

PENERAPAN WEB BASED AUGMENTED REALITY 3D PADA GAME PUZZLE INTERAKTIF KERANGKA MANUSIA

Taufich Rizqi Fachrudin*¹, Siti Asmiatun²

Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi, Universitas Semarang
Jl. Soekarno Hatta, Tlogosari Kulon, Kec Pedurungan, Kota Semarang
¹taufichrizqi@gmail.com, ²siti.asmiatun@usm.ac.id

Page | 251

Abstrak— Kemajuan di dalam teknologi komputer memungkinkan kita untuk memberikan tanggapan secara langsung terhadap interaksi pemain dengan aspek-aspek yang ada di dalam *game*. Dengan dasar pemikiran untuk menggabungkan dunia maya dan dunia nyata, banyak diperoleh ide-ide untuk memudahkan seseorang dalam menciptakan visualisasi yang lebih bagus, efisien, dan imajinatif. Salah satu perkembangan teknologi dan informasi di bidang visualisasi saat ini adalah *Augmented Reality*. Sebuah sistem *Augmented Reality* (AR) mengisi dunia nyata dengan benda-benda virtual, sehingga konten yang dihasilkan komputer ditambahkan ke dunia nyata secara interaktif dan *real time*. Dengan adanya AR, *game* dapat dirancang menjadi lebih inovatif dan atraktif dengan menampilkan model 3D dari komponen *game*, salah satu contoh aspek penerapan *game* yaitu dengan memanfaatkan teknologi *augmented reality* yang berkembang di era ini kedalam pembuatan *games puzzle* berbasis web. Dengan memanfaatkan teknologi *Augmented Reality*, permainan *puzzle* dapat digunakan sebagai media untuk menambah daya tarik didalam melatih kreatifitas pada anak-anak dengan *gameplay* yang secara *realtime* menampilkan visual model 3 Dimensi pada gambar yang seakan-akan berada di dunia nyata.

Kata Kunci— Aplikasi, Augmented Reality, Web Based, Game, Puzzle, Multi Marker, Kerangka Tulang Manusia.

Abstract— Advances in computer technology allow us to provide a direct response to the interaction of players with aspects that exist in the game. With the rationale for combining cyberspace and the real world, many ideas are obtained to facilitate someone in creating a better, efficient, and imaginative visualization. One of the developments in technology and information in the current visualization field is *Augmented Reality*. An *Augmented Reality* (AR) system fills the real world with virtual objects, so that computer-generated content is added to the real world interactively and in real time. With the existence of AR, games can be designed to be more innovative and attractive by displaying 3D models of game components, one example of the aspects of game implementation is by utilizing augmented reality technology that developed in this era into making web-based puzzle games. By utilizing *Augmented Reality* technology, puzzle games can be used as a medium to add traction in training creativity in children with gameplay that realtime displays 3D visual models in images that seem to be in the real world.

Keywords— *Augmented Reality, Application, Web Based, Games, Puzzles, Multi Markers, Human Skeleton.*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi di era ini sangat pesat ditandai dengan munculnya berbagai teknologi yang baru baik perangkat keras maupun perangkat lunak, khususnya pada bidang visual. Salah satu perkembangan teknologi dan informasi di bidang visualisasi saat ini adalah *Augmented Reality*. Sebuah sistem *Augmented Reality* (AR) mengisi dunia nyata dengan benda-benda virtual, sehingga konten yang dihasilkan komputer ditambahkan ke dunia nyata secara interaktif dan *realtime*. Dengan adanya AR, *game* dapat dirancang menjadi lebih inovatif dan atraktif dengan menampilkan visual model 3D dari komponen *game*. Dalam era kemajuan teknologi komputer saat ini, sangat memungkinkan kita untuk memberikan tanggapan secara langsung terhadap interaksi pemain dengan aspek-aspek yang ada di dalam *game*, salah satu contoh aspek penerapan *game* yaitu dengan memanfaatkan teknologi *augmented reality* kedalam pembuatan *game*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan beberapa sumber pustaka yang digunakan sebagai acuan dan pedoman dalam penelitian yang akan dilakukan. Pustaka yang digunakan ditinjau dari segi objek penelitian, metode yang digunakan, bahasa pemrograman yang digunakan, serta platform yang digunakan dalam penelitian tersebut.

