



Pemetaan 3D Bangunan Cultural Heritage Panggung Krapyak Dengan Teknik Close Range Photogrammetry

Fajrin¹, Poundra Sukma Apriliansyah², dan Defwaldi³

^{1,2,3} Program teknik geodesi, Institut Teknologi Padang
e-mail: fajrin@itp.ac.id

ABSTRAK. Pelestarian bangunan cagar budaya didukung pendokumentasian sebagai data acuan dalam upaya pemeliharaan sehingga diperlukan pengukuran dan penyajian data. Alternatif penyajian informasi data tiga dimensi untuk pendokumentasian bangunan cagar budaya diharapkan memiliki ukuran dimensi yang baik. Pentingnya pendokumentasian dalam bentuk model tiga dimensi disebabkan masalah acuan bentuk mengembalikan wujud asli dari pada konstruksi bangunan yang sudah tua bila terjadi kerusakan terutama runtuh akibat gempa bumi. Salah satu metode yang bisa dikembangkan adalah pendokumentasian tiga dimensi berbasis foto, yaitu dengan teknik fotogrametri jarak dekat. Foto teristris dikenal dengan Close Range Photogrammetry adalah teknik akuisisi data menggunakan kamera yang terletak di darat dengan jarak kurang dari 100 m. Penelitian ini menerapkan teknik close range photogrammetry dengan metode konvergen untuk bangunan cagar budaya Panggung Krapyak menggunakan kamera non-metrik. Titik acuan (BM), titik ikat (GCP), titik sampel detail, dan titik pengecekan (ICP) diukur menggunakan total station. Pemodelan 3D diproses menggunakan perangkat lunak agisoft photoscan professional secara otomatis. Proses analisis dilakukan perbandingan ukuran dimensi hasil model 3D dengan ukuran sebenarnya di lapangan untuk menunjukkan nilai kesalahan geometri bangunan. Pada kasus ini adalah bagaimana teknik fotogrametri jarak dekat dapat menjadi alternatif dalam pendokumentasian bangunan untuk menyajikan informasi data tiga dimensi dengan ketelitian yang baik yang selanjutnya digunakan sebagai data acuan dalam kegiatan monitoring konservasi jangka panjang dan perencanaan rekonstruksi bangunan. Hasil penelitian ini menghasilkan jumlah points density 0,457 points/cm², 21.914 tie points, 3.395.055 dense point clouds, dan 224.868 faces dengan ketelitian ground resolution sebesar 0,37 cm/pix sehingga 1 pix memiliki nilai sebenarnya 0,37 cm di lapangan serta ukuran dimensi model 3D menghasilkan rata-rata selisih jarak sebesar 0,0268 m dan rata-rata selisih tinggi sebesar 0,0340 m. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan disimpulkan bahwa teknik fotogrametri jarak dekat dapat diterapkan dalam pendokumentasian bangunan cagar budaya sebagai alternatif penyajian informasi data tiga dimensi dengan ketelitian yang baik..

Kata kunci: 3D, Cagar Budaya, CRP.

PENDAHULUAN

Konstruksi dari suatu bangunan memiliki nilai estetika sesuai dengan bentuk, peranan, dan manfaatnya. Dalam memonitoring pekerjaan konstruksi bangunan, dapat dibantu dengan disiplin ilmu pemetaan dalam hal pengukuran dan penyajian data. Penyajian data di visualkan dalam bentuk tiga dimensi dengan posisi koordinat teliti yang merupakan hasil kegiatan pemodelan tiga dimensi. Pemodelan tiga dimensi dari suatu obyek di atas permukaan bumi saat ini dapat dilakukan menggunakan sensor aktif dari laser scanner ataupun menggunakan sensor pasif. Salah satu alat survei pemetaan yang berkembang saat ini untuk pekerjaan monitoring konstruksi adalah *Terrestrial Laser Scanner (TLS)*. TLS merupakan teknologi pemetaan fotogrametri jarak dekat yang bisa merekam obyek disekitarnya dengan teliti dalam waktu singkat, akan tetapi dalam penggunaannya sangat terbatas karena harga alat relatif mahal dan terbatasnya perangkat lunak

