

Analisa dan Perancangan 3D Candi Cetho Menggunakan Metode Polygonal Modeling

Dimas Setiawan^{*1}, M suyanto², Hanif Al Fatta³

¹STT Dharma Iswara Madiun

^{2,3}Magister Teknik Informatika STMIK AMIKOM Yogyakarta

E-mail: *kontakdimasdisini@gmail.com, yanto@amikom.ac.id, hanif.a@amikom.ac.id

Abstract

The 3D modeling with scanning and Photogrametry technique become new trendsetter for historical object reconstruction process, however there are many researcher who not use this 3D's digital modeling tehniqye.

Polygonal Modeling is digital modeling technique which suitable for make 3D's model from non organic object like a building. Cetho Temple is the historical building who use 2D picture as the documentations result, so produce the 3D model for Cetho temple can be use as new alternative for introduce the object for common peoples.

The purposes of 3D's reconstruction is make 3D's product whose similiar with the original object. Modeling use Polygonal Modeling technique with files textures is better than procedural textures technique who produce 3D models for temple cetho on 87,35% from common peoples and 77,67% from expert medias.

Keywords— *Digital Modeling, Polygonal Modeling, Cetho Temple, Texturing*

PENDAHULUAN

Menurut pasal 53 ayat (4) UU No.11 tahun 2010 tentang Pelestarian Cagar Budaya, disebutkan bahwa “Pelestarian Cagar Budaya harus didukung oleh kegiatan pendokumentasian sebelum dilakukan kegiatan yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan keasliannya”. [1]

Pemanfaatan teknologi 3D dapat digunakan untuk membantu program pemerintah dalam upaya pelestarian cagar budaya , hal ini didukung oleh penelitian milik Hendy yang menyatakan bahwa “Perlindungan terhadap Cagar Budaya didukung oleh kegiatan pendokumentasian dalam rangka mencegah terjadinya perubahan keasliannya”. [2]

Candi Cetho merupakan salah satu bentuk bangunan Cagar Budaya yang letaknya berada di dusun Cetho, desa Gumeng, kecamatan Jenawi, kabupaten Karanganyar. Candi ini terletak di sekitar lereng gunung lawu dengan ketinggian 1.400 mdpl. Akses jalan yang menanjak, dan letaknya yang berada di lereng gunung membuat banyak masyarakat umum kurang mengenal obyek cagar budaya ini. Penyebaran hasil dokumentasi berupa gambar 2D yang tersebar dunia maya secara keseluruhan tidak mampu memperkenalkan bentuk bangunan utama Candi Cetho secara keseluruhan.

Sehingga diperlukan alternatif baru untuk memperkenalkan obyek candi dengan mengembangkan pendokumentasian dalam bentuk model 3D. model 3D memiliki banyak fungsi. Selain untuk memberikan gambaran 3D dari sebuah arsip gambar maupun hanya catatan sejarah. Selain itu model 3D dapat difungsikan sebagai alat peraga guna mewakili objek aslinya yang tinggal sejarah. [3]

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Hendy [2], Psikonata [4] dan Nadzirah [5] membahas tentang pemanfaatan 3D yang digunakan untuk pendokumentasian di bidang sejarah. Ketiga penelitian ini secara umum memiliki kesamaan yaitu melakukan pemodelan 3D

menggunakan teknik fotogrametri. Proses pemodelan 3D yang dilakukan dengan menggunakan alat bantu kamera, dimana di dalam pengambilan gambar peneliti harus menerapkan teknik pengambilan gambar dengan jarak dan pengondisian tertentu, yang kemudian hasil dari gambar foto diproses dengan teknik *scanning* memanfaatkan software seperti *Photodeler scanner* atau *3D builder* untuk membuat obyek 3D. Ketiga penelitian diatas cukup relevan, namun terdapat perbedaan dimana pada penelitian ini hasil gambar hanya digunakan sebagai alat bantu untuk melakukan pemodelan 3D secara manual menggunakan *Polygonal modeling*, dan tidak ada proses *scanning*.

