

Penerapan Metode Fotogrametri Jarak Dekat Kombinasi Data *Unmanned Aerial Vehicle* Untuk Pembuatan Model 3D

Mahatma Fadjrie, Soni Darmawan dan Monica Maharani
Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Nasional
Jl. PKH. Mustapha No. 23, Bandung 40124
fadjrie35@gmail.com

Abstrak

Pelaksanaan akuisisi data spasial untuk pembuatan model 3D (tiga dimensi) saat ini sudah berkembang. Salah satu metode akuisisi data untuk pembuatan model 3D adalah dengan fotogrametri jarak dekat. Penelitian ini bertujuan untuk membuat model 3D Gedung Teknik Geodesi Itenas, Bandung dengan penerapan metode fotogrametri jarak dekat yang mengkombinasikan data hasil DSLR (Digital Single Lens Reflex) dan UAV (Unmanned Aerial Vehicle). Serta mengetahui seberapa besar nilai ketelitian model 3D yang dihasilkan. Penelitian ini dilakukan dengan dua macam kamera, yaitu kamera DSLR dan kamera pada UAV. Pemotretan dengan kamera DSLR dilakukan pada bagian bawah gedung. UAV digunakan sebagai wahana bantu untuk pemotretan pada bagian atas gedung. Selanjutnya untuk menghasilkan model 3D dilakukan rekonstruksi berdasarkan Structure from Motion. Agar model 3D yang dihasilkan memiliki ukuran, posisi dan orientasi yang benar, maka dilakukan proses georeferensi dengan bantuan koordinat GCP (Ground Control Point) yang merupakan hasil pengukuran lapangan menggunakan Electronic Total Station. Untuk mengetahui ketelitian geometrik model 3D, dilakukan pengukuran dimensi objek dengan menggunakan ICP (Independence Check Point) dan pengukuran langsung. Pada penelitian ini Model 3D yang dihasilkan adalah fasad bagian utara dan timur gedung. RMSE yang dihasilkan pada model 3D adalah sebesar 8,6 mm dari 11 GCP yang tersebar di bagian utara dan timur gedung. Sedangkan RMSE dari perbandingan ukuran dimensi yang dihasilkan sebesar 3,8 mm.

Kata kunci: Model 3D, Fotogrametri Jarak Dekat, Structure from Motion, Data DSLR dan Data UAV.

1. Pendahuluan

Tersedianya data spasial tidak akan lepas dari peran ilmu Geodesi. Bidang ilmu Geodesi tentunya memiliki kemampuan untuk penyediaan data spasial baik 2D (dua dimensi) maupun 3D (tiga dimensi). Model 3D saat ini dirasa penting untuk penerapan konsep *BIM* (*Building Information Modeling*). Menurut Direktur Utama PTPP Tumiyana yang dilansir oleh [1], bahwa perseroan menilai perlu hadir suatu transformasi menuju era konstruksi digital sebagaimana yang telah diterapkan Negara-negara maju, salah satunya adalah dengan menerapkan konsep *Building Information Modeling*. *BIM* merupakan suatu proses yang dimulai dengan menciptakan model 3D digital dan didalamnya berisi semua informasi bangunan tersebut. *BIM* berfungsi sebagai sarana untuk membuat perencanaan, perancangan, pelaksanaan pembangunan, serta pemeliharaan bangunan tersebut beserta infrastrukturnya.

Terdapat banyak metode untuk melakukan pembuatan model 3D. Salah satu metode alternatif untuk pembuatan model 3D adalah dengan menerapkan metode fotogrametri jarak dekat. Metode fotogrametri jarak dekat biasa digunakan untuk akuisisi data foto dengan jarak objek ke kamera kurang dari 300 meter [2]. Fotogrametri jarak dekat merupakan metode fotogrametri non pemetaan [3]. Metode ini dapat dilakukan dengan alokasi dana yang terjangkau. Namun, kekurangannya adalah setiap objek yang menghalangi fasad gedung akan ikut terbentuk pada hasil model 3D.

