b) Modeling Jantung ; (c) Pemberian texture UVmapping; (d) Hasil 3D akhir

## 2.5 Marker 3D dan 3D Object Tracking.

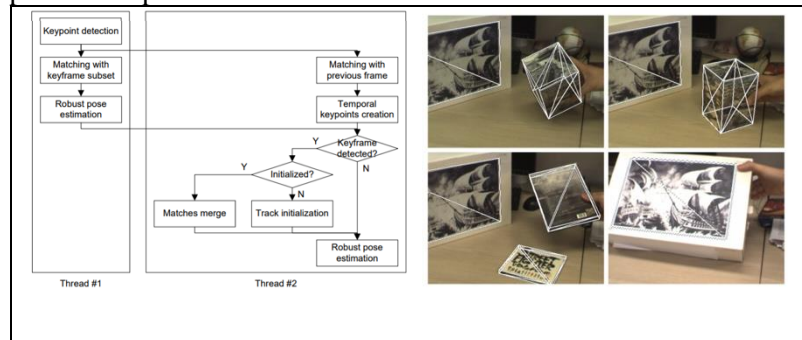
Marker yang digunakan dalam pendeteksian berbentuk kubus dengan sisi 5cm. Ukuran ini segaja di buat agar ukuran marker dapat menyerupai ukuran jantung rata rata manusia. Hal ini bertujuan untuk memberikan pengalaman menyentuh objek 3D dengan menggunakan genggaman tangan. Selain itu kepala tangan dapat menggenggam objek tanpa kesulitan. Bentuk marker yang dibuat dapat di lihat pada gambar 5. Dimana setiap sisi dari objek memiliki bentuk pola yang berbeda untuk memudahkan aplikasi dapat mengenali objek kotak dengan



Gambar 5 Marker 3D untuk pendeteksian

lebih baik.

Dalam penelitian ini, 3D tracking mengadaptasi penelitian sebelumnya yang dikombinasikan dengan engine Vuforia 3D tracking. Penelitian ini mengambil algoritma yang sudah ada. Dapat di lihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Flowchart 3D tracking dan Implementasi[15]

## 2.6 Tahap Pengujian

Untuk pengujian pada aplikasi ini digunakan metode blackbox dimana pengujian dilakukan pada fungsionalitas dari aplikasi yang dibuat. Adapun di lakukan pengujian pendeteksian untuk mengetahui batasan dari aplikasi yang dibuat. Terdapat empat jenis pengujian yang akan dilakukan untuk melihat sejauh mana kemampuan dari aplikasi untuk mendeteksi marker. Empat pengujian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Pengujian Dengan Kondisi Tertentu

No	Pengujian	Kegiatan	Satuan
1	Pengujian Jarak	Jarak efektif melakukan tracking pada marker	<b>Cm</b>
2	Pengujian Cahaya	Intensitas Cahaya minimum dan maksimum	<b>Lux</b>
3	Pengujian Getaran	Kestabilan saat memegang smatphone	<b>Sr</b>
4	Pengujian Waktu	Waktu dalam mendeteksi marker	<b>Detik</b>
5	Pengujian Processor	Pengujian kemampuan processor terhadap waktu deteksi dan jarak	<b>Ghz</b>
6	Pengujian Kamera	Pengujian kemampuan kamera terhadap waktu deteksi dan jarak	<b>MP</b>

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Tampilan Utama Aplikasi

Dapat dilihat seperti pada Gambar 6, merupakan tampilan menu utama dari aplikasi. Terdiri dari 4 *button* yang terdiri dari *scan*, *about*, *help*, *exit*. *Button scan* memberikan pilihan kepada *user* untuk melihat objek 3D dari jantung. *Button help* menampilkan bantuan penggunaan aplikasi. *Button about user* dapat melihat profil dari pengembang.

