

KUALITAS ORTHOPHOTO TERHADAP PERBEDAAN TINGGI TERBANG

Martinus Edwin Tjahjadi¹, Jerry Vicard²

Dosen Teknik Geodesi Institut Teknologi Nasional Malang¹
Mahasiswa Teknik Geodesi Institut Teknologi Nasional Malang²
Malang, Indonesia
E-mail: jeryvicard@gmail.com

ABSTRAK

Sering dengan perkembangan teknologi pemetaan yang semakin modern khususnya dibidang fotogrametri, menawarkan solusi akan kebutuhan data geospasial dalam memberikan suatu informasi mengenai posisi dan ruang dari keadaan real world namun tidak mengabaikan aspek ketelitiannya, yaitu dengan memanfaatkan teknologi fotogrametri kamera non metrik menggunakan pesawat tanpa awak/ *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ketelitian peta hasil pemotretan udara dengan tinggi terbang yang berbeda. Lokasi Penelitian ini dilakukan di kecamatan lowokwaru bertempat sekitaran kampus II ITN Malang menggunakan 8 titik GCP dan 267 titik ICP yang tersebar dengan luasan ± 100 ha. Analisis ketelitian menggunakan perhitungan RMSE (Root Mean Square Error) dari Orthophoto yang berbeda tinggi terbang terhadap data hasil pengukuran lapangan yang mengacu pada Peraturan Kepala BIG (Badan Informasi Geospasial). Dari hasil perhitungan tersebut untuk nilai CE90 tinggi 70meter adalah sebesar 0,118m dan 0,128m untuk tinggi 120meter. Berdasarkan hasil perbandingan tersebut dengan Orthophoto yang berbeda tinggi terbang memenuhi ketentuan peta skala 1:1000, namun berbeda nilai ketelitiannya. Secara visual dan ketelitian tinggi terbang 70meter menghasilkan nilai serta tampilan yang lebih baik.

Kata Kunci: Fotogrametri, Perka BIG no.15 tahun 2014, RMSE, UAV.

ABSTRACT

Often with the development of increasingly modern mapping technology, especially in the field of photogrammetry, offering solutions to the needs of geospatial data in providing information about the position and space of the real world but does not neglect aspects of its accuracy, namely by utilizing the non metric camera photogrammetry technology using unmanned aircraft / Unmanned Aerial Vehicle (UAV). This study aims to determine the accuracy of the aerial photography results with different flying heights. Location This research was conducted in the Lowokwaru sub-district located around ITN Malang Campus II using 8 GCP points and 267 ICP points spread over ± 100 ha. Accuracy analysis uses the calculation of RMSE (Root Mean Square Error) from Orthophoto which has a different height of flying to the data from the field measurements based on the BIG Head Regulation (Geospatial Information Agency). From the results of these calculations, the CE90 value of 70 meters high is 0.118 meters and 0.128 meters for 120 meters height. Based on the results of these comparisons with different Orthophoto flying height meet the map requirements scale 1: 1000, but different accuracy values. Visually and with high accuracy, flying 70 meters produces a better value and appearance.

Keywords: Photogrammetry, BIG Perka no.15 of 2014, RMSE, UAV.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang semakin modern membuat kebutuhan akan data geospasial dapat memberikan suatu informasi mengenai posisi dan ruang dari keadaan real world, sehingga dibutuhkanlah suatu cara atau teknik pemetaan yang cepat dan efisien namun tidak mengabaikan aspek ketelitiannya. Maka dari itu, untuk mewujudkannya dibutuhkanlah suatu teknologi yang dapat menghasilkan data output yang memiliki keakuratan tinggi, cepat dan menjangkau daerah yang luas. Salah satunya dengan memanfaatkan teknologi fotogrametri kamera non metrik dengan menggunakan pesawat tanpa awak/ *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*. Foto udara yang diambil menggunakan kamera non metrik ini tentunya tidak dapat langsung digunakan begitu

saja sebelum distorsi yang ada terkoreksi dan pengolahan data dengan menggunakan metode fotogrametri yang benar sehingga diperoleh hasil pengukuran akurasi tinggi (Purwanto, 2017).

Salah satu produk yang dihasilkan dari metode fotogrametri ini adalah ortofoto. Ortofoto merupakan data dasar yang bisa digunakan untuk pembuatan peta garis, karena menampilkan gambaran permukaan bumi. Elemen terpenting yang perlu diperhatikan dalam pembuatan ortofoto ini adalah ketelitian geometrik. Pada umumnya faktor yang sangat berpengaruh terhadap ketelitian ortofoto adalah GCP (*Ground Control Point*)/ Titik Kontrol Tanah.

Kajian yang akan disajikan dalam artikel ini yaitu mengenai uji ketelitian geometrik yang didapatkan dari perhitungan RMSE. *Root Mean Square Error (RMSE)* adalah akar kuadrat selisih

antara nilai koordinat data dan nilai koordinat dari sumber independent yang akurasiya lebih tinggi. Syarat yang harus dipenuhi adalah hasil perhitungan pada 90% CE (*Circular Error*) & LE (*Linear Error*) tidak lebih besar dari ketelitian yang disyaratkan untuk skala tersebut, sehingga acuan yang digunakan dalam penelitian ini untuk menguji ketelitian sesuai Peraturan Kepala BIG No 15 Tahun 2014 tentang Ketelitian Peta Dasar.