yang digunakan untuk pengolahan datanya, sehingga menjadi sebuah hambatan untuk rencana pengembangan pendokumentasian dan pemodelan tiga dimensi. Dengan kondisi itu perlu dikembangkan metode pendokumentasian berbasis tiga dimensi yang lebih murah, efektif dan efisien namun menghasilkan tingkat keakurasian data yang baik atau setidaknya mendekati tingkat keakurasian yang dihasilkan oleh instrument TLS (AL-Baghdadi dkk., 2018). Diantara metode yang bisa dikembangkan adalah pendokumentasian tiga dimensi berbasis foto, yaitu dengan teknik Fotogrametri Jarak Dekat (*Close Range Photogrammetry / CRP*) (Elhalawani dkk., 2021; Niederheiser dkk., 2021; Lerma dkk., 2010; Stöcker dkk., 2015).

Foto teristris ini yang dikenal dengan CRP dimana teknik akuisisi data menggunakan kamera yang terletak di darat dengan jarak kurang dari 300 m (Reinoso dkk., 2014). CRP menggunakan prinsip dasar pengukuran tumpang tindih antar foto dengan sudut pandang yang berbeda dan pengukuran orientasi kamera (Raghavendra., 2020). Seiring perkembangan teknologi komputer dan digital, metode ini jauh lebih murah serta perkembangannya semakin cepat, efektif, dan fleksibel, dibanding teknologi sejenis untuk dokumentasi lainnya (Terrestrial Laser Scanner, Imaging TS, dan lain-lain) (Makros dkk., 2018; Alby, 2014).

Upaya perlindungan Cagar Budaya diperlukan dalam rangka menanggulangi dan mencegah dari kerusakan, kehancuran, atau kemusnahan dengan cara penyelamatan, pengamanan, zonasi, pemeliharaan, dan pemugaran Cagar Budaya. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2010 Bab VII Pasal 53 Ayat 4 menyebutkan bahwa pelestarian Cagar Budaya sebelum dilakukan kegiatan yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan keasliannya haruslah didukung oleh kegiatan pendokumentasian. Pendokumentasian terhadap Cagar Budaya memindahkan realitas yang ada di lapangan berupa benda, struktur, bangunan, situs, dan kawasan ke dalam bentuk verbal, peta, foto, gambar, audio, dan film. Dengan pendokumentasian yang baik maka data cagar budaya dapat selalu dilestarikan dan dimanfaatkan, meskipun benda fisiknya hilang dan musnah. Untuk itulah kegiatan dokumentasi menjadi salah satu kegiatan yang penting dalam pelestarian cagar budaya (Sutopo, 2013).

Panggung Krapyak merupakan bangunan peninggalan Kerajaan Mataram Yogyakarta yang dibangun masa pemerintahan Sri Sultan Hamengku Buwono I sekitar tahun 1760. Bangunan ini merupakan salah satu fasilitas bagi raja dan keluarganya apabila berkunjung ke tempat berburu binatang. Permasalahan pemeliharaan bangunan Cagar Budaya merupakan salah satu kendala yang sedang dihadapi oleh pihak pengelola pelestarian cagar budaya DIY. Pentingnya pendokumentasian dalam bentuk model tiga dimensi disebabkan masalah acuan bentuk mengembalikan wujud asli dari pada konstruksi bangunan yang sudah tua bila terjadi kerusakan atau runtuh akibat gempa bumi maupun perilaku manusia.

