

ANALISIS AKURASI MODEL 3 DIMENSI BANGUNAN DARI FOTO SECARA TEGAK DAN MIRING (Studi Kasus : Gedung Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro)

Christovel Natar P.^{*)}, L.M. Sabri, M. Awaluddin

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email: gantra24@gmail.com

Pemodelan tiga dimensi merupakan salah satu metode yang sangat dikembangkan beberapa tahun belakangan ini dalam menggambarkan secara keseluruhan suatu objek. Salah satu manfaat dari metode merupakan merekonstruksi bangunan yang mengalami kerusakan akibat suatu kecelakaan atau bencana alam. Untuk membentuk pemodelan tiga dimensi diperlukan beberapa data foto udara yang *overlap* minimal 60% dan sidelap minimal 30%. penelitian ini menggunakan DJI Phantom 4 dan menggunakan dua metode pengambilan foto udara, yaitu secara vertikal (orto) dan miring (*oblique*). Kemiringan foto udara akan sebesar 45° dalam akuisisi foto *oblique*. Kedua metode tersebut akan diolah menggunakan *software* Pix4Dmapper dan menggunakan data GCP yang disebar secara merata. Kemudian akan diuji dengan uji akurasi ketinggian dan uji planimetrik guna mencari metode yang lebih baik. Akuisisi orthofoto menghasilkan kualitas data pemodelan yang lebih baik dibandingkan dengan hasil akuisisi *oblique* foto. Hasil perhitungan uji planimetrik, orthofoto memiliki nilai RMSE (*root mean square error*) sebesar 1,127 m dengan nilai rata-rata sebesar 1,271 m. Hasil perhitungan RMSE foto *oblique* sebesar 1,363 m dengan nilai rata-rata sebesar 3,175 m. Hasil uji akurasi tinggi, orthofoto memiliki RMSE sebesar 1,997 m dan *oblique* foto memiliki RMSE sebesar 4,247 m.

Kata Kunci: Fotogrametri, Pemodelan tiga dimensi, Pix4Dmapper, UAV

ABSTRACT

Three-dimensional modeling is method that has been grown in recent years in describing the entire object. The benefits of this method is to reconstruct buildings that have been damaged due to an accident or natural disaster. To form a three-dimensional modeling requires some aerial photo data that overlaps at least 60% and sidelap at least 30%. In this study, researchers used DJI Phantom 4 and used two methods of capturing aerial photographs, vertical (ortho) and oblique. The slope of the aerial photograph will use 45°. Both methods will be processed using Pix4Dmapper software using GCP and ICP data. Then it will be tested with altitude accuracy test and planimetric test to find a better method. In results, orthophoto acquisition results in better data modeling quality compared to the results of the oblique photo acquisition. In the planimetric test calculation, orthophoto has a RMSE of 1.127 m with an average value of 1.277 m. For oblique photos, the RMSE calculation result is 1.363 with an average value of 3.175 m. In the high accuracy test, orthophoto has a RMSE of 1.997 m and oblique photos have a RMSE of 4.247 m.

Keywords: Photogrammetry, Pix4Dmapper, Three-dimensional modeling, UAV

^{*)}Penulis Utama, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Pemodelan merupakan suatu proses penggambaran suatu benda atau objek yang sesuai dengan realita atau keadaan lapangan. Membuat dan mendesain objek tersebut sehingga terlihat seperti hidup. Sesuai dengan objek dan basisnya, proses ini secara keseluruhan dikerjakan di komputer. Melalui konsep dan proses desain, keseluruhan objek bisa diperlihatkan secara tiga dimensi, sehingga banyak yang menyebut hasil ini sebagai pemodelan tiga dimensi (*3D modelling*) (Nalwan, 1998).

Perkembangan teknologi dalam visual tiga dimensi beragam, antara lain dengan menggunakan TLS (*Total Laser Scanning*) yang menyerupai prinsip kerja CRP (*Close Range Photogrammetry*) atau FRD (Fotogramteri Rentang Dekat). Cara lain pemodelan tiga dimensi dengan menggunakan UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) atau pesawat tanpa awak yang dikendalikan oleh seorang pilot. Penggunaan UAV dalam pembuatan visual tiga dimensi banyak digunakan dengan beberapa alasan, yaitu pemakaian UAV mudah dipahami, dapat menjangkau area yang luas, mudah mendapatkan data yang sulit dijangkau oleh manusia dan sebagainya. Pembuatan model tiga dimensi dapat menggambarkan suatu benda atau objek secara jelas dan detail sehingga menyerupai bentuk aslinya..

Ada banyak metode menerbangkan UAV untuk mengambil gambar obyek, diantaranya adalah secara tegak dan miring (*oblique*). Pada umumnya pengambilan foto dengan UAV dilaksanakan secara tegak lurus dengan alasan semakin mendekati titik nadir atau pusat maka resolusi semakin bagus dan bentuknya mendekati realita yang sebenarnya (Wolf, 1993). Akan tetapi metode secara *oblique* juga mulai berkembang. Hal ini terjadi karena pemodelan tiga dimensi memerlukan banyak foto untuk menghasilkan model yang menyerupai obyek aslinya.

Kedua metode tersebut diteliti dalam penelitian ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan dari hasil pengambilan foto udara secara tegak dan *oblique*. Perbedaan tersebut diteliti secara tiga dimensi baik secara planimetrik maupun secara ketinggian sehingga dapat disimpulkan manakah metode yang baik dalam pemodelan tiga dimensi.

I.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa nilai akurasi planimetrik pada hasil pengolahan foto udara secara tegak dan *oblique* ?
2. Berapa nilai akurasi ketinggian pada hasil pengolahan foto udara secara tegak dan *oblique*?

I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Maksud dan tujuan penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui nilai akurasi planimetrik pada hasil pengolahan foto udara secara tegak dan *oblique*.
2. Mengetahui nilai akurasi ketinggian pada pengolahan foto udara secara tegak dan *oblique*.