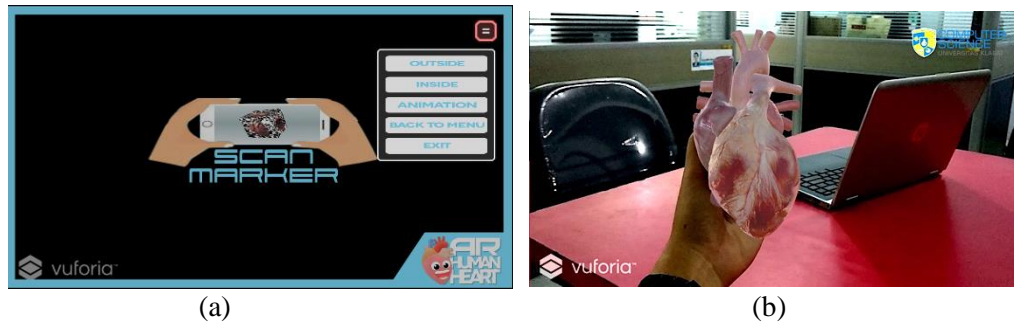


Gambar 7 Tampilan menu utama



### 3.2 Tampilan Scan Aplikasi

Gambar 7 merupakan tampilan dari menu *scan* dimana *user* akan memilih untuk menampilkan *object* 3D jantung *oudsite*, *inside* dan *animation*.



Gambar 8 (a) Tampilan Standby (b) Tampilan 3D ketika mendeteksi jantung

### 3.3 Tampilan Menu Scan Button Outside

Gambar 8 merupakan tampilan dari menu *scan* dengan pilihan *button outside* dimana ketika *user* mengarahkan camera pada *markerless* maka aplikasi akan menampilkan gambaran 3D jantung bagian luar beserta informasinya. Terdapat dua *button show* dan *hide* yang memiliki fungsi untuk menampilkan dan menyembunyikan informasi dari bagian-bagian jantung.



Gambar 9 Tampilan menu scan button outside (kiri) dan inside (kanan)

### 3.4 Pengujian

Pengujian dilakukan dengan menggunakan 11 smartphone berbeda untuk mencari tahu jarak efektif mendeteksi marker, intensitas cahaya, kestabilan saat memegang smartphone dan waktu untuk mendeteksi marker. Tabel 2 menampilkan jenis dan deskripsi smartphone yang digunakan dalam pengujian ini.

Tabel 2 Deskripsi Indikator Spesifikasi Smartphone

Smartphone	Kualitas kamera	Jenis prosesor	Ram	Operation system	CPU
Samsung Galaxy A5	13 MP	Exynos 7580 Octa	2 GB	Android 5.1.1 Lollipop	Octa-core 1.6 GHz
Samsung J7 Pro	13 MP	Exynos 7870 Octa	3 GB	Android 7.0 Nougat	Octa-core 1.6 GHz
Xiomi Redmi 5plus	12 MP	Snapdragon 625	3 GB	Android 5.1 Lollipop	Octa-core 2.0 GHz
Oppo A39	13 MP	Mediatek Mt 6750	3 GB	Android 5.1 Lollipop	Octa-core 4x1.5GHz
Xiomi Mi A1	12 MP	Snapdragon 625	4 GB	Android 7.1.2 nougat	Octa-core 2.0 GHz
Samsung S8 edge	12 MP	Exynos 6695 Octa	4 GB	Android 7.0 nougat	Octa-core 4x2.3 GHz
Samsung J3	8 MP	Exynos 3475 quad	2 GB	Android 5.1.1 Lollipop	Quad-core 1.5 GHz

