

Pemodelan 3 Dimensi Candi Wringinlawang Menggunakan Metode *Structure From Motion* untuk Dokumentasi Cagar Budaya

Selfi Naufatunnisa dan Agung Budi Cahyono.

Departemen Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: agungbc@geodesy.its.ac.id

Abstrak—Candi Wringinlawang merupakan salah satu cagar budaya peninggalan kerajaan Majapahit yang bertempat di Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur. Dengan riwayat pemugaran terakhir pada tahun 1991/1992 s.d. 1994/1995, perlu dilakukan pendokumentasian sesuai dengan UU no 11 tahun 2010 tentang Cagar Budaya. Seiring berkembangnya teknologi, penelitian untuk mendapatkan bentuk 3D banyak dilakukan seperti pengaplikasian *Structure from Motion (SfM)* dalam pendokumentasian cagar budaya. Karena untuk keperluan dokumentasi, diperlukan model 3D yang sudah bergeoreference dengan akurasi kurang dari 0.5 m sesuai dengan syarat bangunan dengan LoD 3. Penggunaan kamera non metrik Sony Exmor 12.4 M yang dibantu dengan wahana *DJI Phantom 3* dalam pengambilan foto candi menghasilkan 155 buah foto, 465,487 titik *sparse cloud*, 5,996,415 titik *dense cloud*, 1,155,740 *faces*, dan 580,147 *vertices*. Setelah dilakukan analisa menggunakan titik ICP lapangan, didapatkan besar $RMSE_x=0.042$ m, $RMSE_y=0.047$ m, $RMSE_z=0.048$ m.

Kata Kunci—Candi Wringinlawang, *Structure From Motion (SfM)*, model 3D.

I. PENDAHULUAN

KEKAYAAN akan budaya di Indonesia dapat ditunjukkan dengan banyaknya situs budaya sebagai bukti peninggalan dari kerajaan-kerajaan terdahulu. Candi Wringinlawang merupakan salah satu dari sekian banyak bukti peninggalan dari kerajaan Majapahit yang sekarang berlokasi di Kabupaten Mojokerto. Dinamakan Candi Wringinlawang karena berasal dari bahasa Jawa yakni wringin berarti pohon beringin dan lawang berarti pintu. Candi Wringinlawang telah dipugar dua kali pada Tahun 1991/1992 s.d. 1994/1995 [1].

Seiring berkembangnya teknologi, penelitian untuk mendapatkan bentuk 3D sesuai penglihatan mata manusia banyak dilakukan. Bidang penelitian ini dikenal dengan nama *computer vision* [2]. Salah satunya perkembangan dari *computer vision* adalah *Structure from Motion (SfM)* yang merupakan pendekatan untuk sekumpulan gambar dengan tingkat *overlap* tinggi yang didapat dari sensor bergerak sehingga dapat menangkap struktur 3 dimensi secara keseluruhan lokasi dan dari berbagai posisi [3].

Penelitian tentang *computer vision* telah diterapkan dalam upaya dokumentasi cagar budaya di Indonesia seperti Candi Singosari [4][5], Candi Borobudur [6], Candi Brahu [7]. Pada penelitian Candi Singosari telah menerapkan metode *Structure*

from Motion dan menghasilkan ketelitian model 3D yang memiliki tidak jauh berbeda dengan data Terrestrial Laser Scanning (TLS). Di penelitian sebelumnya yakni Candi Singosari [4][5], sisi atas candi tidak tergambar karena terbatasnya alat dalam pengambilan gambar. Oleh karena itu pada penelitian ini, kamera Sony Exmor akan dibawa wahana *quadcopter DJI Phantom 3* untuk memudahkan pengambilan gambar bagian atas candi.

Dengan bentuk candi yang menyerupai gapura dengan ukuran 13x11.5 m dan tinggi 15.50 m [8], sampai saat ini belum ada penelitian tentang dokumentasi bentuk 3D candi. Beberapa penelitian yang dilakukan di Candi Wringinlawang hanya dari segi artistik dan sejarah [9], mengingat candi ini diduga sebagai pintu masuk menuju bangunan penting di ibukota Majapahit.

Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah mendokumentasikan bentuk Candi Wringinlawang dengan pemodelan 3D yang sudah *georeference* menggunakan metode *Structure from Motion (SfM)*. Model 3D yang dihasilkan memiliki tingkat *Level of Detail (LoD)* 3 dimana akurasi yang diperbolehkan sebesar 0.5 m. Manfaat penelitian ini adalah sebagai upaya pendokumentasian situs budaya di Indonesia sesuai dengan pasal 53 ayat 4 UU no 11 tahun 2010 tentang Cagar Budaya.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada pada koordinat -7.5410693° LS, 112.3879172° BT yakni bertempat di Candi Wringinlawang, Kabupaten Mojokerto.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

B. Data dan Peralatan

1) Data

Data pendukung penelitian seperti berikut :

1. Foto Candi Wringinlawang dari berbagai sisi yang diambil menggunakan kamera Sony Exmor
2. Koordinat (x,y,z) titik kontrol sebagai data acuan georeference
3. Koordinat (x,y,z) titik cek sebagai pembanding dalam analisa ketelitian geometrik model yang dihasilkan

2) Peralatan

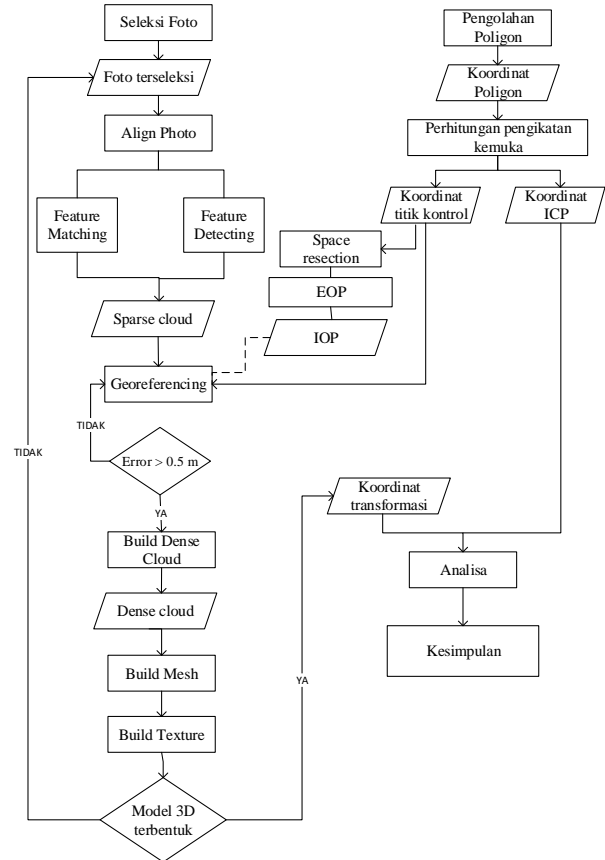
Peralatan yang digunakan pada penelitian ini meliputi:

1. Perangkat Keras
 - Kamera non-metrik Sony Exmor 12.4 M
 - Drone DJI Phantom 3 sebagai wahana kamera
 - Total Station Reflectorless Hi-Target
 - 2 set GPS Geodetic Topcon Hiper-Pro
 - Personal Computer (PC)
Windows 7 Ultimate
Processor Intel (R) Core (TM) i5-4460 CPU @3.20 GHz; RAM 8.00 GB; 64-bit OS
 - Marker

3) Perangkat Lunak

- Software Office untuk pembuatan laporan dan pengolahan data
- Software pengolah foto untuk pembuatan model 3D

C. Tahapan Pengolahan Data



Gambar 2. Diagram Alir Pengolahan Data

Penjelasan diagram alir di atas sebagai berikut :