Penelitian milik Kurnia [6], Famukhit [7], Vidiardi [8], dan Evan [9] membahas tentang pemanfaatan teknologi 3 Dimensi di bidang sejarah yang sudah dikembangkan secara luas hingga menghasilkan sebuah sistem museum virtual baik itu berbasis *website* maupun media interaktif. Informasi mengenai teknik pemodelan dan penteksturan yang dipaparkan pada penelitian diatas masih sederhana, dikarenakan fokus dari penelitian diatas lebih mengarah kepada bagaimana sistem virtual yang sudah dibuat mampu memberikan informasi dan fungsi sistem yang layak. Sedangkan pada penelitian ini lebih terfokus pada detail informasi mengenai seberapa miripkah hasil obyek 3D dengan obyek aslinya, dengan menerapkan proses pemodelan 3D secara poligonal serta perbandingan hasil 3D menggunakan penteksturan secara prosedural dan penteksturan berbasis *file*.

1. D Modeling

3D *modelling* adalah hasil dari representasi dari proses secara matematika yang membentuk objek 3D. Hasil dari proses tersebut adalah apa yang sekarang ini disebut dengan 3D model atau 3D Mesh. [10]. William Vaughan membagi 3D *modelling* menjadi dua kelompok berdasarkan cara pembuatannya. Melalui aspek produksi, konstruksi, dan klasifikasi evaluasi model 3D terbagi menjadi 2 pokok yakni objek *Hard Surface (Non-Organic)* dan *organic*. [11]

2. Pemodelan Digital (Digital Modeling)

Pemodelan Digital atau biasa disebut Digital Modeling adalah sebuah Proses Pemodelan secara digital dari bentuk nyata maupun fiktif yang direkayasa dengan menggunakan perangkat lunak khusus dengan merepresentasikannya melalui sebuah bentuk objek 3 D. [11] Modelling adalah proses pembuatan bentuk- bentuk virtual yang melengkapi suatu scene. [12]

Ada beberapa aspek yang harus dipertimbangkan dalam membangun model obyek 3 D, Aspek-aspek tersebut memberi kontribusi pada kualitas hasil akhir. Hal tersebut meliputi metoda untuk mendapatkan atau membuat data yang mendeskripsikan obyek, tujuan dari model, tingkat kerumitan, perhitungan waktu dan biaya, kesesuaian dan kenyamanan, serta kemudahan manipulasi model 3D. Pemilihan cara pemberian tekstur yang tepat akan menghasilkan proses yang efisien dan efektif. [13]

3. Polygonal Modeling

Polygon adalah bentuk sisi luar (*faces*), ditentukan oleh titik tiga dimensi (*vertices*) dan garis lurus yang menghubungkan mereka (*edges*). Wilayah interior polygon disebut *faces*. *Vertices*, *edges*, dan *faces* adalah komponen dasar dari polygon. Apabila memilih dan memodifikasi polygon yaitu menggunakan komponen dasar. [14] Secara umum polygon adalah bentuk permukaan dari 3D yang didalamnya tersusun atas *vertex*, *edges*, dan *faces*. Satu polygon bisa dianalogikan seperti sebuah segitiga tunggal, yang nantinya apabila dikembangkan dan disusun bersama sama akan membentuk sebuah obyek 3D

4. Primitive Modeling

Pemodelan primitive, secara sederhana mengkombinasikan beberapa bentuk geometris primitive (seperti kotak, bola, cakram, dan sebagainya) dan memodifikasi bentuk mereka untuk membentuk objek akhir yang diinginkan.[15] Secara umum *Primitive modeling* adalah teknik pemodelan polygonal di mana pemodelan dimulai dengan bentuk geometris primitif seperti kubus, bola, silinder, dan selainnya yang kemudian disempurnakan bentuknya sampai penampilan yang diinginkan tercapai.

5. *Image Based Modeling*

Image based modeling adalah metode yang bergantung pada serangkaian gambar dua dimensi dari beberapa perspektif untuk menghasilkan model tiga dimensi dan kemudian membuat beberapa pandangan baru dari adegan ini.[2]

6. *Texturing*

Tekstur merupakan teknik pemberian detail material pada sebuah obyek[12]. Untuk menghasilkan obyek tiga dimensi yang realistis, maka dibutuhkan pembuatan tekstur dan material yang sesuai. Penggunaan pola tekstur yang sesuai akan berimplikasi pada detail obyek, kesesuaian model dengan bentuk aslinya, serta efisiensi memori dan storage komputer.[16]. Dengan menggunakan pola tekstur yang sesuai akan berpengaruh terhadap detail obyek dan kesesuaian model dengan bentuk aslinya. [12]

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan di dalam penelitian ini adalah adalah jenis penelitian *Action research* atau penelitian tindakan. *Action research* merupakan bentuk penelitian terapan yang bertujuan untuk mencari suatu cara efektif yang menghasilkan perubahan disengaja dalam suatu lingkungan yang sebagian dikendalikan. [17]