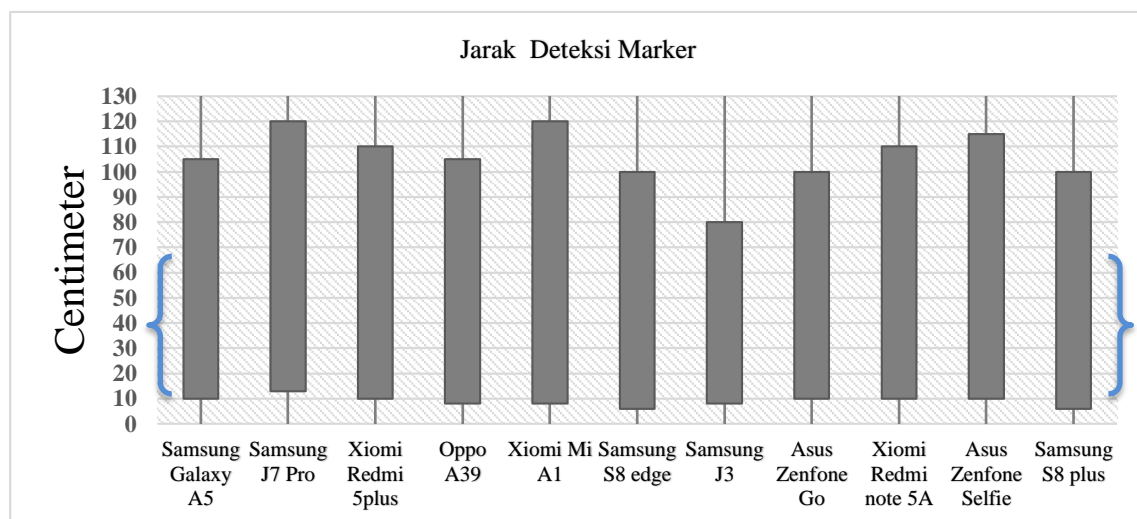
Smartphone	Kualitas kamera	Jenis prosesor	Ram	Operation system	CPU
Asus Zenfone Go	13 MP	Snapdragon 410	2 GB	Android 5.1 Lollipop	Quad-core 1.3 GHz
Xiomi Redmi note Y1 (note 5A)	13 MP	Snapdragon 435	3 GB	Android 7.1 nougat	Octa-core 1.4 GHz
Asus Zenfone Selfie	13 MP	Snapdragon 615	2 GB	Android 5.0 lollipop	Octa-core 4x1.7 GHz
Samsung S8 plus	12 MP	Exynos 8895 Octa	6 GB	Android 7.0 nougat	Octa-core 4x2.3 GHz

### 3.5 Pengujian

Pengujian ini dilakukan dengan beberapa tes secara bertahap, kemudian dilakukan evaluasi pada tahap pengujian. Setiap test dilakukan sebanyak 5 kali terhadap setiap smartphone untuk mendapatkan hasil yang tepat dan diambil nilai rata rata dari 5 kali pengujian.

#### 3.5.1 Pengujian Jarak Deteksi

Gambar 10, merupakan hasil dimana Penelitian ini melakukan ujicoba untuk mencari jarak efektif ketika melakukan *scan* pada marker dengan menggunakan sebelas *smartphone* berbeda. Hasil yang di dapat adalah jarak aman untuk melakukan scan pada marker berada pada jarak 20 – 70 centimeter.

