

PEMODELAN 3D CANDI CANGKUANG MENGUNAKAN TLS UNTUK PENYUSUNAN PROTOTYPE TUR VIRTUAL INTERAKTIF

MOHAMAD FADHL RAMIREZ¹, GUSTI AYU JESSY KARTINI²

¹Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan,
Institut Teknologi Nasional Bandung, Jl. PPH. Hasan Mustapa No.23

Kota Bandung, Jawa Barat

Email : fadhl0182@itenas.ac.id

ABSTRAK

Candi Cangkuang merupakan salah satu bangunan peradaban hindu yang ada di Jawa Barat. Candi Cangkuang memiliki sejarah dan bentuk bangunan arkeolog yang penting. Untuk pelestarian bangunan cagar budaya dilakukan dengan pembuatan dokumentasi berbentuk prototype website tur virtual dari hasil data pemindaian menggunakan alat Terrestrial Laser Scanner (TLS) Trimble X7. Metode yang digunakan yaitu akuisisi data TLS, Registrasi, Filtering, Meshing, tur virtual. Tujuan penelitian ini untuk melestarikan dan mendokumentasi digitalisasi dari bangunan Cagar Budaya yang ada di Indonesia khususnya di Jawa Barat. Hasil penelitian ini berupa bentuk model tiga dimensi, analisis akuisisi dan pengolahan data, analisis umpan balik, dan uji validasi model tiga dimensi. Pada penelitian ini menyatakan bahwa bentuk model tiga dimensi dari pengolahan data point cloud Terrestrial Laser Scanner (TLS) dapat di jadikan tur virtual. Dengan metode rr-registration dari alat Trimble X7 yang diolah mendapatkan hasil RMS 1,28731 mm, dengan selisih ukuran rata-rata antara di lapangan dengan di model 3D yaitu di 1 cm, sehingga hampir menyerupai bentuk sebenarnya di lapangan. Umpan balik responden terhadap website menjadi saran untuk perkembangan prototype website tur virtual. Uji statistik terkait dengan prototype website tur virtual Candi Cangkuang terdiri dari uji validitas dan reabilitas yang berfungsi untuk memastikan kelayakan website. Berdasarkan hasil uji validitas dan uji reliabilitas, prototype website tur virtual Candi Cangkuang termasuk ke dalam kategori baik.

Kata Kunci: Pemodelan 3D, Virtual Tur, Cagar Budaya, Candi.

ABSTRACT

Cangkuang Temple is one of the Hindu civilization buildings in West Java. Cangkuang Temple has an important history and archaeological building form. For the preservation of cultural heritage buildings, documentation in the form of a virtual tour website prototype is carried out from the results of scanning data using a Trimble X7 Terrestrial Laser Scanner (TLS). The methods used are TLS data acquisition, Registration, Filtering, Meshing, virtual tours. The purpose of this study is to preserve and document the digitalization of Cultural Heritage buildings in Indonesia, especially in West Java. The results of this study are in the form of a three-dimensional model, analysis of data acquisition and processing, feedback analysis, and

validation tests of three-dimensional models. This study states that the form of a three-dimensional model from processing Terrestrial Laser Scanner (TLS) point cloud data can be used as a virtual tour. With the auto-registration method of the Trimble X7 tool, the processed results obtained an RMS of 1.28731 mm, with an average size difference between the field and the 3D model of 1 cm, so that it almost resembles the actual form in the field. Respondent feedback on the website provided suggestions for the development of the virtual tour website prototype. Statistical tests related to the Cangkuang Temple virtual tour website prototype included validity and reliability tests, which served to ensure the website's feasibility. Based on the results of the validity and reliability tests, the Cangkuang Temple virtual tour website prototype was categorized as good.

Keyword: 3D Modeling, Virtual Tour, Cultural Heritage, Temple.

1. PENDAHULUAN

Candi Cangkuang adalah sebuah candi dari peradaban Hindu yang ditemukan pada tahun 1966 oleh tim peneliti Harsoyo dan Uka Tjandrasasmita berdasarkan laporan Vorderman dalam buku Notulen Bataviaasch Genotschap terbitan tahun 1893 mengenai adanya sebuah arca yang rusak serta makam kuno di bukit Kampung Pulo, Leles. Candi Cangkuang berlokasi di Kampung Pulo, Desa Cangkuang, Kecamatan Leles, Kabupaten Garut, Jawa Barat. Candi Cangkuang. Candi ini memiliki keunikan dari segi letaknya yang berada di sebuah pulau kecil dan dikelilingi danau. Dari segi nilai sejarah, terdapat pemukiman adat Kampung pulo serta makam leluhur dari Kampung Pulo. Dari segi religi Candi Cangkuang merupakan Candi peradaban agama Hindu. Berdasarkan keunikan serta sejarahnya, maka Candi Cangkuang dan Kampung Pulo dijadikan sebagai situs cagar budaya dan objek wisata (Azzahra, 2022).

Cagar budaya merupakan warisan budaya bersifat kebendaan yang perlu dilestarikan keberadaannya karena memiliki nilai sejarah, ilmu pengetahuan, spiritual, dan lain sebagainya (Ayu, dkk., 2024). Langkah rekonstruksi dan konservasi untuk pelestarian cagar budaya bisa dilakukan dengan proses pendokumentasian dari objek tersebut (Rahmawati, dkk., 2021). Dalam Undang-undang Nomor 11 Tahun 2010 tentang cagar budaya pada Bab VII Pasal 53 ayat 4, pelestarian cagar budaya harus didukung oleh kegiatan pendokumentasian sebelum dilakukan kegiatan yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan keasliannya.