1. **Metode Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan:

a. Kearsipan dan kepustakaan

Membaca atau mempelajari arsip-arsip yang berhubungan dengan penelitian terkait tentang pemanfaatan 3D di bidang sejarah. Menelaah teori-teori yang terdapat pada buku-buku yang berhubungan dengan teknik pemodelan poligonal, tekstur secara prosedural atau berbasis *file*

b. Observasi dan angket

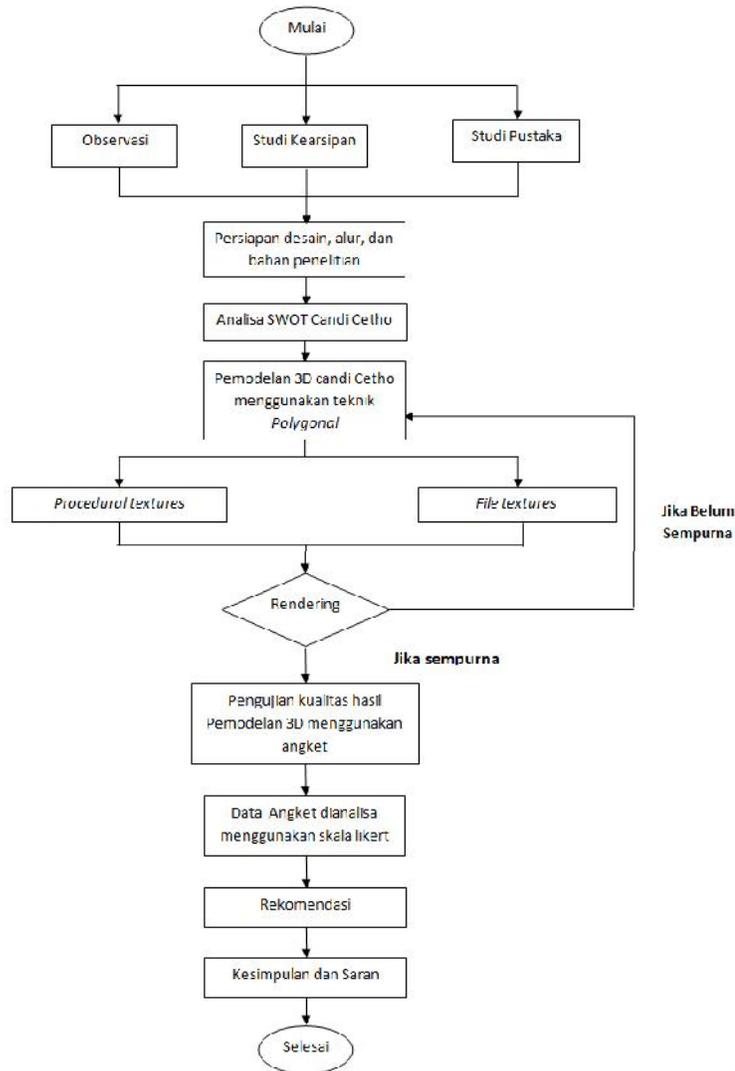
Proses studi lapangan dilakukan melalui pengamatan terbatas pada area candi Cetho menggunakan sarana internet. Pemberian angket ini diberikan kepada pihak-pihak terkait yang dilakukan pada tahap akhir setelah produk pemodelan 3d berhasil dibuat untuk mengukur kualitas produk akhir

2. **Metode Analisis Data**

Kegiatan analisa data dilakukan setelah produk 3D dari candi cetho sudah dibuat, instrumen penelitian berisi uji kemiripan model 3D yang ditujukan kepada responden ahli dan responden orang awam terkait obyek penelitian, untuk mendapatkan data kuantitatif yang kemudian dikonversikan menjadi data kualitatif menggunakan pembobotan dengan skala likert.

a. Alur Penelitian

Adapun alur dalam penelitian ini tertera pada gambar berikut ini:



Gambar 1 Alur penelitian

b. Hasil dan Pembahasan

1) Analisa SWOT Dokumentasi 2D Candi Cetho

Analisa menggunakan SWOT terhadap pendokumentasian 2D candi Cetho bertujuan untuk mencari kelebihan, kelemahan, peluang dan ancaman tentang pendokumentasian 2D Candi Cetho. Berikut adalah hasil analisisnya :