Biasanya akuisisi data metode fotogrametri jarak dekat hanya menggunakan kamera terestris saja. Namun, pada penelitian ini digunakan *UAV* (*Unmanned Aerial Vehicle*) sebagai wahana bantu untuk akuisisi data. *UAV* merupakan sebuah wahana udara tanpa awak yang dikendalikan menggunakan

remote control atau tanpa seorang pilot (autopilot) [4]. Auto pilot merupakan suatu sistem yang dapat memandu gerak terbang pesawat tanpa adanya campur tangan dari manusia [5]. Dalam pelaksanaan fotogrametri jarak dekat untuk pembuatan model 3D, kelebihan akuisisi data dengan teknologi UAV adalah efisiensi biaya, karena biaya yang dikeluarkan lebih kecil dibandingkan dengan pemetaan terestris [5].

Dalam pengolahannya, penelitian ini menggunakan metode *Structure from Motion*. *Structure from Motion* merupakan suatu konsep pembentukan model 3D yang ditentukan oleh persamaan fitur dari beberapa gambar hasil foto, yang diambil dari setiap sudut yang berbeda [6]. *Software* yang menerapkan metode ini salah satunya adalah *Agisoft Photoscan*. Menurut [7] *Agisoft PhotoScan* adalah suatu perangkat lunak yang menggunakan metode pemrosesan fotogrametri secara otomatis. Dalam *Agisoft Photoscan*, proses orientasi dalam diistilahkan dengan *optimize camera*, orientasi relatif diistilahkan sebagai *align photos*, sedangkan orientasi absolut diistilahkan sebagai *setting coordinate system*. *Agisoft Photoscan* digunakan karena software tersebut cukup sederhana untuk dioperasikan dalam pembuatan model 3D.

Pada penelitian [8] diperoleh hasil model 3D Gereja Blenduk, Semarang dengan menggunakan metode fotogrametri jarak dekat dan dengan menggunakan *software Photo Modeler Scanner*. Namun, hasil model 3D dari penelitian tersebut di *import* kedalam *software* lain, sehingga tidak mengoptimalkan pemodelan 3D hanya dengan menggunakan satu macam *software*.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat model 3D dengan mengkombinasikan data hasil *DSLR* (*Digital Single Lens Reflex*) dan *UAV* (*Unmanned Aerial Vehicle*). Serta mengetahui seberapa besar nilai ketelitian model 3D yang dihasilkan. Data dari penelitian ini diolah sepenuhnya pada *Agisoft Photoscan*. Penelitian ini bermanfaat untuk penerapan serta pengembangan metode pembuatan model 3D dengan alokasi dana yang terjangkau dan sederhana.