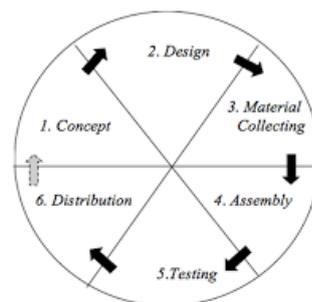
TABEL I
PENELITIAN RELEVAN

Tahun Penulis	Objek dan Kasus	Metode AR	Bahasa Pemrograman	Platform
	Animasi 3D Kerangka		C#	

Septri Elvrilla (2011)	Manusia (Edukasi)	Marker Based Tracking	Javascript	Android
M.Zia Fadhila (2013)	Anatomi Tubuh Manusia (Edukasi)	Fast Corner Detection	C/C++	Windows (Desktop)
Afif Nourzmany (2013)	Anatomi Tubuh manusia (Edukasi)	Hough Transform	C++	Windows (Desktop)
Ririn Yulianti (2015)	Rumah Adat Indonesia (Pengenal an Rumah Adat)	Marker Based Tracking	C#	Android
Lucky Andriana Saputra (2016)	Animal (Edukasi Pengenal an Hewan)	Multi Marker	C#	Android
Konsep Aplikasi Yang diusulkan (2020):	Kerangka Tulang Manusia (Game Puzzle)	Multi Marker Based Tracking	HTML, Javascript	Berbasis Web

III. METODOLOGI PENELITIAN

Metode pengembangan aplikasi yang peneliti gunakan dalam penelitian ini adalah metode Multimedia Development Life Cycle (MDLC) versi Luther-Sutopo dalam Setiawan, Mudiyanto, Lumenta, Ari S.M, dan Tulenan, Virginia [1].

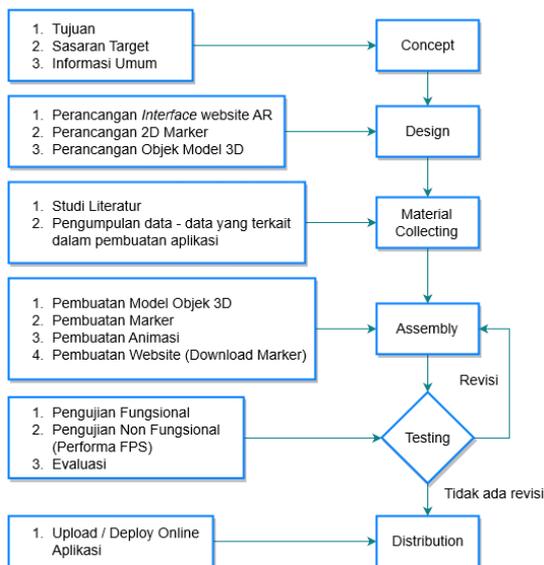


Gbr. 1 Multimedia Development Life Cycle (MDLC) versi Luther-Sutopo (2016:39)

Tahapan pengembangan multimedia menurut Sutopo, dalam Setiawan, Mudiyanto, Lumenta, Ari S.M, dan Tulenan, Virgini [1], adalah sebagai berikut:

- 1. Concept (Konsep)**
Tahap concept (konsep) adalah tahapan untuk menentukan tujuan dan siapa pengguna aplikasi (identifikasi audience). Selain itu menentukan macam aplikasi (presentasi, interaktif, dan lain-lain) dan tujuan aplikasi (hiburan, pelatihan, pembelajaran, dll).
- 2. Design (Perancangan)**
Design (perancangan) adalah tahap membuat spesifikasi mengenai arsitektur program, gaya, tampilan dan kebutuhan material atau bahan untuk aplikasi.
- 3. Material Collecting (Pengumpulan Materi)**
Material collecting adalah tahap dimana pengumpulan bahan yang sesuai dengan kebutuhan. Tahap ini dikerjakan secara paralel dengan tahap assembly.
- 4. Assembly (Pembuatan)**
Tahap assembly (pembuatan) adalah tahap dimana semua objek atau bahan multimedia dibuat. Pembuatan aplikasi didasarkan pada tahap design
- 5. Testing (Pengujian)**
Dilakukan setelah selesai tahap pembuatan (*assembly*) dengan menjalankan aplikasi atau program dan dilihat apakah ada kesalahan atau tidak. Tahap ini disebut juga sebagai tahap pengujian black box testing dimana pengujian dilakukan oleh pembuat atau lingkungan pembuatnya sendiri.
- 6. Distribution (Distribusi)**
Tahapan dimana aplikasi disimpan dalam suatu media penyimpanan. Pada tahap ini jika media penyimpanan tidak cukup untuk menampung aplikasinya, maka dilakukan kompresi terhadap aplikasi tersebut.

Tahapan metode pengembangan aplikasi pada penelitian ini dapat dilihat pada Gbr. 2 :



Gbr. 2 Diagram Alir Pengembangan Aplikasi

A. Concept (Konsep)

Pada tahap ini penulis merumuskan concept dari aplikasi sebagai berikut:

1. Tujuan aplikasi yaitu merancang dan membangun *game puzzle augmented reality* 3D kerangka manusia berbasis web sebagai sarana alat bantu untuk melatih kreatifitas dan logika kognitif pada anak.
2. Sasaran target pada aplikasi ini adalah anak-anak usia 6 tahun keatas maupun masyarakat umum yang ingin mencoba serta memainkan game dengan teknologi AR.
3. Aplikasi *Game Puzzle AR* 3D berbasis web dengan model objek Kerangka Manusia dibangun menggunakan software Google SketchUp dengan menerapkan library dari teknologi AR yang berkembang saat ini. Aplikasi ini dapat dioperasikan pada *browser* yang telah *support* WebRTC dan WebGL tanpa perlu meng-*install*.

B. Design (Desain)

Tahap design dilakukan perancangan untuk *interface* dari *website* aplikasi AR, desain vector marker, dan desain model 3D dari objek kerangka manusia. Desain *interface* adalah tahap pembuatan *website* aplikasi AR sebagai tempat pendistribusi *marker* dan sketsa dari tampilan yang akan muncul pada layar *smartphone* maupun *desktop* saat pengguna mengoperasikan aplikasi. Tahap ini berkaitan dengan tahap distribution dan dibangun untuk memudahkan interaksi pengguna se-sederhana dan se-efisien mungkin. Rancangan desain *website*, *marker puzzle* 2D dan model objek 3D dapat dilihat pada Gbr. 3, Gbr. 4 dan Tabel 3.



Gbr. 3 Desain Vector Marker

Tampilan pada Gbr. 3 merupakan desain tampilan dari gambar *vector marker puzzle font* 2D yang untuk pendeteksian dari visual model objek 3D yang terdiri dari :

