
ANALISIS PEMODELAN 3 DIMENSI BANGUNAN BERSEJARAH MENGGUNAKAN FOTOGRAMETRI JARAK DEKAT (STUDI KASUS: MAUSOLEUM DINGER, JAWA TIMUR)

Dean Ahmed Falaheza¹, Agung Budi Cahyono², Husnul Hidayat³

^{1,2,3}Departemen Teknik Geomatika, FTSLK-ITS, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia
e-mail: ¹deanahmed19@gmail.com, ²agungbudicahyo@gmail.com, ³hidayathusnul@yahoo.com

Abstrak

Mausoleum Dinger merupakan makam dengan bentuk bangunan bergaya arsitektur Belanda yang dulunya digunakan untuk menyimpan jenazah seseorang berkebangsaan Belanda bernama Jan Dinger dan telah ditetapkan sebagai bangunan cagar budaya oleh Pemerintah Kota Batu. Makam ini dengan statusnya sebagai cagar budaya harus dilakukan upaya untuk menjaga dan melestarikan bentuk aslinya sesuai Undang-Undang No. 11 Tahun 2010 tentang Cagar Budaya. Pada penelitian ini, dilakukan upaya pelestarian dengan pendokumentasian makam berupa model rekonstruksi 3D. kegiatan pendokumentasian dilakukan dengan pengakuisisian data serta pembuatan model 3D dari Mausoleum Dinger baik dari luar (eksterior) maupun dari dalam (interior) mengingat makam ini berbentuk bangunan yang berarti memiliki ruang di dalamnya, menggunakan metode fotogrametri jarak dekat. Model 3D yang telah terbentuk kemudian dilakukan analisa mengenai tingkat akurasi dari akuisisi data dan proses pemodelan makam. Dilakukan juga analisa mengenai tingkat kesesuaian dalam kelas orde 4 (LoD4) karena pemodelan 3D sudah mencakup bagian dalam (interior) dari bangunan makam. Hasil dari akuisisi data berupa foto eksterior dan foto interior bangunan Mausoleum Dinger, dan hasil analisa dari nilai RMSE yang kurang dari 0.2 m, sehingga memenuhi kriteria *Level of Detail 4* (LOD 4).

Kata Kunci : Cagar Budaya, Fotogrametri Jarak Dekat, LOD4, Makam Dinger, Model 3D.

Abstract

The Dinger Mausoleum is a tomb with a Dutch architectural style that was used to store the body of a Dutch national named Jan Dinger and has been designated as a cultural heritage building by the Batu City Government. This tomb with its status as a cultural heritage must be tried to preserve and preserve its original form in accordance with Law No. 11 of 2010 concerning Cultural Heritage. In this study, conservation efforts were carried out by documenting the tomb in the form of a 3D reconstruction model. Documentation activities are carried out by acquiring data and creating 3D models from Dinger Mausoleums both from the outside (exterior) and from inside (interior) considering that the tomb is in the form of a building which means it has space inside, using close-range photogrammetric methods. The 3D model that has been formed is then analyzed for the level of accuracy of the data acquisition and tomb modeling process. An analysis of the level of suitability in the 4th order class (LoD4) is also carried out because 3D modeling includes the interior of the tomb building. The results of the data acquisition took the form of exterior photos and photos of the interior of the Dinger Mausoleum, and the results of the analysis of the RMSE values were less than 0.2 m, thus fulfilling the Level of Detail 4 criteria (LOD 4).

Keywords : Close Range Photogrammetry, Cultural Heritage, LoD4, Mausoleum of Dinger, 3D Model

PENDAHULUAN

Mausoleum atau makam Dinger terletak di Dusun Wonorejo, Desa Tulungrejo, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu, Jawa Timur. Makam ini merupakan makam dari seseorang berkebangsaan Belanda bernama Jan Dinger, hal ini diketahui dari pahatan yang terletak di muka bangunan yang bertuliskan 'Graf Familie Dinger'. Di sebelah kanan dan kiri pahatan tersebut terdapat pahatan lain yang bertuliskan 'Anno' yang berarti tahun dalam Bahasa Belanda dan '1917' yang menandakan tahun berdirinya makam ini yang juga telah ditetapkan sebagai cagar budaya oleh Pemerintah Kota Batu.