Rumusan masalah dalam penelitian ini antara lain :

Bagaimana hasil perbedaan kualitas orthofoto yang diperoleh dari hasil pengolahan foto udara dengan tinggi terbang 70m dan 120m?

Sementara tujuan dilakukannya penelitian ini antara lain :

Mengetahui tingkat perbedaan ketelitian dari tinggi terbang yang berbeda.

METODE

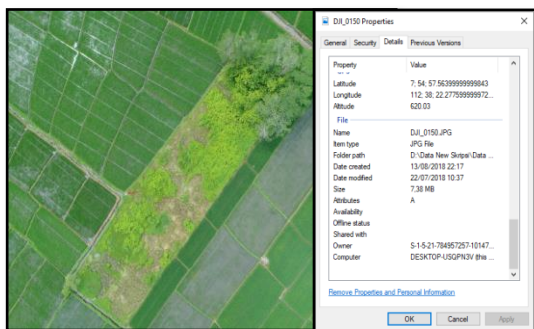
Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian di area Kampus 2 ITN Malang terletak di Kelurahan Tasikmadu, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang dengan luas area pemotretan ±113 ha.

Alat dan Bahan Penelitian

Bahan dan peralatan penelitian yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini terdiri dari:

- Foto Udara Tegak
adapun data dari foto udara tegak sebagai berikut :



Gambar 1. Foto Tegak

- Koordinat (X,Y,Z) titik control dan *Check Point*

Tabel 1. Koordinat *Ground Control Point* (GCP)

Code	Grid		Elevation (m)
	Easting (m)	Northing (m)	
GCP-01	680766,449	9124643,946	479,774
GCP-02	680460,187	9124896,518	487,33
GCP-03	680007,191	9125189,162	497,937
GCP-04	680269,743	9124299,486	485,831
GCP-05	679935,254	9124777,317	493,735
GCP-06	679888,184	9124360,443	490,701
GCP-07	679411,344	9124270,966	496,281
GCP-08	680276,364	9123949,76	476,421

Tabel 2. Koordinat *Independent Check Point* (ICP)

NO	Easting	Northing	Elevation (m)	CODE
1	679875,348	9124787,377	493,95	CP1
2	679839,606	9124888,116	495,233	CP10
3	680311,126	9124590,048	485,87	CP100
4	680285,376	9124615,292	486,221	CP101
5	680262,652	9124639,115	486,546	CP102
6	680347,88	9124553,409	485,531	CP104
7	680385,764	9124517,504	484,874	CP105
8	680406,816	9124547,767	484,532	CP106
9	680413,819	9124542,517	484,624	CP107
10	680418,82	9124541,417	484,392	CP108
11	680427,787	9124531,278	484,311	CP109
12	679842,666	9124892,414	495,145	CP11
13	680404,429	9124499,715	484,513	CP110
14	680449,617	9124559,381	484,013	CP111
15	680452,651	9124562,756	483,777	CP112
16	680463,921	9124553,918	483,548	CP113
17	680491,978	9124591,999	483,009	CP114
18	680487,662	9124598,086	483,164	CP115
19	680488,949	9124601,559	483,179	CP116
20	680484,469	9124606,85	483,076	CP117
21	680443,228	9124596,96	484,045	CP118
22	679871,702	9124935,615	494,921	CP12
23	680424,18	9124632,001	484,37	CP120
24	680412,145	9124641,419	484,151	CP121
25	680399,403	9124651,666	484,551	CP122
26	680425,615	9124686,561	483,728	CP123
267	680374,109	9124674,706	484,868	CP99

Peralatan penelitian yang akan digunakan terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak.

Perangkat keras yang digunakan antara lain:

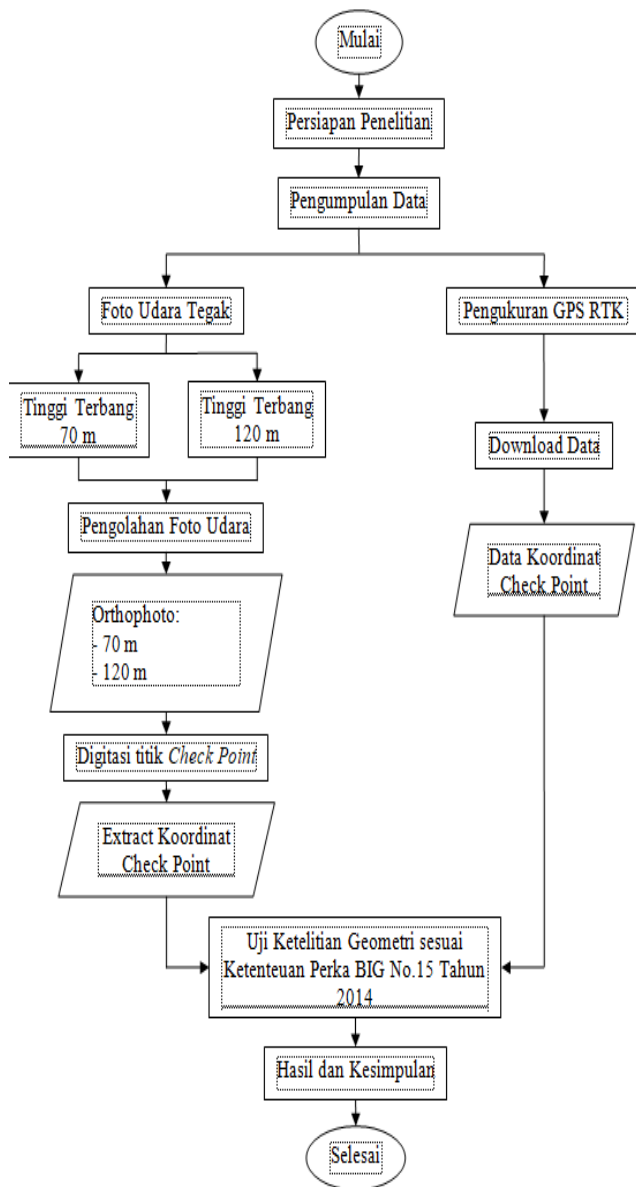
- Laptop untuk melakukan proses pengolahan dan penulisan laporan.
- Printer untuk mencetak hasil pengerjaan.
- Drone DJI Phantom 4 Pro untuk pengambilan foto udara
- GPS RTK untuk pengambilan data lapangan.

Sedangkan perangkat lunak (*software*) yang akan digunakan adalah:

- Microsoft office word 2010
- Microsoft office excel 2010
- Drone Deploy
- Agisoft Photoscan Professional
- Topcon Tools
- ArcGIS

Tahapan Penelitian

Adapun tahapan-tahapan penting dalam penelitian dapat dilihat pada gambar diagram alir berikut ini:



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Fotogrametri

Fotogrametri adalah suatu seni, pengetahuan dan teknologi untuk memperoleh informasi yang dapat dipercaya tentang suatu obyek fisik dan keadaan di sekitarnya melalui proses perekaman, pengamatan atau pengukuran dan interpretasi citra fotografis atau rekaman gambar gelombang elektromagnetik. (Sudarsono, 2001).

Pemetaan fotogrametri atau aerial surveying adalah teknik pemetaan melalui foto udara. Hasil pemetaan secara fotogrametri berupa peta foto dan tidak dapat langsung dijadikan dasar. Pemetaan fotogrametri tidak dapat lepas dari referensi pengukuran secara terestris, mulai dari penetapan *Ground Controls Point* (Titik Dasar Kontrol). Fotogrametri dapat didefinisikan sebagai kegiatan dimana aspek-aspek geometrik dari foto udara seperti sudut, jarak, koordinat ((Ligterink, 1987).

Foto Udara Tegak (Vertikal)

Foto udara tegak adalah foto udara yang dibuat dari pesawat terbang dengan arah sumbu optik kamera tegak lurus atau mendekati tegak lurus. Idealnya sumbu optik kamera walaupun mengalami kemiringan tidak lebih dari 1° . Hanya saja dalam kenyataan pekerjaan pemotretan banyak mengalami gangguan (getaran pesawat dan dorongan angin) menyebabkan terjadinya perubahan posisi pesawat, bagian depan pesawat terdorong ke atas dan mengalami pergeseran ke arah sumbu Y sehingga foto udara yang benar-benar vertical tidak dapat diperoleh. Oleh karena itu masih terdapat toleransi terhadap kemiringan/kesendangan sumbu optic ini sampai dengan 3° , lebih dari angka ini foto udara dianggap sebagai foto udara condong (*Tilted Photograph*). Khusus untuk foto udara condong terdapat teknik dan formula untuk pengukuran tersendiri, yang berbeda dari formula yang digunakan pada foto udara tegak (Hadi, 2007).



Gambar 3. Foto Udara Tegak

Ketentuan Tinggi Terbang di Wilayah Udara Indonesia

Pesawat udara tanpa awak adalah sebuah mesin terbang yang berfungsi dengan kendali jarak jauh oleh penerbang (Pilot) atau mampu mengendalikan dirinya sendiri dengan menggunakan hukum aerodinamika. Sesuai ketentuannya pada Peraturan Menteri no. 90 Tahun 2015, Peraturan ini mengatur mengenai persyaratan, batasan dan perizinan bagi pengoperasian sistem pesawat tanpa awak di ruang udara yang dilayani Indonesia. Dalam rangka menjaga keselamatan operasional penerbangan di ruang udara, yang dilayani Indonesia dari kemungkinan bahaya (hazard) yang ditimbulkan karena pengoperasian pesawat udara tanpa awak. Sebuah sistem pesawat udara tanpa awak tidak boleh dioperasikan pada ruang udara dengan ketinggian lebih dari 500 ft (150m). Dalam hal kondisi khusus untuk kepentingan pemerintah seperti patroli batas wilayah negara, patroli wilayah laut negara, pengamatan cuaca, pengamatan aktivitas hewan dan tumbuhan di taman nasional, survei dan pemetaan, Sebuah sistem pesawat

tanpa awak boleh dioperasikan di ketinggian lebih dari 500 ft (150 m) dengan izin yang diberikan oleh Direktur Jenderal Perhubungan Udara.