<p>ANALISA SWOT Dokumentasi 2D Candi Cetho</p>	<p>STRENGTH</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Hasil pendokumentasian 2D mampu menghasilkan rekam gambar berupa File Foto yang mirip dengan obyek aslinya. 2. Biaya dan teknik pendokumentasian 2D Candi Cetho tergolong murah dan lebih mudah. 	<p>WEAKNESS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Foto yang dihasilkan tidak mampu merekam bentuk secara keseluruhan candi yang berukuran besar, 2. Sebuah foto maksimal hanya mampu merekam 1 satu sampai 2 sisi bagian dari bentuk candi.
<p>OPPORTUNITIES Trend berupa Penelitian, pengembangan, dan pemanfaatn teknologi 3D untuk melakukan Pendokumentasian di bidang Sejarah.</p>	<p>STRATEGI S-O</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Memanfaatkan Hasil foto dokumentasi 2D candi Cetho untuk alat bantu dalam pembuatan produk 3D Candi Cetho. 2. Membuat Produk 3D yang mirip dengan memanfaatkan teknik Polygonal Modeling & teksturing berbasis File (.Jpeg) 	<p>STRATEGI W-O</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Melakukan pendokumentasian candi Cetho dalam bentuk produk 3D . 2. Membuat model 3D candi Ceto yang bisa diakses dan dilihat menggunakan internet.
<p>THREAT Pendokumentasian dalam bentuk Video dokumenter maupun pembuatan produk 3D dianggap lebih mampu memberikan kualitas hasil yang lebih baik daripada pendokumentasian 2D.</p>	<p>STRATEGI S-T</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Melakukan pendokumentasian candi Cetho dalam bentuk produk 3D 2. Membuat produk 3D aset Candi Cetho yang dapat digunakan sebagai bahan untuk pengembangan produk lain 	<p>STRATEGI W-T</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Melakukan pendokumentasian candi Cetho dalam bentuk produk 3D . 2. Membuat produk 3D aset Candi Cetho yang dapat digunakan sebagai bahan untuk pengembangan produk lain.

abel
1
Ana
lisa
SW
OT
Dok
ume
ntas
i 2D
Candi
Cetho

2) Analisis Kebutuhan

a) Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional produk 3D yang dihasilkan mampu melakukan fungsi sebagai berikut :

- Produk 3D yang dibuat dapat memberikan visualisasi yang serupa dengan obyek aslinya, sehingga dapat dijadikan alternatif baru bagi para pengguna yang ingin mengenal obyek candi Cetho.
- Produk yang dibuat dapat digunakan sebagai 3D aset dalam pengembangan produk yang lebih luas seperti museum virtual, media pembelajaran, atau kepentingan selainnya yang membutuhkan obyek 3D candi Cetho.

b) Kebutuhan Non Fungsional

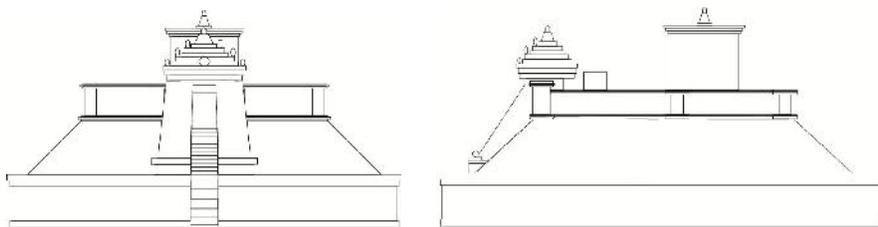
Analisis ini menyangkut kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak dimana di dalam penelitian ini spesifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Spesifikasi *hardware* yang digunakan yaitu Laptop Axioo Neon BNE dengan spesifikasi *Processor* AMD E2-2000 APU with Radeon(tm) HD *Grapichs* 1.75 GHz, RAM 2 GB, Windows 7 *professional type* 32-bit *Operating System*.
- Spesifikasi *Softwre* yang digunakan yaitu *Autodesk Maya* 2009, *Crazy Bump* Versi 1.22, *Adobe Photoshop cs* 4, *Corel Draw X3*.