1. Pengumpulan Data
Pengumpulan data foto menggunakan kamera non-metrik Sony Exmor 12.4 M serta pengukuran titik GCP dan ICP.
2. Pengolahan Foto
Pemrosesan foto meliputi feature detecting dan feature matching (menggunakan algoritma SIFT), pembentukan mesh, pemberian tekstur.
3. Georeferencing
Proses georeferencing model 3D dengan koordinat x,y,z yang didapatkan dari pengukuran lapangan. Dikarenakan hasil pemodelan adalah LoD 3, maka toleransi yang diberikan sebesar 0.5 m.
4. Kalibrasi Kamera
Pada penelitian ini kalibrasi kamera menggunakan algoritma *Bundle Adjustment Self Calibration*. Pada tahap kalibrasi, IOP yang didapat adalah panjang lensa(f), titik exposure foto (x₀,y₀), distorsi radial (p₁, p₂) dan distorsi tangensial (k₁,k₂,k₃).

$$\begin{aligned}
 x_a - x_o + \Delta x &= -f \frac{(r_{11}(X_A - X_L) + r_{21}(Y_A - Y_L) + r_{31}(Z_A - Z_L))}{(r_{13}(X_A - X_L) + r_{23}(Y_A - Y_L) + r_{33}(Z_A - Z_L))} \\
 y_a - y_o + \Delta y &= -f \frac{(r_{12}(X_A - X_L) + r_{22}(Y_A - Y_L) + r_{32}(Z_A - Z_L))}{(r_{13}(X_A - X_L) + r_{23}(Y_A - Y_L) + r_{33}(Z_A - Z_L))}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Dimana :

Δx , Δy merupakan kesalahan sistematik dari gambar yang berupa fungsi dari koordinat foto untuk

menghasilkan distorsi lensa khususnya di kamera digital.

5. Analisa

Analisa yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui ketelitian model yang dihasilkan.

- Uji *probability standar error* (95%) dilakukan untuk mengevaluasi hasil pengukuran berdasarkan pada standar deviasi.

$$E_{95} = 1.960\sigma$$

- *RMSE (Root Mean Square)* dilakukan untuk mengetahui akurasi prediksi bacaan.

$$RMSE X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{foto} - x_{TS})^2}{n}}$$

$$RMSE Y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_{foto} - y_{TS})^2}{n}}$$

$$RMSE Z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (z_{foto} - z_{TS})^2}{n}}$$

(2)

Keterangan :

x_{foto} y_{foto} z_{foto} = nilai prediksi ke -i

x_{TS} y_{TS} z_{TS} = nilai pengamatan ke-i

n = jumlah pengamatan

III. HASIL DAN ANALISA

A. Kalibrasi Kamera

Hasil kalibrasi kamera *Bundle Adjustment self calibration* seperti berikut :

Tabel 1.
Tabel hasil kalibrasi

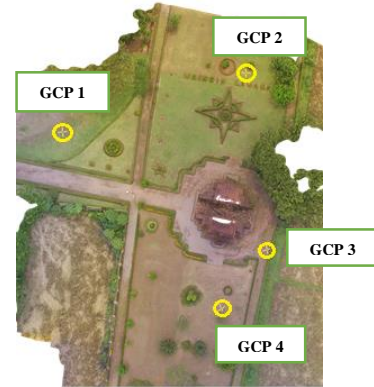
Jenis foto	Foto Miring	Foto Tegak
Ukuran foto	4000x2250 pix	4000x3000 pix
fx	3.935 mm	3.514 mm
fy	3.987 mm	3.586 mm
xo	3.396 mm	3.147 mm
yo	1.867 mm	2.293 mm
k1	0.00000442	-0.00000055
k2	-0.00010448	-0.00004442
k3	0.00020151	0.00008495
p1	-0.00000122	-0.00000245
p2	-0.00000025	0.00000445

Tabel di atas menggambarkan jika kamera yang digunakan yakni Sony Exmor yang dibawa drone tidak stabil. Selain karena kamera tersebut bukan kamera metrik yang tidak memiliki ketetapan dalam parameter kamera, besar distorsi juga dapat dipengaruhi cara pengambilan fotonya yang miring dan tegak.