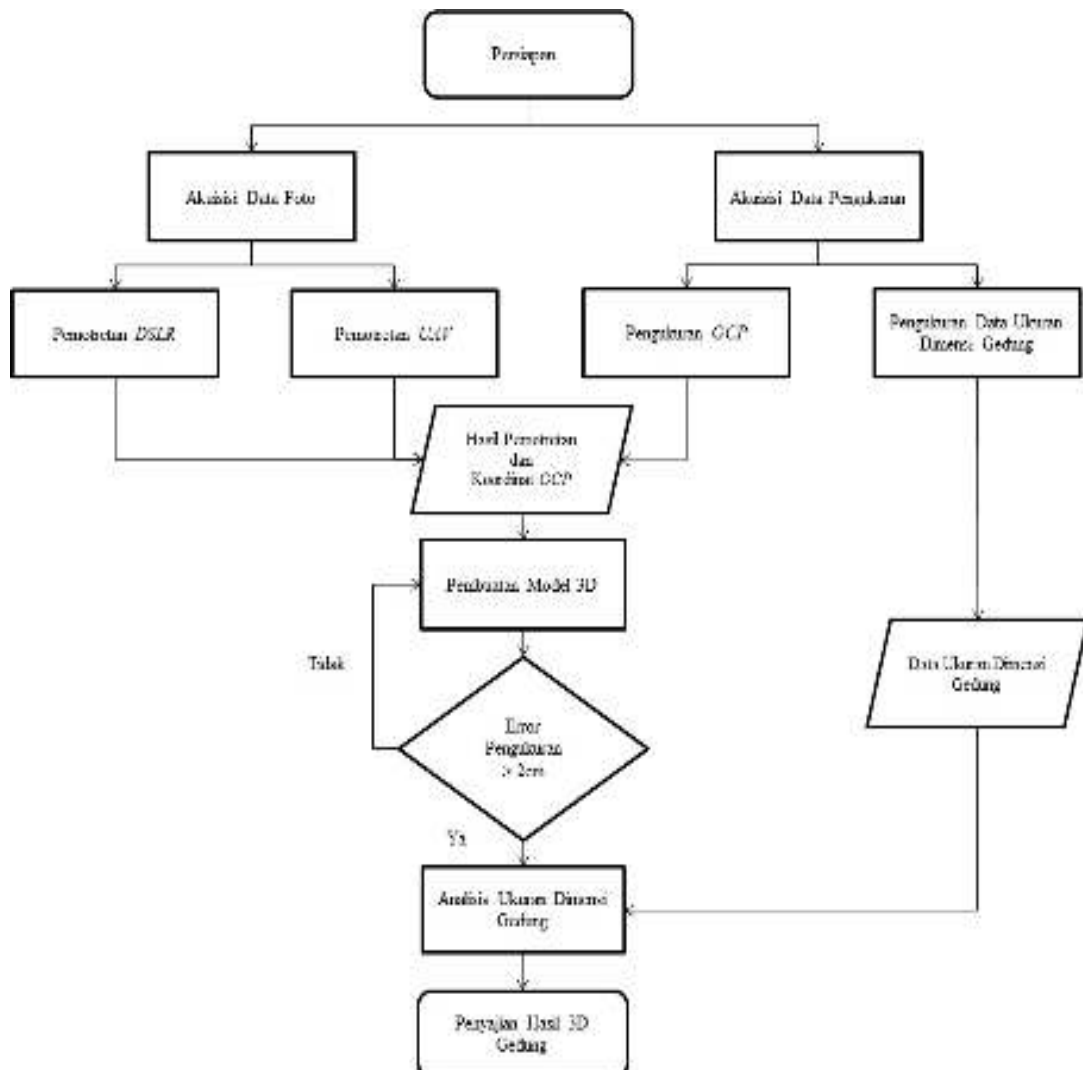
2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Gedung Teknik Geodesi Itenas, Bandung. Penelitian diawali dengan persiapan, selanjutnya melakukan akuisisi data, yaitu dengan melakukan pemotretan dan pengukuran. Hasil dari data lapangan selanjutnya di input kedalam *software* pengolahan model 3D, selanjutnya dilakukan koreksi model 3D agar menghasilkan nilai *RMSE* yang diinginkan. Setelah model 3D terbentuk, dilakukan analisis ukuran dimensi dengan membandingkan ukuran model 3D terhadap nilai pengukuran langsung di lapangan. Diagram alir metodologi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

Persiapan diawali dengan menentukan *base* kamera untuk stasiun pemotretan, pembuatan jalur kerangka dasar pengukuran *GCP*, penentuan dan pemasangan *premark* pada dinding gedung. *Premark* dipasang enam buah pada bagian utara gedung.

Selanjutnya dilakukan pemotretan, yang pertama dengan menggunakan kamera *DSLR* yang mencakup akuisisi data lantai satu dan lantai dua gedung. Pemotretan dengan *DSLR* dilakukan pada titik titik yang telah di tentukan dari perhitungan $base/distance = 1/15$. Lalu pemotretan dengan *UAV* dilakukan untuk akuisisi data yang mencakup lantai dua dan lantai tiga gedung. Pemotretan *UAV* dilakukan dengan cara *UAV* diterbangkan pada ketinggian dan jarak yang dapat mencakup lantai dua dan lantai tiga gedung dengan tanpa penentuan titik-titik seperti yang dilakukan pada saat pemotretan dengan kamera *DSLR*.

