

PEMODELAN 3D PADA OBJEK KERAPATAN TINGGI MENGGUNAKAN METODE FOTOGRAMETRI JARAK DEKAT

Studi Kasus : Objek Patung Pandawa, Kota Malang

M. Edwin Tjahjadi¹, Fransisca Dwi A², Ratri Andinisari³

Program Studi Teknik Geodesi Institut Teknologi Nasional Malang¹

Program Studi Teknik Geodesi Institut Teknologi Nasional Malang²

Program Studi Teknik Geodesi Institut Teknologi Nasional Malang³

E-mail: edwin@lecturer.itn.ac.id

ABSTRAK

Pemodelan 3D pada objek kerapatan tinggi merupakan suatu pendekatan yang mendasar pada bidang pengukuran dan pemetaan. Salah satu metode yang berkembang untuk melakukan pemodelan 3D yaitu dengan menggunakan fotogrametri jarak dekat. Fotogrametri jarak dekat memanfaatkan sekumpulan foto dari berbagai sudut untuk dapat merekonstruksi model 3D secara detail. Model tiga dimensi yang dihasilkan dipengaruhi oleh banyaknya area tumpang tindih antar foto. Penelitian ini berfokus pada penerapan metode fotogrametri jarak dekat dalam pemodelan 3D pada objek kerapatan tinggi. Metode yang dilakukan yaitu dengan melakukan pengambilan data, pre-processing data, dan merekonstruksi 3D pada objek. Penggunaan teknologi ini memiliki keunggulan dalam mendokumentasikan objek-objek yang sulit untuk dijangkau atau memiliki kerapatan tinggi, seperti bangunan bersejarah, patung, ataupun struktur kompleks lainnya. Selain itu, penelitian ini juga membahas terkait dengan keakuratan dan hasil visualisasi pemodelan 3D yang dapat memberikan wawasan pada potensi dan batasan teknik dalam bidang pemodelan objek kerapatan tinggi. Maka dengan terus berkembangnya teknologi fotogrametri jarak dekat, penelitian ini dapat berkontribusi pada pemahaman lebih lanjut terkait aplikasi praktis dan peningkatan kualitas hasil dari pemodelan 3D pada objek kerapatan tinggi. Implementasi pada penelitian ini nantinya dapat merambah ke berbagai bidang yakni arkeologi, dokumentasi bangunan bersejarah, dan pengembangan model 3D untuk keperluan studi dan visualisasi.

Kata kunci: Fotogrametri Jarak Dekat, Kalibrasi kamera, Pemodelan 3D

ABSTRACT

3D modeling of high-density objects is a fundamental approach in the field of measurement and mapping. One method that is developed to carry out 3D modeling is using close-range photogrammetry. Near-field photogrammetry utilizes a series of photos from various angles to reconstruct a detailed 3D model. The resulting three-dimensional model is influenced by the number of overlapping areas between photos. This research focuses on the application of short-range photogrammetry methods in 3D modeling of high-density objects. The method used is by retrieving data, pre-processing data, and reconstructing 3D objects. The use of this technology has the advantage of documenting objects that are difficult to reach or have a high density, such as historical buildings, statues, or other complex structures. Apart from that, this research also discusses the accuracy and visualization results of 3D modeling which can provide insight into the potential and limitations of techniques in the field of modeling high-density objects. So with the continued development of short-range photogrammetry technology, this research can contribute to further understanding regarding practical applications and improve the quality of results from 3D modeling of high-density objects. The implementation of this research can later spread to various fields, namely archaeology, documentation of historical buildings, and development of 3D models for study and visualization purposes.

Keywords: 3D Modeling, Camera Calibration, Close Range Photogrammetry

PENDAHULUAN

Pada umumnya pemodelan 3D pada objek kerapatan tinggi menggunakan fotogrametri jarak dekat menjadi fokus penelitian dalam bidang pemetaan ataupun dokumentasi objek bersejarah. Perkembangan teknologi di bidang fotogrametri telah mengalami kemajuan yang dapat

memungkinkan pengembangan metode yang lebih efektif untuk merekonstruksi objek dengan kerapatan tinggi. Objek-objek tersebut meliputi bangunan bersejarah, artefak seni/ patung, dan struktur kompleks lainnya yang memerlukan pemodelan 3D dengan tingkat detail yang tinggi.

Metode fotogrametri jarak dekat menggunakan serangkaian foto yang diambil dari berbagai sudut

atau orientasi untuk merekonstruksi objek secara tiga dimensi. Keunggulan utama dari metode tersebut yaitu kemampuannya dalam menghasilkan model 3D yang detail tanpa memerlukan kontak fisik dengan objek, yang seringkali sulit dilakukan pada objek kerapatan tinggi. Menurut (Wahyuananto, Prasetyo, Sasmito, 2015), langkah dalam merekonstruksi dan mengkonservasi merupakan langkah penting yang dapat dilakukan untuk upaya pelestarian bangunan bersejarah di kota Malang. Oleh karena itu, pemodelan menggunakan fotogrametri jarak dekat memiliki potensi untuk digunakan dalam pemetaan dan pengukuran dalam mendokumentasikan objek-objek bersejarah atau seni yang kompleks.