I.4 Batasan Masalah

Untuk hal ini, ruang lingkup mengenai penelitian ini bertujuan agar tidak menyimpang dari pokok permasalahan dan pembatasan penelitian sebagai berikut:

1. Pengambilan foto dilakukan secara miring dan tegak lurus.
2. Sudut pengambilan foto secara miring sebesar 45°.
3. Tinggi terbang UAV saat pengambilan foto adalah 90 m di atas permukaan tanah.
4. Lokasi penelitian dilakukan di lingkungan Departemen Ilmu Keperawatan dan Departemen Ilmu Gizi Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro yang berada pada koordinat 7° 3'0,54" LS, 110°26'38,12" BT dan 7° 3'1,40" LS, 110°26'39,29" BT.

I.5 Metodologi Penelitian

Tahapan ini dimulai dengan membuat surat ijin penelitian di area Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro. Kemudian dilakukan penentuan titik GCP dan ICP yang disebar di sekitar area penelitian serta survei lapangan guna mengetahui tinggi terbang yang aman untuk UAV. Proses akuisisi data foto udara dengan menggunakan UAV DJI Phantom 4. Akuisisi foto udara dilakukan dengan dua metode, yaitu secara tegak dan *oblique*. Proses selanjutnya dilakukan pengolahan terhadap dua metode akuisisi foto udara. Setelah itu dilakukan perbandingan hasil dua metode foto udara dengan titik GCP dan ICP yang di akuisisi data dengan GPS RTK sehingga dapat memberikan solusi yang manakah metode yang terbaik dalam pemodelan tiga dimensi.

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Fotogrametri

Fotogrametri adalah seni, ilmu, dan teknologi untuk memperoleh informasi terpercaya tentang objek fisik dan lingkungan melalui proses perekaman, pengukuran, dan interpretasi gambaran fotografik dan pola radiasi energi elektromagnetik yang terekam (Wolf, 1993). Jika ditinjau dari sumber foto yang didapat, fotogrametri terbagi menjadi dua yaitu :

1. Fotogrametri metrik
Fotogrametri metrik bertujuan untuk memperoleh data secara kuantitatif seperti ukuran jarak, sudut, luas, *volume*, elevasi, ukuran dan bentuk objek.
2. Fotogrametri interpretatif
Fotogrametri interpretatif bertujuan untuk memperoleh data secara kualitatif dengan pengenalan dan identifikasi objek serta menilai arti pentingnya objek tersebut melalui suatu analisis sistematis dan cermat.

Tujuan dari fotogrametri adalah membangun secara hubungan geometrik antara suatu objek dan sebuah citra dan memberikan informasi tentang objek secara teliti dan detail. Diperlukan azas fotogrametri yang sangat penting sehingga dapat menginterpretasikan kenampakan medan dengan lokasi yang dapat dihitung.

II.1.1 Penentuan ketelitian foto udara

Ketelitian foto udara menggambarkan ketidakpastian koordinat posisi suatu objek pada peta dibandingkan dengan koordinat posisi objek yang dianggap posisi sebenarnya. Ketelitian foto udara didapat dari kualitas titik GCP dan titik ICP yang diakuisisi di lapangan.

Tabel 1 Geometri Ketelitian Peta

No.	Skala	Interval Kontur (m)	Ketelitian Peta RBI					
			Kelas1		Kelas2		Kelas 3	
			Horizontal / CE90 (m)	Vertikal / LE90 (m)	Horizontal/ CE90 (m)	Vertikal/ LE90 (m)	Horizontal/ 1/CE90 (m)	Vertikal/ 1/LE90 (m)
1.	1 : 1.000.000	400	200	200	300	300	500	500
2.	1 : 500.000	200	100	100	150	150	250	250
3.	1 : 250.000	100	50	50	75	75	125	125
4.	1 : 100.000	40	20	20	30	30	50	50
5.	1 : 50.000	20	10	10	15	15	25	25
6.	1 : 25.000	10	5	5	7,5	7,5	12,5	12,5
7.	1 : 10.000	4	2	2	3	3	5	5
8.	1 : 5.000	2	1	1	1,5	1,5	2,5	2,5
9.	1 : 2.500	1	0,5	0,5	0,75	0,75	1,25	1,25
10.	1 : 1.000	0,4	0,2	0,2	0,3a	0,3	0,5	0,5

Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 seperti pada Tabel 1 menunjukan kualitas geometri yang dapat diklasifikasi menjadi beberapa kelas. Pengujian ketelitian posisi mengacu pada perbedaan koordinat (X,Y,Z) antara titik uji pada gambar atau peta dengan lokasi sesungguhnya dari titik uji pada permukaan tanah.

II.1.2 Rektifikasi

Rektifikasi merupakan suatu proses melakukan transformasi data dari satu sistem grid menggunakan suatu transformasi geometrik. Rektifikasi perlu dilakukan dalam pengolahan foto udara karena posisi piksel pada citra yang dihasilkan tidak sama dengan posisi piksel aslinya. Oleh karena itu, perlu dilakukan proses resampling pada citra. Resampling merupakan suatu proses melakukan ekstrapolasi nilai data untuk piksel-piksel pada sistem grid yang baru dari nilai piksel citra aslinya. Memasukan GCP atau *rectification image to map* merupakan cara untuk melakukan rektifikasi pada citra.

II.2 Titik Kontrol

II.2.1 Ground Control Point (GCP)

Ground Control Point atau titik kontrol tanah adalah proses penandaan. *Ground Control Point (GCP)* atau titik kontrol tanah adalah proses penandaan lokasi yang berkoordinat berupa sejumlah titik yang diperlukan untuk kegiatan mengkoreksi data dan memperbaiki keseluruhan citra yang disebut sebagai proses rektifikasi GCP terdiri dari sepasang koordinat X dan Y, yang terdiri atas koordinat sumber dan koordinat referensi. Tingkat akurasi GCP sangat tergantung pada jenis GPS yang digunakan dan jumlah contoh GCP terhadap lokasi dan waktu pengambilan (Darmawan, 2008).

