

2D & 3D Modelling Monumen Bersejarah Yogyakarta sebagai Media Edukasi Interaktif berbasis *Virtual Reality*

Eriya, Yesty Desca R.Putri
Program Studi Teknik Informatika
Politeknik Negeri Jakarta,
Depok, Indonesia
eriya@tik.pnj.ac.id, descafitaputri@gmail.com

Diterima: 1 April 2018. Disetujui: 20 April 2018. Dipublikasikan: Mei 2018

Abstrak - Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan daerah yang kaya akan sejarah. Untuk memperkenalkan beragam peninggalan sejarah yang ada di Kota Yogyakarta dan untuk meningkatkan minat terhadap edukasi sejarah maka diperlukan teknologi yang tepat yaitu dengan menggunakan teknologi *Virtual Reality*. Berdasarkan permasalahan tersebut, makalah ini bertujuan untuk membuat asset-asset 3D dan 2D dengan menggunakan Adobe Illustrator dan Blender dan merujuk pada monumen sejarah yang ada di DI Yogyakarta agar terlihat nyata. Aset 2D dan 3D ini akan digunakan sebagai konten dalam media edukasi interaktif monumen bersejarah DI Yogyakarta menggunakan teknologi *Virtual Reality*, sehingga pengguna dapat melihat monumen-monumen sejarah tersebut secara *virtual* yang akan memberikan pengalaman yang menarik bagi pengguna aplikasi.

Kata Kunci: multimedia, aset 2D, 3D modeling, media edukasi, virtual reality, Daerah Istimewa Yogyakarta.

I. PENDAHULUAN

Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) adalah sebuah daerah otonomi setingkat propinsi di Indonesia dengan lintasan sejarah yang cukup panjang. Kekayaan sejarah ini juga disertai oleh kekayaan pusaka sebagai bentuk peradaban yang tumbuh berkembang seiring dengan waktu. Pusaka ragawi berupa bangunan-bangunan bersejarah mulai dari Keraton Kerajaan, Tugu Yogyakarta, hingga Candi Prambanan, dll. Kesemuanya adalah sebuah modal yang sangat berharga dalam menghargai sejarah dan kehidupan berbudaya di Yogyakarta, terlebih di Indonesia [1].

Pada hakikatnya, sejarah merupakan ilmu yang menekankan pada pengembangan konsep serta struktur peristiwa. Namun kadang kala ilmu sejarah sering dianggap hanya sebagai urutan peristiwa. Hal tersebut terjadi karena metode pembelajaran yang digunakan dalam media edukasi sejarah terkesan monoton dan kurang bervariasi sehingga

pemahaman mengenai hakikat dibalik peristiwa sejarah kurang dapat dipahami, serta menyebabkan kurangnya minat untuk mempelajari tentang ilmu sejarah di era modern.

Untuk meningkatkan pertumbuhan minat edukasi sejarah, maka perlu diupayakan sarana teknologi modern, salah satu caranya yaitu dengan menggunakan teknologi *virtual reality*. Pada saat menggunakan teknologi *virtual reality*, disana akan banyak ditemukan objek-objek 3D baik itu berupa arsitektur bangunan ataupun beberapa objek yang ada dalam arsitektur tersebut dalam bentuk 3D [2]. Terlebih lagi, konten aplikasi dalam aplikasi *virtual reality* ini adalah animasi 2D, dimana di dalamnya terdapat banyak objek 2D seperti karakter, *background*, dan lain-lain. Objek-objek 3D itu lah yang disebut sebagai *asset* 3D & 2D.

Berdasarkan permasalahan tersebut, makalah ini bertujuan untuk membuat *asset-asset* 3D dan 2D untuk media edukasi interaktif menggunakan teknologi *virtual reality* dengan salah satu konten berupa animasi 2D berlingkup 360⁰ dengan aplikasi Blender dan Adobe Illustrator.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Grafis 2 Dimensi

Grafik komputer 2D adalah sebuah generasi gambar digital (*digital image*) berbasis komputer, yang kebanyakan mengambil objek-objek dua dimensi (2D). Model grafik 2D merupakan kombinasi dari model geometri (juga disebut sebagai grafik *vektor*), gambar digital (*raster graphics*), fungsi matematika, dan sebagainya. Komponen-komponen ini dapat dimodifikasi dan dimanipulasi oleh transformasi geometri dua dimensi, seperti translasi, rotasi, dan dilatasi [3].