Pentingnya pemodelan 3D pada objek kerapatan tinggi dengan mengimplikasikan berbagai aspek, termasuk konservasi benda-benda bersejarah, studi arkeologi, dan pengembangan dalam bidang visual 3D. Selain itu, pemodelan 3D dapat digunakan pada bidang industri konstruksi untuk dokumentasi bangunan dan struktur kerapatan tinggi yang memiliki nilai arsitektur ataupun sejarah.

Beberapa penelitian sebelumnya juga telah meneliti aplikasi fotogrametri jarak dekat dalam pemodelan 3D, namun pada penelitian ini berfokus pada segi objek kerapatan tinggi. Oleh karena itu, penelitian ini nantinya bertujuan untuk dapat mengoptimalkan metode fotogrametri jarak dekat dalam pemodelan 3D pada objek-objek dengan kerapatan tinggi, dengan harapan dapat memberikan kontribusi positif dalam pengembangan teknologi pemodelan 3D yang lebih canggih dan akurat.

METODE

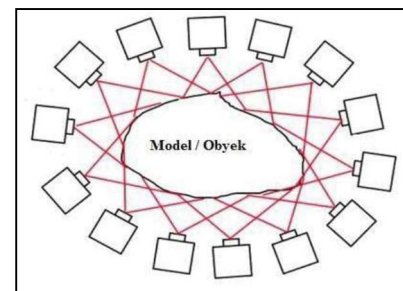
1. Pengumpulan Data Fotogrametri

Data yang diperlukan untuk pemodelan 3D yaitu data foto patung Pandawa dan data titik target pada objek patung. Titik target dipasang disetiap sisi patung dapat dilihat pada ilustrasi gambar 1. Titik target tersebut digunakan sebagai ukuran atau tanda dari model 3D virtual sesuai ukurannya dengan objek sesungguhnya. Pengukuran jarak antara titik target dilakukan menggunakan pita ukur yang nantinya digunakan sebagai acuan validasi objek.



Gambar 1. Titik Target pada objek

Metode selanjutnya yaitu pemotretan menggunakan kamera non metrik dengan jarak pemotretan dari objek sekitar ± 2 meter dan dengan tinggi bervariasi 1-3 meter. Pengambilan foto 360° mengelilingi objek dengan pertampalan sekitar 40-70% dari berbagai sisi foto, ilustrasi pemotretan objek dapat dilihat pada gambar 2 dan hasil pemotretan objek dari sebagian sisi dapat dilihat pada gambar 3.



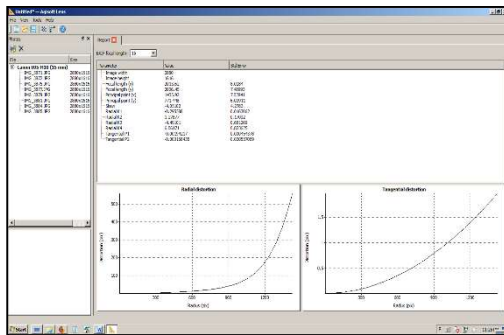
Gambar 2. Ilustrasi Pemotretan Objek



Gambar 3. Foto objek dari sebagian sisi

2. Processing Foto Rekonstruksi 3D

Pada proses ini hasil pemotretan foto udara dilakukan proses kalibrasi kamera untuk koreksi parameter orientasi dalam meliputi panjang fokus (c), *principal point* (X_p , Y_p), *format width* (F_w), *format height* (F_h), *distorsi tangensial* (P_1 , P_2), *distorsi radial* (K_1 , K_2 , K_3). Tahapan selanjutnya yaitu ekstraksi fitur-fitur pada setiap foto dan melakukan pemetaan titik kontrol/target untuk menentukan posisi relatif antar foto.

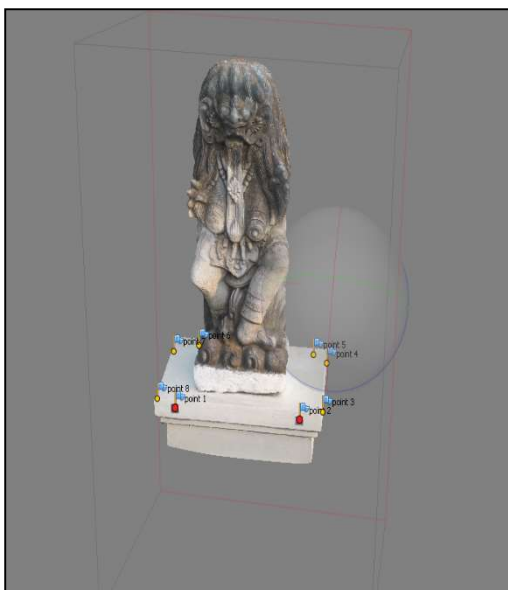


Gambar 4. Hasil Kalibrasi Kamera

Tabel 2. Parameter Kalibrasi Kamera

No	Parameter	Nilai
1	Focal length (c) (mm)	15.1268000
2	Principal point x (xp) (mm)	10.6380000
3	Principal point y (yp) (mm)	5.7192000
4	Format width (fw) (mm)	21.3956000
5	Format height (fh) (mm)	12.0465000
6	Radial distortion 1 (K1)	0.0016117
7	Radial distortion 2 (K2)	-0.0000114
8	Radial distortion 3 (K3)	0.0000000
9	Decentering distortion 1 (P1)	-0.0000111
10	Decentering distortion 2 (P2)	0.0001056

Metode yang digunakan yaitu dengan menerapkan algoritma fotogrametri jarak dekat dalam merancang model 3D dari titik-titik target dan fitur-fitur yang diekstraksi dan memperhitungkan tekstur dan detail objek untuk mencapai hasil yang akurat.