B. Kerangka Poligon, Titik Kontrol, dan ICP

Tabel 2.
Tabel Koordinat Poligon

Nama Titik	X (m)	Y(m)	Z(m)
GCP1	653443.367	9166100.262	71.125
GCP2	653482.558	9166112.998	71.587
GCP3	653487.170	9166075.060	71.611
GCP4	653477.437	9166062.339	71.592



Gambar 3. Persebaran titik GCP

Tabel 3.
Tabel Kesalahan pada poligon

Fx	0.020 m
Fy	-0.012 m
Fh	0.003 m
Kesalahan Penutup Sudut	0°0'5"
Kesalahan Linear	0.00014

Total Station yang digunakan memiliki bacaan terkecil 1" dengan toleransi $1''\sqrt{n} = 1''\sqrt{4} = 2''$. Sehingga kesalahan penutup sudut poligon pengukuran tidak masuk toleransi. Hal ini dapat disebabkan karena prisma yang digunakan sebagai target tidak tegak lurus dengan patok yang terpasang.

Untuk kesalahan linier, toleransi yang diperbolehkan sebesar 1/2500 (atau 0.0004). Pada penelitian ini memiliki kesalahan linier 0.00014 atau 1/714.285, sehingga masih masuk batas toleransi.

Tabel 4.
Titik Kontrol pada Candi

No	Nama Titik	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	DPN1	653477.410	9166085.060	86.783
2	DPN9	653472.753	9166086.042	75.077
3	KR4	653480.388	9166079.552	80.845
4	KR9	653481.240	9166084.315	80.808

Tabel 5.
Tabel Koordinat ICP dari pengukuran Lapangan

No	Nama Titik	Pengukuran di Lapangan			Model 3D		
		X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	DPN2	653477.946	9166086.592	86.941	653477.9545	9166086.628	86.883
2	DPN3	653476.771	9166081.786	86.878	653476.77	9166081.794	86.841
3	DPN4	653476.712	9166080.165	86.944	653476.7181	9166080.159	86.91
4	DPN5	653475.436	9166085.449	80.813	653475.4309	9166085.451	80.8
5	DPN8	653474.798	9166080.562	80.885	653474.6469	9166080.651	80.837
6	DPN10	653472.053	9166082.615	75.086	653472.016	9166082.596	75.115
7	DPN12	653474.694	9166078.828	82.093	653474.6934	9166078.796	82.095
8	DPN14	653474.513	9166088.253	72.611	653474.5537	9166088.24	72.636
9	KR1	653478.196	9166079.876	87.006	653478.1919	9166079.888	86.977
10	KR2	653478.283	9166077.858	80.952	653478.2703	9166077.839	80.861
11	KR3	653475.845	9166078.158	80.872	653475.8313	9166078.101	80.863
12	KR5	653481.631	9166078.171	72.635	653481.6371	9166078.119	72.706
13	KR6	653480.247	9166076.839	72.644	653480.2372	9166076.784	72.716
14	BKLG3	653481.646	9166084.247	76.707	653481.6711	9166084.264	76.719
15	BKLG5	653481.612	9166078.121	75.156	653481.638	9166078.102	75.075
16	BKLG6	653483.334	9166086.562	75.127	653483.2782	9166086.618	75.035
17	KNN2	653479.477	9166086.277	87.004	653479.5162	9166086.338	86.947
18	KNN3	653480.297	9166088.289	80.814	653480.3098	9166088.395	80.795

Lanjutan tabel 5

No	Nama Titik	Pengukuran di Lapangan			Model 3D		
		X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
20	KNN5	653481.483	9166085.746	80.815	653481.5275	9166085.795	80.785
21	KNN6	653483.214	9166086.517	72.632	653483.2584	9166086.525	72.669
22	KNN7	653482.177	9166088.165	73.14	653482.2128	9166088.15	73.164



Gambar 4. (ki-ka) persebaran titik control candi, persebaran titik ICP bagian timur; ICP bagian barat

C. Model 3D

1) Foto Objek

Foto objek yang digunakan dalam pengolahan ini sebanyak 155 buah foto dengan metode pengambilan menjadi foto tegak dan foto miring. Berikut ini sampel foto objek Candi Wringinlawang yang diambil dengan kamera Sony EXMOR dibantu wahana quadcopter DJI Phantom 3 :



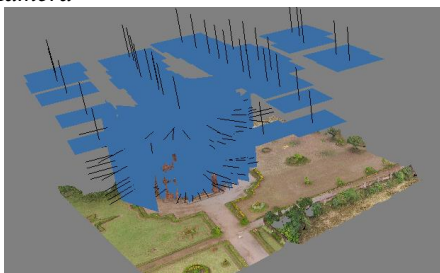
Gambar 5. Sampel Pengambilan Foto (kiri-kanan, atas-bawah): foto tegak Candi, foto miring bagian atas candi, foto miring bagian bawah candi, foto miring bagian tengah candi.