B. Grafis 3 Dimensi

Grafik 3D merupakan perkembangan dari grafik 2D. Di dalam grafika komputer, 3D merupakan bentuk grafik yang menggunakan representasi data geometri tiga dimensi. Suatu objek rangka 3D apabila disinari dari arah tertentu akan membentuk bayangan pada permukaan gambar. Proses pembuatan grafik komputer 3D dapat dibagi ke dalam tiga fase, yaitu 3D *modelling* yang mendeskripsikan bentuk dari sebuah objek, *layout*, dan *animation* yang mendeskripsikan gerakan dan tata letak sebuah objek, dan 3D *rendering* yang memproduksi *image* dari objek tersebut [3].

C. Virtual Reality

Virtual Reality (VR) atau realitas maya adalah teknologi yang membuat pengguna dapat berinteraksi dengan suatu lingkungan yang disimulasikan oleh komputer (*computer-simulated environment*), suatu lingkungan sebenarnya yang ditiru atau benar-benar suatu lingkungan yang hanya ada dalam imaginasi. Lingkungan *virtual reality* pada umumnya menyajikan pengalaman visual, yang ditampilkan pada sebuah layar komputer atau melalui sebuah penampil stereoskopik, tapi beberapa simulasi mengikutsertakan tambahan informasi hasil penginderaan, seperti suara melalui *speaker* atau *headphone*. Melalui *headphone* atau *speaker*, pendengar akan mendengar suara yang realistis [4].

III. METODOLOGI

Metode yang diterapkan pada pembuatan *Asset* Objek 2D & 3D untuk Media Edukasi Interaktif adalah metode model Villamil-Molina. Villamil-Molina mengatakan bahwa pengembangan multimedia akan berhasil baik dengan membutuhkan perencanaan yang teliti, penguasaan teknologi multimedia yang baik, serta penguasaan manajemen produksi yang baik juga. Adapun tahapan metode model Villamil-Molina ini adalah seperti berikut [5]:

A. Development

Pada tahap ini yang dilakukan adalah menentukan konsep & spesifikasi aset-aset 2D & 3D yang akan dikembangkan berdasarkan ide, tujuan serta sasaran aplikasi *virtual reality* media edukasi sejarah mengenai 3 monumen di Yogyakarta. Konsep pembuatan aset 2D & 3D dalam aplikasi VR ini adalah membuat aset-aset yang menarik bagi *user* dengan cara membuat desain *background* & karakter yang dapat menyampaikan cerita & pesan sejarah dalam animasi 2D, serta dengan membuat *modelling* 3D yang tampak nyata dengan perbandingan skala yang sesuai dengan monumen aslinya.

B. Pre-production

Pada tahap ini mulai melakukan pengumpulan bahan untuk proses pembuatan aset-aset yang akan dikerjakan nantinya. Bahan-bahan tersebut, antara lain seperti riset foto & lingkungan, serta sejarah asal mula & perkembangan monumen yang dituang dalam bentuk *storyboard* & skrip narasi. Setelah itu, dilakukan pengembangan konsep aset-aset secara rinci berdasarkan konten, *storyboard*, dan skrip narasi pada aplikasi VR media edukasi ini.

C. Production

Pada tahap ini, dilakukan pengembangan *outline/garis* besar aset-aset, desain antarmuka aplikasi, pengembangan grafis 2D dengan cara *tracing & coloring*, serta pengembangan grafis 3D dengan cara *modelling & texturing* sehingga menjadi sebuah aset utuh yang siap diuji & dimasukkan pada animasi & aplikasi *virtual reality*.