Salah satu metode pelestarian Cagar Budaya dilakukan dengan pemodelan tiga dimensi dengan alat *Terrestrial Laser Scanner* (TLS). *Terrestrial Laser Scanner* adalah suatu alat pengukuran *groundbased* yang mampu memberi hasil dokumentasi dalam model tiga dimensi (3D) dengan proses akuisisi data yang efektif dan perekamannya secara realtime, aktual, dan dimensional (Genechten, 2008). TLS digunakan untuk mendokumentasikan bangunan Candi Cangkuang. Hasil dari akuisisi data pemodelan 3D Candi Cangkuang akan digunakan untuk membuat tur virtual. Tur virtual digunakan untuk memelihara dan melestarikan bangunan bersejarah.

Tur virtual merupakan bentuk digitalisasi dari bentuk objek yang dapat disimulasikan dalam bentuk rentetan gambar yang membentuk gambar panorama 360° (Daud dkk., 2016). Tur virtual menghasilkan gambar panorama 360° yang dimana pengguna dapat melihat ke arah

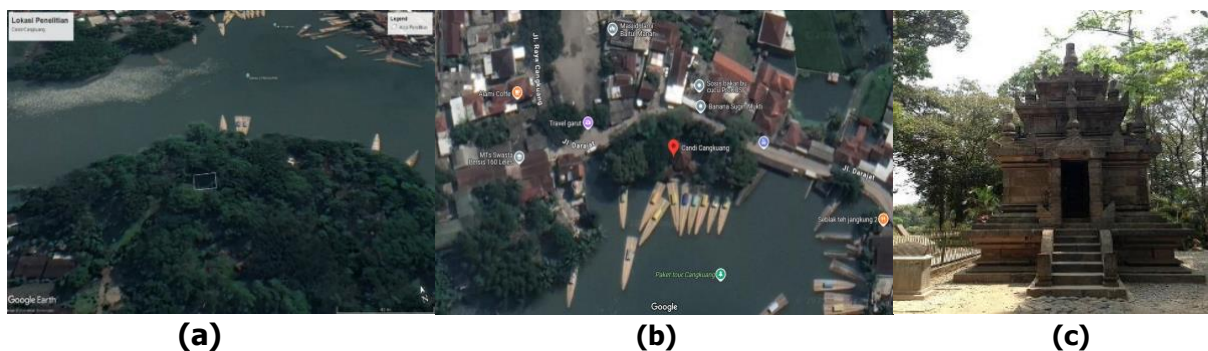
atas, ke bawah, ke kanan dan juga ke kiri dengan pandangan tanpa batas tepi atau tidak terputus, sehingga pengguna dapat merasakan seperti berada ditempat yang mereka lihat.

Tujuan penelitian ini yaitu membuat model 3D dari Candi Cangkuang menggunakan data dari akuisisi TLS Trimble X7, dan membuat prototipe *website* tur virtual Candi Cangkuang. Manfaat penelitian ini diharapkan memberikan informasi mengenai bentuk dan fitur Candi Cangkuang secara 3D, dan dapat memberikan kemudahan untuk akses melihat Candi Cangkuang secara virtual.

2. DATA DAN METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Kampung Pulo, Desa Cangkuang, Kecamatan Leles, Kabupaten Garut, Jawa Barat. Candi Cangkuang adalah sebuah candi dari peradapan Hindu yang terdapat di Kampung Pulo, Desa Cangkuang, Kecamatan Leles, Kabupaten Garut, Jawa Barat. Dengan koordinat $7^{\circ} 06' 067''$ LS $107^{\circ} 55'168''$ BT. Candi Cangkuang terletak di tengah danau kecil. Candi Cangkuang ditemukan pada tahun 1966 oleh tim peneliti Harsoyo dan Uka Tjandrasasmita berdasarkan laporan Vorderman dalam buku Notulen Bataviaasch Genotschap terbitan tahun 1893 mengenai adanya sebuah arca yang rusak serta makam kuno di bukit Kampung Pulo, Leles. Makam dan arca Siwa yang dimaksud memang diketemukan. Pada awal penelitian terlihat adanya batu yang merupakan reruntuhan sebuah bangunan candi. Lokasi Penelitian seperti **Gambar 1(a)** dengan Google Earth tahun 2024, **Gambar 1(b)** dengan Google Maps 2025, dan **Gambar 1(c)** bangunan Candi Cangkuang. Sumber: (Taufikuieks, 2015).



Gambar 1. Lokasi Dan Bangunan Candi Cangkuang

Sumber: (a) Google Earth (2024), (b) Google Maps (2025), dan (c) Taufikuieks (2015)

2.2 Data dan Peralatan Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan beberapa data seperti **Tabel 1** dibawah ini:

Tabel 1 Data Penelitian

No	Data	Sumber	Keterangan
1	Pemodelan Candi Cangkuang	<i>Point cloud</i> Candi Cangkuang 2025	Untuk pembentukan Pemodelan 3D Candi Cangkuang
2	Umpan Balik Virtual Tur	Data Kuisisioner	Untuk mengetahui respon publik terhadap rancangan dari <i>website</i> yang dibuat

Peralatan yang di butuhkan dalam penelitian ini ditampilkan pada **Tabel 2** dibawah ini:

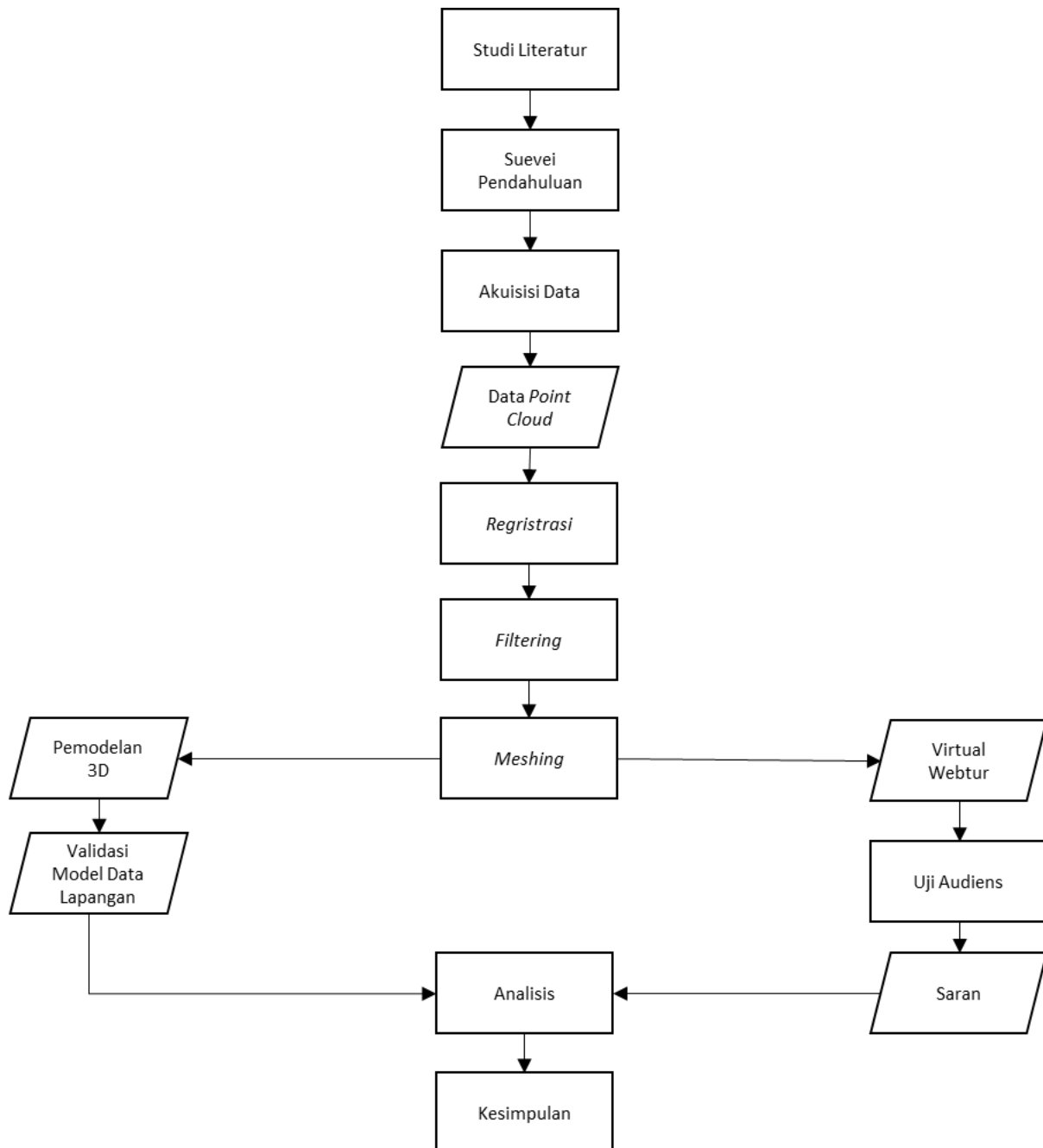
Tabel 2 Peralatan Penelitian

No	Alat	Fungsi
I	Hardware	
1	Laptop	Sebagai alat pengolahan data
2	TLS Trimble X7	Sebagai alat pengambilan data <i>point cloud</i>
II	Software	
1	Cloudcompare	Aplikasi pengolahan data data <i>point cloud</i>
2	MeshLab	Aplikasi pengolahan data <i>point cloud</i>
3	SkethFab	<i>Platfrom</i> tempat mengunggah hasil pemodelan 3D
4	Canva	<i>Platfrom</i> pembuatan <i>website</i>

2.3 Tahapan Penelitian

Gambaran diagram alir dari tahapan penelitian ini bisa dilihat dari **Gambar 2**. Tahapan penelitian ini dimulai dengan studi literatur yang mengarah pada penelitian ini. Selanjutnya melakukan survei pendahuluan dimana survei pendahuluan kali ini yaitu melakukan pengenalan tempat dan perizinan pada pihak yang melindungi cagar budaya. akuisisi data dengan alat TLS Trimble X7 yang akan menghasilkan data berupa point cloud dan data auto-registration. Hasil dari data auto-registration dilakukan filtering untuk mengurangi titik-titik liar yang dihasilkan dari proses akuisisi data. Selanjutnya hasil filtering digunakan untuk proses meshing, dimana proses ini menghasilkan segitiga untuk menggabungkan setiap titik, sehingga menghasilkan bentuk pemodelan 3D dan data pemodelan 3D akan diunggah ke platfrom SketchFab. Pemodelan 3D akan dilakukan validasi model 3D dengan data hasil lapangan, dan pengolahan untuk pembuatan prototipe website tur virtual. Prototipe website

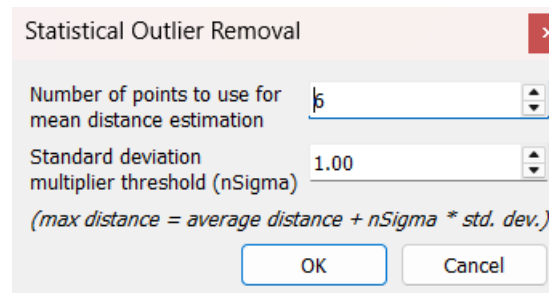
tur virtual akan menghasilkan data kuisisioner yang akan di olah untuk mendapatkan uji stastistik. Setelah hasil dari pemodelan 3D dan uji statistik akan dianalisis.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