Berikut ini merupakan hasil dari pengolahan SfM :

Tabel 6.
Hasil Pengolahan SfM

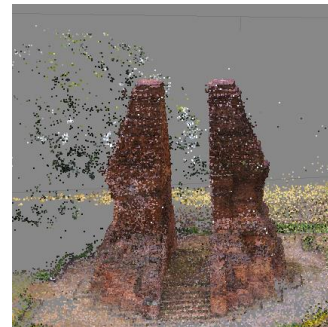
Total Foto	155 buah
Sparse cloud	465,487 point
Dense cloud	5,996,415 point
	1,155,740 faces,
Textured	580,147 vertices

2) Posisi Kamera



Gambar 6. Sisi pengambilan Gambar

3) Alignment Photo



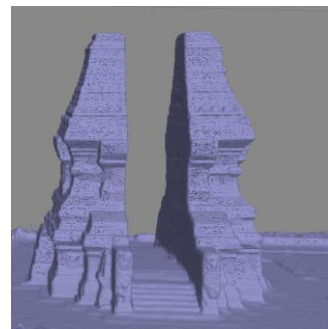
Gambar 7. Hasil Alignment Photo

4) Build Dense Cloud



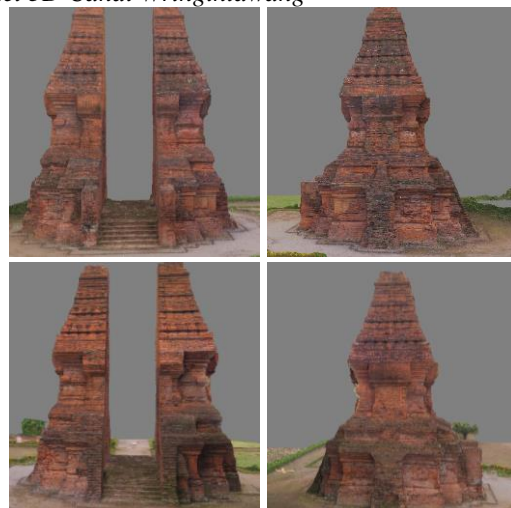
Gambar 8. Hasil Build Dense Cloud

5) Build Mesh



Gambar 9. Hasil Build Mesh

6) Model 3D Candi Wringinlawang



Gambar 10. Model 3D tampak depan, kiri, belakang, kanan

D. Analisa

1) Koordinat X

Koordinat X memiliki nilai standar deviasi sebesar 0.032 m dan nilai RMSE sebesar 0.042 m. Untuk uji *error probability* pada selang kepercayaan 95% dimana nilai $E_{95}=0.063$ m selang kepercayaan -0.035 hingga 0.091 m. Pada tabel 7, titik DPN 8 tidak diterima. Sehingga dari 22 data, terdapat 21 data diterima atau 95,45% dari seluruh data. Berikut kesalahan pada koordinat X :