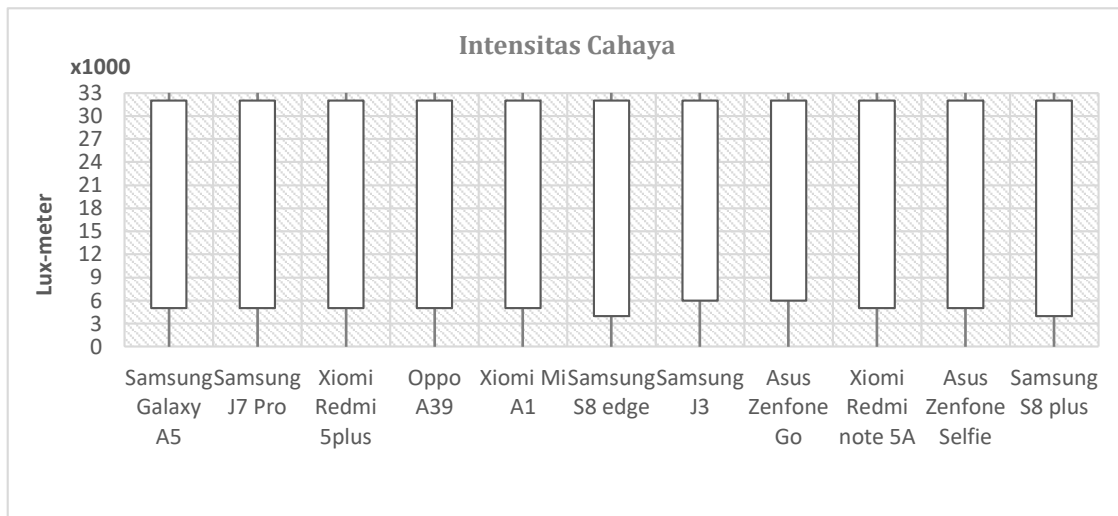


Gambar 10 Jarak deteksi marker

#### 3.5.2 Pengujian Intensitas Cahaya

Gambar 11, merupakan hasil dimana Penelitian ini melakukan ujicoba untuk mencari tahu intensitas cahaya ketika melakukan *scan* pada marker dengan menggunakan aplikasi Lux-meter. Pengujian ini dilakukan dengan jarak deteksi sejauh 10 cm. Hasil yang di temukan adalah setiap *smartphone* tidak dapat melakukan scan pada marker ketika intensitas cahaya berada pada 0 Lux (gelap), kamera hanya dapat melakukan *scan* ketika cahaya berada pada minimal 4 Lux hingga cahaya 32.000 Lux. Dalam hal ini 32.000 Lux adalah maksimal dari kemampuan sensor yang digunakan.