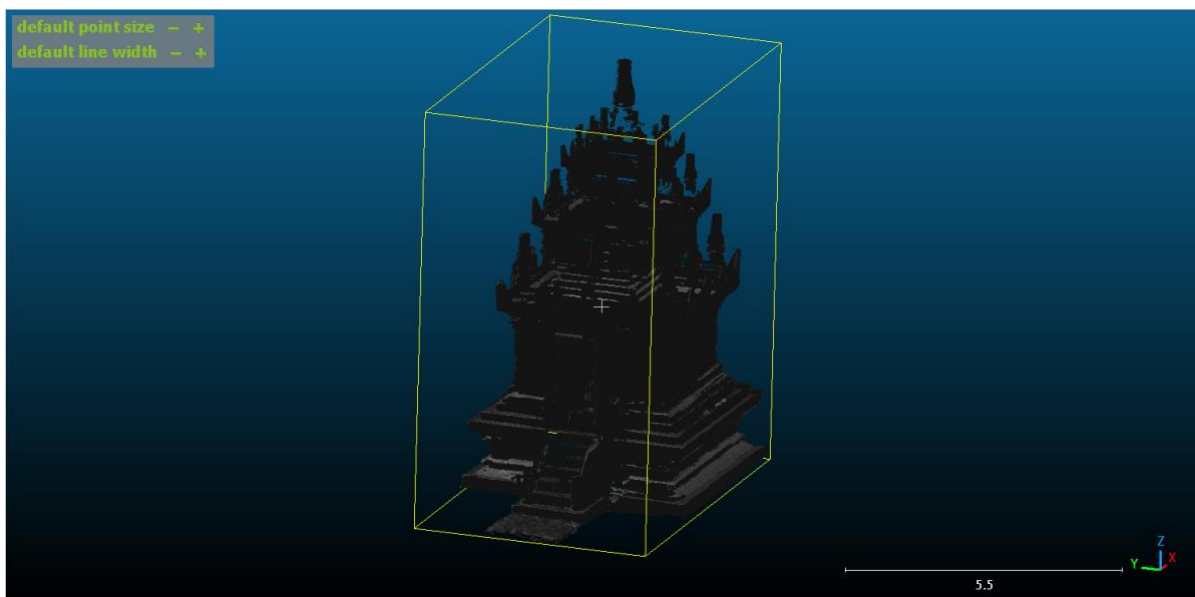
Selanjutnya dilakukan pengolahan data yang dimulai dari proses melihat hasil data lapangan, Proses registrasi, registrasi adalah proses penggabungan *point cloud* yang direkam dari berbagai sisi (*scan world*) (Waljiyanto & Chintya. 2020). Dalam penelitian ini hasil registrasi

dilakukan *auto-registration* oleh alat Trimble X7 dengan memiliki akurasi jarak titik tunggal sekitar 2mm pada 10 meter. *Filtering* adalah dimana data hasil akuisisi data berupa *point cloud* di bersihkan untuk menghilangkan *Noise* (titik-titik liar) menggunakan kecerdasan perangkat lunak *Cloud Compare* dilakukan pemangkasan yang berfokus kepada bagian Candi Cangkuang. Filtering dilakukan dengan setiap 6 titik terdekat dengan standar deviasi 1 seperti pada **Gambar 3**.



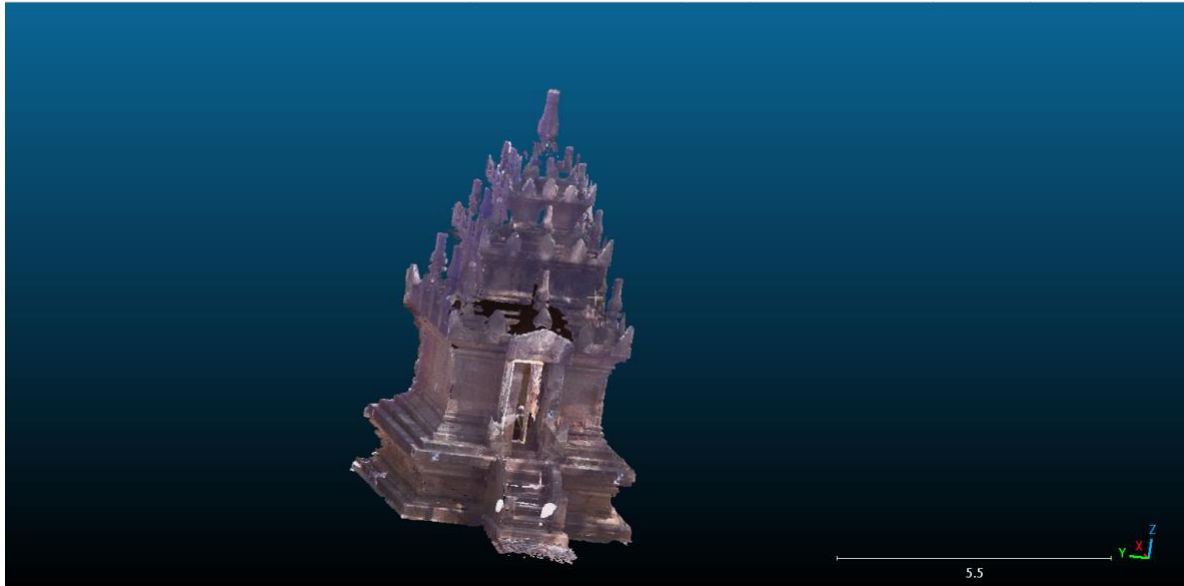
Gambar 3. Pengaturan *Filtering*

Sebelum melakukan *meshing*, dilakukan normalisasi pada hasil *filtering* menggunakan perangkat lunak *Cloud Compare* menghasilkan bentuk seperti **Gambar 4**.