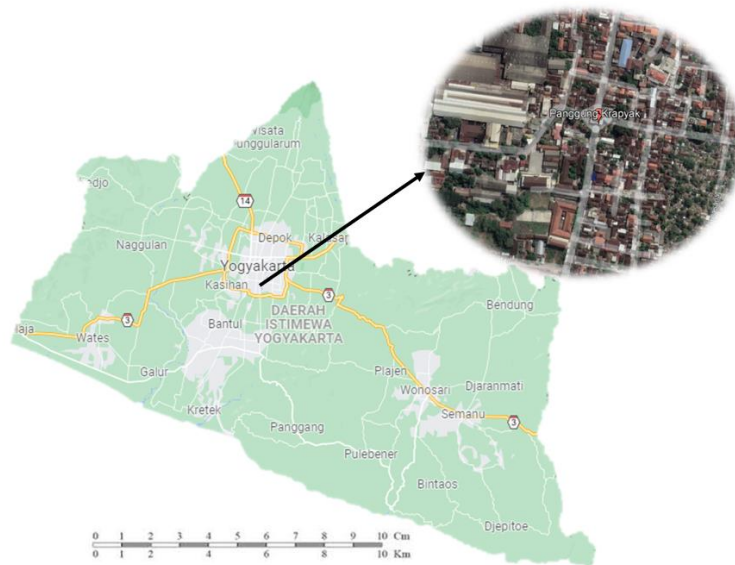
Berdasarkan uraian mengenai permasalahan bangunan cagar budaya dan salah satu metode pendokumentasian menggunakan teknik CRP, dalam pelaksanaan penelitian ini akan dilakukan pembuatan bentuk model 3D bangunan Panggung Krapyak. Penelitian ini mencoba menerapkan teknik CRP menggunakan kamera non-metrik dengan metode konvergen. Pemanfaatan aplikasi teknik CRP dalam akuisisi data lapangan merupakan cara yang tepat dalam hal mendapatkan informasi posisi dan bentuk konstruksi bangunan dengan cepat, efektif serta efisien dari segi waktu dan biaya. Hasil model tiga dimensi ini untuk pendokumentasian bangunan yang menjadi acuan kegiatan pemeliharaan dan alternatif penyimpanan serta penyajian data.

METODE

Alat dan Metode

Lokasi pengambilan data lapangan bangunan cagar budaya ini secara administratif terletak di Desa Panggunharjo, Sewon, Kab. Bantul, D.I.Yogyakarta. Lokasi pendekatan Panggung Krapyak pada letak koordinat geografis dari *Google Earth* yaitu, 7° 49' 39,5" Lintang Selatan dan 110° 21' 38,1" Bujur Timur (Gambar 1).





Gambar 1. Lokasi penelitian

Data primer dalam penelitian ini adalah :

- Data foto hasil pemotretan menggunakan kamera DSLR dalam format *.JPG dan foto kalibrasi sebanyak 4 kali.
- Data Ground Control Point (GCP) menggunakan total station dalam sistem koordinat lokal dari poligon tertutup.

Data sekunder dalam penelitian ini adalah :

- Data Independent Check Point (ICP) sebagai data pengecekan kontrol kualitas dari objek yang diperoleh berdasarkan pengukuran koordinat menggunakan total station.

Data pembanding dalam penelitian ini adalah :

- Data ukuran dimensi bangunan menggunakan pita ukur / meteran dan total station terhadap jarak dan tinggi bangunan sebenarnya di lapangan.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1 dan 2 berikut :

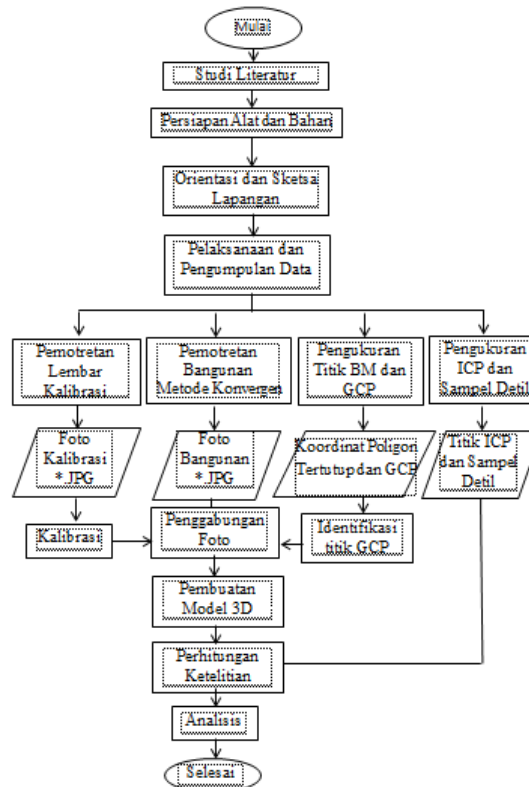
Tabel 1. Peralatan Survei

No	Nama Alat	Fungsi Alat
1	Kamera Fujifilm X-T20 XF 10-24 mm F4 Fujinon	Sebagai alat untuk pemotretan obyek bangunan dan dokumentasi lapangan
2	Total Station Topcon GT255N	Sebagai alat pengukuran koordinat
3	Pita ukur/meteran	Sebagai alat bantu dan pengecekan hasil ukur di lapangan
4	Compass dan GPS Handheld Garmin	Sebagai alat ukur azimuth dan koordinat pendekatan
5	Alat tulis dan alat bantu pengukuran	Sebagai alat tulis pengukuran, sketsa pengukuran dan pemasangan titik pengukuran