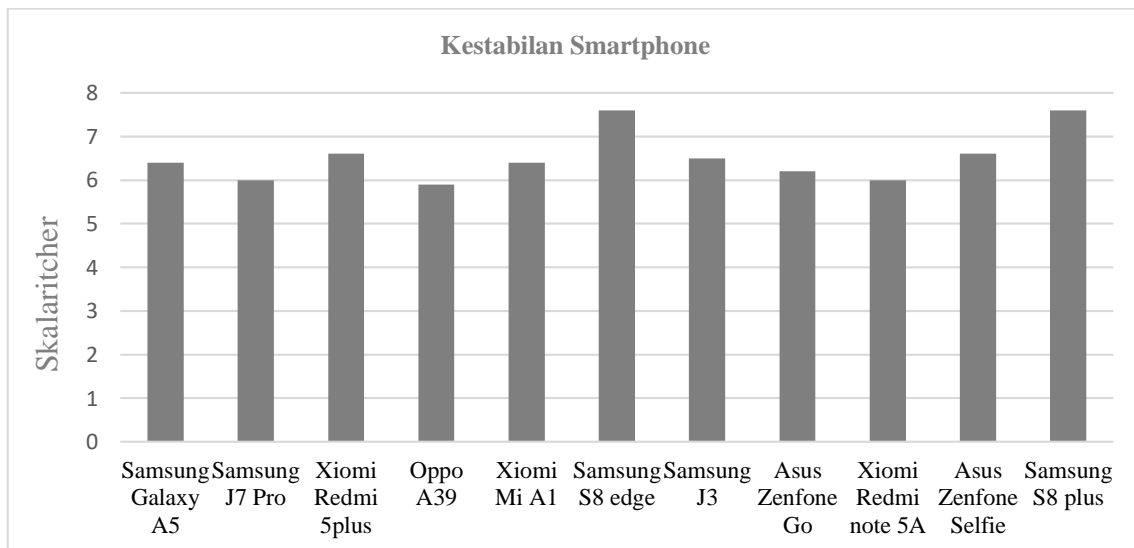




Gambar 11 Intensitas Cahaya

### 3.5.3 Pengujian Getaran

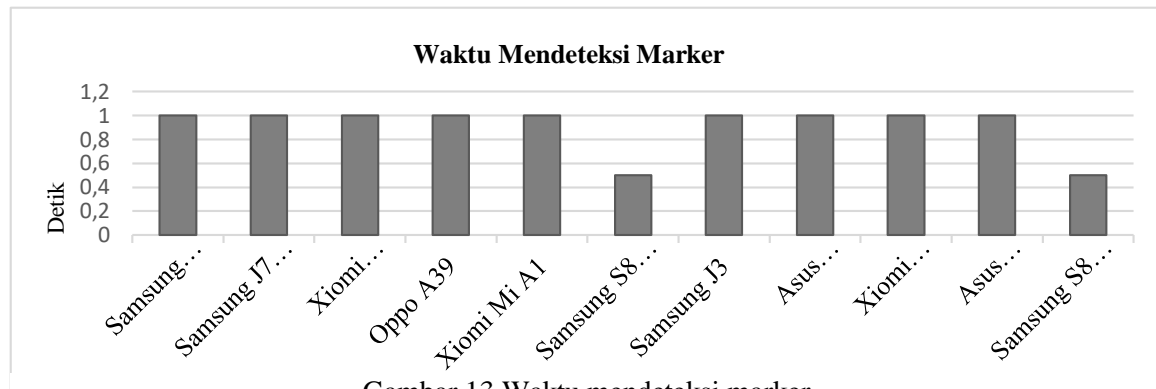
Gambar 12, merupakan hasil dimana ujicoba dilakukan untuk mencari tahu tingkat kestabilan ketika memegang *smartphone* untuk melakukan *scan* dengan menggunakan Vibrometer sebagai alat ukur kestabilan terhadap sebelas *smartphone* berbeda. Pengujian ini dilakukan dengan jarak deteksi sejauh 10 cm. Hasil yang di dapat adalah ketika *smartphone* berada pada tingkat ketidakstabilan yang sangat tinggi maka kamera tidak dapat melakukan scan. Batas aman penggunaan aplikasi berada pada tingkat kestabilan 1 - 5 skalaritcher.



Gambar 12 Kestabilan smartphone

### 3.5.4 Pengujian Waktu Deteksi

Gambar 13, merupakan hasil dimana Penelitian ini melakukan ujicoba untuk mencari tahu berapa waktu yang dibutuhkan oleh sebuah *smartphone* untuk mendeteksi dan

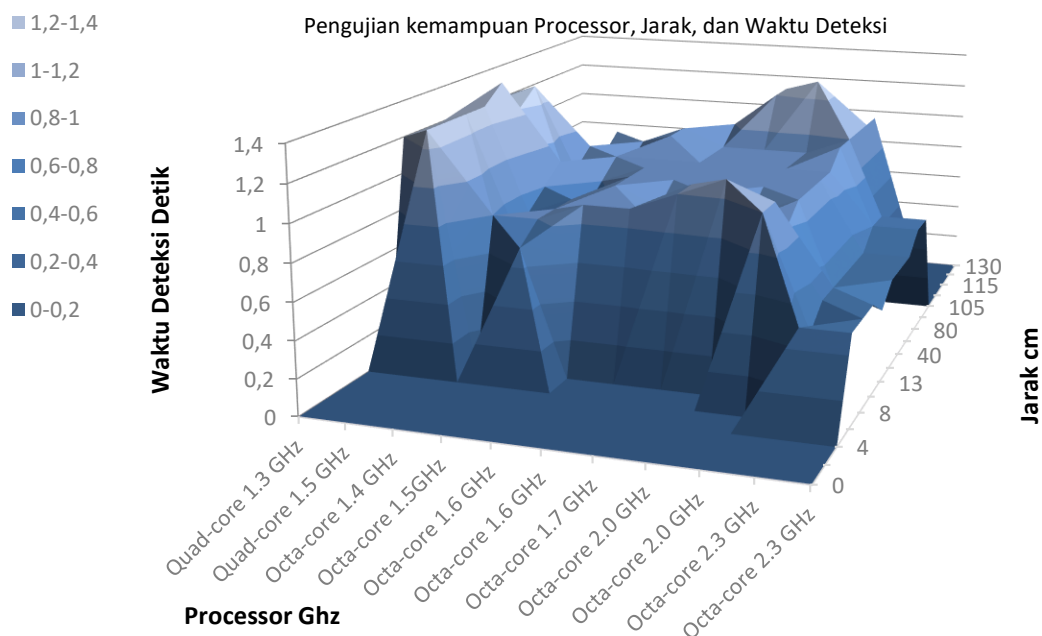


Gambar 13 Waktu mendeteksi marker

menampilkan *object* pada layar. Pengujian ini dilakukan dengan jarak deteksi sejauh 10 cm. Hasil yang di dapat adalah tidak semua *smartphone* dapat mendeteksi dan menampilkan *object* jantung dengan cepat, hanya *smartphone* yang memiliki spesifikasi processor yang tinggi yang dapat melakukannya dengan waktu yang dibutuhkan berada pada 0,5 – 1 detik.