Untuk pengikatan model 3D, maka dilakukanlah pengukuran lapangan dengan menggunakan *ETS Reflectorless* (*Electronic Total Station*) *Reflectorless*. Pengukuran lapangan dilakukan dengan menggunakan referensi dari tiga buah titik BM (*Benchmark*) yang terdapat pada kampus Itenas. Pengukuran menggunakan *ETS* dilakukan untuk *list* koordinat *GCP* dan *ICP*. Serta dilakukan juga pengukuran menggunakan pita ukur untuk mengetahui perbandingan skala model 3D dengan ukuran sebenarnya yang di dapat dari nilai koordinat *ICP*.



Gambar 1. Diagram Alir Metodologi Penelitian

Pada tahap pengolahan, tahapan yang pertama dilakukan adalah memasukan hasil foto ke dalam *software Agisoft Photoscan*. Setelah itu dilakukan *Alignment Photos* secara otomatis. Metode *Structure from Motion* diterapkan pada tahapan *Align Photos*. Setelah foto terselaraskan, tahapan selanjutnya adalah *input* koordinat *GCP* yang diperoleh dari pengukuran *ETS Reflectless*. Setelah itu dilakukan proses *build dense cloud* yang dapat dilihat hasilnya pada Gambar 4, tahapan ini dilakukan untuk merapatkan hasil *sparse cloud* yang terbentuk dari proses *Align Photos*. Setelah *dense cloud terbentuk*, tahapan selanjutnya adalah pembuatan *mesh* model 3D yang dapat dilihat pada Gambar 5 *Mesh* model 3D selanjutnya melalui proses *texturing*, yaitu membuat model 3D memiliki warna dan tekstur yang mendekati keadaan objek sebenarnya, dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 2. Sebaran GCP Pada Gedung

Total GCP yang digunakan untuk pembuatan model 3D adalah 11 buah, yaitu enam buah di bagian utara gedung dengan menggunakan *premark* dan lima buah di bagian timur gedung tanpa menggunakan *premark*. Pada Gambar 2 dapat dilihat sebaran GCP yang digunakan dan pada Tabel 1 dapat dilihat *list* koordinat GCP yang digunakan.

Tabel 1. List Koordinat *GCP*

P	N	E	Z
GCP 1	9236782,855	791286,767	751,991
GCP 2	9236782,851	791286,746	755,367
GCP 3	9236778,898	791298,075	751,568
GCP 4	9236778,888	791298,100	755,235
GCP 5	9236786,839	791275,458	755,350
GCP 6	9236788,205	791271,605	751,518
GCP 7	9236766,156	791302,242	749,882
GCP 8	9236769,011	791303,263	749,871
GCP 9	9236769,600	791303,483	753,506
GCP 10	9236766,142	791302,261	753,489
GCP 11	9236760,140	791300,130	757,030

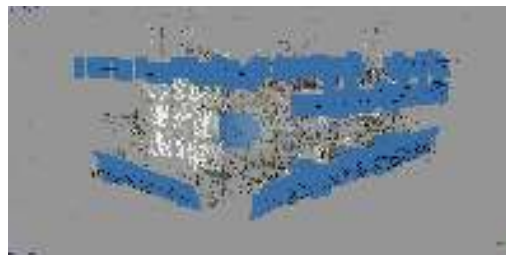
Untuk mengetahui ketelitian model 3D, maka dilakukan perbandingan dimensi antara ukuran model 3D dengan pengukuran langsung dari koordinat ICP (*Independence Check Point*) dan pengukuran dengan pita ukur. List nilai ukuran dimensi pengukuran langsung dapat dilihat Tabel 3. Nilai dari pengukuran tersebut selanjutnya digunakan sebagai data analisa untuk membandingkan ukuran dimensi model 3D dengan ukuran sebenarnya.