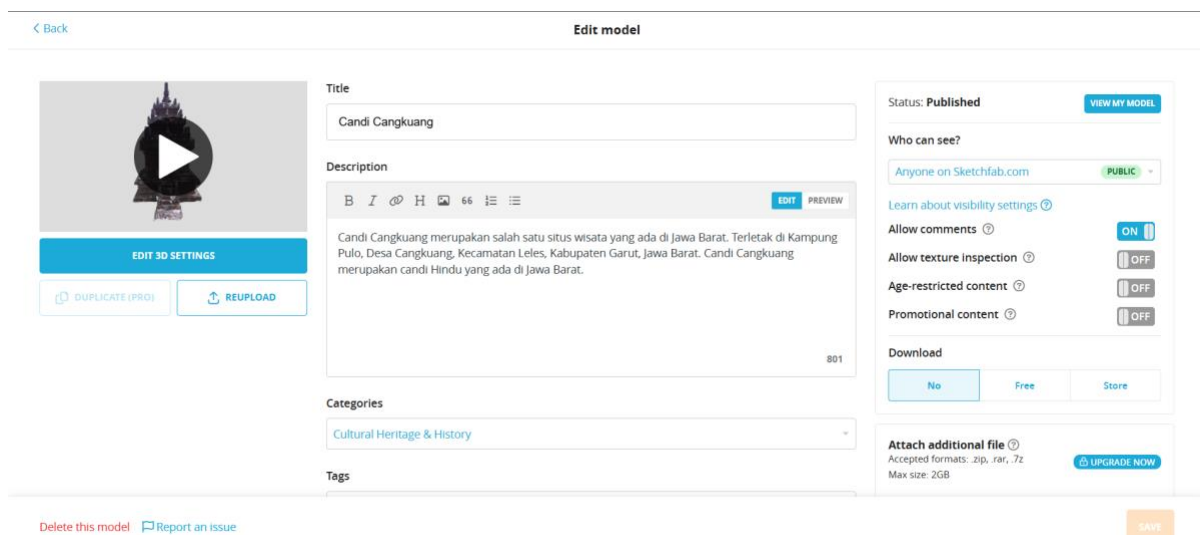
Gambar 1. Normalisasi Candi Cangkuang

Proses *meshing* menggunakan perintah *Poisson Surface Reconstruction* yang digunakan untuk menghasilkan visual dari kumpulan *point cloud* dengan kedalaman oktre dengan level 10 yang menghasilkan bentuk model 3D Candi Cangkuang seperti **Gambar 5**.



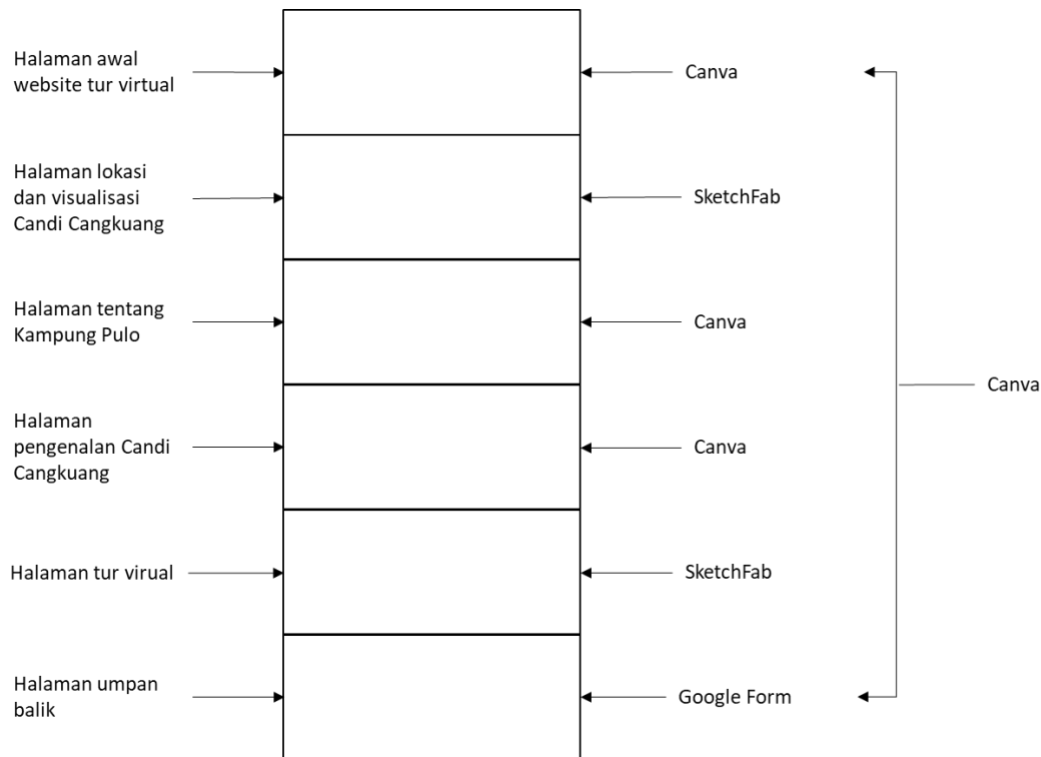
Gambar 5. Hasil *Meshing*

Hasil *meshing* akan dikurangi densitas titiknya menggunakan aplikasi *Meshlab* dengan perintah *Simplification Quadric Edge Collapse Decimation* dengan target 4.000.000 titik seperti pada yang akan diunggah ke *platform Sketchfab* dengan ukuran file yang lebih kecil. Hasil pengolahan data menjadi pemodelan 3D diunggah ke *platform SketchFab* seperti pada **Gambar 6**.