D. Post-production

Pada tahap ini, pembuatan aset-aset 2D & 3D memasuki tahapan pengujian oleh animator & programmer aplikasi. Aset-aset 2D & 3D akan dievaluasi secara internal oleh tim dengan memperhatikan aspek-aspek a) desain aset, b) tujuan dan sasaran, c) konten, d) grafis, dan f) kesesuaian dengan *storyboard*.

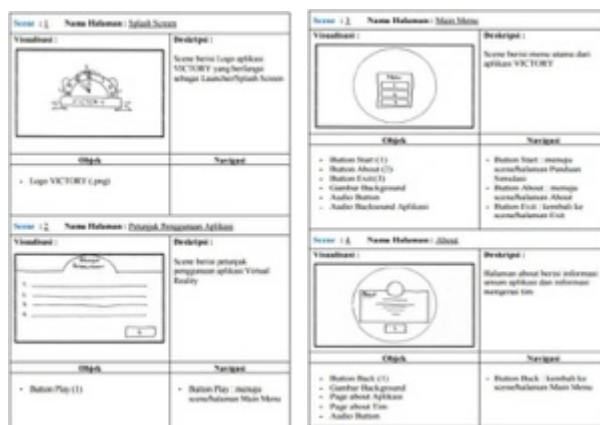
E. Delivery

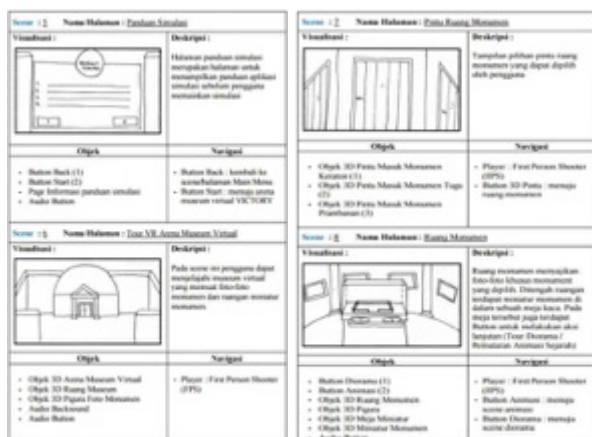
Tahap ini merupakan tahap akhir dari pembuatan aset 2D & 3D. Aset-aset yang sudah di evaluasi oleh tim internal (*animator & programmer*) lalu didistribusikan ke dalam animasi 2D dan aplikasi *virtual reality*.

IV. PERANCANGAN DAN REALISASI

A. Storyboard Aplikasi

Storyboard aplikasi dibuat untuk memudahkan dalam proses pembuatan aset-aset pada bagian konten aplikasi. Gambar 1 berikut merupakan *storyboard* dari aplikasi media edukasi interaktif ini.

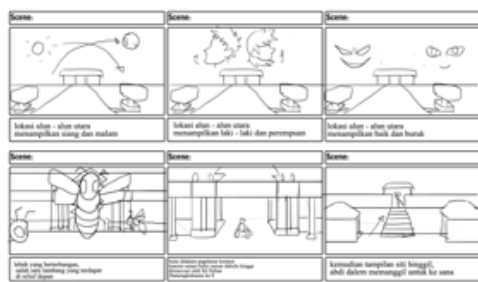




Gambar 1. Storyboard Aplikasi

B. Storyboard Animasi

Selain storyboard aplikasi, juga terdapat storyboard animasi yang dibuat untuk memudahkan dalam proses pembuatan aset-aset animasi, seperti background dan karakter pada bagian cerita yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Storyboard Animasi






C. Desain Aset 2D

Desain aset-aset 2D dibuat untuk memudahkan dalam pembuatan aset-aset 2D pada media edukasi interaktif berdasarkan storyboard aplikasi dan storyboard animasi yang sudah dijabarkan sebelumnya. Pada Tabel 1 merupakan desain aset-aset 2D beserta penjelasannya.