Ada beberapa faktor dalam penentuan tinggi terbang, yaitu (Liupurnomo, 2017):

1. Keamanan Drone

Penentuan ketinggian sebuah penerbangan haruslah memastikan bahwa drone tersebut aman dan bisa kembali dengan sempurna. Oleh karena itu, sebelum membuat flight plan harus di pastikan tidak ada objek yang lebih tinggi dari yang telah di tentukan, akan berbahaya jika flight plan setinggi 150 m ternyata ada sebuah menara setinggi 160 m. Demikian juga hal nya dengan kontur, perhatikan bahwa penerbangan berada 100 meter diatas kontur tertinggi di areal misi, sebab yang terbaca oleh kontur adalah kontur tanah, tidak menghitung tinggi objek diatas tanah, seperti tutupan vegetasi (Hutan) atau objek buatan lainnya (bangunan). Selain dari kontur, terlalu rendah sebuah penerbangan akan membuat line (jalur terbang) semakin banyak, dalam ini tentu saja harus perhatikan kemampuan baterai karena waktu penerbangan akan secara otomatis semakin lama.

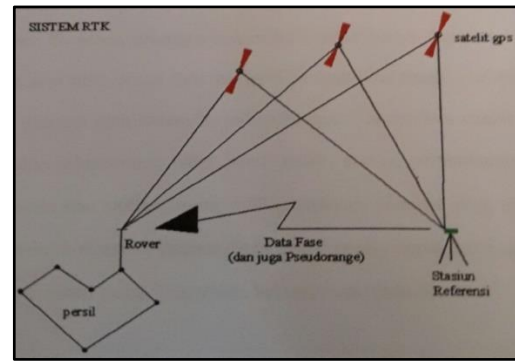
2. Data yang di hasilkan

Setelah memastikan Keamanan, hal selanjutnya yang tidak kalah penting adalah soal hasil. Bahwa semakin tinggi sebuah penerbangan, akan semakin rendah resolusi kamera. Dalam menentukan ketinggian terbang tergantung pada kebutuhan serta situasi dan kondisi. Semakin tinggi drone terbang, maka Resolusi gambar yang dihasilkan semakin rendah, sebab objek akan semakin jauh dari kamera. Sebaliknya, semakin rendah terbang Resolusi gambar semakin tinggi. Selain resolusi, hal lain yang dipengaruhi oleh drone ini adalah frame atau areal yang bisa di cover dalam satu kali potret kamera.

Metode RTK

Metode *Real Time Kinematic* (RTK) adalah salah satu metode yang digunakan dalam pengukuran GPS. Metode ini merupakan suatu sistem penentuan posisi *real time* secara diferensial menggunakan data fase. *Receiver* atau dalam konteks ini adalah pengguna akan menerima data fase dan *pseudorange* dari stasiun referensi secara *real time* dengan komun

ikasi tertentu. Dengan metode ini posisi suatu titik dimungkinkan dapat langsung didapatkan saat itu juga karena bersifat *real time*. Artinya tidak perlu dilakukan *post processing* untuk mendapatkan nilai posisi. Untuk ketelitian mencapai 1-5cm (Abidin, 2000).



Gambar 4. Metode Sistem RTK (Abidin, 2000)

Kualitas Orthofoto

Kualitas ortofoto dapat ditentukan dengan menggunakan kontrol kualitas dengan melakukan uji ketelitian. Uji ketelitian terdiri dari dua macam, yaitu uji ketelitian radiometrik dan uji ketelitian geometrik (Octariady, 2013).

Pada penelitian ini menggunakan uji ketelitian geometrik, sebelum melakukan uji ketelitian perlu dilakukan tahap koreksi geometrik. Koreksi geometrik pada dasarnya adalah meningkatkan ketelitian geometrik dengan menggunakan titik kontrol tanah (GCP) sebagai acuan dengan tujuan, yaitu melakukan rektifikasi (pembetulan) atau restorasi (pemulihan) citra agar koordinat citra sesuai dengan koordinat geografis. Kebenaran koreksi geometrik akan diuji dalam perhitungan *RMS Error* dan uji ketelitian geometrik untuk mendapatkan dan membuktikan kebenaran atau akurasi hasil yaitu citra yang telah terkoreksi. Ketelitian geometrik yang dimaksudkan adalah mengacu pada ketentuan Peraturan Kepala BIG Tentang Ketelitian Peta Dasar (Alawy & Sukojo, 2016).