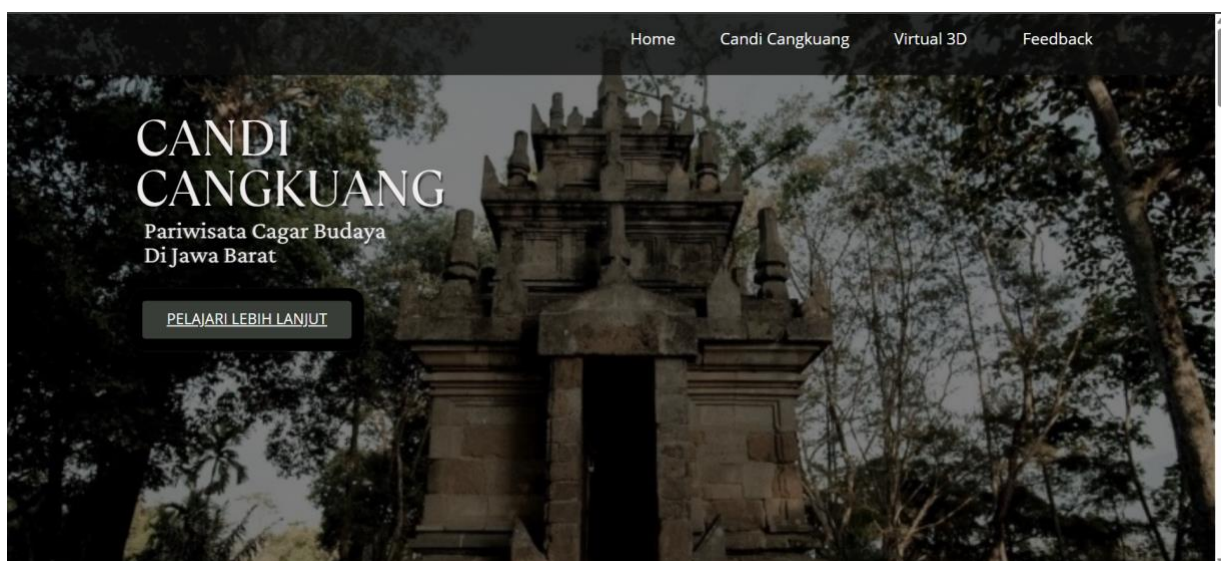
Gambar 6. Unggahan Hasil Pemodelan 3D ke *Platform SketchFab*

Hasil unggahan pada *platform SketchFab* akan di publikasikan dalam *website*. *Website* yang digunakan yaitu *Canva*. Sketsa tampilan prototipe *website* tur virtual seperti **Gambar 7**, dimana terdapat 6 halaman *website*.



Gambar 7. Tampilan Sketsa Prototipe *Website* Tur Virtual

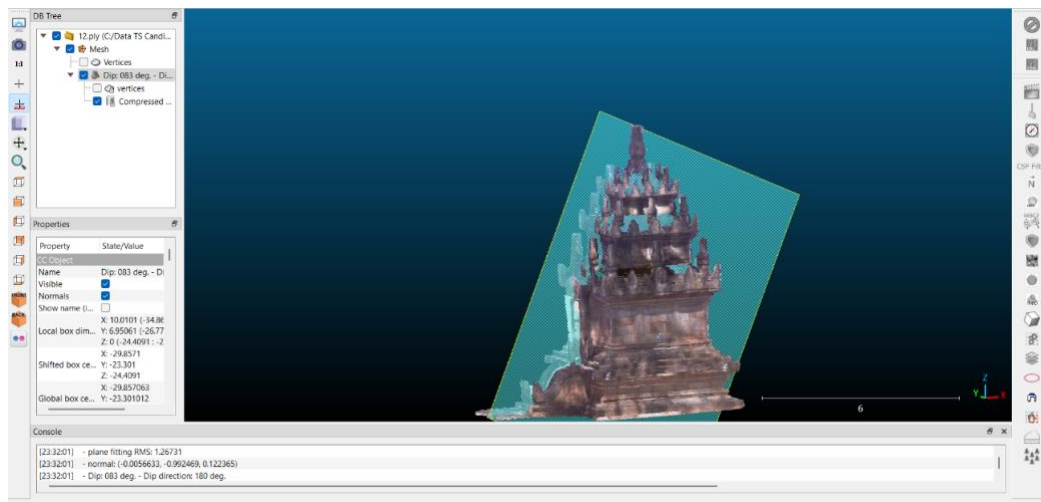
Tampilan halaman depan *website* ditunjukkan pada **Gambar 8**. Setelah pembuatan prototipe *website* tur virtual, dan mendapatkan data kuisisioner, selanjutnya data kuisisioner akan dilakukan uji statistik.