Tabel 2. Peralatan pengolahan data

No	Nama Alat	Fungsi Alat
1	Laptop	Sebagai hardware pengolahan data
2	Software Agisoft Lens	Software untuk kalibrasi kamera
3	Software Agisoft Photoscan Professional 1.4.5	Software untuk visualisasi dan pembentukan model 3D data foto kamera
4	Software Microsoft Office 2010	Pembuatan laporan dan pengolahan data Total Station

Adapun tahapan penelitian yang di ikuti digambarkan sebagaimana pada gambar 2:

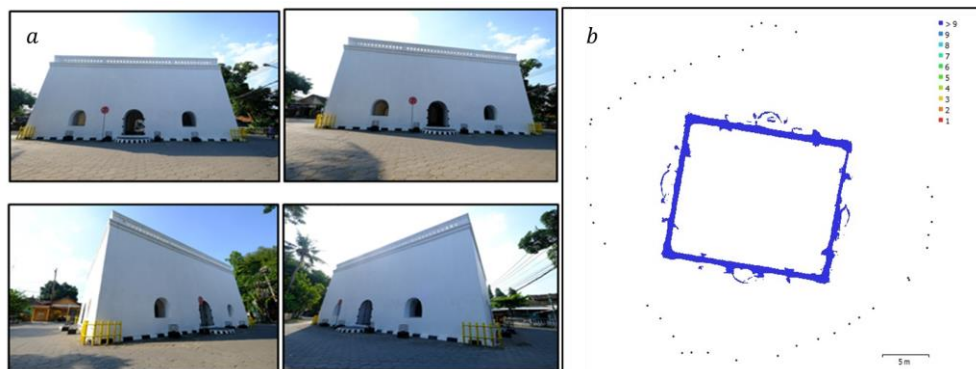


Gambar 2. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Foto konvergen

Foto diambil dengan menggunakan kamera non-metrik tipe *Mirrorless* Fujifilm X-T20 Fujinon XF 10-24mm F4 yang dilakukan dengan menggunakan metode konvergen. Foto yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 41 foto secara *terrestrial* (gambar 4.a).



Gambar 4. Hasil Foto Bangunan Panggung Krapyak

Pada gambar 4(b) merupakan persebaran lokasi kamera dan pertampalannya yang melingkupi bangunan Panggung Krapyak. Kamera membentuk sebuah lingkaran mengelilingi obyek dengan radius $\pm 12,4$ m, pertampalan foto terhadap obyek yang terbentuk diatas 90% yang ditunjukkan dengan >9 sehingga objek dapat direkonstruksi modelnya dengan baik, namun jarak antar stasiun kamera tidak sama karena pengambilan foto dilakukan secara manual.

Pengukuran bench mark (BM)

Hasil pengukuran koordinat titik BM terdapat tiga titik yang digunakan sebagai titik ikat untuk mendapatkan koordinat *Ground Control Point* (GCP) dari pengukuran lapangan menggunakan *Total Station*. Titik koordinat BM1 diketahui dengan menggunakan *GPS Handheld*, kemudian titik koordinat BM2, BM3, dan BM1 dengan menggunakan *Total Station* dengan perhitungan menggunakan metode loop (Alfredsson dkk., 2014) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Koordinat Titik BM

No. Titik	Koordinat Hasil Pengamatan		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
BM1	429530,228	9134694,246	99,365
BM2	429497,056	9134685,019	99,317
BM3	429505,818	9134723,396	99,412
BM1	429530,231	9134694,244	99,369

Tabel 4. Hasil Koordinat Definitif Titik BM

No. Titik	Koordinat Definitif		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
BM1	429530,228	9134694,246	99,365
BM2	429497,055	9134685,020	99,316
BM3	429505,816	9134723,397	99,409
BM1	429530,228	9134694,246	99,365

Berdasarkan hasil pada Tabel 4. dapat diketahui nilai kesalahan untuk nilai absis adalah sebesar -0,003 m, kesalahan ordinat adalah sebesar 0,002 m, kesalahan ketinggian adalah sebesar -0,004 m dan ketelitian jarak 1/31013,349 m.