Tabel 2. Nilai Ukuran Dimensi Pengukuran Langsung

Keterangan	Ukuran (m)
Lebar Gedung	17,63
Panjang Balkon	4,29
Lebar Balkon	1,527
Tinggi Balkon	2,77
Lebar Anak Tangga	0,32
Tinggi Anak Tangga	0,2

3. Hasil dan Pembahasan

Tahapan yang pertama kali dilakukan untuk pembuatan model 3D dengan metode *Structure from Motion* adalah *Align Photos*. Tahapan ini bertujuan untuk mensejajarkan foto yang telah diperoleh. Pada proses ini juga dapat diketahui konfigurasi kamera yang digunakan saat pemotretan. Hasil dari proses *Align Photos* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Proses *Align Photos*

Setelah dilakukan proses *Align Photos*, dilakukan proses *Build Dense Cloud*. Proses ini dilakukan untuk interpolasi titik-titik yang masih renggang pada hasil *Align Photos* agar membentuk suatu objek

yang berupa *point clouds*. Hasil proses *Build Dense Cloud* yang telah di edit dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil *Dense Cloud* Model 3D

Tahapan berikutnya adalah *Build Mesh*, yaitu melakukan rekonstruksi 3D dari *point clouds* yang dihasilkan *Dense Cloud*. Tahapan ini dilakukan untuk mengikat kumpulan *tie points* yang belum tersusun, sehingga saling menutup (membentuk bidang permukaan). Hasil dari proses *Build Mesh* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil *Mesh* Model 3D

Tahapan terakhir untuk pembuatan model 3D pada penelitian ini adalah *Build Texture*. Tahapan ini bertujuan untuk memberikan tekstur dan warna pada model 3D agar dapat mendekati keadaan objek sebenarnya. Hasil akhir dari model 3D Gedung Teknik Geodesi Itenas dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Model 3D Gedung Teknik Geodesi Itenas

Hasil model 3D yang terbentuk dari 241 buah foto dan 11 sebaran GCP, jika diamati fasad yang terbentuk memiliki kelengkapan gedung sesuai dengan bentuk aslinya, seperti jendela, pintu, anak tangga dan lampu pada dinding dapat terlihat pada model 3D. Hanya saja terdapat kekosongan pada model 3D yang diakibatkan oleh pelaksanaan proses editing model, dimana objek-objek penghalang yang terbentuk telah dihapus. Jika penghalang tersebut tidak dihapus pada proses editing, maka akan membuat hasil model 3D tidak bagus. Dihasilkan ketelitian dengan nilai *RMSE* berdasarkan jumlah foto dan *GCP* yang tersebar adalah sebesar 8,6 mm.

Menurut [9] pada [10] berdasarkan deskripsi akurasi *Level of Detail (LoD)* yang disampaikan Biljecki, maka ketelitian model 3D Gedung Teknik Geodesi Itenas dari segi bentuk adalah berada pada tingkat LoD3. LoD3 menunjukkan model arsitektur dengan detil-detil pada dinding, termasuk pintu dan jendela.

Analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah membandingkan ukuran dimensi dari model 3D dengan hasil pengukuran langsung di lapangan. Untuk melakukan perbandingan ukuran dimensi, maka dilakukanlah pengukuran ICP dan pengukuran menggunakan pita ukur pada objek yang sama.

Perbandingan ukuran sebenarnya dengan ukuran pada model 3D dilakukan pada beberapa bagian Gedung Teknik Geodesi Itenas, yaitu pada lebar gedung, panjang balkon, lebar balkon, tinggi balkon, lebar anak tangga dan tinggi anak tangga. Analisis ukuran dimensi Gedung Teknik Geodesi Itenas disajikan dengan menampilkan tabel hasil selisih antara ukuran gedung pada model 3D dengan ukuran gedung sebenarnya. Selisih dari ukuran gedung pada model 3D dengan ukuran gedung sebenarnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Selisih Ukuran Dimensi

Keterangan	Ukuran Model (m)	Ukuran Lapangan (m)	Selisih (m)
Lebar Gedung	17,63	17,63	0,0057
Panjang Balkon	4,29	4,29	0,0055
Lebar Balkon	1,523	1,527	0,0037
Tinggi Balkon	2,64	2,71	0,067
Lebar Anak Tangga	0,27	0,32	0,046
Tinggi Anak Tangga	0,17	0,2	0,22
	RMSE		0,0346

Perhitungan RMSE dilakukan secara otomatis pada *software* pengolahan. Dengan rumus yang digunakan [11].