II.2.2 Independent Check Point (ICP)

Independent Control Point atau titik cek adalah titik kontrol tanah yang digunakan sebagai control kualitas dari objek dengan cara membandingkan koordinat model dengan koordinat sebenarnya. Perbedaan utama antara GCP dan ICP adalah GCP

digunakan saat pengolahan data sedangkan ICP berfungsi ketika data sudah menjadi produk dan tidak termasuk dalam proses pengolahan data. Titik ini digunakan untuk mendapatkan ketelitian horizontal foto udara hasil pemotretan (Lailissaum, 2015).

II.2.3 Postmark

Postmark adalah titik kontrol yang diukur setelah pekerjaan survei foto udara, dengan cara mengidentifikasi objek yang terdapat pada foto, kemudian ditentukan koordinat fotonya (Zona Spasial, 2019). Data koordinat postmark diambil setelah dilakukan akuisisi foto udara. Postmark ditentukan dengan menggunakan obyek-obyek yang mudah diidentifikasi pada foto udara. Ada beberapa ketentuan dalam menentukan titik yang akan dijadikan *postmark*, yaitu:

1. *Postmark* ditentukan jika titik premark hilang atau rusak atau kurang atau tidak ada.
2. Lokasi ideal untuk menentukan *postmark* sama dengan *premark*, yaitu dengan mengidentifikasi lokasi-lokasi atau obyek-obyek yang dapat dijadikan sebagai lokasi titik *postmark*.
3. Karena *postmark* adalah titik kontrol yang diukur setelah pekerjaan survei foto udara, maka perlu dilakukan identifikasi objek yang terdapat pada foto.

II.3 Fotogrametri Rentang Dekat(Close Range Photogrammetry)

Fotogrametri rentang dekat merupakan suatu cabang penting ilmu fotogrametri dengan kamera berada di permukaan bumi yang mempunyai jarak antara kamera dengan objek sampai dengan 300 meter (Wolf, 1993). Penggunaan metode ini sangat membantu proses pengukuran objek karena dapat dilakukan dengan cepat dan menghasilkan ketelitian yang tinggi. Pelaksanaannya harus diperhatikan semua aspek fotogrametri baik dimulai dari besar sudut pengambilan antar titik yang terkait langsung dengan pertampalan antar citra, hingga fokus kamera yang digunakan untuk hasil maksimal (Irawan, 2012). Metode ini sering digunakan untuk berbagai hal, seperti mendokumentasikan bangunan cagar budaya secara tiga dimensi. Apabila terjadi kerusakan pada bangunan cagar budaya tersebut, maka data dari hasil perekaman dengan metode ini dapat membantu penggambaran dari model cagar budaya.

II.4 Foto Oblique

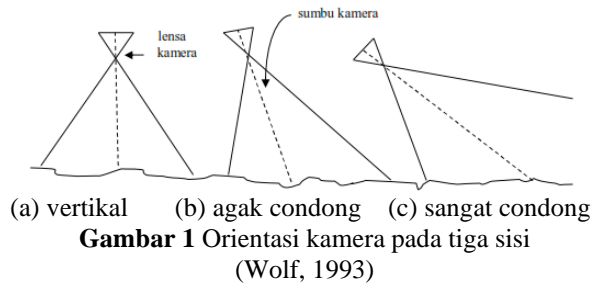
Foto *oblique* atau foto miring atau foto condong merupakan foto yang dibuat dengan sumbu kamera menyudut terhadap garis tegak lurus ke permukaan bumi. Pengambilan foto dilakukan secara miring atau lebih besar dari 10°. Menurut Wolf, Dewitt, dan Wilkinson (1993) foto miring dapat dibedakan menjadi dua yaitu:

1. *Low oblique photograph* (foto agak condong)
Foto agak condong yaitu apabila cakrawala tidak tergambar pada foto.

2. *High oblique photograph* (foto sangat condong)

Foto sangat condong yaitu apabila cakrawala tergambar pada foto.

Fotogrametri dapat dikasifikasikan menjadi dua jenis foto, yaitu foto udara vertikal dan foto udara horizontal. Foto udara vertikal, yaitu apabila sumbu kamera pada saat pemotretan dilakukan benar-benar vertikal atau sedikit miring tidak lebih dari 5°. Menurut Wolf (1993) terdapat tiga orientasi foto udara, yaitu vertikal, agak condong, dan sangat condong yang dapat dilihat pada Gambar 1,



II.5 Uji Akurasi Ketinggian

Uji akurasi ketinggian merupakan suatu metode dengan membandingkan antara data ketinggian lapangan dengan data ketinggian hasil pengolahan (Rumus 1). Metode ini dilakukan untuk mengetahui berapakah kesalahan data hasil pengolahan dengan data yang diambil di lapangan.

$$RMSE \text{ Ketinggian} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - h_{pengukuran})^2}{n}} \dots\dots(1)$$

Keterangan:

- h_i = titik tinggi ke-i
- $h_{pengukuran}$ = tinggi pengukuran dengan GPS RTK
- n = jumlah data

II.6 Uji Planimetrik

Uji planimetrik merupakan suatu metode yang menghitung jarak pergeseran data di lapangan dengan data jarak pada hasil pengolahan (Rumus 2). Ini dilakukan untuk mengetahui berapakah kesalahan titik yang berada di lapangan dengan hasil pengolahan foto udara. Titik-titik tersebut akan dihitung jarak perpindahan sehingga dapat diketahui seberapa besar nilai kesalahan.

$$RMSE \text{ Planimetrik} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n D_{pergeseran}}{n}} \dots\dots\dots(2)$$