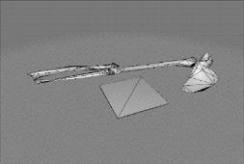
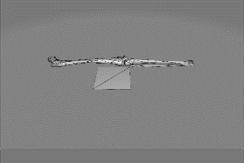
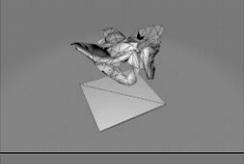
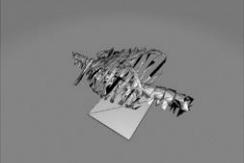
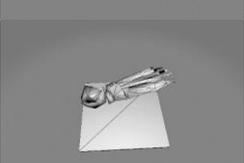
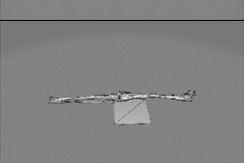
1. Vector Marker U (Tulang Tengkorak)
2. Vector Marker S (Tulang Iga)
3. Vector Marker M (Tulang Panggul)
4. Vector Marker J (Tulang Kaki Kanan)
5. Vector Marker A (Tulang Telapak Kaki Kanan)
6. Vector Marker Y (Tulang Kaki Kiri)
7. Vector Marker A (Tulang Telapak Kaki Kiri)
8. Vector Marker F (Tulang Lengan Kiri)
9. Vector Marker T (Tulang Pergelangan Tangan Kiri)
10. Vector Marker I (Tulang Lengan Kanan)
11. Vector Marker K (Tulang Pergelangan Tangan Kanan)

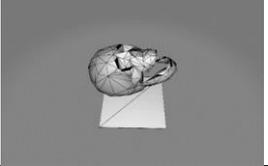


Gbr. 4 Mockup Website AR

Tampilan pada Gbr. 4 merupakan *mockup* desain tampilan *website* untuk distribusi aplikasi AR dan sebagai tempat penyimpanan (*download*) *marker*.

TABEL II
DESAIN MODEL OBJEK 3D KERANGKA MANUSIA

No.	Model 3 Dimensi	Keterangan
1.		Desain Model 3D Left Arm (Tulang Lengan Kiri)
2.		Desain Model 3D Left Foot (Tulang Telapak Kaki Kiri)
3.		Desain Model 3D Left Hand (Tulang Tangan Kiri)
4.		Desain Model 3D Left Leg (Tulang Kaki Kiri)
5.		Desain Model 3D Pelvis (Tulang Panggul)
6.		Desain Model 3D Ribs (Tulang Iga)
7.		Desain Model 3D Right Arm (Tulang Lengan Kanan)
8.		Desain Model 3D Right Foot (Tulang Telapak Kaki Kanan)
9.		Desain Model 3D Right Hand (Tulang Tulang Kanan)
10.		Desain Model 3D Right Leg (Tulang Kaki Kiri)

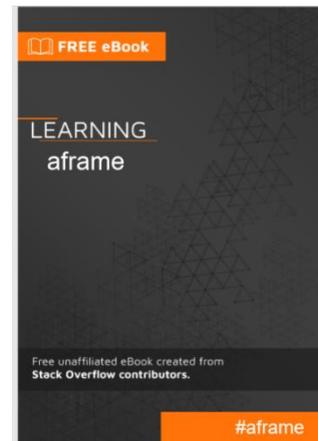
11.		Desain Model 3D Skull (Tulang Tengkorak)
-----	--	--

C. Material Collecting (Pengumpulan Materi)

Tahap yang dilakukan pada material collecting merupakan analisa terhadap kebutuhan dalam terapan aplikasi dengan mencari informasi untuk menunjang kesesuaian aplikasi yang akan dibangun. Analisa kebutuhan aplikasi yang akan dilakukan pada penelitian dibagi dengan dua jenis tahapan, yaitu Studi Literatur dan Pengumpulan Data (*assets*) model 3D.

1. Studi Literatur

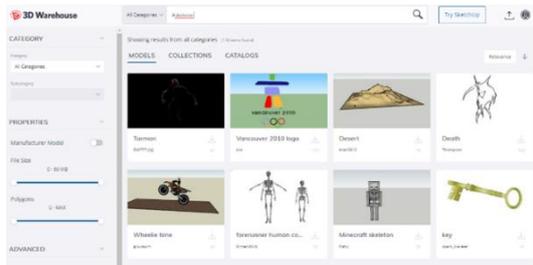
Tahap yang dilakukan pada studi literatur merupakan tahap pembelajaran dan pemahaman sesuai dengan masalah yang ada. Dalam kasus ini penulis menggunakan metode penelitian studi literatur dari ebook yang berjudul “Learning Aframe”. Ebook ini dibangun oleh para pengembang aplikasi AR agar dapat dioperasikan melalui web browser. Berikut gambar ebook yang penulis pakai di dalam studi literatur membangun aplikasi augmented reality berbasis web.