Gambar 8. Tampilan Halaman Depan *Website*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pembuatan visualisasi pemodelan 3D memiliki tingkat *Root Mean Square* (RMS) 1,28731 mm yang dapat dilihat pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Hasil Nilai *Root Mean Square* Pengolahan Data

Pembuatan prototipe *website* tur virtual tujuannya memudahkan masyarakat untuk mengakses hasil dari *website* dan hasil pemodelan 3D tersebut. Prototipe *website* tur virtual Candi Cangkuang dapat dikunjungi melalui situs <https://candi-cangkuang.my.canva.site/>. Hasil jawaban umpan balik dari *website* tersebut terdapat 31 total responden, penilaian yang terkait pemodelan 3D untuk perkembangan prototipe *website* tur virtual antara lain di tunjukan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil Umpan Balik

Pertanyaan	Keterangan
Perangkat yang pengunjung gunakan	Responden <i>website</i> menggunakan beragam perangkat (Komputer, Laptop, <i>Tablet</i> dan <i>Handphone</i>) untuk mengakses <i>website</i> ini.
Kemudahan mengakses <i>website</i>	Dari hasil jawaban responden <i>website</i> , sebagian besar menjawab sangat mudah mengakses dan menggunakan <i>website</i> ini.
Daya tarik visual	Mayoritas responden <i>website</i> (90,3%) menyatakan bahwa <i>website</i> ini menarik secara visual.
Bermanfaat	Terdapat (90,3%) responden <i>website</i> menyatakan ini dari konten <i>website</i> ini bermanfaat.
Saran perkembangan <i>website</i>	Dari Sebagian besar responden menyatakan bahwa untuk perkembangan <i>website</i> ditambahkan beberapa dokumentasi lapangan, untuk pemodelan 3D sudah cukup baik.
Tingkat rekomendasi <i>website</i>	Sebagian besar responden <i>website</i> (67,7%) menyatakan ingin merekomendasikan <i>website</i> ini kepada orang lain.
Penilaian pengunjung <i>website</i>	Hasil dari mayoritas responden <i>website</i> menilai skor 9 dan 10 sebanyak (74,2%). menyatakan bahwa responden <i>website</i> puas terhadap <i>website</i> ini.

Hasil dari perbandingan dengan data lapangan, dilakukan uji statistik yang terdiri dari hasil uji validitas dan uji reliabilitas. Uji statistik dilakukan untuk mengetahui apakah prototipe *website* tur virtual layak untuk digunakan. Kedua uji tersebut ditunjukkan seperti pada **Tabel 4**, **Tabel 5**, dan **Tabel 6**.

Pengujian validitas ini menggunakan aplikasi *Statistical Package for Science* (SPSS) Statistics 26 for Windows. Hasil uji validitas setiap instrument dalam penelitian ini didapatkan dari hasil perbandingan antara r-tabel pada $df = N-2$ dan alpha 0,05 dengan nilai Correlated Item-Total Correlation harus lebih besar dari pada nilai r-tabel. Dengan jumlah responden sebesar 31 responden maka nilai r-tabel sebesar 0,355. Merujuk kepada buku "Metode Penelitian Survei" yang menyatakan bahwa jumlah minimal 30 responden dianggap cukup untuk pengujian validitas kuesioner dan distribusi nilai mendekati kurva normal (Singarimbun dan Effendi, 1995).

Tabel 4. Hasil Uji Validitas

Penjelasan	R. Hitung	R. Tabel	Keterangan
Nilai kemudahan akses <i>website</i>	0,513	0,355	Valid
Nilai kemudahan menggunakan <i>website</i>	0,366	0,355	Valid
Nilai visual <i>website</i>	0,707	0,355	Valid
Nilai manfaat <i>website</i>	0,684	0,355	Valid
Nilai untuk rekomendasi <i>website</i>	0,866	0,355	Valid
Nilai keinginan ke <i>website</i>	0,880	0,355	Valid
Kepuasan <i>website</i>	0,832	0,355	Valid

Tabel 5. Uji Reliabilitas

Nilai Alpha Cronbach	Keterangan
0,835	Baik

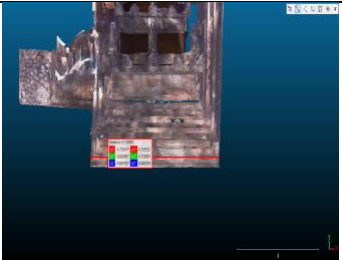
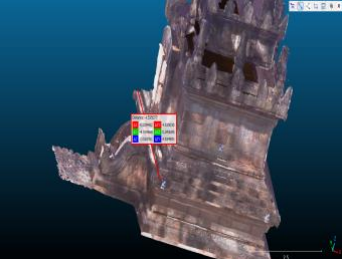
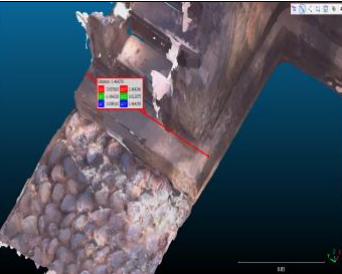
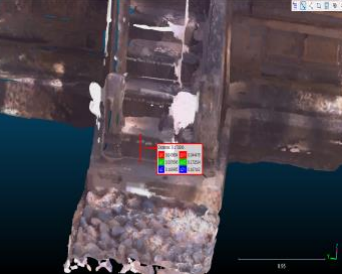
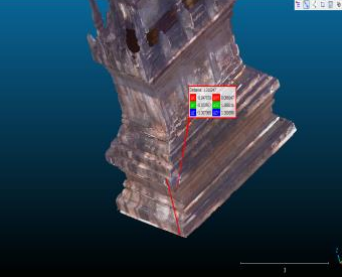
Tabel 6. Hasil Nilai Reliabilitas Setiap Penjelasannya

Penjelasan	Nilai Alpha Cronbach	Keterangan
Nilai kemudahan akses <i>website</i>	0,837	Baik
Nilai kemudahan menggunakan <i>website</i>	0,854	Baik
Nilai visual <i>website</i>	0,814	Baik
Nilai manfaat <i>website</i>	0,826	Baik
Nilai untuk rekomendasi <i>website</i>	0,776	Dapat Diterima
Nilai keinginan ke <i>website</i>	0,772	Dapat Diterima
Kepuasan <i>website</i>	0,786	Dapat Diterima

Hasil pengujian validitas yang di tunjukan pada **Tabel 4**, Virtual Tur mencapai nilai valid. Dan dari uji reliabilitas pada **Tabel 5** hasil dari nilai Alpha Cronbach 0,835. Pada **Tabel 6** rata-rata untuk setiap poin nilai memiliki nilai Alpha Cornbarch yang baik. Yang berarti Virtual Tur ini dapat di terima.