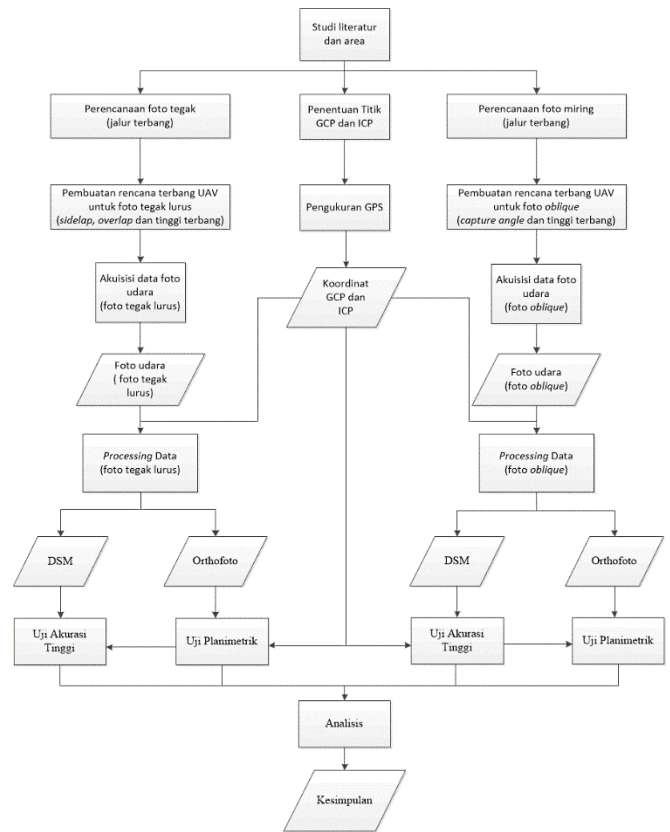
Keterangan :

- $D_{pergeseran}$ = jarak perpindahan titik koordinat
- n = jumlah data

III. Metodologi Penelitian

III.1 Metodologi Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini dilakukan secara bertahap. Secara umum tahap penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Tahapan Penelitian

III.2 Alat dan Software

Alat dan bahan penelitian ini dapat dilihat secara rinci pada Tabel 2 dan Tabel 3.

1. Alat

Tabel 2 Alat yang digunakan

Alat	Jumlah	Keterangan
Dji Phantom 4	1	Instrumen pesawat pemotretan foto udara.
Battery	3	Sumber energi pesawat.
Propeller	4	Sebagai baling-baling pesawat.
Remote control (RC)	1	Mengoperasikan pesawat dari jarak jauh.
Smartphone	1	Untuk menjalankan aplikasi DJI Go dan Pix4D.
Laptop	1	Untuk pemrosesan data orthofoto, DSM, pengolahan 3 dimensi dan pemodelan jalur.
Statif	1	Tempat berdiri GPS di base
Jalon	1	Tempat berdiri GPS rover
GPS Geodetik Topcon Hiper II	1	Sebagai titik acuan dimana berdirinya alat GPS
GPS Geodetik Topcon Hiper GB	1	Untuk mencari koordinat titik-titik GCP dan ICP yang disebar.

2. *Software* penelitian

Tabel 3 *Software* yang digunakan

<i>Software</i>	Keterangan
DJI Go	<i>Software</i> untuk melakukan kalibrasi RC, kompas dan <i>gymbal</i> pada pesawat.
Ctrl+DJI	<i>Software</i> menghubungkan pesawat dengan Pix4Dcapture.
Pix4Dcapture	<i>Software</i> untuk pembuatan rencana terbang.
Pix4Dmapper	<i>Software</i> untuk mengolah foto udara.
CloudCompare	<i>Software</i> untuk memotong area dan melihat hasil 3 dimensi.
Global Mapper	<i>Software</i> untuk melihat hasil <i>point cloud</i> dan membuat DEM
ArcGIS	<i>Software</i> untuk pembuatan peta.

III.3 Tahap Persiapan

Tahapan awal pada penelitian ini adalah persiapan. Persiapan dilakukan supaya penelitian yang akan dilaksanakan berjalan dengan baik. Tahapan persiapan penelitian ini terbagi menjadi 4 bagian, yaitu:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari dan menambah wawasan yang berkaitan dengan hal-hal pada penelitian ini sehingga memperoleh hasil yang baik dan memuaskan. Studi literatur juga dilakukan untuk menghindari kesalahan-kesalahan yang bisa terjadi pada penelitian ini.

2. Penentuan dan perizinan lokasi penelitian

Tahap ini dilakukan penentuan lokasi penelitian yang lokasinya dapat dijadikan area penelitian. Jika lokasi sudah ditetapkan, maka dilakukan pengurusan izin penelitian agar penelitian dilakukan secara legal dan sudah mendapat izin dari pihak terkait.

3. Persiapan alat

Persiapan alat dilakukan secara cermat agar tidak terjadi kesalahan pada alat saat pengambilan data. Mulai dari pengecekan pada GPS, *remote control* hingga UAV dilakukan agar alat bekerja dengan baik dan benar.

4. Survei pendahuluan

Tahap ini dilakukan survei pendahuluan UAV berupa menentukan batas aman elevasi dalam penerbangan UAV. Elevasi sangat perlu diperhatikan seperti tinggi bangunan atau adanya objek yang tinggi lainnya agar tidak terjadi benturan yang terjadi antara UAV dengan objek tersebut.

Selain itu juga dilakukan survei pendahuluan terhadap persebaran titik GCP dan ICP yang akan ditetapkan. Titik GCP dan ICP harus mencakup semua area yang akan diakuisisi datanya. Survei ini juga menentukan metode pengambilan data GCP dan ICP sesuai dengan jumlah titik GCP dan ICP yang akan diakuisisi.

5. Perencanaan terbang UAV

Perencanaan penerbangan UAV sangat diperhatikan seperti jalur terbang UAV hingga tinggi terbang UAV. Ini bertujuan agar menghindari dari obstacle, seperti

bangunan tinggi, tower atau menara SUTET yang dapat mengenai UAV atau mengurangi kualitas hasil akuisisi foto udara.

III.4 Tahap Pelaksanaan

III.4.1 Akuisisi Data GPS

Proses akuisisi data GCP dan ICP menggunakan metode RTK (*Real Time Kinematic*). Metode ini dipilih disebabkan titik GCP dan ICP yang sudah ditetapkan berjumlah sangat banyak dalam area studi yang kecil sehingga metode ini tepat digunakan dalam penelitian ini. Titik *Base* dalam penelitian ini berada di *benchmark* GD-16 milik Universitas Diponegoro. Kemudian memasukan koordinat beserta tinggi *benchmark* GD-16 yang sudah diketahui. Lalu memasukan tinggi alat GPS yang berada di *Base*. Proses akuisisi data titik GCP dan ICP dilakukan setelah alat GPS RTK *Base* dan *Rover* sudah saling terintergrasi.