TABEL 1. DESAIN ASSET 2D

No	Desain Asset	Deskripsi
1.		Nama Aset: Logo Aplikasi Logo divisualisasikan berupa jam dinding tempo dahulu berbentuk setengah lingkaran yang dibingkai dengan ukiran-ukiran kaligrafi. Bagian dalam jam terdapat angka-angka romawi sebagai penunjuk waktu dan jarum jam.
2.		Nama Aset: User Interface Title: Main Menu Tombol: Start Journey, About, Exit




3.		Nama Aset: User Interface Title: Instruction Page Tombol: Start Journey, Back
4.		Nama Aset: User Interface Title: About Application Tombol: Slider Kanan, Back
4.		Nama Aset: User Interface Title: About Developer Tombol: Slider Kiri, Back
5.		Nama Aset: User Interface Title: Quit Condition Tombol: Yes, No
6.		Nama Aset: Karakter Title: 'Mbak Guide' Deskripsi Aset: Divisualisasikan sebagai perempuan Jawa yang berparas ayu, memakai Kebaya berwarna biru dan kain batik coklat Karakter ini berperan sebagai Guide Tour di dalam aplikasi dan dalam animasi Tugu Jogja.
7.		Nama Aset: Karakter Title: 'Abdi Dalem Keraton' Deskripsi Aset: Karakter Abdi Dalem divisualisasikan memakai bawahan batik coklat Kawungan dan atasan motif garis berwarna biru selayaknya seragam/pakaian Abdi Dalem secara nyata. Karakter ini digunakan dalam animasi Keraton Yogyakarta.
8.		Nama Aset: Karakter Title: 'Sultan Hamengkubuwono VIII' Deskripsi Aset: Karakter Sultan HMB VIII yang divisualisasikan sesuai ilustrasi foto Sultan berikut ini: Karakter ini digunakan dalam animasi Keraton Yogyakarta.
9.		Nama Aset: Karakter Title: 'Mas Tugu' Deskripsi Aset: Karakter ini divisualisasikan sebagai seorang manusia yang selalu tumbuh dan berkembang dari balita sampai tua. Karakter ini digunakan dalam animasi Tugu Jogja.

10.		<p>Nama Aset: Karakter Title: ‘Guru Hinduism’ Deskripsi Aset: Karakter ini divisualisasikan sebagai tokoh pemuka agama Hindu yaitu Guru. Karakter ini digunakan dalam animasi Candi Prambanan.</p>	4.		<p>Nama Aset: Struktur Relief Candi Prambanan 2 Deskripsi Aset: Visualisasi struktur Candi ini sebagai referensi tambahan untuk menambah detail struktur relief modelling 3D Candi Prambanan. Sumber: http://www.santijehanna.nda.com</p>
11.		<p>Nama Aset: Karakter Title: ‘Monk Buddhist’ Deskripsi Aset: Karakter ini divisualisasikan sebagai tokoh pemuka agama Buddha yaitu Biksu. Karakter ini digunakan dalam animasi Candi Prambanan.</p>	5.		<p>Nama Aset: Struktur Bangunan Tugu Jogjakarta Deskripsi Aset: Visualisasi struktur bangunan Tugu ini sebagai referensi modelling 3D Tugu Jogjakarta dari segi bentuk bangunan dan skala ukuran Tugu nya. Sumber: www.google.com</p>
6.		<p>Nama Aset: Struktur Relief Tugu Jogjakarta Deskripsi Aset: Visualisasi Tugu ini sebagai referensi modelling 3D Tugu dari segi detail ukiran dan corak warna Tugu nya.</p>			

D. Desain Aset 3D

Desain aset-aset 3D dibuat untuk memudahkan dalam pembuatan aset-aset 3D pada media edukasi interaktif berdasarkan storyboard aplikasi virtual reality yang sudah dijabarkan sebelumnya. Desain aset 3D mempunyai beragam referensi gambar sebagai acuan untuk modelling, mulai dari sketsa gambar yang dibuat hingga foto serta denah asli monumen terkait. Pada Tabel 2 merupakan desain aset-aset 3D beserta penjelasannya.