Cagar budaya adalah warisan budaya bersifat kebendaan berupa Benda Cagar Budaya, bangunan Cagar Budaya, Struktur Cagar Budaya, Situs Cagar Budaya, dan Kawasan Cagar Budaya di darat dan/atau di air yang perlu dilestarikan keberadaannya karena memiliki nilai penting bagi sejarah, ilmu pengetahuan, pendidikan, agama, dan/atau kebudayaan melalui proses penetapan (Mikhail, dkk, 2001). Walaupun telah ditetapkan sebagai cagar budaya, namun bangunan ini tampak terlupakan dan kurang terjaga dengan banyaknya sampah yang dibuang di sekitar makam serta bentuk keseluruhan makam yang telah banyak berubah menjadi areal perkebunan. Mausoleum Dinger telah kehilangan fungsi utamanya karena sudah tidak ada lagi jenazah yang ada di dalamnya. Namun sebagai bangunan cagar budaya, makam Dinger ini harus dipertahankan dari kerusakan yang mungkin timbul kedepannya (Pemerintah Indonesia, 2010). Salah satu cara untuk mempertahankannya adalah dengan cara melakukan pendokumentasian. Pelestarian Cagar Budaya harus didukung oleh kegiatan pendokumentasian sebelum dilakukan kegiatan yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan keasliannya (Pemerintah Indonesia, 2010).

Rekonstruksi 3D adalah proses merekam bentuk suatu objek sekaligus membentuk struktur objek tersebut. Bentuk objek diinterpretasikan dalam koordinat spasial (titik-titik objek) yang diperoleh secara langsung (sensor aktif) maupun tidak langsung (sensor pasif) sehingga luaran akhir dari proses ini berupa visualisasi 3D. Untuk

keperluan praktis, hasil dari rekonstruksi 3D digunakan dalam arsitektur dan teknik sipil untuk mendesain rancangan rekonstruksi bangunan (Permana, 2016).

Salah satu metode untuk rekonstruksi 3D adalah teknologi fotogrametri jarak dekat (*close range photogrammetry*) yang merupakan teknik pengukuran objek (2D atau 3D) dari hasil visualisasi data, seperti fotografi (foto), citra, kamera CCD, dan sensor radiasi (Rashidi, dkk, 2013). Agar membentuk visualisasi objek 3D maka pengguna (*photogrammetry engineer*) harus mengambil banyak foto dari berbagai sisi dan sudut objek secara manual sekaligus menggabungkannya untuk memperoleh visualisasi objek 3D tersebut. Sehingga, untuk memperoleh pendekatan kualitas resolusi dari hasil visualisasi 3D yang baik membutuhkan waktu pengumpulan data yang lama serta keahlian *photogrammetry engineer* selama proses pengolahan data spasial berlangsung Stone & Cheok, 2001).



Gambar 1. Mausoleum Dinger

Pada penelitian ini, dilakukan akuisisi data serta pembuatan model 3D eksterior dan interior Mausoleum Dinger. Fotogrametri digunakan pada penelitian ini dengan tujuan untuk dapat menggapai dan mengambil foto struktur bagian atas dari Mausoleum Dinger dengan bantuan wahana UAV sebagai salah satu media pengambilan gambarnya. Penelitian ini juga menganalisa nilai RMSE dari model 3D baik dari sisi eksterior maupun interior makam. Dengan analisa tersebut diharapkan dapat menghasilkan dokumentasi berupa model 3D yang memiliki tingkat akurasi yang tinggi sehingga dapat dijadikan acuan dalam melakukan pelestarian di masa yang akan datang.

METODOLOGI PENELITIAN

Data dan Peralatan

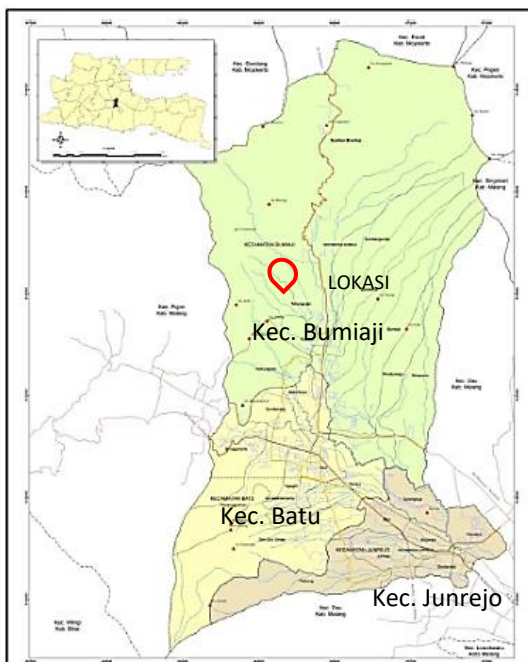
Berikut adalah data yang dibutuhkan dalam penelitian ini:

- Foto udara Mausoleum Dinger yang diakuisisi menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) DJI Phantom 4 Pro.
- Foto tersteris eksterior dan interior Mausoleum Dinger yang diakuisisi dengan menggunakan kamera Canon EOS 600D dan Nikon D3200.
- Koordinat titik kontrol Mausoleum Dinger.
- Spesifikasi kamera Canon EOS 600D dan Nikon D3200.
- Parameter internal kamera Canon EOS 600D dan Nikon D3200.

Peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini dibagi menjadi perangkat keras dan perangkat lunak, meliputi:

- a. *Hardware*: Wahana Dji *Phantom 4*, Kamera Nikon 3200D dan Canon EOS 600D, Total Station (TS) Reflectorless Hi Target ZTS 320R, 2 set *Receiver GPS* Geodetik Topcon HiperPro, Roll Meter, penggaris, dan bidang kalibrasi.
- b. *Software*: ArcMap 10.6.1 Lisensi ITS, perangkat lunak pengolah parameter internal kamera, Topcon Tools (Demo mode), Microsurvey CAD 2019 (Demo Mode) dan perangkat lunak pengolah data foto.

Lokasi Penelitian



Gambar 2. Lokasi Penelitian (PemKot Batu, 2010)

Lokasi dalam penelitian ini berada di Dusun Wonorejo, Desa Tulungrejo, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu, Jawa Timur. Secara geografis Mausoleum Dinger terletak di $7^{\circ}47'51''$ LS dan $112^{\circ}31'19.45''$ BT.

Metodologi

Adapun tahapan akuisisi dan pengolahan data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Pengukuran titik kontrol GCP, ICP
Penentuan letak titik kontrol yang akan diukur menggunakan GPS Geodetik direncanakan terlebih dahulu bersamaan dengan penempelan *marker* pada makam yang kemudian akan dijadikan sebagai GCP. Sedangkan ICP akan diukur pada setiap sudut bangunan tanpa *marker*. Baik GCP atau ICP akan diukur menggunakan Total Station Reflectorless dari setiap titik kontrol.
- b. Pengambilan Foto Mausoleum Dinger
Pengambilan foto makam dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama yaitu tahap pemotretan udara menggunakan wahana UAV DJI Phantom 4 Pro, pada tahap ini juga dilakukan foto udara guna membuat peta orthophoto sekitar makam. Tahap kedua adalah tahap pemotretan terestris menggunakan Kamera Nikon 3200D dan Canon EOS 600D, pada tahap ini dilakukan pemotretan dari sisi eksterior dan interior makam
- c. Kalibrasi Kamera
Bidang kalibrasi di foto menggunakan kamera Nikon 3200D dan Canon EOS 600D dari 9 arah yang berbeda yang kemudian hasil dari pemotretan bidang kalibrasi akan selanjutnya diolah menggunakan perangkat lunak pengolah parameter internal kamera.
- d. Pengolahan data foto
Model 3D dan peta orthophoto dihasilkan pada tahap ini menggabungkan foto dari wahana UAV dan 2 kamera lainnya. Adapun diagram alir pemodelan 3D adalah sebagai berikut:

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kalibrasi Kamera

Hasil kalibrasi kamera *in-laboratory precalibration* seperti berikut.

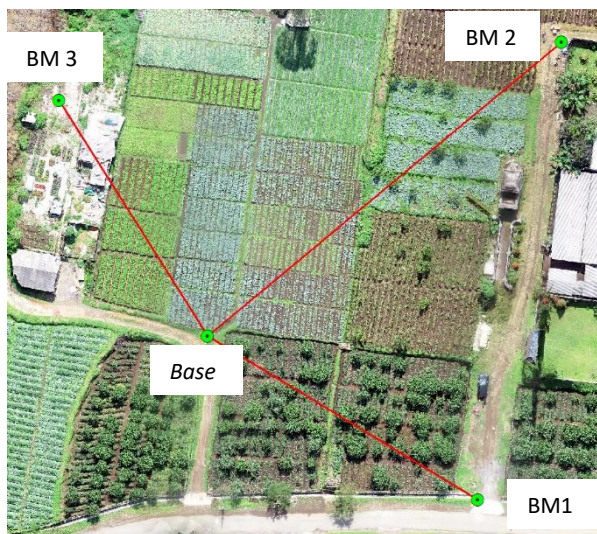
Tabel 1. Hasil Kalibrasi

IOP	Nilai	
	Nikon 3200D	Canon 600D
f	5.53052006 mm	7.02680238 mm
X _o	2.27223569 mm	2.58668998 mm
Y _o	1.45016914 mm	1.74950286 mm
K1	-0.06047	-0.12615
K2	0.02233	0.37117
K3	0,00000	0.00000
P1	0.00006	0.00121
P3	0.00033	-0.00255

Dari hasil kalibrasi kamera didapatkan nilai IOP yang kemudian digunakan untuk proses pemodelan 3D Mausoleum Dinger.