III.4.2 Tahapan Sebelum Akuisisi Foto Udara

Sebelum mengakuisisi data foto udara, harus dilakukan kalibrasi alat. Kalibrasi alat bertujuan agar tahapan akuisisi data foto udara berjalan dengan baik tanpa ada masalah. Terdapat tiga kalibrasi alat, yaitu:

1. Kalibrasi kompas

Kalibrasi kompas dilakukan untuk mencegah terjadi masalah pada INU (*Inertial Measurement Unit*) *aircraft* sehingga alat dapat dikendalikan sesuai dengan perintah dengan digunakan aplikasi DJI Go pada *smartphone*. Kalibrasi dilakukan dengan cara mengikuti arahan yang diberikan setelah memilih menu *compass calibrate*.

2. Kalibrasi *gymbal*

Gymbal merupakan sebagai alat untuk menstabilkan kamera UAV. Kegunaan dari kalibrasi ini untuk menghasilkan gambar atau video yang stabil tanpa terpengaruh oleh kemiringan ataupun manuver dari UAV.

3. Kalibrasi *remote control*

Kalibrasi pada *remote control* bertujuan untuk mengecek dan memastikan fungsi dari setiap komponen yang akan digunakan terhubung dengan baik. Kalibrasi ini dilakukan hanya sekali saat *remote control* dan UAV saling terhubung.

III.4.3 Akuisisi Foto Udara Secara Tegak

Tahapan akuisisi data foto udara dilakukan dan diambil pada elevasi 90 meter di atas permukaan tanah pada *set home base drone* seperti pada Gambar III-2. Akuisisi data foto udara menggunakan *smartphone* yang sudah dipasang *software* Pix4Dcapture seperti pada Gambar 3.



Gambar 3 *Grid Mission Project*

Saat tahap pemilihan *project*, pilih *Grid Mission Project* untuk membuat jalur terbang dalam akuisisi data foto udara secara tegak. Kemudian mengatur luas area untuk jalur terbang UAV. Tingkat kerapatan dari jalur terbang UAV diatur pada pilihan *Overlap*. Semakin tinggi nilai persentase dari *Overlap*, maka jalur terbang dalam area akan semakin banyak sehingga jalur terbang tersebut akan semakin rapat. Saat mengatur *altitude* (tinggi terbang) dari UAV, maka akan keluar hasil *GSD (Ground Sampling Distance)*. Nilai *GSD* akan semakin kecil jika tinggi terbang UAV semakin rendah.

III.4.4 Akuisisi Foto Udara Secara Oblique

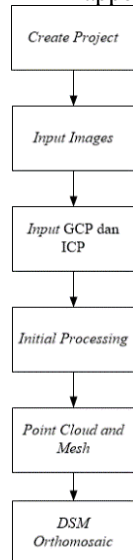
Tahapan pelaksanaan akuisisi foto udara secara *oblique* sama seperti tahapan akuisisi foto secara tegak, tetapi terdapat perbedaan dalam parameter. Parameter foto udara secara tegak terdapat empat parameter, yaitu area, *overlap*, *angle* dan *altitude* (elevasi). Sementara parameter foto udara secara *oblique* hanya ada tiga parameter, yaitu area, *altitude* dan *capture angle*. *Capture angle* adalah interval sudut pengambilan foto seperti pada Gambar 4.



Gambar 4 Circular Mission Project

III.5 Tahapan Pengolahan

Hasil dari akuisisi foto udara baik secara tegak dan *oblique* selanjutnya akan diproses menggunakan *software Pix4DMapper*. Gambar 5 adalah tahapan pengolahan data di *PIX4Dmapper*.



Gambar 5 Alur pemrosesan Pix4Dmapper

III.6 Tahapan Ekstraksi Tinggi

Tahapan ini mengekstrak tinggi *DSM* yang sudah diolah dengan koordinat yang sama sehingga data

dapat dibandingkan dengan data lapangan seperti pada Gambar 6. Kemudian data yang sudah diekstraksi tingginya akan dilakukan uji akurasi tinggi terhadap data *GPS RTK* yang valid.

OBJECTID*	Shape*	Id	X	Y	RASTERVALU
1	Point ZM	0	438577.657	9220646.124	221.466736
2	Point ZM	0	438601.772	9220643.871	240.260147
3	Point ZM	0	438585.108	9220656.483	247.620773
4	Point ZM	0	438610.433	9220655.964	240.132172
5	Point ZM	0	438594.599	9220633.876	240.512894
6	Point ZM	0	438597.719	9220665.818	229.430054
7	Point ZM	0	438589.243	9220653.796	234.546326
8	Point ZM	0	438617.989	9220666.246	240.771179
9	Point ZM	0	438636.439	9220653.66	223.868393
10	Point ZM	0	438606.326	9220658.694	239.802658
11	Point ZM	0	438567.666	9220671.111	227.211319
12	Point ZM	0	438581.64	9220691.6	248.539139
13	Point ZM	0	438597.728	9220646.758	240.475815
14	Point ZM	0	438593.646	9220668.664	248.036285
15	Point ZM	0	438600.717	9220678.732	226.18602
16	Point ZM	0	438568.16	9220677.971	233.2724
17	Point ZM	0	438566.459	9220675.503	245.349808
18	Point ZM	0	438628.888	9220636.754	223.011185
19	Point ZM	0	438627.161	9220634.305	223.137985
20	Point ZM	0	438549.696	9220657.428	220.001923

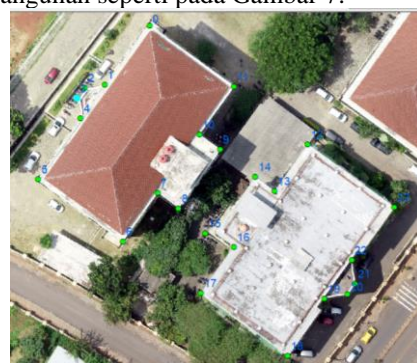
Gambar 6 Hasil data ekstraksi ketinggian

III.7 Perhitungan Uji Akurasi Tinggi

Uji akurasi tinggi dilakukan untuk mencari tingkat kesalahan suatu data yang terjadi saat melakukan akuisisi data. Hasil dari perhitungan *RMSE* ketinggian selanjutnya akan dicek untuk mengukur tingkat akurasi hasil prakiraan ketinggian.