TABEL. 2 DESAIN ASSET 3D

No.	Desain Aset	Deskripsi
1.		<p>Nama Aset: Keraton Yogyakarta Front View Deskripsi Aset: Desain ini Penulis buat sebagai referensi untuk modelling 3D Keraton Yogyakarta tampilan depan.</p>
2.		<p>Nama Aset: Denah Keraton Deskripsi Aset: Denah ini sebagai referensi modelling 3D Keraton Yogyakarta tampilan atas dan sekelilingnya. Sumber: www.google.com</p>
3.		<p>Nama Aset: Struktur Relief Candi Prambanan Deskripsi Aset: Visualisasi struktur bangunan Candi ini sebagai referensi untuk modelling 3D Candi Prambanan. Sumber: www.google.com</p>

E. Production

Setelah perancangan desain aset 2D berdasarkan storyboard dan bahan material untuk media edukasi interaktif berbasis virtual reality telah selesai, selanjutnya tahap realisasi akan dilaksanakan. Tahap realisasi merupakan tahap Production pada metodologi Villamil-Molina. Pada tahap ini penulis mulai membuat realisasi desain user interface, karakter, dan objek 2D.

1) Pembuatan Logo ‘Victory’

Dalam membuat suatu media edukasi interaktif berbasis virtual reality umumnya memiliki logo judul media edukasi tersebut, pembuatan logo “Victory” ini, diawali dengan membuat storyboard/sketsa yang akan diaplikasikan pada media edukasi. Sketsa dari logo judul “Victory” yang akan dibuat bentuk digitalnya terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain Logo ‘Victory’

Setelah membuat desain, dilakukan pembuatan bentuk visual digital dengan menggunakan perangkat lunak Adobe Illustrator. Desain ini akan di-import ke dalam halaman *artboard* perangkat lunak Adobe Illustrator sebagai cetak biru (*blueprint*) atau acuan untuk membentuk bentuk digitalnya.

Untuk membuat bentuk yang sesuai dengan gambar diperlukan *tools* yang terdapat dalam perangkat lunak ini. Penulis menggunakan *Pen Tool* untuk membuat bentuk jam tempo dulu dan ornamen di sekitarnya.

Selain itu juga digunakan *Type Tool* untuk membuat tulisan seperti pada desain logo. Pada logo ini Penulis menggunakan 2 tipe *font* yaitu Sans Serif dan Serif yang masing-masing *font* nya bernama 'Fontleroy Brown' dan 'Khmer UI'. Setelah itu desain logo dirapihkan dan diberi warna sehingga akan menghasilkan hasil akhir seperti Gambar 3.



Gambar 3. Logo 'Victory'

Elemen logo yang berbentuk jam tempo dulu secara keseluruhan merupakan representasi lambang mesin waktu dimana dalam aplikasi ini pengguna akan diajak menyusuri sejarah asal mula dibangunnya ketiga monumen terkait. Warna emas kuning yang nantinya akan dipakai sebagai mayoritas warna logo diartikan sebagai aspek luhur dan prestis yang dikandung dalam konten-konten aplikasi yang kesemuanya diambil dari sumber-sumber sejarah yang masih memegang adat istiadat dan budi luhur yang kuat.

2) Pembuatan Desain User Interface

Pembuatan desain *user interface* berdasarkan sketsa yang telah dibuat sebelumnya. Sketsa ini kemudian di-import ke dalam Adobe Illustrator. Kemudian tahap selanjutnya, dibuat bentuk yang sesuai dengan cetak biru dengan menggunakan *Rectangle Tool*, *Ellipse Tool*, dan *Pen Tool*.

Penulis juga di-import gambar yang diperlukan dari aset yang telah disiapkan, seperti *background*, objek dan logo, sehingga hasil akhir seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. User Interface Petunjuk Penggunaan Menu

Proses ini terus diulangi untuk membuat *user interface* lainnya sehingga seluruh *storyboard*/cetak biru menjadi gambar digital, kemudian menghasilkan suatu aset *user interface* yang utuh untuk aplikasi media edukasi interaktif ini.