Hasil Pengukuran Titik Kontrol

Titik kontrol pada penelitian ini berjumlah 4, dengan 1 titik sebagai *base* dan 3 lainnya sebagai titik kontrol objek. Titik kontrol diukur menggunakan GPS Geodetik dengan metode radial dan lama pengukuran 1 jam. Berikut adalah *baseline* yang terbentuk pada pengukuran titik kontrol.



Gambar 3. *Baseline* Titik Kontrol

Berikut adalah nilai RMSE setiap titik setelah melalui proses pengolahan menggunakan Topcon Tools (Demo Mode) beserta nilai koordinat yang didapat.

Tabel 2.
Hasil Koordinat Titik Kontrol

Nama Titik	Timur (m)	Utara (m)	Ketinggian (m)
Base	667778.817	9137762.489	1347.750
BM1	667826.655	9137733.896	1347.086
BM2	667841.565	9137813.853	1350.828
BM3	667752.506	9137803.610	1351.351

Hasil koordinat di atas memiliki nilai RMSE pada tiap *baseline* seperti berikut.

Tabel 3. RMSE Titik Kontrol

Nama Titik	RMS Horizontal (m)	RMS Vertikal (m)
Base-BM1	0.001	0.002
Base-BM2	0.002	0.003
Base-BM3	0.001	0.001

GCP dan ICP diperlukan untuk menganalisa nilai kesalahan posisi dan ukuran dalam sebuah model 3D objek. Adapun hasil koordinat GCP dan ICP dengan jumlah total sebanyak 36 titik (16 GCP dan 22 ICP) pada bangunan Mausoleum Dinger adalah sebagai berikut.

Tabel 4.
Hasil Koordinat GCP pada Bangunan

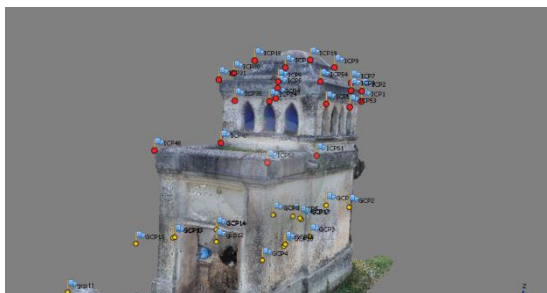
No.	Nama titik	<i>Northing</i> (m)	<i>Easting</i> (m)	Elevasi (m)
1	GCP1	9137793.092	667833.128	1352.342
2	GCP2	9137792.316	667834.199	1352.509
3	GCP3	9137787.45	667834.021	1352.384
4	GCP4	9137784.585	667833.656	1352.345
5	GCP5	9137792.612	667831.882	1351.823
6	GCP6	9137782.778	667834.393	1351.225
7	GCP7	9137770.569	667832.766	1352.895
8	GCP8	9137771.235	667827.883	1352.804
9	GCP9	9137776.845	667830.315	1353.046
10	GCP10	9137776.637	667831.826	1353.067
11	GCP15	9137783.713	667830.669	1354.353
12	GCP13	9137784.93	667830.976	1354.29
13	GCP14	9137785.285	667832.111	1351.847
14	GCP18	9137789.472	667832.658	1353.314
15	GCP16	9137789.746	667832.032	1354.215
16	GCP17	9137789.603	667833.091	1354.247