III.8 Digitasi Bangunan

Tahapan ini menentukan titik-titik dari tiap sudut gedung yang akan dihitung dalam uji planimetrik. Digitasi bangunan dilakukan pada tiap sudut bangunan area penelitian. Setelah dilakukan digitasi, dihitung dengan menggunakan *calculate geometry* sehingga mendapatkan koordinat yang sudah didigitasi pada tiap sudut bangunan seperti pada Gambar 7.



Gambar 7 Hasil digitasi

III.9 Perhitungan Uji Planimetrik

Uji planimetrik dilakukan untuk menghitung jarak pergeseran antara data di lapangan dengan data hasil pengolahan. Uji planimetrik menggunakan *RMSE* jarak dimana selisih koordinat antara data di lapangan dengan data hasil pengolahan akan dihitung jaraknya. Hasil dari perhitungan *RMSE* jarak selanjutnya akan dicari manakah data yang mendekati nilai 0.

IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1 Hasil Pengukuran Titik GCP dan ICP

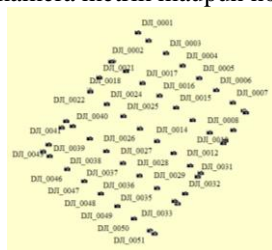
Titik GCP dan ICP digunakan untuk dimasukan dalam proses pengolahan data foto udara sehingga foto udara sesuai dengan koordinat tanah. Penelitian ini digunakan sebanyak 6 titik GCP dan 37 titik ICP yang tersebar di area penelitian dan sekitar penelitian. Data koordinat GCP dan ICP didapat dengan menggunakan alat GPS dengan metode RTK (*Real Time Kinematic*) yang dapat dilihat pada Gambar 8, GPS digunakan sebanyak dua buah, yaitu 1 *Base* dan 1 *Rover*.

Gambar 8 Hasil Pengukuran GPS

IV.2 Hasil Akuisisi Foto Udara

Penelitian ini digunakan akuisisi foto secara *oblique* sebanyak 81 foto udara dan akuisisi foto secara tegak sebanyak 55 foto udara seperti pada Gambar 9 dan Gambar 10. Perbedaan jumlah foto antara akuisisi foto dipengaruhi oleh *Grid Mission* pada *software Pix4Dcapture*. Akuisisi foto secara *oblique* dan tegak dilakukan pada elevasi yang sama, yaitu 90 m diatas permukaan tanah yang dijadikan *Home* pada *software Pix4Dcapture*.

Akuisisi foto udara secara tegak menggunakan beberapa parameter dalam proses akuisisi data, antara lain *overlap*, *altitude*, luas area serta kecepatan *drone*. Metode ini menggunakan overlap sebesar 80%. Saat melakukan pengaturan tinggi terbang *drone*, maka akan muncul angka *GSD (Ground Sampe Distance)*. *GSD* merupakan ukuran piksel dari hasil foto udara, baik foto udara dengan kamera metrik maupun non metrik.



Gambar 9 Jalur terbang foto udara secara tegak



Gambar 10 Jalur terbang foto udara secara *oblique*

IV.3 Hasil Pengolahan Orientasi GCP

Hasil pengolahan foto udara secara tegak memiliki nilai kesalahan mencapai lebih dari 1 piksel yang dapat dilihat pada Tabel 4. Penelitian ini menggunakan GPS metode kinematik yang menyebabkan nilai RMS melebihi dari ketentuan syarat, yaitu kurang dari 1 piksel. Ini bisa terjadi dikarenakan saat proses akuisisi data GPS, nilai *horizontal RMSE* dan *vertical RMSE* kurang baik hasilnya sehingga mempengaruhi kualitas nilai GCP.

Tabel 4 Report *RMSE GCP* pengolahan foto udara secara tegak

GCP Name	Error X[m]	Error Y[m]	Error Z [m]
19 (3D)	0,096	0,064	-1,252
22 (3D)	-0,022	-0,065	-1,333
23 (3D)	-0,058	-0,146	-1,122
27 (3D)	-0,115	-0,030	-1,284
28 (3D)	-0,058	0,130	-1,607
29 (3D)	-0,012	0,226	-1,347
Mean [m]	-0,0281	0,0298	-1,3244
Sigma [m]	0,0645	0,1246	0,1464
RMS Error	0,0703	0,1282	1,3324

Pengolahan pengolahan foto udara secara *oblique* juga memiliki nilai kesalahan piksel lebih dari 1 piksel yang dapat dilihat pada Tabel 5. Hasil ini terjadi dikarenakan pengambilan foto udara secara miring sulit untuk diinterpretasikan titik GCP dalam pengolahan foto udara.

Tabel 5 Report *RMSE ICP* pengolahan foto udara secara *oblique*

GCP Name	Error X[m]	Error Y[m]	Error Z [m]
19 (3D)	-0,006	-0,055	-0,365
22 (3D)	0,058	-0,021	-0,321
23 (3D)	0,091	0,002	-0,165
27 (3D)	-0,112	0,022	-1,013
28 (3D)	0,363	-0,045	-1,096
29 (3D)	-0,018	0,104	0,232
Mean [m]	0,0627	0,0010	-0,4547
Sigma [m]	0,1488	0,0528	0,4666
RMS Error	0,1618	0,0528	0,6516

IV.4 Analisis Luas Akuisisi Foto Udara

Hasil pengolahan foto udara dapat secara tegak maupun secara *oblique* dapat dihitung luas area cakupan dalam akuisisi data foto udara. Hasil *mosaic* pengolahan foto udara secara tegak dapat dihitung luas area cakupan dalam akuisisi foto udara yang dapat dilihat pada Gambar 11. Luas area cakupan untuk pengolahan foto udara secara tegak sebesar 7,588 hektar.