Tabel 7.
Tabel Uji Error Koordinat X

No	Nama Titik	Pengukuran	Model 3D	Error (m)	Ket
		Lapangan X (m)	X (m)		
1	DPN2	653477.946	653477.954	0.0083	diterima
2	DPN3	653476.771	653476.770	0.0009	diterima
3	DPN4	653476.711	653476.718	0.0065	diterima
4	DPN5	653475.436	653475.431	0.0053	diterima
5	DPN8	653474.798	653474.647	0.1513	diterima
6	DPN10	653472.053	653472.016	0.0367	diterima
7	DPN12	653474.694	653474.693	0.0009	diterima
8	DPN14	653474.513	653474.553	0.0408	diterima
9	KR1	653478.196	653478.192	0.0039	diterima
10	KR2	653478.283	653478.270	0.0129	diterima
11	KR3	653475.845	653475.831	0.0141	diterima
12	KR5	653481.631	653481.637	0.0057	diterima
13	KR6	653480.246	653480.237	0.0093	diterima
14	BKLG3	653481.646	653481.671	0.0247	diterima
15	BKLG5	653481.612	653481.638	0.0261	diterima
16	BKLG6	653483.334	653483.278	0.0559	diterima
17	KNN2	653479.477	653479.516	0.0387	diterima
18	KNN3	653480.296	653480.309	0.0130	diterima
19	KNN4	653477.815	653477.8478	0.032868	diterima
20	KNN5	653481.483	653481.5275	0.044238	diterima
21	KNN6	653483.214	653483.2584	0.044536	diterima
22	KNN7	653482.177	653482.2128	0.035511	diterima

2) Koordinat Y

Koordinat Y memiliki nilai standar deviasi sebesar 0.030 m dan nilai RMSE sebesar 0.047 m. Untuk uji *error probability* pada selang kepercayaan 95% dimana nilai $E_{95}=0.059$ m memiliki selang kepercayaan -0.021 m hingga 0.096 m. Pada tabel 8, titik KNN 3 tidak diterima. Sehingga dari 22 data, terdapat 21 data diterima atau 95,45% dari seluruh data. Berikut kesalahan pada koordinat Y :

Tabel 8.
Tabel Uji Error Koordinat Y

No	Nama Titik	Pengukuran	Model 3D	Error (m)	Ket
		di Lapangan Y (m)	Y (m)		
1	DPN2	9166086.592	9166086.628	0.0368	diterima
2	DPN3	9166081.786	9166081.794	0.0081	diterima
3	DPN4	9166080.165	9166080.159	0.0061	diterima
4	DPN5	9166085.449	9166085.451	0.0014	diterima
5	DPN8	9166080.562	9166080.651	0.0889	diterima
6	DPN10	9166082.615	9166082.596	0.0182	diterima

7	DPN12	9166078.828	9166078.796	0.0318	diterima
8	DPN14	9166088.253	9166088.24	0.0133	diterima
9	KR1	9166079.876	9166079.888	0.0115	diterima
10	KR2	9166077.858	9166077.839	0.0189	diterima
11	KR3	9166078.158	9166078.101	0.0568	diterima
12	KR5	9166078.171	9166078.119	0.0519	diterima
13	KR6	9166076.839	9166076.784	0.0552	diterima
14	BKLG3	9166084.247	9166084.264	0.0171	diterima
15	BKLG5	9166078.121	9166078.102	0.0193	diterima
16	BKLG6	9166086.562	9166086.618	0.0561	diterima
17	KNN2	9166086.277	9166086.338	0.0609	diterima
18	KNN3	9166088.289	9166088.395	0.1059	diterima
19	KNN4	9166088.770	9166088.859	0.0890	diterima
20	KNN5	9166085.746	9166085.795	0.0494	diterima
21	KNN6	9166086.517	9166086.525	0.0084	diterima
22	KNN7	9166088.165	9166088.150	0.0152	diterima

3) Koordinat Z

Koordinat Z memiliki nilai standar deviasi sebesar 0.026 m dan nilai RMSE sebesar 0.048 m. Untuk uji *error probability* dengan tingkat kepercayaan 95% dimana nilai $E_{95}=0.052$ m, memiliki selang kepercayaan -0.018 m hingga 0.093 m. Pada tabel di bawah, semua titik diterima dalam selang kepercayaan, sehingga 100% data dipercaya. Berikut kesalahan pada koordinat Z :