Gambar 4. Persebaran GCP pada Makam

Tabel 5. Hasil Koordinat ICP pada Bangunan

No.	Nama titik	Northing (m)	Easting (m)	Elevasi (m)
1	ICP1	9137791.232	667834.546	1356.509
2	ICP2	9137791.245	667834.54	1356.848
3	ICP4	9137791.68	667831.208	1356.479
4	ICP5	9137791.331	667831.458	1356.918
5	ICP6	9137791.233	667831.414	1357.054
6	ICP7	9137790.873	667834.204	1357.093
7	ICP8	9137790.897	667834.212	1356.96
8	ICP9	9137790.457	667833.686	1357.554
9	ICP11	9137790.74	667831.836	1357.542
10	ICP18	9137788.58	667831.535	1357.544
11	ICP19	9137788.312	667833.444	1357.554
12	ICP24	9137787.79	667832.406	1356.281
13	ICP30	9137788.14	667830.964	1357.085
14	ICP31	9137787.838	667830.69	1356.876
15	ICP35	9137788.58	667830.88	1356.267
16	ICP47	9137787.865	667830.801	1354.864
17	ICP48	9137784.867	667830.274	1354.765
18	ICP50	9137784.45	667833.719	1354.704
19	ICP51	9137787.29	667834.113	1354.789
20	ICP52	9137788.167	667834.063	1356.293
21	ICP53	9137790.35	667834.334	1356.279
22	ICP54	9137787.317	667834.062	1356.862



Gambar 5. Persebaran ICP pada Makam

Model 3D

1. Foto Objek

Foto objek yang digunakan dalam pengolahan ini sebanyak 814 foto dengan 2 tahap pengambilan gambar, tahap pengambilan gambar eksterior dan interiori bangunan makam. Foto bagian eksterior makam

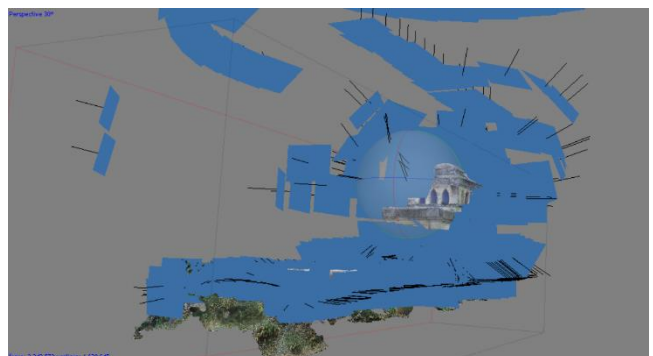
berjumlah 500 foto dan bagian interior makam berjumlah 314 foto. Pengambilan gambar dilakukan dengan 3 Kamera yaitu Canon 600D, Nikon 3200D, dan Kamera pada wahana DJI Phantom 4 Pro. Berikut sampel foto objek Mausoleum Dinger beserta sampel persebaran marker-nya.



Gambar 6. Sampel Pengambilan Foto Objek (kiri-kanan, atas-bawah): Eksterior (Nikon 3200D), Eksterior (DJI Phantom), Eksterior (Canon 600D), Interior.

2. Posisi Kamera

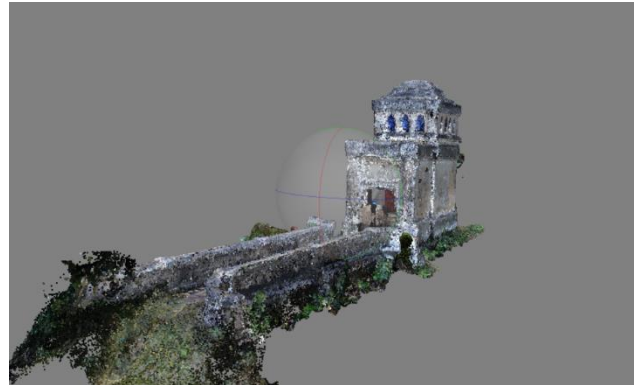
Posisi kamera pada penelitian ini tersebar baik pada bagian luar (eksterior) hingga bagian dalam (interior) makam. Pengambilan bagian eksterior makam dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian struktur bawah makam yang dipotret menggunakan kamera non-metrik dikombinasikan dengan kamera dari wahana UAV. Sedangkan untuk bagian interior makam hanya dipotret menggunakan kamera non-metrik dengan jarak kamera dengan dinding atau struktur diusahakan seragam saat mengambil gambar. Berikut ilustrasi posisi kamera.