Luas area cakupan untuk pengolahan data foto udara secara *oblique* sebesar 6,058 hektar dan dapat dilihat pada Gambar 12. Luas area pengolahan data foto udara secara *oblique* memiliki luas yang lebih kecil dibandingkan dengan luas area pengolahan data foto udara secara tegak. Ini disebabkan karena perbedaan *mission plane* dalam akuisisi data sehingga luas pengolahan data foto udara secara lebih besar di area

cakupannya walaupun tinggi terbang kedua metode akuisisi foto udara tersebut sama.



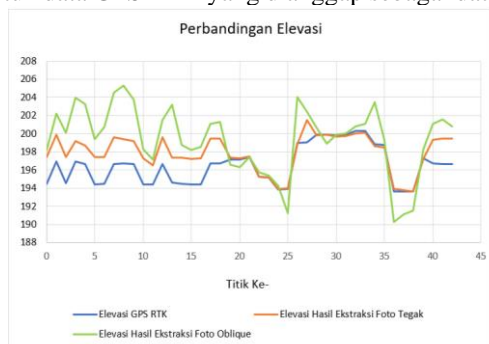
Gambar 11 Hasil *mosaic* pengolahan data foto udara secara tegak



Gambar 12 Hasil *mosaic* pengolahan data foto udara secara *oblique*

IV.5 Hasil Ekstrak Data Elevasi

Hasil data ekstrak data elevasi digabungkan sehingga dapat terlihat perbedaan elevasi antara elevasi GPS RTK, ekstraksi foto udara secara *oblique* dan ekstraksi foto udara secara tegak yang dapat dilihat pada Gambar 13. Terlihat perbedaan tinggi antara ekstraksi data foto udara secara tegak dan ekstraksi data foto udara secara *oblique*. Data elevasi yang paling rendah pada ekstraksi foto udara secara tegak sebesar 193,622 m dan data elevasi yang paling tinggi sebesar 201,498 m. Sementara untuk data elevasi foto udara secara *oblique* yang tertinggi sebesar 205,2988 m dan yang terendah sebesar 190,260 m. Elevasi yang terendah sebesar 193,6 m dan yang tertinggi sebesar 200,284 m untuk data GPS RTK yang dianggap sebagai data valid.



Gambar 13 Grafik Perbandingan Elevasi

IV.6 Hasil Uji Akurasi Tinggi

Hasil perhitungan *RMSE* memiliki kesalahan yang berbeda-beda. Perhitungan hasil ekstraksi foto udara secara *oblique* memiliki *RMSE* sebesar 4,247 m seperti Tabel 7 dan hasil ekstraksi foto udara secara

tegak sebesar 1,997 m seperti pada Tabel 6. Hasil perhitungan terdapat perbedaan yang signifikan.

Tabel 6 *RMSE* hasil ekstraksi data foto udara secara orto

No Titik	h_i (m)	$h_{pengukuran}$ (m)
0	197,420	194,469
1	199,855	196,968
2	197,426	194,571
3	199,177	196,961
4	198,708	196,640
5	197,412	194,437
6	197,409	194,468
7	199,573	196,649
8	199,383	196,752
9	199,211	196,651
10	197,287	194,401
11	196,522	194,410
12	199,613	196,642
13	197,390	194,584
14	197,345	194,451
15	197,247	194,410
16	197,276	194,401
17	199,453	196,752
18	199,442	196,752
19	197,325	197,169
20	197,262	197,150
21	197,470	197,435
22	195,256	195,218
23	195,167	195,156
24	193,885	193,859
25	193,995	193,925
26	198,847	198,964
27	201,498	199,076
28	199,829	199,897
29	199,915	199,882
30	199,684	199,807
31	199,740	199,903
32	200,054	200,284
33	200,071	200,279
34	198,608	198,824
35	198,483	198,746
36	193,880	193,644
37	193,772	193,616
38	193,622	193,600
39	197,247	197,287
40	199,294	196,752
41	199,497	196,662
42	199,496	196,662
Jumlah		171,413
<i>RMSE</i>		1,997

Tabel 7 *RMSE* hasil ekstraksi data foto udara secara *oblique*

No Titik	h_i (m)	$h_{pengukuran}$ (m)
0	198,230	194,469
1	202,174	196,968
2	200,096	194,571
3	203,932	196,961
4	203,296	196,640
5	199,397	194,437
6	200,700	194,468
7	204,516	196,649

No Titik	h_i (m)	$h_{pengukuran}$ (m)
8	205,299	196,752
9	203,747	196,651
10	198,272	194,401
11	197,122	194,410
12	201,506	196,642
13	203,173	194,584
14	198,731	194,451
15	198,219	194,410
16	198,563	194,401
17	201,063	196,752
18	201,306	196,752
19	196,566	197,169
20	196,277	197,150
21	197,441	197,435
22	195,762	195,218
23	195,397	195,156
24	194,239	193,859
25	191,274	193,925
26	204,045	198,964
27	202,383	199,076
28	200,629	199,897
29	198,881	199,882
30	199,891	199,807
31	200,003	199,903
32	200,817	200,284
33	201,067	200,279
34	203,442	198,824
35	199,293	198,746
36	190,260	193,644
37	191,078	193,616
38	191,511	193,600
39	198,265	197,287
40	201,100	196,752
41	201,569	196,662
42	200,809	196,662
Jumlah		775,525
RMSE		4,247

IV.7 Hasil Uji Planimetrik

Data koordinat yang diambil di lapangan dengan menggunakan GPS RTK kemudian dibandingkan dengan data koordinat yang dilakukan proses digitasi yang hasil digitasi dapat dilihat pada Gambar 14. Data yang dilakukan proses digitasi merupakan data hasil *mosaic* dari proses pengolahan foto udara yang bertujuan untuk menghitung selisih koordinat.