Pengujian ketelitian perlu dilakukan agar data yang didapatkan dari foto udara bisa dikatakan sesuai dengan kondisi di lapangan. Secara teknis perhitungan ketelitian dilakukan dengan membandingkan data hasil klasifikasi dengan kondisi lapangan (Ibrahim, 2014).

Uji Ketelitian Horizontal dan Vertical

Dalam usaha mengetahui hasil analisis pemetaan menggunakan wahana UAV pada area luas tergolong dalam skala peta tertentu dan pada kelas tertentu, maka digunakan acuan ketelitian peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) yang dikeluarkan melalui Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (BIG) No 15 Tahun 2014 tentang ketelitian peta RBI, sebagaimana diuraikan pada **Tabel 3.**

Tabel 3. Kelas Ketelitian Peta Rupa Bumi oleh BIG

No.	Skala	Interval kontur (m)	Ketelitian Peta RBI					
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
			Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)
1.	1:1.000.000	400	200	200	300	300,00	500	500,00
2.	1:500.000	200	100	100	150	150,00	250	250,00
3.	1:250.000	100	50	50	75	75,00	125	125,00
4.	1:100.000	40	20	20	30	30,00	50	50,00
5.	1:50.000	20	10	10	15	15,00	25	25,00
6.	1:25.000	10	5	5	7,5	7,50	12,5	12,50
7.	1:10.000	4	2	2	3	3,00	5	5,00
8.	1:5.000	2	1	1	1,5	1,50	2,5	2,50
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	0,3	0,30	0,5	0,50

1. Circular Error 90 (CE90) adalah ukuran ketelitian geometrik horizontal yang didefinisikan sebagai radius lingkaran yang menunjukkan bahwa 90% kesalahan atau perbedaan posisi horizontal objek di peta dengan posisi yang dianggap sebenarnya tidak lebih besar dari radius tersebut.

2. Linear Error 90 (LE90) adalah ukuran ketelitian geometrik vertikal (ketinggian) yaitu nilai jarak yang menunjukkan bahwa 90% kesalahan atau perbedaan nilai ketinggian objek di peta dengan nilai ketinggian sebenarnya tidak lebih besar daripada nilai jarak tersebut.

Nilai Ketelitian disetiap kelas mengikuti **Tabel 3.** mengacu pada ketelitian horisontal dan vertikal maka dapat ditentukan kelas ketelitian peta rupa bumi.

Tabel 4. Nilai ketelitian Peta Rupa Bumi oleh BIG

Ketelitian	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
Horizontal	0.2mm x bilangan skala	0.3 mm x bilangan skala	0.5 mm x bilangan skala
Vertikal	0.5x interval skala	1.5 x ketelitian kelas 1	2.5 x ketelitian kelas 1

Nilai ketelitian pada **tabel 4** adalah nilai Circural Error (CE) 90 untuk ketelitian horisontal dan Linear Error (LE) 90 untuk ketelitian vertikal. Berdasarkan USNMAS (United States National Map Accuracy Standards) nilai CE90 dan LE90 dapat diperoleh mengikuti persamaan [1] dan [2] dengan mengacu kepada standar sebagai berikut:

$$CE90 = 1,5175 \times RMSEr \dots\dots\dots [1]$$

$$LE90 = 1,6499 \times RMSEz \dots\dots\dots [2]$$

Keterangan :

RMSEr : Root Mean Square Error pada posisi x dan y (horisontal)

RMSEz : Root Mean Square Error pada posisi z (vertikal)

Uji ketelitian posisi dilakukan hingga mendapatkan tingkat kepercayaan 90% CE dan LE. Jika hendak dilakukan uji ketelitian posisi maka suatu objek harus memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Dapat diidentifikasi dengan jelas di lapangan dan di peta yang akan diuji.
2. Merupakan objek yang relatif tetap tidak berubah bentuk dalam jangka waktu yang singkat.
3. Memiliki sebaran yang merata di seluruh area yang akan diuji.

Pengujian ketelitian posisi mengacu pada perbedaan koordinat (X,Y, dan Z) pada ortofoto dan DEM dengan ICP hasil ukuran GPS. Analisis ketelitian posisi menggunakan *Root Mean Square Error (RMSE)*. RMSE digunakan untuk menggambarkan ketelitian posisi meliputi kesalahan random dan sistematis. Nilai RMSE diperoleh melalui persamaan [3] persamaan [4] dan persamaan [5].

$$RMSEr = \sqrt{\frac{\sum(\Delta r)^2}{n}} \dots\dots\dots [3]$$

$$(\Delta r)^2 = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \dots\dots\dots [4]$$

$$RMSEz = \sqrt{\frac{\sum((z_{data} - z_{cek})^2)}{n}} \dots\dots\dots [5]$$

Keterangan :

n = Jumlah titik cek yang di uji

Δr = Nilai selisih jarak antara koordinat lapangan dengan koordinat peta ortofoto

Δx = Nilai selisih koordinat pada sumbu X

Δy = Nilai selisih koordinat pada sumbu Y

Z = Nilai koordinat pada sumbu Z

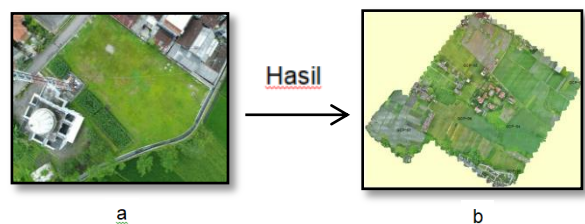
Nilai CE90 dan LE90 kemudian dihitung dengan persamaan [1] dan [2] kemudian nilai CE90 dan LE90 akan disesuaikan dengan kelas peta pada skala yang dipilih.