Tabel 9.
Tabel Uji Error Koordinat Z

No	Nama Titik	Pengukuran	Model 3D	Error (m)	Ket
		Lapangan Z (m)	Z (m)		
1	DPN2	86.941	86.883	0.058	diterima
4	DPN5	80.813	80.799	0.013	diterima
5	DPN8	80.885	80.837	0.048	diterima
6	DPN10	75.086	75.115	0.029	diterima
7	DPN12	82.093	82.095	0.002	diterima
8	DPN14	72.610	72.636	0.025	diterima
9	KR1	87.005	86.976	0.029	diterima
10	KR2	80.952	80.861	0.091	diterima
11	KR3	80.872	80.862	0.009	diterima
12	KR5	72.635	72.705	0.071	diterima
13	KR6	72.643	72.716	0.073	diterima
14	BKLG3	76.707	76.719	0.012	diterima
15	BKLG5	75.155	75.075	0.081	diterima
16	BKLG6	75.127	75.035	0.092	diterima
17	KNN2	87.004	86.947	0.057	diterima
18	KNN3	80.814	80.794	0.019	diterima
19	KNN4	80.820	80.795	0.024	diterima
20	KNN5	80.815	80.785	0.029	diterima
21	KNN6	72.632	72.669	0.037	diterima
22	KNN7	73.140	73.164	0.023	diterima

IV. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, kesimpulan yang dapat diambil sebagai berikut :

1. Model 3D Candi Wringinlawang terbentuk dari 155 buah foto dan terdiri atas 465,487 titik *sparse cloud*, 5,996,415 titik *dense cloud*, serta 1,155,740 *faces* dan 580,147 *vertex*.
2. Bentuk model 3D Candi Wringinlawang termasuk dalam LoD3 ditunjukkan oleh penampakan eksterior candi yang menyerupai objek sebenarnya (pada gambar 10) serta nilai RMSE kurang dari 0.5 m. Berikut ini nilai RMSE koordinat model 3D :
 - Koordinat X dengan $RMSE_x = 0.042$ m
 - Koordinat Y dengan $RMSE_y = 0.047$ m
 - Koordinat Z dengan $RMSE_z = 0.048$ m
3. Untuk mengevaluasi kesalahan dilakukan uji *probability error* pada selang kepercayaan 95%. Berikut hasil uji *probability error*:
 - Koordinat X dengan $dx = 0.032$ m terdapat 21 titik diterima
 - Koordinat Y dengan $dy = 0.030$ m terdapat 21 titik diterima
 - Koordinat Z dengan $dz = 0.032$ m terdapat 22 titik diterima

V. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis S. N. mengucapkan terimakasih kepada kantor BPCB Jawa Timur selaku pengurus Candi Wringinlawang atas izinnya, serta tim PVIA (*Photogrammetry Vision and Image Analysis*) Teknik Geomatika ITS.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. M. Wardani, L. K; Sitindjak, R. H. I; Sari, "Estetika Ragam Hias Candi Bentar dan Panduraksa di Jawa Timur," in *Konferensi Nasional Pengkajian Seni (Arts and Beyond)*, 2015.
- [2] R. Szeliski, "Computer Vision: Algorithms and Applications," *Springer*, 2010.
- [3] M. J. dkk Westoby, "Structure-from-motion photogrammetry : a low cost, effective tool for geoscience applications," pp. 300–314, 2012.
- [4] A. B. Hidayat, H dan Cahyono, "3D Reconstruction of Singosari Temple Using Terrestrial Images and Structure From Motion Algorithm," *ICOIRS*, 2015.
- [5] H. H. Putra, A. R dan Handayani, "3D Modelling Using Structure From Motion And Terrestrial Laser Scanning (Case Study : Singosari Temple, Malang)," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [6] D. dkk Suwardhi, "Digital 3D Borobudur : Integration of 3D Surveying and Modeling Techniques.," *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, vol. XL-5/W7, 2015.
- [7] H. H. Salam, M. S dan Handayani, "emanfaatan Fotogrametri Rentang Dekat untuk Pemodelan 3D Cagar Budaya Menggunakan Kamera Non-metrik (Studi Kasus: Candi Brahu, Mojokerto)," *Res. Gate*, 2016.
- [8] P. RI, "Deskripsi Jawa Timur - Candi Wringin Lawang (http://candi.perpusnas.go.id/temples/deskripsi-jawa_timur-candi_wringinlawang)," 2016. .
- [9] D. Kurniasih, "Kajian Historis Candi Wringin Lawang di Desa Jatipasar Kecamatan Trowulan Kabupaten Mojokerto sebagai Pintu Masuk Sebuah Komplek Bangunan," Universitas Nusantara PGRI, 2015.