Gbr. 5 E-Book Learning Aframe (RIP Tutorial “Getting Started With Aframe”)

2. Pengumpulan Data (*Assets*)

Tahap pengumpulan data merupakan tahap pengambilan data dari model 3 dimensi. Data (*assets*) dapat diambil dalam format *file* .skp .mtl .obj .gltf .dae .fbx .blend dan lain sebagainya. Pada penelitian ini data diambil dalam format *file* .skp yang merupakan format *file* yang ada dalam fitur Google SketchUp yaitu 3D Warehouse yang berlisensi *open*, pengambilan data (*assets*) bertujuan untuk mempermudah pada saat proses pembuatan bagian-bagian (*parts*) model 3D dalam *game puzzle*. Contoh pengambilan *assets* dalam 3D Warehouse dapat dilihat pada Gbr. 5.



Gbr. 5 3D Warehouse Sketchup

D. Assembly (Pembuatan)

Pada tahap assembly (pembuatan) dilakukan beberapa tahapan, yaitu :

1. Pembuatan Model Objek 3 Dimensi Kerangka Manusia

Pembuatan model 3D yang digunakan peneliti sebagai objek dalam *game puzzle AR* dibangun dengan menggunakan *software SketchUp*. Berikut implementasi model objek 3D.

TABEL III
IMPLEMENTASI PART MODEL OBJEK 3D KERANGKA MANUSIA

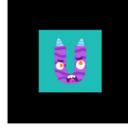
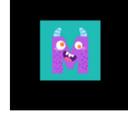
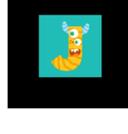
No.	Model 3 Dimensi	Keterangan
1.		Model 3D <i>Left Arm</i> (Tulang Lengan Kiri)
2.		Model 3D <i>Left Foot</i> (Tulang Telapak Kaki Kiri)
3.		Model 3D <i>Left Hand</i> (Tulang Tangan Kiri)
4.		Model 3D <i>Left Leg</i> (Tulang Kaki Kiri)
5.		Model 3D <i>Pelvis</i> (Tulang Panggul)
6.		Model 3D <i>Ribs</i> (Tulang Iga)
7.		Model 3D <i>Right Arm</i> (Tulang Lengan Kanan)

8.		Model 3D <i>Right Foot</i> (Tulang Telapak Kaki Kanan)
9.		Model 3D <i>Right Hand</i> (Tulang Tangan Kanan)
10.		Model 3D <i>Right Leg</i> (Tulang Kaki Kiri)
11.		Model 3D <i>Skull</i> (Tulang Tengkorak)

2. Pembuatan Marker

Pada tahap pembuatan marker, peneliti menggunakan *software photoshop* untuk mendesain ulang tampilan *marker*. Penulis menggunakan *marker* dengan gambar *font* yang ketika disusun akan membentuk kalimat “USM JAYA FTIK” sebagai identitas peneliti. Berikut *marker* yang digunakan sebagai *puzzle* pada objek 3 dimensi yang peneliti gunakan.