c) *Tahapan Pemodelan 3D Candi Cetho*

1) *Pembuatan Gambar refrensi*

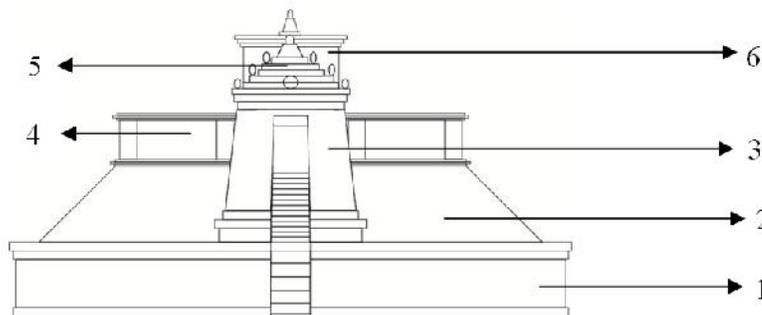
Pembuatan gambar referensi / *ortographic* diperlukan agar seorang *modeller* dapat menghasilkan model 3D sesuai dengan obyek aslinya.



Gambar 2 Gambar referensi sisi samping dan depan Candi Cetho

2) *Pemodelan Candi Cetho*

Berdasarkan proses pengerjaannya, pembentukan obyek 3D pada Candi Cetho terbagi menjadi 6 bagian proses pengerjaan. Pemodelan tahap pertama sampai keenam memiliki kecenderungan yang sama dimulai dengan proses pemodelan yang diawali dengan bentuk bangun dasar *polygon Cube*. dilanjutkan melakukan proses modifikasi pada *face* ,*vertex* dan *edge* sehingga bentuk bangun dasar tersebut dapat dibentuk sesuai dengan acuan gambar referensi



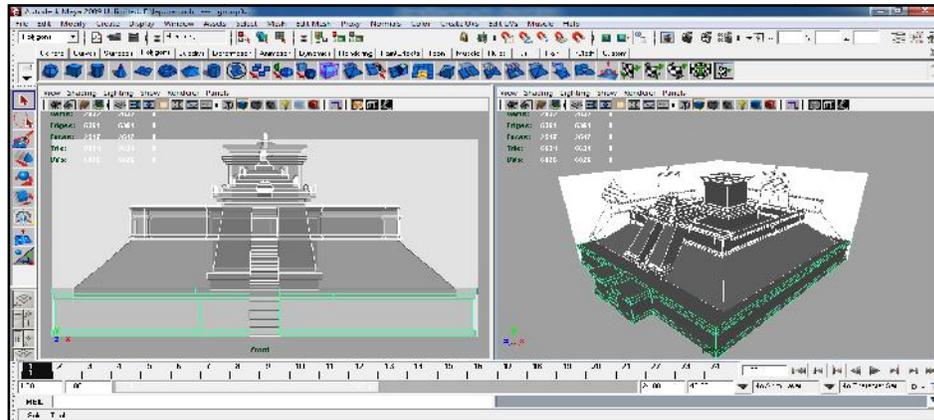
Gambar 3 Enam bagian proses pengerjaan Candi

Keterangan :

1 : Bagian bawah
2 : Bagian tengah

3 : Bagian pintu
4 : Bagian atas

5 : Bagian mahkota
6 : Bagian dalam



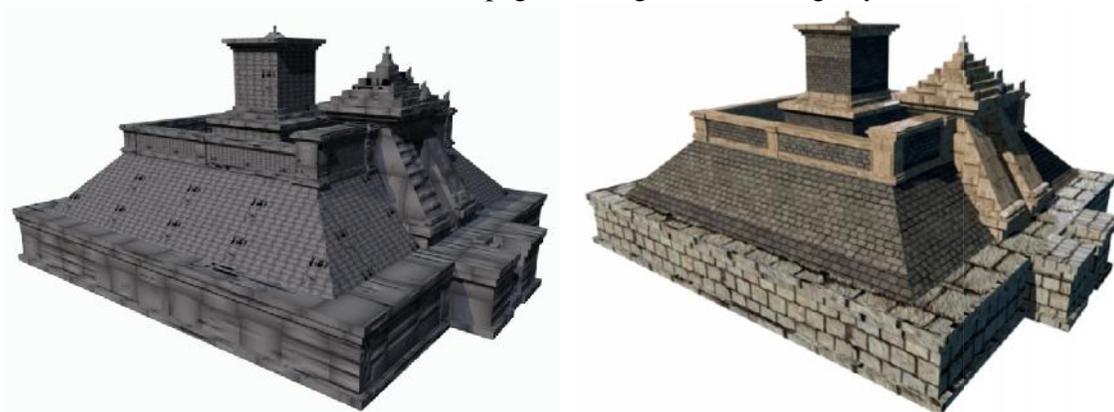
Gambar 4. Hasil pemodelan 3D candi Cetho (tanpa tekstur)