### 3.5.5 Pengujian Processor

Gambar 14, merupakan hasil dimana penelitian ini melakukan ujicoba untuk mencari tahu berapa waktu yang dibutuhkan oleh sebuah *smartphone* untuk mendeteksi dan menampilkan *object* pada layar berdasarkan kemampuan processor dan jarak yang di tentukan.

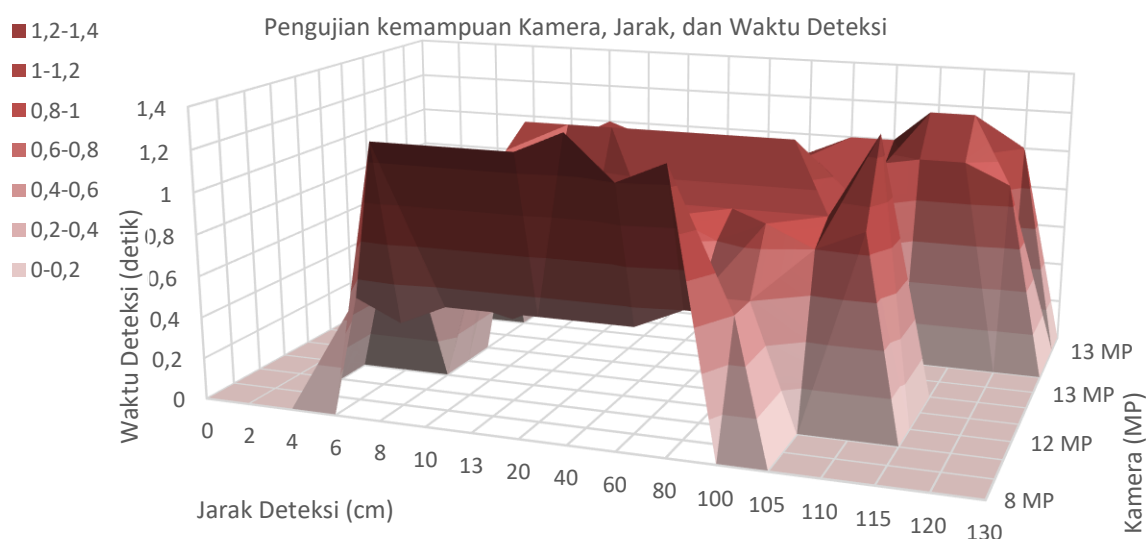


Gambar14 Kemampuan Processor pada Jarak dan waktu deteksi

Dapat dilihat pada tabel, Smartphone dengan Processor Octa-Core 2,3 Ghz memiliki kemampuan deteksi lebih cepat dibanding Processor Quad-Core 1,3 Ghz dengan selisih 0,7 Detik. Semakin tinggi kemampuan processor, waktu deteksi marker akan semakin singkat. Berdasarkan tabel pengujian, Kapasitas Processor Quad-Core 1.3Ghz dan Processor Octa-Core 2.0 Ghz memiliki kemampuan jarak deteksi yang sama namun perbedaannya hanya pada waktu deteksi saja. Kemampuan processor *smartphone* tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap jarak pendeteksian.

### 3.5.6 Pengujian Kamera

Gambar 15, merupakan hasil dimana penelitian ini melakukan ujicoba untuk mencari tahu berapa waktu yang dibutuhkan oleh sebuah *smartphone* untuk mendeteksi dan menampilkan *object* pada layar berdasarkan kemampuan kamera dan jarak yang di tentukan. Hasil yang di dapat seperti yang dapat di lihat dalam Gambar 14, Smartphone dengan Kamera 13 MP memiliki kemampuan deteksi lebih jauh dibanding Processor 8 MP dengan selisih 25 cm. Semakin tinggi kemampuan kamera, jarak deteksi marker akan semakin jauh dengan kemampuan 130cm untuk 13MP.