Gambar 7. Posisi Pengambilan Foto Eksterior Makam



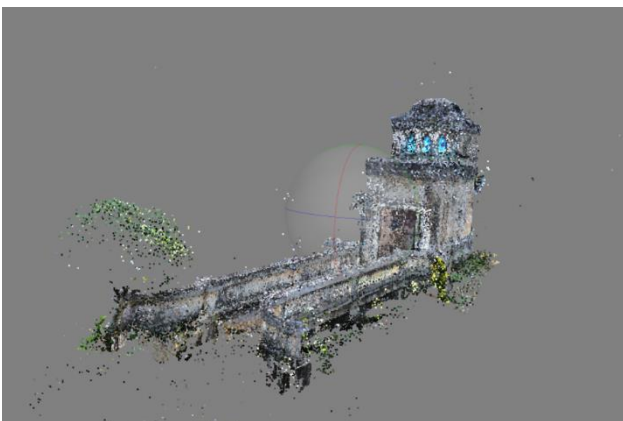
Gambar 8. Posisi Pengambilan Gambar Interior Makam



Gambar 10. Hasil *Build Dense Cloud*

3. *Alignment Photo*

Proses *Alignment Photo* pada penelitian ini dilakukan pada tingkat *medium* baik untuk eksterior dan interior. Menghasilkan 169.295 titik untuk eksterior dan 122.018 titik untuk interior. Titik-titik tersebut disebut dengan *Sparse Cloud*. Pada tahap ini Model 3D makam sudah terlihat bentuknya namun masih berupa titik-titik yang renggang. Berikut hasil *Sparse Cloud* dari proses *Alignment Photo*.



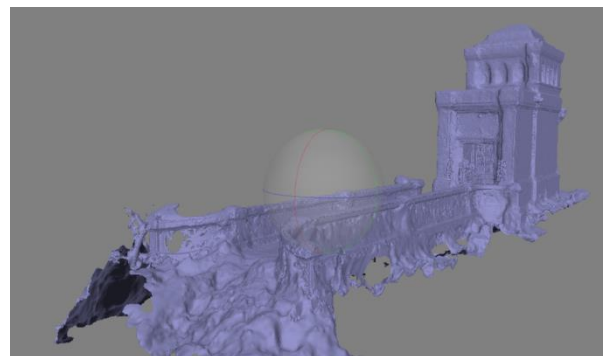
Gambar 9. Hasil *Alignment Photo*

4. *Build Dense Cloud*.

Proses *Build Dense Cloud* pada penelitian ini dilakukan guna merapatkan titik-titik *Sparse Cloud* pada proses sebelumnya. Dilakukan pada tingkat *medium* untuk eksterior dan *high* untuk interior. Menghasilkan 11.4012.624 titik untuk eksterior dan 37.505.977 titik untuk interior. Berikut hasil *Build Dense Cloud*.

5. *Build Mesh*

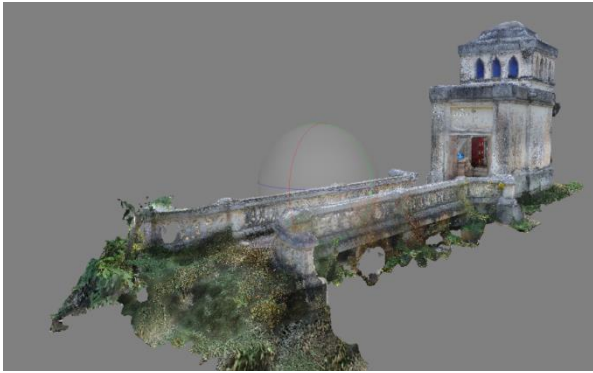
Proses *Build Mesh* pada penelitian ini dilakukan untuk membuat jaring-jaring segitiga (*faces*) dari titik-titik *Dense Cloud*. Proses ini dilakukan pada tingkat *medium* dan menghasilkan 3.242.572 *faces*. Pada tahap ini detail dan struktur dari model sudah terbentuk seutuhnya namun belum terdapat warna atau tekstur sesuai objek aslinya. Berikut hasil *Build Mesh*.



Gambar 11. Hasil *Build Mesh*

6. Model 3D Mausoleum Dinger

Setelah Model 3D berupa *Mesh* terbentuk dilakukan pemberian tekstur (*texturing*) atau pemberian warna pada *Mesh* sehingga model terlihat seperti penampakan objek aslinya. Model 3D Mausoleum Dinger yang dihasilkan pada penelitian ini terbagi menjadi 2 bagian yaitu model Eksterior dan Interior. Berikut adalah Hasil akhir Model 3D.



Gambar 12. Hasil Akhir Model 3D Eksterior Mausoleum Dinger



Gambar 13. Hasil Akhir Model 3D Interior Mausoleum Dinger

Analisa

1. Koordinat X

Koordinat X memiliki standar deviasi sebesar 0.026 m. dan nilai RMSE sebesar 0.045 m. Untuk uji *error probability* pada selang kepercayaan 95% dimana nilai $E_{95}=0.051$ selang kepercayaan -0.088 hingga 0.014 m. Pada tabel 7, titik ICP5 dan ICP48 tidak diterima. Sehingga dari 22 data, terdapat 20 data diterima atau 90.91% dari keseluruhan data.