Pengukuran ground control point (GCP)

Hasil pengukuran koordinat titik GCP berjumlah delapan buah, terdapat empat titik diketahui koordinat dengan menggunakan *Total Station* dan empat titik dengan pendekatan pada aplikasi *Agisoft PhotoScan Professional*, digunakan sebagai koordinat acuan geometri dimensi model 3D pada bangunan Panggung Krpyak dapat dilihat pada Tabel 5. dan Tabel 7.

Tabel 5. Hasil Pengukuran Koordinat Titik GCP

No. Titik	Koordinat Hasil Pengamatan		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
GCP1	429516,874	9134709,625	99,359
GCP2	429514,241	9134694,775	99,356
GCP3	429496,485	9134697,643	99,357
GCP4	429499,109	9134712,441	99,359

Dalam pembuatan model 3D, juga mengacu pada ketelitian/toleransi RMSE yang diperbolehkan, agar dimensi geometri model yang dihasilkan benar-benar terkontrol dan akurat. Tabel 6 adalah hasil analisa RMSE titik GCP.

Tabel 6. Hasil Residu Koordinat Titik GCP

No. Titik	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	Error (m)	Error (pix)
GCP1	-0,003978	-0,002441	-0,006951	0,008372	0,033
GCP2	-0,006706	-0,006093	0,006945	0,011416	0,013
GCP3	0,016721	-0,006801	-0,006973	0,019351	0,048
GCP4	-0,006040	0,015329	0,006974	0,017891	0,039
Total	0,009707	0,009004	0,006961	0,014958	0,036

Dari perhitungan nilai kesalahan titik GCP pada aplikasi *Agisoft PhotoScan Professional* diatas, diperoleh nilai kesalahan rata-rata RMSE titik GCP dilapangan sebesar 0,014958 m, dan

kesalahan pada foto sebesar 0,036 piksel. Hasil perhitungan koreksi koordinat titik GCP dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Koreksi Koordinat Titik GCP

No. Titik	Koordinat Hasil Pengolahan		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
GCP1	429516,870	9134709,623	99,352
GCP2	429514,234	9134694,769	99,363
GCP3	429496,502	9134697,636	99,350
GCP4	429499,103	9134712,456	99,366
GCP5	429516,626	9134709,059	107,105
GCP6	429513,876	9134695,104	106,759
GCP7	429496,825	9134697,794	106,636
GCP8	429499,297	9134711,982	106,883

Hasil Pengukuran *Independent Check Point* (ICP)

Hasil Pengukuran *Independent Check Point* (ICP) digunakan untuk kontrol kualitas dari objek bangunan model 3D. Hasil ICP dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengukuran Koordinat Titik ICP

No. Titik	Koordinat Total Station			Koordinat Hasil Model 3D		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
ICP1	429512,121	9134710,074	100,358	429512,108	9134710,033	100,346
ICP2	429514,878	9134698,940	100,496	429514,852	9134698,930	100,481
ICP3	429501,331	9134696,991	100,287	429501,307	9134696,960	100,280

Pada Tabel 9. didapat hasil dalam pengecekan uji kualitas kontrol pada model 3D, diperoleh nilai RMSE total sebesar 0,039 m

Tabel 9. Hasil Ketelitian Koordinat Model 3D

No. Titik	Selisih Absis (m)	Selisih Ordinat (m)	Selisih Tinggi (m)
ICP1	0,013	0,041	0,012
ICP2	0,026	0,010	0,015
ICP3	0,024	0,031	0,007
Jumlah	0,063	0,082	0,034
RMSE	0,0219	0,0302	0,0118
RMSE _{xyz}	0,039137		

Kalibrasi

Pengolahan kalibrasi menggunakan jenis lembar kalibrasi *chessboard* yang difoto menggunakan satu orientasi kedudukan *landscape* pada aplikasi *Agisoft Lens* menghasilkan 4 foto untuk kalibrasi. Parameter kalibrasi berupa tipe lensa frame, fit f, fit cx;cy, fit skew, fit k1;k2;k3, fit p1;p2, fit k4 dengan teknik otomatis tanpa *editing*. *Focal length* kamera sebesar 10 mm dan *pixel size* 0,0039 x 0,0039 mm pada saat proses pemotretan dengan panjang dan lebar sensor 6000 x 4000 pix menghasilkan parameter kalibrasi pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Kalibrasi Kamera