Gambar 15 Kemampuan Kamera pada Jarak dan waktu deteksi

### 3.5.7 Testing Pengguna

Setelah semua fitur telah di ujicoba dan kemampuan deteksi telah di temukan, kemudian di ujicoba pada pengguna dalam dunia kedokteran dan keperawatan. Gambar 16 gambar (a) Menampilkan aplikasi di uji coba oleh dokter spesialis jantung untuk melihat relevansi dari aplikasi yang dibuat, hasilnya informasi yang diberikan sudah memenuhi standar untuk pengenalan organ dalam dunia kedokteran. Adapun pengujian oleh Akademisi bidang keperawatan (b). Aplikasi ini diuji langsung oleh seorang akademisi untuk melihat tingkat detail dari objek jantung dan hasilnya lebih dari standar yang ada pada pengenalan umum. Tampilan (c) dan (d) menampilkan aplikasi di ujikan pada mahasiswa khusus perawat dan mahasiswa kedokteran. Hasilnya pengguna sangat bersemangat dan sangat tertarik dari segi pendapat. Penelitian ini belum masuk pada tahap pengujian dalam bentuk survey kuantitatif dan masih dalam bentuk wawancara.



Gambar 16. Kemampuan Kamera pada Jarak dan waktu deteksi

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini, dapat disimpulkan:

1. Aplikasi Augmented Reality dengan *3D object tracking* dapat memberikan inovasi alat peraga dengan efek objek 3D yang ditampilkan dapat di pegang secara fisik dalam gengaman tangan pengguna dan memberikan pengalaman interaksi yang lebih mendalam.
2. Berdasarkan hasil pengujian terhadap berbagai *smartphone* berbeda, Penelitian ini mengambil kesimpulan antara lain sebagai berikut.
  - i. Jarak aman untuk melakukan *scan* pada marker adalah 20 – 70 Centimeter.
  - ii. Intensitas cahaya yang diperlukan ketika melakukan *scan* berada pada besaran 0 – 32.000 Lux.
  - iii. Kestabilan yang diperlukan ketika memegang *smartphone* untuk melakukan *scan* berada pada 1 – 5 Skalaritcher.
  - iv. Waktu untuk sebuah *smartphone* mendeteksi dan menampilkan *object* berada pada 0,5 – 1 detik atau bisa lebih, disesuaikan juga dengan jenis dan spesifikasi *smartphone*.
  - v. Semakin tinggi kemampuan processor, waktu deteksi marker akan semakin singkat. Kemampuan processor *smartphone* tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap jarak pendeteksian.
  - vi. Semakin tinggi kemampuan kamera, jarak deteksi terjauh akan lebih panjang namun semakin rendah kemampuan kamera, jarak deteksi terdekat akan lebih pendek.
3. Berdasarkan hasil pengujian terhadap beberapa user, antara lain: dokter, dosen dan mahasiswa di Universitas Klabat. Penelitian ini menemukan bahwa aplikasi yang dibuat memberikan suatu ketertarikan kepada para pengguna ketika menguji aplikasi. Pengguna terkesan dengan teknologi Augmented Reality yang dapat menggabungkan object dunia maya dengan dunia nyata sehingga terlihat berbeda dan lebih menarik. Bagi para pengguna

ini merupakan suatu pengalaman yang baru dan mereka memberikan apresiasi yang luar biasa terhadap aplikasi yang dibuat.