Secara keseluruhan produk 3D candi cetho tanpa tekstur memiliki *poly count* dengan jumlah *vertices* sebanyak 2832, *edges* sebanyak 5361, dan *faces* sebanyak 2547, dari model 3D ini nantinya akan dilanjutkan dengan pemberian tekstur dengan dua cara yaitu *procedural textures* untuk Candi Cetho (model A) dan *Files textures* untuk Candi Cetho (model B)

3) Texturing

Pemberian *procedural textures* dan *files textures* dipilih sesuai dengan kebutuhan berdasarkan penampakan secara visual dari permukaan obyek aslinya. Untuk obyek candi Cetho terdapat tekstur batuan berubin permukaan yang tidak merata pada permukaannya.

Proses pemberian tekstur berbasis *file* memiliki perbedaan dengan penteksturan prosedural, jika penteksturan prosedural hanya memperbolehkan seorang *modeller* memanfaatkan semua bahan material dan warna yang terdapat pada *software* bawaan saja, untuk penteksturan berbasis *file* seorang *modeller* bebas melakukan eksplorasi penteksturan dengan berbagai macam *file* diluar *software* bawaan seperti file foto dalam bentuk .Jpeg .Psd .Png dan lain sebagainya.

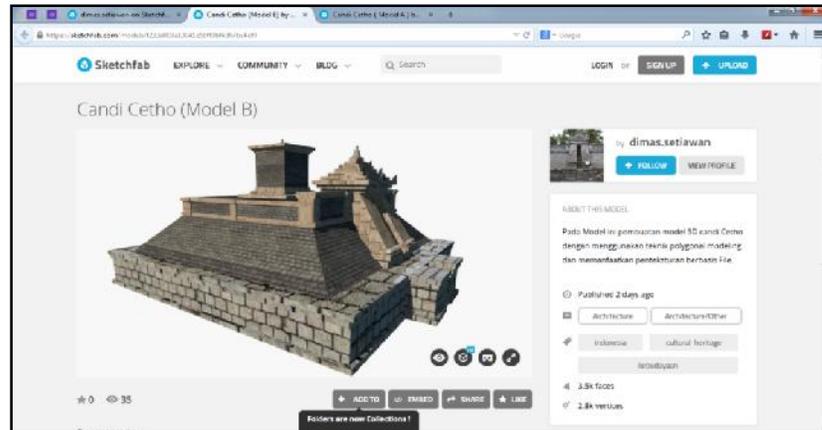


Gambar 5 Candi Cetho model A (kiri) dan model B (kanan)

4) *Rendering, Exporting, Uploading*

Pembuatan obyek 3D candi Cetho memasuki tahap akhir yaitu proses rendering, *exporting*, dan *uploading* yang bertujuan untuk mempublikasikan produk 3D yang sudah dibuat secara *online*.

Pemilihan penggunaan *Sketchfab.com* sebagai sarana untuk melakukan proses publikasi secara *online* dari obyek 3D dirasa tepat dikarenakan terdapat fitur *download*, serta keleluasaan pengunjung untuk dapat melakukan eksplorasi terhadap obyek 3D



Gambar 6 Hasil publikasi produk 3D candi Cetho (Sketchfab.com)

5) *Uji kemiripan Produk 3D*

Produk 3D yang sudah dibuat sudah diujikan kepada 4 ahli media dan 100 orang awam. Pada instrumen pengujian produk diberikan pilihan tiap butir pernyataan berupa respon sangat setuju dengan bobot nilai 4, Setuju dengan bobot nilai 3, tidak setuju dengan dengan bobot nilai 2, dan sangat tidak setuju dengan bobot nilai 1, yang kemudian dilakukan pengolahan data dengan melakukan beberapa perhitungan sebagai berikut :

1) skor maksimum = bobot tertinggi x pernyataan x responden

2) skor minimum = bobot terendah x \sum pernyataan x \sum responden

3) Interval = $\frac{\sum \text{ skor maksimum} - \sum \text{ skor minimum}}{\text{jumlah bobot (likert)}}$

4) Prosentase skor = $\frac{(\text{Total skor} \times 100)}{\sum \text{ Skor Maksimum}}$