3) Pembuatan Karakter dan Background Animasi

Pada pembuatan *asset* karakter animasi ini, juga digunakan gambar vektor untuk mencegah terjadinya *blur* atau *pixelation* saat penganimasian. Sama seperti sebelumnya juga, langkah pertama adalah melakukan digitalisasi dari gambar-gambar yang sudah didesain. Digitalisasi yang dimaksud adalah melakukan *tracing* dan *coloring* digital pada gambar manual. Proses dilakukan dengan Adobe Illustrator yang khusus digunakan untuk membuat gambar-gambar vektor.

Selain *tracing* dari hasil gambar/desain yang dibuat sendiri, digunakan juga foto atau gambar asli dari berbagai latar tempat untuk pembuatan *background* animasi. Hal ini dilakukan agar *background* tampak lebih nyata dan mempunyai kedekatan yang erat dengan objek realitas tempat aslinya seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Tracing dari Referensi Foto untuk Background Animasi

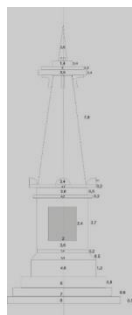
Di saat yang bersamaan *coloring* bisa langsung dilakukan dengan cara memilih warna yang lebih beraneka. Berikut adalah hasil dari *tracing* dan penggabungan beberapa stok vektor yang sudah dilakukan:



Gambar 6. Grafis Karakter 'Mbak Guide'

4) Realisasi Desain Asset 3D

Pembuatan modelling objek 3D ini, diawali dengan membuat storyboard/sketsa yang akan diaplikasikan pada layer Blender. Proses dilakukan dengan aplikasi Blender yang khusus digunakan untuk membuat modelling objek 3D. Desain dari Tugu Jogja yang akan dibuat bentuk digitalnya terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Desain Tugu Yogyakarta

Langkah pertama yang dilakukan yaitu menambahkan background images sebagai referensi di layer Blender menggunakan Tab Properties dengan cara menekan shortcut N dan pilih Background Images pada bagian bawah dan masukkan sumber gambar nya dari file direktori.

Setelah background images dimasukkan, klik option Axis lalu pilih sudut pandang mana yang akan dibuat acuan dalam modelling nanti. Untuk ini, Penulis memilih axis sudut pandang kanan sebagai acuan gambar.

Setelah background dimasukkan kedalam layer Blender, maka buatlah modelling-nya menyerupai background images tsb. Penulis menggunakan mesh Cube dan curve path untuk membentuk objek badan Tugu.

Buat sebuah objek cube, lalu letakkan persis di lokasi background images. Skalikan objek cube tersebut sehingga ukuran cube seperti badan tugu pada background images. Gambar 8 adalah tampilan tugu menggunakan Mesh Cube.




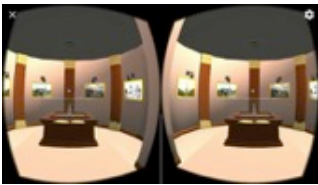
Gambar 8. Tampilan Objek Badan Tugu Menggunakan Mesh Cube

Setelah semua dibentuk menyerupai badan Tugu, maka selanjutnya adalah membuat modelling untuk ornamen-ornamen yang ada di objek. Dalam hal ini penulis menggunakan curve path untuk membuat ornament-ornamen tersebut agar memudahkan dalam membuat lengkungan-lengkungan sudut objeknya.

Buat sebuah kurva Path, lalu putar arah sumbu Z sebesar 90 derajat sehingga bentuk kurva dapat sejajar dengan background images. Setelah itu bentuk kurva sesuai ornamen Tugu dengan cara menarik tuas sumbu sesuai dengan axis nya (X, Y, Z) di Edit Mode. Maka akan muncul sebuah objek kurva Path sesuai bentuk sumbu-sumbu kurva Path yang sudah dibentuk berdasarkan axis tersebut yang akan menyerupai garis luar ornamen Tugu.

Kurva Path yang sudah ada masih berupa kurva kosong tanpa volume. Oleh karena itu untuk memberi volume kurva sehingga menjadi objek menggunakan teknik Bevel Object di panel Geometri Properties dengan kurva Circle. Beberapa aset 2D dan 3D dapat dilihat pada Tabel 3.