## 5. SARAN

Aplikasi ini masih dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan penjelasan secara detail dari setiap bagian-bagian jantung serta fungsinya, kemudian dapat menambahkan tips-tips bagaimana merawat jantung agar tetap sehat dan masalah apa yang dapat terjadi jika jantung kita tidak baik. Aplikasi bisa dikembangkan lebih lanjut agar dapat berjalan pada spesifikasi *smartphone* dan sistem operasi *mobile* yang lebih luas. Adapun diperlukan penambahan ujicoba dengan survey dari pengguna khususnya mahasiswa kedokteran dan keperawatan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. S. Wibowo, *Anatomi Tubuh Manusia*, 2nd ed., vol. 1. 2005.
- [2] C. Annema, M.-L. Luttik, and T. Jaarsma, "Reasons for readmission in heart failure: Perspectives of patients, caregivers, cardiologists, and heart failure nurses," *Heart Lung J. Acute Crit. Care*, vol. 38, no. 5, pp. 427–434, Sep. 2009.
- [3] R. A. Sahulata, A. Wahyudi, B. G. Wuwungan, and M. A. Nayoan, "Aplikasi Virtual Reality Pengenalan Kerangka Tubuh Manusia Berbasis Android," *CogITo Smart J.*, vol. 2, no. 2, pp. 204–215, Dec. 2016.
- [4] O. Lengkong, A. K. Wahyudi, and A. N. S. H, "Media Informasi Brosur Fakultas Ilmu Komputer Universitas Klabat menggunakan Augmented Reality Dalam Bentuk Video," *Techno.Com*, vol. 17, no. 2, pp. 122–133, May 2018.
- [5] R. T. Azuma, "A survey of augmented reality," *Presence Teleoperators Virtual Environ.*, vol. 6, no. 4, p. 355, Aug. 1997.
- [6] A. K. Wahyudi, "ARca, Pengembangan Buku Interaktif Berbasis Augmented Reality dengan Smartphone Android," *J. Nas. Tek. Elektro Dan Teknol. Inf. JNTETI*, vol. 3, no. 2, 2014.
- [7] E. Solak and R. Cakir, "Exploring the Effect of Materials Designed with Augmented Reality on Language Learners' Vocabulary Learning," *J. Educ. Online*, vol. 12, no. 2, pp. 50–72, Jul. 2015.
- [8] Y. P. Edson, A. Wahyudi, and C. Dumingan, "A Proposed Combination of Photogrammetry, Augmented Reality and Virtual Reality Headset for heritage visualisation," in *2016 International Conference on Informatics and Computing (ICIC)*, Lombok, Indonesia, 2016, vol. 1, pp. 43–48.
- [9] T. Chatzidimitris, D. Gavalas, and D. Michael, "SoundPacman: Audio augmented reality in location-based games," in *2016 18th Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON)*, 2016, pp. 1–6.
- [10] A. Wahyudi, A. Sumual, and J. Sumual, "Translator Real-Time Bahasa Indonesia - Tombulu dan Tombulu - Indonesia menggunakan Augmented Reality," *CogITo Smart J.*, vol. 2, no. 2, pp. 194–203, Dec. 2016.
- [11] A. Wahyudi, R. Ferdiana, and R. Hartanto, "Pengujian dan Evaluasi Buku Interaktif Augmented Reality ARca 3D," in *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia 2014*, Stimik Amikom, Yogyakarta, 2014, vol. 2.
- [12] K. Lee, "Augmented Reality in Education and Training," *TechTrends Link. Res. Pract. Improve Learn.*, vol. 56, no. 2, pp. 13–21, Mar. 2012.
- [13] A. K. Sin and H. B. Zaman, "Live Solar System (LSS): Evaluation of an Augmented Reality book-based educational tool," presented at the Information Technology (ITSim), 2010 International Symposium in, 2010, vol. 1, pp. 1–6.

- [14] A. Tejani, D. Tang, R. Kouskouridas, and T.-K. Kim, "Latent-Class Hough Forests for 3D Object Detection and Pose Estimation," in *Computer Vision – ECCV 2014*, 2014, pp. 462–477.
- [15] Y. Park, V. Lepetit, and W. Woo, "Multiple 3D Object Tracking for Augmented Reality," in *Proceedings of the 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, Washington, DC, USA, 2008, pp. 117–120.
- [16] Y. Kobayashi, "Photogrammetry and 3D City Modelling, School of Architecture and Landscape Architecture, Arizona State University, USA, 2006," *Photogrammetry and 3D City Modelling*, 19-Feb-2016. [Online]. Available: <ftp://forum8.co.jp/forum8lib/pdf/VRsymposium/arizone-2.pdf>. [Accessed: 19-Feb-2016].
- [17] G. Yalcin and O. Selcuk, "3D city modelling with Oblique Photogrammetry Method," in *INTER-ENG 2014*, Tirgu Mures, Romania, 2015, vol. 8.
- [18] K. L. Moore, A. F. Dalley, and A. M. R. Agur, *Clinically Oriented Anatomy*. Lippincott Williams & Wilkins, 2006.
- [19] J. Sobotta, *Atlas anatomi manusia: Batang badan, panggul, ekstremitas bawah. Jilid 2*. Penerbit Buku Kedokteran, EGC, 2007.