Tabel 2 kriteria kemiripan produk 3D dengan obyek aslinya

No	Interval penilaian	Kriteria
1	81,25% < prosentase ≤ 100 %	Sangat mirip
2	62,50% < prosentase ≤ 81,25%	Mirip
3	43,75% < prosentase ≤ 62,50%	Kurang mirip
4	25% ≤ prosentase ≤ 43,75 %	Tidak Mirip

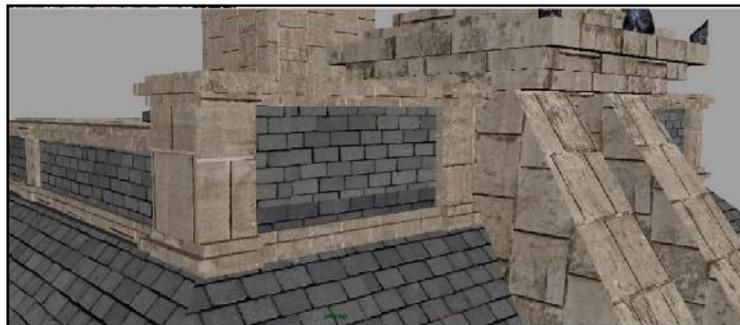
Berdasarkan hasil dari penyebaran angket terhadap 4 responden ahli media didapatkan skor maksimum sebesar 112. Hasil penilaian jumlah total skor untuk model A sebesar 68 dengan prosentase kemiripan 60,71% masuk ke dalam kategori kurang mirip, sedangkan model B memiliki jumlah total skor sebesar 87 dengan prosentase kemiripan 77,67 % masuk ke dalam kategori mirip.

Berdasarkan hasil penyebaran angket kepada 100 responden orang awam didapatkan skor maksimum sebesar 2800. Hasil penilaian jumlah total skor untuk model A sebesar 2097 dengan prosentase skor 74,89%, masuk ke dalam kategori mirip. sedangkan model B memiliki jumlah total skor sebesar 2446 dengan prosentase skor 87,35 % masuk ke dalam kategori sangat mirip.

6) Rekomendasi

Penggunaan teknik polygonal modeling dalam membentuk produk 3D (tanpa tekstur) untuk obyek candi Cetho bisa dilakukan dengan memanfaatkan gambar referensi untuk membantu proses *modeling*. Berdasarkan uji kemiripan produk 3D dengan obyek aslinya, produk 3D Candi Cetho model B mendapatkan prosentase skor lebih besar dibandingkan produk 3D Candi Cetho model A, hal ini menunjukkan bahwa pemilihan tekstur berbasis file dapat memberikan kesan bentuk 3D yang lebih realistis dan mirip dengan aslinya, dibandingkan memanfaatkan penteskturan secara prosedural.

Pemanfaatan *Bump mapping* dapat membantu seorang *modeller* memberikan efek tonjolan atau efek kasar tanpa harus melakukan penambahan maupun editing pada *vertex*, *edges*, dan *faces*nya. Pemberian efek *Bump* ini dapat diaplikasikan pada beberapa artefak atau ornamen pada candi Cetho seperti kepala kalamakara yang terdapat pada mahkota candi.



Gambar 7 Model permukaan tanpa efek *Bump*



Gambar 8 Model permukaan dengan efek *Bump*

Adapun saran dan komentar yang ditampung dari ahli media dan beberapa responden awam terdapat rekomendasi untuk perbaikan pada sisi pewarnaan, tekstur dan bentuk bagian samping pada model B agar nantinya produk yang dibuat bisa lebih baik dan mendekati sempurna, dan berikut adalah hasil perbaikan dari model candi cetho :



Gambar 9 Hasil perbaikan Produk 3D Candi Cetho

KESIMPULAN

1. Hasil uji kemiripan dari pembuatan produk 3D candi Cetho dengan menggunakan teknik polygonal modeling yang melibatkan 100 responden orang awam, untuk produk 3D model A (*procedural textures*) masuk pada kategori mirip dengan prosentase 74,89%, dan produk 3D model B (*files texture*) masuk pada kategori sangat mirip dengan prosentase 87,35 %.
2. Hasil uji kemiripan dari pembuatan produk 3D candi Cetho dengan menggunakan teknik polygonal modeling yang melibatkan 4 ahli media, untuk produk 3D model A (*procedural textures*) masuk pada kategori Kurang mirip dengan prosentase 60,71% dan produk 3D model B (*files texture*) masuk pada kategori mirip dengan prosentase 77,67 %.
3. Produk 3D Candi Cetho model B (*files texture*) memiliki prosentase kemiripan yang lebih besar dibandingkan dengan Produk 3D pada Model A (*procedural textures*), hal ini menunjukkan bahwa penggunaan tekstur berbasis *Files* lebih memberikan efek realistis yang hampir mendekati obyek aslinya dalam membuat produk 3D candi Cetho.