Parameter	Value (mm)	Std Error (mm)
Focal length (x)	2579,570	43,2734
Focal length (y)	2580,310	43,4435
Principal point (x)	3002,320	1,96877
Principal point (y)	1986,460	2,51247
Skew	-3,31907	0,127598
Radial K1	0,0026	1,82E-03
Radial K2	-0,0227	6,47E-03

Radial K3	0,0222	8,84E-03
Radial K4	-0,0068	1,65E-05
Tangential P1	-0,00016	4,43E-05
Tangential P2	0,00067	7,65E-05

Pemodelan 3D bangunan panggung krapyak

Pembuatan model tiga 3D bangunan menggunakan aplikasi *Agisoft PhotoScan Professional* dengan data 3.395.055 *dense point clouds*. Berikut ini adalah hasil dari pembuatan model 3D bangunan Panggung Krapyak.



Gambar 5. Hasil Model 3D Bangunan Panggung Krapyak

Pembuatan model 3D menggunakan menu *build mesh* dengan pengaturan *face count medium* menghasilkan 224.868 *faces*. Semakin tinggi pengaturan *face count* maka akan semakin lama proses, hasil dari proses *build mesh* akan semakin bagus. Jumlah stasiun kamera sebanyak 41 stasiun sama dengan jumlah foto sebanyak 41 foto, sehingga 41 foto lapangan digunakan sepenuhnya dalam pembuatan model 3D pada cakupan area 52 m². *Tie points* yang terbentuk sebanyak 21.914 dari hasil 52.674 jumlah proyeksi foto yang digunakan dengan *reprojection error* 2,14 pix. *Ground resolution* 3,7 mm/pix sehingga 1 pix memiliki nilai sebenarnya 3,7 mm di lapangan. Hasil pemodelan 3D pada gambar 5. Selanjutnya dibandingkan dengan penampakan bangunan dengan kondisi yang sebenarnya. Berikut adalah hasil perbandingan model 3D pada *Agisoft PhotoScan Professional* dengan kondisi bangunan sebenarnya pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Perbandingan Model 3D dengan Kondisi Bangunan Sebenarnya

Pada hasil perbandingan diatas dapat dilihat bahwa terdapat bangunan yang bentuk geometrinya kurang sempurna dengan kondisi yang sebenarnya. Ini dikarenakan proses pada pengambilan data foto tidak menggunakan drone sehingga penampakan bagian atas setiap detail objek kurang baik, perlu dilakukan proses pembuatan model 3D dengan menggabungkan foto udara. Dengan adanya penggabungan foto secara aerial dengan terrestrial maka hasil akan lebih baik. Pada proses

pembuatan model 3D menggunakan *Agisoft PhotoScan Professional* diperoleh hasil yang kurang maksimal, karena pengolahan model 3D tidak menggunakan proses kualitas tinggi, perlu hardware dengan spesifikasi tinggi dalam proses pembuatan model 3D, sehingga dapat membentuk tekstur yang lebih detail.

Analisa perbandingan dimensi

Analisa dimensi dilakukan untuk mengetahui seberapa akurat ketelitian hasil pemodelan 3D dengan teknik *Close Range Photogrammetry* menggunakan aplikasi *Agisoft PhotoScan Professional* terhadap hasil ukuran sebenarnya di lapangan. Analisa dilakukan dengan mengambil beberapa sampel dimensi bangunan dari model 3D meliputi jarak panjang dan lebar, serta tinggi bangunan hasil dapat dilihat pada Tabel 12. dan Tabel 13.

Tabel 12. Hasil perbandingan jarak

Nomor Ukuran	Kode Titik	Model 3D Panggung Krapyak		Selisih (meter)
		Hasil Pengukuran		
		Jarak di lapangan	Jarak di software	
1	1	17,850	17,800	0,050
2	2	15,150	15,100	0,050
3	3	1,400	1,380	0,020
4	4	1,700	1,710	0,010
5	5	1,400	1,410	0,010
6	8	0,500	0,521	0,021
Jumlah				0,161
Rata-rata Selisih				0,0268
RMSE				0,03173