HASIL DAN PEMBAHASAN

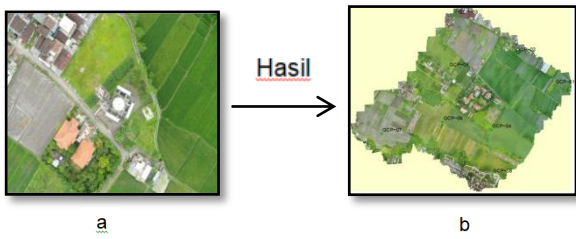
Dari serangkaian proses pemotretan, pengukuran dan pengolahan data, menghasilkan data-data yang digunakan untuk analisa dan pembahasan dalam penelitian ini, antara lain :

Hasil Pengolahan Data Foto

Hasil pengolahan data dari foto tegak yang menggunakan 8 titik GCP pada proses *Ortorektifikasi* di *Agisoft* adalah berupa *Orthophoto* yang sudah terektifikasi. *Orthophoto* yang dihasilkan dari foto tegak secara visual terlihat bagus karena bentuk objek yang terlihat seperti sawah, perumahan atau bangunan terlihat sesuai dengan kondisi aktual di lapangan sehingga bisa dijadikan sebagai sebuah peta. Pemotretan foto udara dilakukan dengan tinggi terbang yang berbeda yaitu ketinggian 70 m & 120 m. Kedua *orthophoto* tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 5. (a) Hasil Pemotretan dan (b) Hasil Pengolahan Foto Udara Tinggi 70m



Gambar 6. (a) Hasil Pemotretan dan (b) Hasil Pengolahan Foto Udara Tinggi 120m

Secara *Visual* tinggi 70m untuk jangkauan area dan kenampakan *object* saat pemotretan lebih kecil dan sedikit dibandingkan dengan tinggi 120m, karena posisi Drone lebih dekat dengan permukaan tanah, sehingga saat pemotretan hanya mendapatkan area seluas jangkauan kamera drone. Hal ini juga membuat resolusi foto pada tinggi terbang 70 m lebih baik dibanding 120 m. Kemudian melalui hasil *Orthophoto* tersebut dapat digunakan sebagai pertimbangan dibidang fotogrametri untuk melakukan pekerjaan survei dan pemetaan agar semakin efektif dan efisien.

Uji Ketelitian Geometri sesuai Ketentuan Perka BIG no.15 Tahun 2014

Setelah semua proses selesai dilakukan dan mendapatkan hasil berupa *Orthophoto*, yang kemudian untuk menguji apakah hasil dari *orthophoto* yang dibuat sesuai dengan data pengukuran dilapangan, maka dilakukan analisa selisih koordinat ICP hasil *orthophoto* dengan koordinat data pengukuran menggunakan GPS RTK dilapangan.

Pada proses analisa ini akan menggunakan dua *Orthophoto* tegak dengan tinggi terbang yang berbeda yaitu tinggi 70 dan 120m, untuk *orthophoto* tersebut menggunakan 267 titik uji ICP yang dapat diidentifikasi, serta hasil perhitungan RMSE.

Ketelitian Titik Uji/ Check Point

Pembahasan yang dilakukan pada sub-bab ini adalah hasil analisis perbandingan antara koordinat ICP (hasil dari GPS RTK) dengan koordinat *Check Point* foto udara hasil identifikasi digitasi pada *software ArcGIS 10.3*.

Dalam penelitian ini mengacu pada peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (BIG) Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar, bahwa dalam penetapan standar ketelitian peta diperlukan suatu pedoman teknis sehingga menghasilkan perhitungan yang akurat, handal, dipercaya, dan dapat dipertanggungjawabkan, serta untuk mewujudkan ketelitian peta yang berdaya guna. Berikut adalah hasil dari perhitungan RMSEr (X,Y, dan Z) pada *orthophoto* :