Pada **Tabel 7** diketahui bahwa alat Trimble 7X, memiliki hasil yang sangat bagus dan tergolong hampir mendekati sebenarnya dengan selisih rata-rata yaitu 1 cm. Dengan demikian hasil dari pemodelan dapat menjadi acuan dengan bentuk dengan bentuk sebenarnya.

Tabel 7. Hasil Selisih Ukuran

No	Foto Validasi Lapangan	Model 3D	Ukuran Lapangan	Ukuran Model	Selisih
1			4,71 m	4,71 m	0
2			4,57 m	4,53 m	4 cm
3			1,47 m	1,46 m	1 cm
4			0,17 m	0,17 m	0
5			1,31 m	1,31 m	0

4. KESIMPULAN

Bentuk model 3D dari pengolahan data *point cloud Terrestrial Laser Scanner* (TLS) dapat dijadikan tur virtual. Dengan metode *Auto-registration* dari alat Trimble X7 yang diolah mendapatkan hasil RMS 1,28731 mm, dengan selisih ukuran rata-rata antara di lapangan dengan di model 3D yaitu di 1 cm, sehingga hampir menyerupai bentuk sebenarnya di lapangan. Berdasarkan umpan balik perototipe web, diperoleh bahwa lebih dari 90% menyatakan prototipe *website* tur virtual ini menarik secara visual dan bermanfaat bagi para responden. Berdasarkan hasil uji validitas dan uji reliabilitas, prototipe *website* tur virtual Candi Cangkuang termasuk ke dalam kategori baik.

Pengolahan data *point cloud* sebaiknya menggunakan perangkat keras yang mumpuni agar mendapatkan hasil pemodelan 3D yang lebih baik. Pemrosesan registrasi sebaiknya dilakukan tanpa *auto-registration* agar mendapatkan hasil yang lebih baik. Pemrosesan *meshing* dengan menggunakan *poison surface recontruction* dengan kedalaman oktre yang lebih tinggi agar menghasilkan bentuk yang lebih nyata. Untuk penelitian berbasis tur virtual kedepannya agar menggunakan *platform website* yang lebih baik lagi, karena sangat berperan untuk memudahkan pengunjung *website* dalam mengakses. Dari hasil uji statistik menunjukan beberapa responden merasa tidak mudah dalam menggunakan prototipe *website* tur virtual. Bagian atas bangunan dapat ditambah dengan menggunakan alat *drone* untuk menghasilkan bentuk bangunan yang bagus. Terdapat beberapa cara untuk mendapatkan hasil bentuk bangunan bagian atas yaitu dengan meninggikan alat TLS agar lebih tinggi dari bangunan, dan untuk penggunaan *drone* harus mendapatkan izin dari pihak yang menjaga cagar budaya tersebut.

DAFTAR RUJUKAN

- Ayu, P. N. M., Subawa, I. G. B., & Sindu, I. G. P. (2024). PENGEMBANGAN VIRTUAL TOUR BANGUNAN BERSEJARAH PADA PURI AGUNG NEGARA. *Kumpulan Artikel Mahasiswa Pendidikan Teknik Informatika (KARMAPATI)*, 13, 139–149.
- Azzahra, F. (2022). Asal Usul Candi Cangkuang: Analisis Budaya dan Pendidikan. *Protasis: Jurnal Bahasa, Sastra, Budaya, Dan Pengajarannya*, 1(1), 10–20. <https://doi.org/10.55606/protasis.v1i1.16>
- Genechten, M. S. Q. and B. Van. (2008). Theory and Practice on Terrestrial Laser Scanning: Training material based on practical applications. In *European Leonardo Da Vinci*.
- Pemerintah Pusat Indonesia. (2010). Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2010 tentang Cagar Budaya. *Jaringan Dokumentasi Dan Informasi Hukum*, 54, 1–2. <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/38552/uu-no-11-tahun-2010>
- Rahmawati, N., Prasetyo, Y., & Hadi, F. (2021). Pemodelan Model 3D Menggunakan Metode TLS (Terrestrial Laser Scanner) (Studi Kasus: Candi Plaosan Lor, Kabupaten Klaten). *Geodesi Undip*, 10, 224–232. <https://jom.unpak.ac.id/index.php/teknikgeodesi/article/view/1210>
- Waljiyanto, W., & Chintya, N. P. P. (2020). Pemodelan Tiga Dimensi (3D) Bangunan Cagar Budaya Menggunakan Data *Point cloud*. *Geomatika*, 26(1), 9. <https://doi.org/10.24895/jig.2020.26-1.1103>
- Singarimbun, M. (1995). Effendi.(1995) Metode Penelitian Survei. *Jakarta: PT. Pustaka LP3ES Indonesia*.



Daud, F. R., Tulenan, V., & Najoan, X. B. N. (2016). Virtual Tour Panorama 360 Derajat Kampus Universitas Sam Ratulangi Manado. *Jurnal Teknik Informatika*, 8(1).
<https://doi.org/10.35793/jti.8.1.2016.13173>