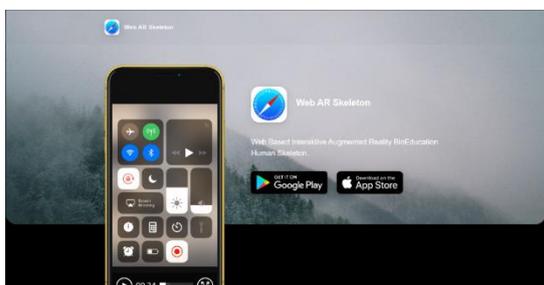
TABEL IV
IMPLEMENTASI MARKER PUZZLE WEBAR

No.	Model 3 Dimensi	Keterangan
1.		<i>Marker Puzzle U</i> (Tulang Tengkorak)
2.		<i>Marker Puzzle S</i> (Tulang Iga)
3.		<i>Marker Puzzle M</i> (Tulang Panggul)
4.		<i>Marker Puzzle J</i> (Tulang Kaki Kiri)
5.		<i>Marker Puzzle A</i> (Tulang Panggul)

6.		Marker Puzzle Y (Tulang Iga)
7.		Marker Puzzle A (Tulang Telapak Kaki Kiri)
8.		Marker Puzzle F (Tulang Lengan Kiri)
9.		Marker Puzzle T (Tulang Tangan Kiri)
10.		Marker Puzzle I (Tulang Lengan Kanan)
11.		Marker Puzzle K (Tulang Tangan Kanan)

3. Pembuatan Website

Pembuatan *website* bertujuan untuk tempat pendistribusian (*download*) *marker* untuk masyarakat umum (publik) mengingat aplikasi yang peneliti bangun berbasis web, sehingga pengguna (*user*) dapat mencoba untuk memainkan aplikasi *game puzzle AR* berbasis web tanpa perlu meng-*install*. Berikut tampilan halaman website dapat dilihat pada Gbr. 6.



Gbr. 6 Website Game Puzzle AR Kerangka Manusia

E. Testing (Pengujian)

Pengujian aplikasi ini menggunakan metode pengujian *black box*. Pengujian *black box* memastikan suatu aplikasi dapat menerima masukan dan melakukan semua kebutuhan fungsional dengan tepat sesuai dengan perancangan. Pada pengujian *black box* peneliti membagi menjadi beberapa pengujian yaitu:

1. Pengujian Kompabilitas Aplikasi

Pada pengujian kompabilitas aplikasi, peneliti menguji ke dalam beberapa *operating system* pada *device smartphone* dengan instrumen sampel pengujian melalui *browser* seperti *Chrome*, *Mozilla Firefox*, dan *Safari*. Berikut hasil uji kompabilitas yang dilakukan pada aplikasi dapat dilihat pada Tabel V.

TABEL V
UJI KOMPABILITAS APLIKASI

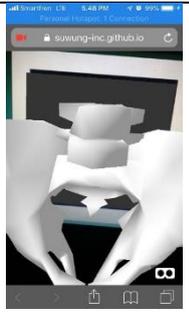
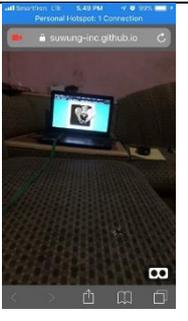
Platform iOS		
Safari (Default)	Chrome	Mozilla
YA	TIDAK	TIDAK
Platform Android		
Chrome	Mozilla	Browser (Default)
YA	YA	TIDAK

Hasil pengujian pada Tabel. V memperlihatkan bahwa aplikasi *Web AR Game Puzzle Kerangka Manusia* dapat dioperasikan pada *Operating System* (OS) Android melalui *browser Chrome* dan *Mozilla FireFox*, untuk *default browser* dari android hanya menampilkan *blank white frame*. Pada *Operating System* (OS) iOS aplikasi hanya dapat dioperasikan melalui *browser Safari*, dikarenakan dukungan dari *WebRTC* pada *browser chrome* dan *mozilla* di dalam *platform iOS 11+* menggunakan versi *WebRTC* yang dibatasi oleh pihak *WebKit (web browser engine)* dari *Apple.Inc*.