Tabel 5. Hasil Perhitungan RMSE Tinggi 70m

ΔX (X1-X2)	ΔY (Y1-Y2)	ΔZ (Z1-Z2)	ΔX^2	ΔY^2	ΔZ^2
0,005	0,014	0,400	0,000	0,000	0,160
0,010	0,030	0,342	0,000	0,001	0,117
0,065	0,029	0,568	0,004	0,001	0,323
0,021	0,031	0,451	0,000	0,001	0,203
0,084	0,120	0,566	0,007	0,014	0,320
0,002	0,035	0,403	0,000	0,001	0,162
0,027	0,014	0,440	0,001	0,000	0,194
0,027	0,032	0,411	0,001	0,001	0,169
0,024	0,038	0,405	0,001	0,001	0,164
0,056	0,005	0,490	0,003	0,000	0,240
0,005	0,007	0,486	0,000	0,000	0,236
0,041	0,013	0,270	0,002	0,000	0,073
0,026	0,011	0,499	0,001	0,000	0,249
0,018	0,051	0,509	0,000	0,003	0,259
0,055	0,070	0,567	0,003	0,005	0,321
0,042	0,093	0,770	0,002	0,009	0,593
0,030	0,097	0,603	0,001	0,009	0,364
$\Sigma \Delta =$			0,742	0,889	30,729
$\Sigma \Delta X^2 + \Sigma \Delta Y^2$			1,631		
RATA-RATA			0,006	0,115	
RMSE			0,078	0,339	
CE90			0,11860526		
LE90			0,55973		

Berdasarkan tabel di atas, nilai selisih koordinat X terbesar adalah 0,264 m yang terletak di CP207, terkecil adalah 0,001 m yang terletak di CP121, CP306, CP312, dan CP57, yang tidak memiliki selisih atau sama dengan 0,000 m terletak di CP17, CP220, CP234, CP27, dan CP322 . Nilai selisih koordinat Y yang terbesar adalah 0,386 m yang terletak di CP214, terkecil 0,001 m yang terletak di CP21, dan CP211, yang tidak memiliki selisih atau sama dengan 0,000m terletak di CP118, dan CP175. Kemudian selisih nilai koordinat Z yang terbesar adalah 0,77 m yang terletak di CP113, terkecil 0,12 m yang terletak di CP209. Nilai RMSE pada *Orthophoto* tegak tinggi 70m (ΔX dan ΔY) untuk koreksi geometrik memiliki nilai 0,078 m. sedangkan RMSE (ΔZ) memiliki nilai 0,339 m.

Hasil CE90 dari penelitian pada *orthophoto* dengan Tinggi 70m adalah sebesar 0,118 m, sehingga hasil citra *orthophoto* tersebut memenuhi ketentuan untuk skala 1:1000 dengan syarat ketelitian CE90 Horizontal (Kelas 1) 0,200 m. Sedangkan hasil LE90 adalah sebesar 0,559 m.

Tabel 6. Hasil Perhitungan RMSE Tinggi 120m

ΔX (X1-X2)	ΔY (Y1-Y2)	$\Delta Z(Z1-Z2)$	ΔX^2	ΔY^2	ΔZ^2
0,020	0,051	0,493	0,000	0,003	0,243
0,029	0,003	0,475	0,001	0,000	0,226
0,062	0,033	0,508	0,004	0,001	0,258
0,008	0,021	0,419	0,000	0,000	0,176
0,087	0,138	0,511	0,008	0,019	0,261
0,006	0,017	0,356	0,000	0,000	0,127
0,001	0,011	0,418	0,000	0,000	0,175
0,003	0,088	0,297	0,000	0,008	0,088
0,015	0,026	0,329	0,000	0,001	0,108
0,013	0,003	0,333	0,000	0,000	0,111
0,034	0,035	0,403	0,001	0,001	0,162
0,048	0,035	0,437	0,002	0,001	0,191
0,048	0,025	0,395	0,002	0,001	0,156
0,028	0,014	0,330	0,001	0,000	0,109
0,042	0,056	0,445	0,002	0,003	0,198
0,062	0,103	0,644	0,004	0,011	0,415
0,032	0,061	0,608	0,001	0,004	0,369664
$\Sigma\Delta=$			0,776	1,131	28,09247
$\Sigma\Delta X^2+\Sigma\Delta Y^2$			1,907		
RATA-RATA			0,007	0,105	
RMSE			0,085	0,324	
CE90			0,12826157		
LE90			0,535176		

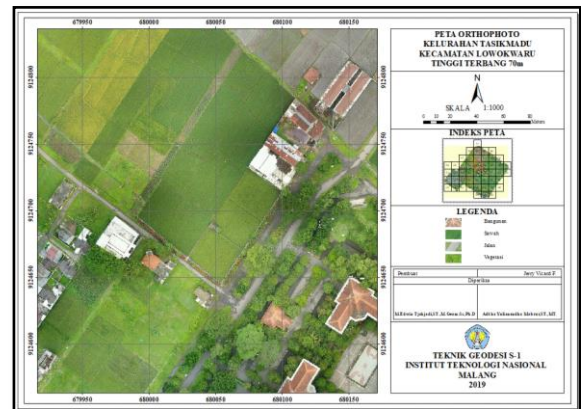
Berdasarkan tabel di atas, nilai selisih koordinat X terbesar adalah 0,372 m yang terletak di CP207, terkecil adalah 0,001 m yang terletak di CP105, CP257, CP 271, CP28, dan CP285, yang tidak memiliki selisih atau sama dengan 0,000 m terletak di CP165, CP280, CP312, dan CP58. Nilai selisih koordinat Y yang terbesar adalah 0,471 m yang terletak di CP214, terkecil 0,001 m yang terletak di CP114, dan CP244, CP254, dan CP65, yang tidak memiliki selisih atau sama dengan 0,000m terletak di CP317. Kemudian selisih nilai koordinat Z yang terbesar adalah 0,714 m yang terletak di CP92, terkecil 0,002 m yang terletak di CP195. Nilai RMSE pada *Orthophoto* tegak tinggi 120m (ΔX dan ΔY) untuk koreksi geometrik memiliki nilai 0,085 m. sedangkan RMSE (ΔZ) memiliki nilai 0,324 m.