TABEL 3. ASET 2D DAN 3D MONUMEN SEJARAH YOGYAKARTA

Visualisasi Asset	Keterangan
	Asset User Interface 'Home' dalam aplikasi Virtual Reality.
	Asset 3D 'Diorama Monumen' dalam aplikasi Virtual Reality

	Asset 3D 'Monumen Tugu' dalam aplikasi Virtual Reality
	Asset 3D 'Keraton Yogyakarta' dalam aplikasi Virtual Reality.
	Asset 2D Logo Aplikasi dalam aplikasi Virtual Reality.
	Asset 2D background animasi Keraton Jogjakarta dalam animasi 2D berlingkup 360 derajat.
	Asset 2D background & karakter animasi Candi Prambanan dalam animasi 2D berlingkup 360 derajat.
Visualisasi Asset	Keterangan
	Asset 2D background & karakter animasi Tugu Jogjakarta dalam animasi 2D berlingkup 360 derajat.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan Pembuatan Asset Objek 2D & 3D untuk Media Edukasi Interaktif Monumen Bersejarah DI Yogyakarta Berbasis *Virtual Reality* dapat disimpulkan bahwa:

1. Penelitian ini berhasil membuat *asset* 2D yang terdiri dari logo aplikasi, *user interface* aplikasi, karakter animasi dan *background* animasi, serta *asset* 3D yang terdiri dari monument objek dan ruang *virtual* pada media edukasi interaktif berbasis *virtual reality*.
2. Proses pembuatan desain *user interface* pada media edukasi interaktif berbasis *virtual reality* "Victory" dilakukan bertahap mulai dengan

menentukan konsep, membuat desain, dan kemudian realisasi pembuatan desain *user interface* menggunakan perangkat lunak Adobe Illustrator CC 2015.

3. Desain *user interface* ini dibuat untuk memberikan tampilan media edukasi interaktif berbasis *virtual reality* yang mudah digunakan dan *user friendly*. *User interface* yang dibuat terdiri dari lima *layout user interface*, yaitu *layout homescreen*, *instruction*, menu *about apps*, menu *about developer*, dan menu *exit*.

VI. SARAN

Adapun saran yang dapat disampaikan berdasarkan 2D dan 3D *modelling* monumen bersejarah DI Yogyakarta adalah :

1. Pembuatan *asset* 2D pada media edukasi interaktif akan lebih baik jika dapat dibuat semenarik mungkin dengan lebih memperhatikan aspek warna dan ekspresi serta porsi tubuh sehingga para *user* lebih menikmati dan terhibur dalam menggunakannya.
2. Pembuatan *asset* 3D pada media edukasi interaktif sebaiknya dibuat secara mendetail dan se-ekploratif mungkin sehingga para *user* akan benar-benar merasa berada di suatu tempat dan dapat lebih bereksplorasi lebih jauh dengan objek 3D tersebut.
3. Pembuatan *user interface* akan lebih baik lagi jika dapat menerapkan seluruh prinsip perancangan *user interface*.

REFERENSI

- [1] Anonim. *Sejarah Singkat Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta*. <http://www.pendidikan-diy.go.id/> [23April 2015].
- [2] Ardhiyanto, Eka, Hadikurniawati, Wiwien, Winarno, Edy. 2012. *Augmented Reality* Objek 3 Dimensi dengan Perangkat *Artoolkit* dan *Blender*. Program Studi Teknik Informatika, Universitas Stikubank.
- [3] Lintau, Ephi. (2010). *Perbedaan Grafik 3D dan 2D*. <http://ephi.web.id/> [20 Juli 2014]
- [4] Sihite, B. 2013. *Pembuatan Aplikasi 3D Viewer Mobile dengan Menggunakan Teknologi Virtual Reality*. Jurnal Teknik Pomits 2(2) A397-A400.
- [5] Binanto, Iwan. 2013. *Perbandingan Metode Pengembangan Perangkat Lunak Multimedia*. Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Sanata Dharma.