Tabel 13. Hasil perbandingan tinggi

Nomor Ukuran	Kode Titik	Model 3D Panggung Krapyak		Selisih (meter)
		Hasil Pengukuran		
		Tinggi di lapangan	Tinggi di software	
1	6	0,950	0,924	0,026
2	7	2,290	2,250	0,040
3	9	7,510	7,550	0,040
4	10	7,750	7,780	0,030
Jumlah				0,136
Rata-rata Selisih				0,0340
RMSE				0,03455

Pada Tabel 12. merupakan hasil perbandingan jarak dengan melakukan perbandingan antara panjang jarak menggunakan meteran dan panjang jarak dari hasil model 3D menggunakan 6 sampel titik, kode titik sesuai pada dokumentasi terlampir. Rata-rata selisih perbandingan jarak sebesar 2,68 cm dengan RMSE sebesar 3,17 cm. Pada Tabel 13. merupakan hasil perbandingan tinggi dengan melakukan perbandingan antara tinggi menggunakan *Total Station* dan panjang tinggi dari hasil model 3D menggunakan 4 sampel titik, kode titik sesuai pada dokumentasi terlampir. Rata-rata selisih perbandingan tinggi sebesar 3,40 cm dengan RMSE sebesar 3,45 cm.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan dapat menerapkan teknik *Close Range Photogrammetry* untuk pemodelan 3D bangunan Cultural Heritage sehingga metode ini dapat digunakan dalam upaya pendokumentasian bentuk tiga dimensi bangunan dengan menghasilkan detail yang baik dan lebih efisien dalam pelaksanaan. Hasil pemodelan 3D bangunan Cultural Heritage dengan teknik *Close Range Photogrammetry* dari data 41 foto yang digunakan untuk



bangunan berukuran 17,8 x 15,1 m dapat menghasilkan jumlah points density 0,457 points/cm², 21.914 tie points, 3.395.055 dense point clouds, dan 224.868 faces, dengan ketelitian ground resolution sebesar 0,37 cm/pix sehingga 1 pix memiliki nilai sebenarnya 0,37 cm di lapangan. Hasil perhitungan perbandingan ukuran dimensi model 3D terhadap ukuran sebenarnya di lapangan menghasilkan rata-rata selisih jarak sebesar 0,0268 m dan rata-rata selisih tinggi sebesar 0,0340 m.

REFERENSI

- Alby, E., dkk. (2009). *Low Cost Solution For Dense Point Clouds Of Small Objects: Photomodeler Scanner Vs. Davis Laser Scanner*. Graduate School of Science and Technology, Strasbourg.
- AL-Baghdadi, J. A. A., Alizze, H. A., & AL-Hussein, K. A. (2018). Accuracy Assessment of Various Resolutions Digital Cameras For Close Range Photogrammetry Applications. *Journal of Engineering*, 24(9), 78-95.
- Alfredsson, A., Sunna, J., Persson, C. G., & Jämtnäs, L. (2014). HMK–Swedish handbook in surveying and mapping. *FIG*, 22, 16-21.
- Elhalawani, M. A., Zeidan, Z. M., & Beshr, A. A. (2021). Implementation of close range photogrammetry using modern non-metric digital cameras for architectural documentation. *Geodesy and Cartography*, 47(1), 45-53.
- Mokroš, M., Liang, X., Surový, P., Valent, P., Čerňava, J., Chudý, F., ... & Merganič, J. (2018). Evaluation of close-range photogrammetry image collection methods for estimating tree diameters. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(3), 93.
- Raghavendra, S., & Kushwaha, S. K. P. (2020). Role of Ground Control Points (GCPs) in Integration of Terrestrial Laser Scanner (TLS) and Close-range Photogrammetry (CRP). In *Applications of Geomatics in Civil Engineering* (pp. 531-537). Springer, Singapore.
- Reinoso, J. F., Moncayo, M., & Barrera, D. (2014). Close-range photogrammetry applied to the documentation of cultural heritage using telescopic and wide-angle lenses. *The Imaging Science Journal*, 62(7), 387-394.
- Stöcker, C., Eltner, A., & Karrasch, P. (2015). Measuring gullies by synergetic application of UAV and close range photogrammetry—A case study from Andalusia, Spain. *Catena*, 132, 1-11.
- Sutopo, Marsis. (2013). Modul Pelatihan Tenaga Teknis Konservasi Tingkat Dasar. Balai Konservasi Borobudur, Magelang.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomer 11 Tahun 2010 Tentang Cagar Budaya. KEMDIKBUB, Jakarta.