2. Pengujian Kompabilitas Aplikasi

Pengujian ukuran dan jarak pada *marker* adalah tahap dimana *marker* diuji dengan berbagai ukuran beserta jarak yang berbeda-beda, sehingga diketahui hasil yang optimal dari kamera dalam mendeteksi *marker*. Berikut hasil pengujian dari sampel *marker* yang digunakan.

TABEL VI
PENGUJIAN JARAK DAN UKURAN SAMPEL MARKER

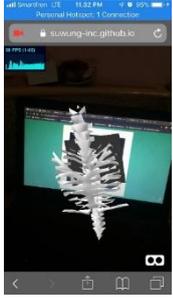
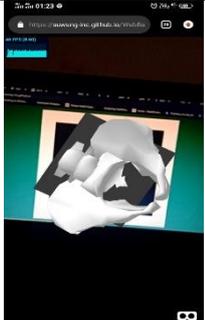
Ukuran Marker	Jarak Kamera ke Marker	
	Terdekat (cm)	Terjauh (cm)
6 cm	± 10 cm	± 127 cm
		
24 cm	± 28 cm	± 194 cm (cm)
		

Pada pengujian ukuran dan jarak *marker*, maka dapat dilihat dengan hasil yang juga berbeda-beda dari jarak yang dijangkau oleh kamera untuk mendeteksi sebuah *marker*. Semakin besar ukuran *marker* maka jarak jangkauan kamera untuk mendeteksi *marker* juga akan semakin jauh, sebaliknya semakin kecil ukuran *marker* maka akan semakin dekat jarak yang dapat dijangkau oleh kamera untuk mendeteksi *marker*.

3. Pengujian Non Fungsionalitas (FPS)

Pengujian Non Fungsionalitas dilakukan untuk mengukur performa aplikasi secara *real time* ketika dijalankan pada beberapa *device smartphone* dengan *operating system* dan spesifikasi yang berbeda-beda. Berikut pengujian performa dari aplikasi dengan mengambil salah satu sampel dari marker, dapat dilihat pada Tabel VII.

TABEL VII
PENGUJIAN PERFORMA (FPS)

Spesifikasi	Performa 38 - 48 FPS
OS iOS (iPhone 5S) Versi 12.4.2	
CPU Dual Core 1.3 GHz Cyclone (ARM v8-based)	
1.3 GHz Cyclone (ARM v8-based)	
RAM 1GB Internal 16 GB	
Spesifikasi	Performa 46 - 57 FPS
OS Android (VIVO) Versi Pie 9.0	
CPU Octa-Core (4x2.3 GHz Cortex-A53 & 4x1.8 GHz Cortex-A53)	
GPU PowerVR G8320	
RAM 4 GB Int 128gb	

Hasil pengujian pada Tabel VII, membuktikan bahwa hasil rata-rata FPS dari kedua OS *device* bisa dikatakan sangat optimal dengan perbandingan normal di dalam aplikasi *game* yaitu 30 FPS. Sebagai perbandingan, penelitian dari Heri Pratikno (2015) yang berjudul “Kontrol Gerakan Objek 3D Augmented Reality Berbasis Titik Fitur Wajah dengan POSIT, Vol.4, No.1” memiliki performa sekitar 10-15 FPS, penelitian milik Walesa Danto, ST, Agung Toto Wibowo, ST., MT., Bedy Purnama, Ssi., MT (2011) dengan judul “Analisis Metode Occlusion Based Pada Augmented Reality Studi Kasus : Interaksi Dengan Objek Virtual Secara Real Time Menggunakan Gerakan Marker” yang memiliki performa sekitar 20-25 FPS, serta penelitian dari Dimas Setyo Utomo, Issa Arwani, Wibisono Sukmo Wardhono (2017)