SARAN

Mengingat ini adalah penelitian awal dan masih jauh dari kesempurnaan, untuk penyempurnaan maka diperlukan kajian baru tentang penggunaan *specular map*, *displacement map*, *diffuse map*, maupun penggunaan teknik penteksturan yang lain demi terciptanya model 3D yang lebih realistis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim., 2010, Undang-Undang No.10 tahun 2010 tentang Cagar Budaya, Indonesia
- [2] Amy, R., 2013, Analisis dan Perancangan 3D Modeling Kapal Dengan Menggunakan Autodesk Maya, Naskah publikasi, Amikom, Yogyakarta
- [3] Hendy, I Nyoman., 2015, Pembuatan Model 3D candi Gebang menggunakan Metode Fotogrametri Jarak Dekat, UGM, yogyakarta <https://repository.ugm.ac.id/129442/>
- [4] Psikonata, Yogi., 2015., Pemodelan Data Arkeologi Berbasis Animasi Menggunakan Teknik Fotografi 360 Derajat (Studi Kasus : Jurusan Arkeologi, Fakultas Ilmu Budaya, Universitas Gadjah Mada), Jurnal Angkasa, Volume VII, No.1, mei 2015, STMIK AMIKOM Yogyakarta.
- [5] Raof, Ainun Nadzirah Abdul., dkk., 2015., 3D modeling of Archaeological Artifact Using Photomodeler Scanner, Jurnal Teknologi, eISSN : 2180-3722, UTM
- [6] Kurnia, I. 2013. 3D Puppet Making Virtual Museum Using Virtual Museum Virtual Reality Modelling Language 97 (VRML97) As Part Of The Puppet Museum Website: dalam internet; <http://library.gunadarma.ac.id>
- [7] Famukhit, M. 2013. Interactive Application Development Policy Object 3D Virtual Tour History Pacitan District based Multimedia. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 4(3)15-19.
- [8] Viridiardi, Servasius., 2015, Pengembangan Museum Virtual interaktif menggunakan Teknologi Dekstop Virtual reality pada Museum Ranggawarsita, Universitas Negeri Semarang
- [9] Evan, F H. 2012. Pemodelan 3-Dimensi Menggunakan Teknologi Augmented Reality Pada Bangunan Bersejarah Di Yogyakarta. Tugas Akhir Universitas Atma Jaya Yogyakarta
- [10] Prasetyanto, Anselmus Aris Budi., 2014, Analisis dan Perancangan 3D modeling Karakter dan Backgroun Game The Hero OF Majapahit Menggunakan metode Subdivision & digital sclupting, Naskah Publikasi, STIMK AMIKOM, Yogyakarta
- [11] Ridwan, Yusuf Budiar., 2015, Perancangan dan Pembuatan Model Sepeda Custom 3D menggunakan Teknik Polymodelling dan Vray, Naskah Publikasi, STMIK AMIKOM Yogyakarta
- [12] Nugraha, Bhanu Sri., 2016 Perancangan Model 3D Datacenter menggunakan Material dan Pencerayaan Vray, Jurnal Semnas, ISSN : 2302-3805, STMIK AMIKOM, Yogyakarta
- [13] Nugraha, Bhanu Sri., 2011, Perancangan Karakter 3D menggunakan MEL script pada produksi film Chronles Of Java, Tesis, Magister Teknik Informatika, STMIK AMIKOM, Yogyakarta
- [14] Ginanjar, Asep Gigin., 2015, Perancangan dan Pembuatan konsep karakter 3D robot polisi indonesia dengan Teknik render realistik menggunakan engine V-ray pada softwere 3D-maxs, Naskah publikasi, STMIK AMIKOM, Yogyakarta
- [15] Vaughan, W., 2011, Digital Modeling. New Riders, USA
- [16] Nugraha, Bhanu Sri., 2011, Penteksturan model 3D menggunakan metode Prosedural dan Unwrapping, Jurnal Dasi, Vol12,No.2, ISSN: 1411-3201, p32-37, STMIK AMIKOM, Yogyakarta
- [17] Guritno, S., Sudaryono., Rahardja, U., 2011, Theory and aplication of IT research, ANDI, Yogyakarta