Hasil CE90 dari penelitian pada *orthophoto* dengan Tinggi 120m adalah sebesar 0,128 m, sehingga hasil citra *orthophoto* tersebut memenuhi ketentuan untuk skala 1:1000 dengan syarat ketelitian CE90 Horizontal (Kelas 1) 0,200 m. Sedangkan hasil LE90 adalah sebesar 0,535 m.

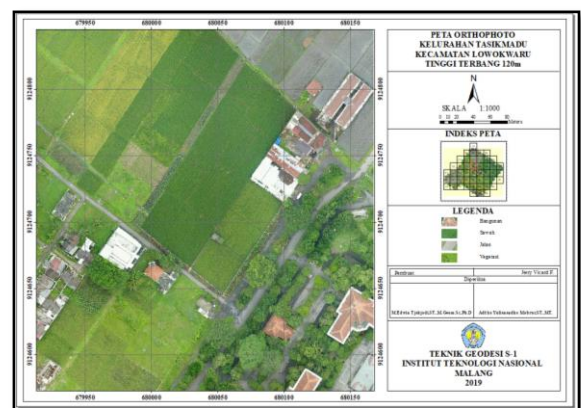
Peta Foto

Orthophoto yang dijadikan sebagai peta adalah *orthophoto* yang dihasilkan dari foto udara tegak. Skala yang dihasilkan dari pemotretan udara dengan *UAV Drone DJI Phantom 4 Pro* setelah melalui proses ortorektifikasi dan uji ketelitian adalah skala 1:1000. Dari skala yang dihasilkan tersebut dilakukan proses kartografi untuk pembuatan *layout* dan memberi informasi pada peta, seperti judul peta, sistem koordinat yang digunakan, skala, legenda, sumber peta, indeks peta, tahun pembuatan peta, serta koordinat grid pada tepi peta untuk menghasilkan peta *orthophoto* yang memiliki informasi tepi yang jelas sehingga bisa dijadikan sebagai peta dasar untuk perencanaan dalam berbagai macam bidang.

Berikut adalah hasil dari proses *layouting* peta *orthophoto* yang menggunakan sistem koordinat UTM WGS 1984 Zone 49S.



Gambar 7. Peta *Orthophoto* 70m



Gambar 8. Peta *Orthophoto* 120m

KESIMPULAN

1. Hasil perhitungan ketelitian komponen Horizontal tinggi terbang 70m adalah sebesar 0,118 m dan 0,128m untuk tinggi 120m. Sedangkan komponen Vertikal tinggi terbang 70m adalah sebesar 0,559 m dan 0,535m untuk tinggi 120meter.
2. Sehingga *Orthophoto* yang dihasilkan memenuhi ketentuan Perka BIG tentang ketelitian peta dasar skala 1 : 1000 dengan

syarat nilai ketelitian CE90 0,200m. Berdasarkan hasil perbandingan nilai titik *Check Point orthophoto* terhadap data GPS RTK yang mengacu pada Perka BIG, bahwa tinggi terbang yang berbeda tersebut memenuhi syarat dan ketelitian untuk dijadikan peta dasar, namun berbeda untuk nilai ketelitiannya.

DAFTAR PUSTAKA

Abidin, H. Z. 2007. *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.

Hadi, B.S. 2007. *Dasar-dasar Fotogrametri*. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.

Ibrahim, F., (2014). *Teknik Klasifikasi Berbasis Objek Citra Penginderaan Jauh untuk Pemetaan Tutupan Lahan Sebagian Kecamatan Melati Kabupaten Sleman*. Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

Ligterink, G. H. 1987. *Dasar Fotogrametri Interpretasi Foto Udara*. Jakarta: Universitas Indonesia.

Liupurnomo, 2017. *Pertimbangan utama dalam menentukan ketinggian misi penerbangan drone*.

Octariady, J. 2013. *Evaluasi Ketelitian Geometrik Peta Ortofoto*. Teknik Geodesi UGM, Yogyakarta.

Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar.

Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 90 Tahun 2015 tentang pengendalian pengoperasian pesawat udara tanpa awak di ruang udara yang dilayani Indonesia.

Sudarsono, B. (2012): *Buku Ajar Mata Kuliah Pemetaan Fotogrametri*. Fakultas Teknik Geodesi Universitas Diponegoro : Semarang.