Gambar 5. Hasil Ekstraksi fitur dan titik target

3. Uji Validasi Objek 3D

Pada proses uji validasi dilakukan untuk dapat mengetahui perbedaan selisih ukuran objek patung Pandawa dengan ukuran sebenarnya dilapangan. Nilai ukuran pada objek 3D dihasilkan dari proses *scale object* agar ukuran objek sesuai dengan kondisi di lapangan.



Gambar 6. Uji validasi objek 3D

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Visualisasi Pemodelan 3D Objek Kerapatan Tinggi

Hasil yang diperoleh dari serangkaian foto yang diambil dengan metode fotogrametri jarak dekat yaitu mampu merekonstruksi dan merancang model 3D secara detail dari objek yang memiliki kerapatan tinggi. Hasil rekonstruksi 3D dapat dilihat pada gambar 7-10.

Secara visual hasil rekonstruksi model 3D mendekati sama dengan objek yang sebenarnya atau dalam artian tidak terlihat perbedaan signifikan pada perubahan bentuk geometrik model 3D.



Gambar 7. Rekonstruksi 3D Tampak Depan



Gambar 8. Rekonstruksi 3D Tampak Belakang



Gambar 9. Rekonstruksi 3D Samping Kiri



Gambar 10. Rekonstruksi 3D Samping Kanan

2. Uji Validasi Objek 3D

Hasil uji validasi diperoleh dari hasil perataan berkas dengan kontrol skala. Nilai ukuran pada objek 3D diperoleh dari proses

scale object agar ukuran objek sesuai dengan keadaan lapangan. Hasil Perataan

Jarak dapat dilihat pada tabel 2, menunjukkan nilai RMSE total yang diperoleh yaitu 0,005 m setara hingga fraksi 5 mm.

Hal tersebut menunjukkan bahwa metode fotogrametri jarak dekat mampu menghasilkan pemodelan 3D dengan tingkat akurasi yang signifikan pada objek kerapatan tinggi.

Tabel 2. Hasil Uji Validasi

No	Label	Distance (m)		Error (m)
		Lapangan	FJD	
1	Titik 1 - Titik 2	0,35	0,346348	-0,003652
2	Titik 3 - Titik 4	0,505	0,496789	-0,008211
3	Titik 5 - 6	0,357	0,352665	-0,004335
RMSE Total				0,005761

KESIMPULAN

1. Metode fotogrametri jarak dekat mampu menghasilkan model 3D dengan tingkat akurasi yang signifikan dengan nilai RMSE 0,005 m atau hingga mencapai fraksi milimeter pada objek kerapatan tinggi.
2. Titik kontrol/ target dan fitur-fitur yang diekstraksi mampu memberikan dasar yang solid untuk merekonstruksi.
3. Pentingnya pengoptimalan faktor seperti jumlah foto, sudut pengambilan, dan resolusi kamera guna meningkatkan kinerja metode fotogrametri jarak dekat dalam pemodelan 3D pada objek kerapatan tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Fraser, C. S. (2013). Digital camera self-calibration for close-range photogrammetry. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 79, 47-60.
- Grussenmeyer, P., & Alby, E. (2001). 3D reconstruction of complex buildings and heritage objects by photogrammetric method. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 34(5), 121-128.
- Remondino, F., & El-Hakim, S. (2006). Image-based 3D modeling: a review. *The Photogrammetric Record*, 21(115), 269-291.
- Snavely, N., Seitz, S. M., & Szeliski, R. (2008). Modeling the world from Internet photo collections. *International Journal of Computer Vision*, 80(2), 189-210.
- Wahyuananto, dkk. 2015. Aplikasi Fotogrametri Jarak Dekat Untuk Pemodelan 3D Tugu Muda Semarang. *Jurnal Geodesi Undip*, Volume 4, Nomor 3, Tahun 2015, (ISSN :2337-845X)

- Westoby, M. J., Brasington, J., Glasser, N. F., Hambrey, M. J., & Reynolds, J. M. (2012). 'Structure-from-Motion' photogrammetry: a low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*, 179, 300-314.
- Wigrata, H.. 1986. Kalibrasi Besaran-besaran Panjang Fokus dan Distorsi Lensa pada Kamera Non-Metrik. Skripsi Sarjana Departemen Teknik Geodesi ITB. Bandung.
- Wolf. P.R. 1993. Element of Photogrammetry, Dengan Interpretasi Foto Udara dan Penginderaan Jauh. Gadjah Mada University Press