F. Distribution (Distribusi)

Setelah melalui tahap pengujian dan memastikan semua fungsi berjalan dengan semestinya maka aplikasi dianggap layak untuk di distribusikan. Proses distribusi dalam hal ini adalah mengunggah aplikasi webAR *Game Puzzle* dan *website landing page* tersebut ke *server online*. Hasil distribusi *Website landing page* beserta aplikasi *Web AR Game Puzzle* dapat di akses pada laman dengan url <https://trf-web-ar.netlify.com/>

IV. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang dilakukan dalam Penerapan Web Based Augmented Reality 3D Pada Game Puzzle Interaktif Kerangka Manusia, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Aplikasi *game puzzle augmented reality* pada kerangka manusia dapat di operasikan pada perangkat *smartphone* melalui media dari *web browser*.
2. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada *smartphone* dengan OS dan spesifikasi yang berbeda, penerapan aplikasi *game puzzle AR* berbasis web mempunyai performa FPS yang sangat optimal, dengan hasil pada OS Android yang memiliki performa 46-57 FPS dan OS iOS memiliki performa 38-48 FPS.
3. Dengan memanfaatkan teknologi *Augmented Reality*, permainan *puzzle* dapat digunakan sebagai media untuk menambah daya tarik didalam melatih kreatifitas pada anak-anak dengan *gameplay* yang secara *realtime* menampilkan visual model 3 Dimensi pada gambar yang seakan-akan berada di dunia nyata.
4. Dengan kegiatan bermain *puzzle augmented reality* diharapkan dapat melatih konsentrasi dan merangsang daya ingat anak ketika anak bermain *puzzle* menggunakan gambar *marker* untuk mendapatkan susunan lengkap dari kerangka tulang manusia yang divisualisasikan secara 3 dimensi

B. Saran

Saran yang peneliti ingin berikan untuk pengembangan penelitian kedepan terkait dengan Penerapan Web Based Augmented Reality 3D Pada Game Puzzle Interaktif Kerangka Manusia adalah sebagai berikut:

1. Untuk penelitian dan pengembangan selanjutnya diharapkan melakukan inovasi lebih lanjut terhadap model 3D yang diterapkan sebagai objek visual 3D didalam *game puzzle augmented reality*.
2. Perlunya pengawasan dan bimbingan dari orang dewasa didalam mengoperasikan aplikasi ini, mengingat didalam menjalankan aplikasi menggunakan device *smartphone*.
3. Didalam pengoperasian aplikasi web AR *Game Puzzle* pada *platform* berbasis andorid, disarankan untuk mengubah pengaturan dari *default browser* kedalam *browser chrome* atau *mozilla firefox*

REFERENSI

- [1] RIP Tutorial "Getting Started With Aframe" [Online]. Tersedia : <https://riptutorial.com/aframe/topic/10017/getting-started-with-aframe>. Diakses [05 Oktober 2019].
- [2] The Khronos Group Inc [Online]. Tersedia : <https://www.khronos.org/blog/>. Diakses [02 Desember 2019].
- [3] B. Danchilla, "Three.js framework in Beginning WebGL for HTML5". Springer, 2012, pp. 173–203.
- [4] XIUQUAN QIAO , PEI REN, SCHAHRAM DUSTDAR , Fellow IEEE, LING LIU, Fellow IEEE, HUADONG MA , AND JUNLIANG CHEN (2019). Web AR: A Promising Future for Mobile Augmented Reality State of the Art, Challenges, and Insights, Vol. 107, No. 4, April 2019.
- [5] Siltanen S. Theory and applications of marker-based augmented reality. Technical Research Centre of Finland. ; 39 (2012).
- [6] Mahastama, A. W., n.d. Pemanfaatan Computer Vision: Augmented Reality. [Online] Available at: <http://www.lecture.ukdw.ac.id>[Accessed 23 7:21 AM March 2019].
- [7] Patirupanusara P. "Marker-Based Augmented Reality Magic Book for Anatomical Education. In International Conference on Computer and Communication Technologies"; 2012. p. 136-138.