Tabel 7. Tabel Uji *Error* Koordinat X

No.	Nama Titik	X (m)		Error (m)	Ket
		Pengukuran Lapangan	Model 3D		
1	ICP1	667834.546	667834.501	-0.045	Diterima
2	ICP2	667834.54	667834.497	-0.043	Diterima
3	ICP4	667831.208	667831.145	-0.063	Diterima
4	ICP5	667831.458	667831.359	-0.099	Tidak diterima
5	ICP6	667831.414	667831.365	-0.049	Diterima
6	ICP7	667834.204	667834.163	-0.041	Diterima
7	ICP8	667834.212	667834.181	-0.031	Diterima
8	ICP9	667833.686	667833.637	-0.049	Diterima

9	ICP11	667831.836	667831.779	-0.057	Diterima
10	ICP18	667831.535	667831.480	-0.054	Diterima
11	ICP19	667833.444	667833.387	-0.056	Diterima
12	ICP24	667832.406	667832.374	-0.032	Diterima
13	ICP30	667830.964	667830.955	-0.008	Diterima
14	ICP31	667830.69	667830.657	-0.033	Diterima
15	ICP35	667830.88	667830.86	-0.020	Diterima
16	ICP47	667830.801	667830.793	-0.008	Diterima
17	ICP48	667830.274	667830.310	0.036	Tidak Diterima
18	ICP50	667833.719	667833.683	-0.036	Diterima
19	ICP51	667834.113	667834.094	-0.019	Diterima
20	ICP52	667834.063	667834.028	-0.035	Diterima
21	ICP53	667834.334	667834.293	-0.041	Diterima
22	ICP54	667834.062	667834.029	-0.033	Diterima

2. Koordinat Y

Koordinat Y memiliki standar deviasi sebesar 0.029 m. dan nilai RMSE sebesar 0.028 m. Untuk uji *error probability* pada selang kepercayaan 95% dimana nilai $E_{95}=0.057$ selang kepercayaan -0.060 hingga 0.054 m. Pada tabel 7, titik ICP5 dan ICP48 tidak diterima. Sehingga dari 22 data, terdapat 20 data diterima atau 90.91% dari keseluruhan data.

Tabel 8. Uji *Error* Koordinat Y

No.	Nama Titik	X (m)		Error (m)	Ket
		Pengukuran Lapangan	Model 3D		
1	ICP1	9137791.232	9137791.261	0.030	Diterima
2	ICP2	9137791.245	9137791.260	0.016	Diterima
3	ICP4	9137791.68	9137791.673	-0.007	Diterima
4	ICP5	9137791.331	9137791.237	-0.094	Tidak Diterima
5	ICP6	9137791.233	9137791.229	-0.003	Diterima
6	ICP7	9137790.873	9137790.893	0.020	Diterima
7	ICP8	9137790.897	9137790.908	0.011	Diterima
8	ICP9	9137790.457	9137790.473	0.017	Diterima
9	ICP11	9137790.74	9137790.731	-0.008	Diterima
10	ICP18	9137788.58	9137788.564	-0.016	Diterima
11	ICP19	9137788.312	9137788.304	-0.007	Diterima
12	ICP24	9137787.79	9137787.786	-0.004	Diterima
13	ICP30	9137788.14	9137788.153	0.013	Diterima
14	ICP31	9137787.838	9137787.775	-0.063	Tidak Diterima
15	ICP35	9137788.58	9137788.594	0.015	Diterima
16	ICP47	9137787.865	9137787.864	-0.001	Diterima
17	ICP48	9137784.867	9137784.879	0.013	Diterima

18	ICP50	9137784.45	9137784.464	0.015	Diterima
19	ICP51	9137787.29	9137787.31	0.020	Diterima
20	ICP52	9137788.167	9137788.193	-0.026	Diterima
21	ICP53	9137790.35	9137790.362	0.012	Diterima
22	ICP54	9137787.317	9137787.337	-0.020	Diterima

3. Koordinat Z

Koordinat X memiliki standar deviasi sebesar 0.035 m. dan nilai RMSE sebesar 0.034 m. Untuk uji *error probability* pada selang kepercayaan 95% dimana nilai $E95=0.069$ selang kepercayaan -0.073 hingga 0.065 m. Pada tabel 7, titik ICP5 dan ICP48 tidak diterima. Sehingga dari 22 data, terdapat 21 data diterima atau 95.45% dari keseluruhan data.