Gambar 14 Hasil digitasi pengolahan foto udara secara tegak

Nilai rata-rata dari perhitungan jarak pergeseran sebesar 1,271 m. Nilai minimum dan maksimum dari jarak pergeseran sebesar 0,526 m dan 2,119 m. Nilai

RMSE pada perhitungan sebesar 1,127 m. Untuk lebih detail, dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Hasil perhitungan jarak pergeseran koordinat foto udara secara tegak

No Titik	Jarak Pergeseran (m)
11	2,071
39	1,475
15	1,923
16	1,913
10	1,489
21	0,953
0	0,526
2	0,593
6	1,176
5	1,442
13	0,649
14	0,867
7	1,040
3	0,676
9	0,742
12	0,657
1	0,847
4	1,113
41	1,232
42	2,119
18	1,853
17	1,949
40	1,722
8	1,475
Jumlah	30,501
Rata-Rata	1,271
RMSE	1,127

Proses digitasi juga dilakukan untuk hasil *mosaic* pengolahan foto udara secara *oblique* yang hasil digitasi dapat dilihat pada Gambar 15. Tujuannya juga untuk mencari selisih koordinat antara hasil digitasi *mosaic* pengolahan foto udara secara *oblique* terhadap koordinat pengukuran dengan GPS RTK.



Gambar 15 Hasil digitasi pengolahan foto udara secara *oblique*

Nilai rata-rata dari perhitungan jarak pergeseran sebesar 3,715 m. Nilai minimum dan maksimum dari jarak pergeseran sebesar 0,733 m dan 3,296 m. Nilai RMSE pada perhitungan sebesar 1,363 m yang dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9 Hasil perhitungan jarak pergeseran koordinat foto udara secara *oblique*

No Titik	Jarak Pergeseran (m)
11	2,260
39	2,292
15	2,404
16	2,567
10	1,693
21	1,210
0	1,437
2	0,880
6	0,733
5	1,510
13	0,830
14	1,136
7	1,955
3	0,971
9	1,127
12	1,020
1	1,379
4	1,843
41	2,378
42	3,296
18	2,899
17	2,921
40	3,091
8	2,756
Jumlah	44,586
Rata-Rata	3,715
RMSE	1,363

V. Penutup

V.1 Kesimpulan

Hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Ortofoto lebih baik ketelitian dibandingkan dengan *oblique* dalam hasil pengolahan dan perhitungan planimetrik. Nilai RMSE didapatkan sebesar 1,127 m dengan nilai rata-rata sebesar 1,271 m, nilai minimum sebesar 0,526 m dan nilai maksimum sebesar 2,119 m dalam perhitungan RMSE pengolahan ortofoto. Nilai RMSE yang didapatkan sebesar 1,363 m dengan nilai rata-rata sebesar 3,175 m, nilai minimum sebesar 0,733 m dan nilai maksimum sebesar 3,296 m pada perhitungan RMSE pengolahan foto udara secara *oblique*.
2. Ortofoto lebih baik dibandingkan hasil pengolahan foto udara secara *oblique* dalam hasil pengolahan dan perhitungan ketinggian. Nilai RMSE GCP dan ICP untuk pengolahan ortofoto lebih kecil sebesar 1,332 m dan 1,976 m dibandingkan nilai RMSE GCP dan ICP hasil pengolahan foto udara secara *oblique* yang sebesar 0,651 m dan 3,823 m. Pengolahan ortofoto didapatkan sebesar 1,997 m dan pengolahan foto *oblique* didapatkan sebesar 4,247 m dalam perhitungan nilai uji akurasi ketinggian.

V.2 Saran

Berdasarkan proses yang sudah dilakukan pada penelitian ini, agar penelitian selanjutnya dapat dikaji lebih baik, maka penulis menyampaikan saran sebagai berikut :

1. Area penelitian dilakukan pada tempat yang terbuka atau tidak obstruksi yang mengganggu seperti gedung, pohon, pagar dan sebagainya sehingga memperoleh hasil yang lebih baik
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat ditambahkan parameter seperti parameter ketinggian dalam proses akuisisi foto udara sehingga mengetahui perbedaan yang lebih lanjut.
3. Dapat membuat perbandingan *software* pengolahan foto udara untuk mendapatkan hasil lebih maksimal.
4. Dalam pengukuran titik GCP dan ICP dengan GPS dapat menggunakan metode statik yang durasi akuisisi data lebih lama sehingga hasil akuisisi koordinat GCP dan ICP lebih baik dan membuat nilai RMSE pada pengolahan foto udara lebih bagus.
5. Dapat menggunakan *premark* dalam akuisisi foto udara sebagai penanda titik GCP dan ICP agar memudahkan dalam penentuan titik GCP dan ICP saat dalam pengolahan foto udara.

DAFTAR PUSTAKA

Darmawan, M. 2008. *Katalog Metodologi Penyusunan Peta Geo Hazard Dengan GIS*. Banda Aceh: Badan Rehabilitasi dan Rekonstruksi (BRR) NAD-Nias.

Irawan, F. 2012. *Penggunaan Fotogramteri Rentang Dekat Sebagai Alat Bantu Pembuatan AS-Built Drawing*. Bandung: Teknik Geodesi dan Geomatika, Institut Teknologi Bandung.

Lailissaum, A. 2015. *Peran Informasi Geospasial Untuk Mendukung Pembentukan Desa*. Cibinong: Badan Informasi Geospasial.

Mustofa, H. A. 2016. *Analisis Ketelitian Planimetrik Orthofoto pada Topografi Perbukitan dan Datar Berdasarkan Kuantitas Titik Kontrol Tanah*. Semarang: Jurnal Geodesi Undip.

Nalwan, A. 1998. *Pemrograman Animasi dan Game Profesional*. Jakarta: Elex Media Komputindo.

Spasial, Zona. 2019. *Penentuan Posisi pada Survei Foto Udara dengan Pesawat Nirawak*. 30 October. <https://zonaspasial.com/tag/postmark/>.

Wolf, P. R. 1993. *Elemen Fotogrametri*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.