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{1,i} - X_{2,i})^2}{n}} \quad (1)$$

Dimana:

RMSE = *Root Mean Square Error*

$X_{1,i}$ = Nilai yang dianggap benar

$X_{2,i}$ = Nilai Hasil Ukuran

n = Banyak ukuran yang digunakan

Total RMSE yang diperoleh model 3D dengan perbandingan ukuran dimensi gedung pada model 3D dengan ukuran gedung sebenarnya adalah sebesar 0.0038 m.

4. Kesimpulan

Pembuatan model 3D dari metode fotogrametri jarak dekat dengan kombinasi data *UAV* telah berhasil dilaksanakan. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa data hasil metode fotogrametri jarak dekat dengan kamera *DSLR* dan *UAV* dapat dikombinasikan untuk pembuatan model 3D. Hasil penelitian ini mampu menyajikan model 3D yang merepresentasikan wujud asli Gedung Teknik Geodesi Itenas. LoD yang dihasilkan adalah pada tingkat LoD3, yaitu dapat merepresentasikan detil-detil pada dinding gedung. Pembuatan model 3D dengan metode ini dapat dikatakan memiliki alokasi dana yang terjangkau.

Daftar Pustaka

- [1] Suhendra, Z., (2017) Genjot Efisiensi, PTPP Terapkan Teknologi Konstruksi Digital diakses dari <https://www.liputan6.com/bisnis/read/3117988/genjot-efisiensi-ptpp-terapkan-teknologi-konstruksi-digital> pada tanggal 10 November 2018
- [2] Wolf, P. R., (1983) *Elements of Photogrammetry*. Institut Teknologi Nasional Bandung
- [3] Atkinson, K.B., (1996) *Close Range Photogrammetry and Machine Vision*, Whittles Publisher, Scotland United Kingdom
- [4] Eisenbeiss, H., (2009) *UAV Photogrammetry*. Zurich 2009.
- [5] Marasabessy, A, F., (2018) "Analisis Perbandingan Ketelitian Tinggi Gedung Berdasarkan Data *UAV* Menggunakan Metode *Normalized Digital Surface Model* (Studi Kasus: Kota Bandung, Provinsi Jawa Barat)" Skripsi, Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional, Bandung

- [6] Westoby, M. J., dkk., (2012). Method for Photogrammetric Surveying of Archaeological Sites with Light Aerial Platforms. *Journal of Archaeological Science* 39 (2012) 521-530.
- [7] Maharani, M., (2015) “Analisis Ketelitian Model Tiga Dimensi Bangunan Besar Yang Dihasilkan Dari Metode Fotogrametri Jarak Dekat” Skripsi, Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta
- Salam, M. S., (2016) Pemanfaatan Fotogrametri Rentang Dekat Untuk Pemodelan 3D Cagar Budaya Menggunakan Kamera Non-Metrik *DSLM* dan *DSLR* (Studi Kasus: Candi Brahu, Mojokerto). Bandung
- [8] Bayuaji, R, A., (2015) “Aplikasi Fotogrametri Jarak Dekat Untuk Pemodelan 3D Gereja Blenduk Semarang” *Jurnal, Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.*
- [9] Biljecki, F., (2013) *The Concept of Level of Detail*, Netherlands: TU Delfi
- [10] Yuwono, dkk., (2018) “Rekonstruksi Model 3D Candi Jawi Dengan Metode *Structure from Motion (SfM)* Foto Udara” *Teknik Geomatika, Institut Teknologi 10 Nopember, Surabaya*
- [11] ESRI, (2016). *A to Z GIS*. Redland: ESRI Press.