Tabel 9. Uji *Error* Koordinat Z

No.	Nama Titik	Z (m)		Error (m)	Ket
		Pengukuran Lapangan	Model 3D		
1	ICP1	1356.509	1356.531	0.022	Diterima
2	ICP2	1356.848	1356.880	0.032	Diterima
3	ICP4	1356.479	1356.489	0.010	Diterima
4	ICP5	1356.918	1356.856	-0.061	Diterima
5	ICP6	1357.054	1357.081	0.028	Diterima
6	ICP7	1357.093	1357.120	0.027	Diterima
7	ICP8	1356.96	1356.870	-0.090	Tidak Diterima
8	ICP9	1357.554	1357.580	0.026	Diterima
9	ICP11	1357.542	1357.567	0.025	Diterima
10	ICP18	1357.544	1357.544	-0.001	Diterima
11	ICP19	1357.554	1357.568	0.014	Diterima
12	ICP24	1356.281	1356.258	-0.023	Diterima
13	ICP30	1357.085	1357.073	-0.012	Diterima
14	ICP31	1356.876	1356.882	-0.054	Diterima
15	ICP35	1356.267	1356.232	-0.034	Diterima
16	ICP47	1354.864	1354.872	0.008	Diterima
17	ICP48	1354.765	1354.719	-0.046	Diterima
18	ICP50	1354.704	1354.753	0.049	Diterima
19	ICP51	1354.789	1354.794	0.005	Diterima
20	ICP52	1356.293	1356.284	-0.009	Diterima
21	ICP53	1356.279	1356.274	-0.005	Diterima
22	ICP54	1356.862	1356.869	0.008	Diterima

4. Panjang

Pada penelitian ini dilakukan perbandingan panjang yang diperoleh dari pengukuran

lapangan menggunakan *roll meter* dengan panjang Model 3D yang terbentuk.

Tabel 10. Perbandingan Panjang

No.	Nama Titik	Panjang (m)		Error (m)
		Pengukuran lapangan	Model 3D	
1	Panjang Struktur Jembatan	9.84	9.72	-0.12
2	Lebar Struktur Jembatan	1.70	1.59	-0.11
3	Panjang Bangunan Utama	6.84	6.67	-0.17

KESIMPULAN

Pada penelitian ini, kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Telah dilakukan proses akuisisi data guna pembuatan model 3D menggunakan metode fotogrametri jarak dekat yang menghasilkan total 829 foto baik dari sisi interior maupun eksterior.
2. Dihasilkan model 3D Mausoleum Dinger dengan menggunakan metode fotogrametri jarak dekat baik sisi eksterior maupun interior yang terbentuk dari 814 foto dan terdiri dari 291.313 titik *sparse cloud*, 48.908.115 titik *dense cloud*, dan 3.242.572 *faces*.
3. Model 3d berdasarkan nilai total RMSE dan juga terbentuknya model interior objek telah memenuhi kriteria LoD 4. Adapun untuk nilai RMSE 0.2 m. Berikut nilai RMSE koordinat model 3D
 - Koordinat X dengan RMSEX= 0.045 m
 - Koordinat Y dengan RMSEY= 0.028 m
 - Koordinat Z dengan RMSEZ= 0.048 m

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis D.A.F. mengucapkan terimakasih kepada Pemerintah Kota Batu dalam hal ini yaitu Dinas Pariwisata yang telah memberikan ijin dan dukungan untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Mikhail, Bethel, and McGlone 2001: *Edward M. Mikhail, James S. Bethel, J. Chris McGlone. Introduction to Modern Photogrammetry (Wiley).*
- Pemerintah Indonesia. 2010. *Undang-undang Nomor 11 Tahun 2010 tentang Cagar Budaya.* Lembaran

Negara RI Tahun 2010, No.130. Sekretariat Negara. Jakarta.

- Permana, R.W. 2016. *Makam Dinger, Kuburan Tak Bertuan Peninggalan Meneer Belanda*. Diperoleh 16 Juni 2019, dari <https://malang.merdeka.com/pariwisata/makam-dinger-kuburan-tak-bertuan-peninggalan-meneer-belanda-161116d.html>.
- Rashidi, A., Dai, F., Brilakis, I. & Vella, P., 2013. *Optimized Selection of Key Frames for Monocular Videogrammetric Surveying of Civil Infrastructure*. Elsevier, pp. 270-282.
- Stone, W., & Cheek, G. 2001. *LADAR Sensing Applications for Construction*.