

UJI AKURASI HORIZONTAL HASIL FOTO UDARA METODE *POST PROCESSING KINEMATIC* (PPK)

(Studi Kasus Desa Sanggrong, Kecamatan Jatiroto, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah)

Nur Isnaini Faizatul Ummah¹, Ir. Achmad Ruchlihadiana T., M.M.², Hidayat Mustafa, S.T., M. M.³

¹Mahasiswa Teknik Geodesi Universitas Winaya Mukti, Bandung

²Dosen pembimbing 1 Teknik Geodesi Universitas Winaya Mukti, Bandung

³Dosen pembimbing 2 Teknik Geodesi Universitas Winaya Mukti, Bandung

ABSTRAK

Pemotretan foto udara dilakukan dengan wahana UAV atau *drone*. Pengecekan kelayakan data akurasi foto udara dapat dilakukan menggunakan *Independent Check Point* (ICP). Nilai ketelitian geometri foto udara disesuaikan dengan Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 18 tahun 2021 Tentang Tata Cara Penyelenggaraan Informasi Geospasial.

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Sanggrong, Kecamatan Jatiroto, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah. Akuisisi foto udara dilakukan pada Oktober 2023. Pengujian ketelitian horizontal (CE90) Desa Sanggrong menggunakan dua belas (12) titik ICP.

Dari hasil pengolahan foto udara, nilai *Ground Sampling Distance* (GSD) ortofoto Desa Sanggrong sebesar 5.23 cm/pix. Dari hasil perhitungan uji ketelitian horizontal (CE90) sebesar 0.204 m maka kelas ketelitian horizontal yang dihasilkan dalam penelitian ini yaitu kelas 1 pada ketelitian Peta Skala 1:5000 dan/atau kelas 2 pada ketelitian Peta Skala 1:1000.

Kata Kunci : UAV, Foto Udara, Ortofoto, Ketelitian Horizontal

ABSTRACT

Aerial photography was carried out using a UAV or drone. Checking the feasibility of aerial photo accuracy data can be done using the Independent Check Point (ICP). The geometric accuracy value of aerial photos is adjusted to the Geospatial Information Agency Regulation Number 18 of 2021 concerning Procedures for Organizing Geospatial Information.

This research was conducted in Sanggrong Village, Jatiroto District, Wonogiri Regency, Central Java. Aerial photo acquisition was carried out in October 2023. The horizontal accuracy test (CE90) of Sanggrong Village used twelve (12) ICP points.

From the results of aerial photo processing, the Ground Sampling Distance (GSD) value of the Sanggrong Village orthophoto was 5.23 cm/pix. From the results of the horizontal accuracy test calculation (CE90) of 0.204 m, the horizontal accuracy class produced in this study is class 1 for the accuracy of the 1:5000 Scale Map and/or class 2 for the accuracy of the 1:1000 Scale Map.

Keywords : UAV, Aerial Photo, Orthophoto, Horizontal Accuracy

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dalam pekerjaan survei dan pemetaan dapat dilakukan dengan *extraterrestrial* seperti metode fotogrametris. 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. Seiring berkembangnya ilmu dan teknologi, teknik fotogrametri terus berkembang. Mulai dari analog, analitik, hingga digital (*Softcopy Photogrammetry*) (Santoso, 2001 dalam Syauqani, Subiyanto, & Suprayogi, 2017).

Foto udara merupakan citra yang direkam dari udara untuk memperoleh gambaran dari sebagian permukaan bumi dengan menggunakan wahana pesawat terbang dengan ketinggian tertentu dan menggunakan kamera tertentu. Foto udara tegak merupakan foto yang dihasilkan dari hasil pengambilan foto di mana pada saat pengambilan foto tersebut sumbu kamera berada dalam posisi tegak lurus dengan permukaan bumi. Jenis foto udara tegak merupakan jenis foto udara yang digunakan untuk keperluan pemetaan (Putri, Subiyanto, & Suprayogi, 2016).

Salah satu alternatif metode pemetaan secara fotogrametri adalah pemotretan udara menggunakan wahana *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). (UAV) atau *drone* adalah penerbangan tanpa awak yang dikendalikan dari jarak jauh tanpa adanya pilot di dalam pesawat (Martinus Edwin dan Tantrie Djauhari, 2019). *Drone/UAV* juga dilengkapi dengan sistem pengendali terbang melalui gelombang, navigasi presisi *Ground Positioning System* (GPS), dan elektronik kontrol penerbangan sehingga mampu terbang sesuai perencanaan terbang *autopilot* (Eisenbeiss, 2009) dalam Budi (2017). Dengan

memanfaatkan wahana UAV tempat *take off* dan *landing* wahana dapat lebih fleksibel pada area terbuka, waktu pemotretan dapat dilakukan kapanpun pada cuaca cerah, serta berbiaya relatif rendah.

Kualitas dari hasil foto udara menjadi hal yang penting untuk menjadi acuan kelayakan tingkat kepercayaan data. Untuk mengetahui kelayakan tersebut, perlu diketahui akurasi. Akurasi foto udara dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya jenis wahana, jenis sensor, ketinggian terbang, waktu akuisisi, kondisi cuaca, perangkat lunak pemrosesan, dan kemampuan sumberdaya manusia/operator. Dalam hal uji akurasi foto udara, dapat dilakukan dengan pengecekan titik uji yaitu ICP (*Independent Check Point*). ICP adalah titik kontrol tanah yang digunakan sebagai kontrol kualitas dari objek dengan cara membandingkan koordinat model dengan koordinat sebenarnya. 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). Selain akurasi, guna kebutuhan pemetaan hasil foto udara juga harus memperhatikan nilai GSD. *Ground Sampling Distance* (GSD) adalah nilai ukuran terkecil satu piksel yang terekam kamera. GSD merupakan besaran jarak antar titik tengah pixel yang berdekatan, diukur pada permukaan tanah. Penggunaan kamera dengan sensor yang tinggi dapat menghasilkan nilai GSD yang kecil, dimana nilai tersebut dapat berarti foto yang dihasilkan akan terlihat jelas. Besar nilai GSD berpengaruh terhadap hasil pengolahan foto udara, perencanaan tinggi terbang, dan penggunaan kamera perlu memperkirakan nilai GSD yang ingin dicapai.

Wahana yang akan digunakan dalam kegiatan ini ialah UAV CHC P330 Pro. Dengan spesifikasi wahana tersebut maka foto udara akan menghasilkan *Geotag* yang dapat diproses menggunakan metode *Post Processing Kinematic* (PPK). *Post-*

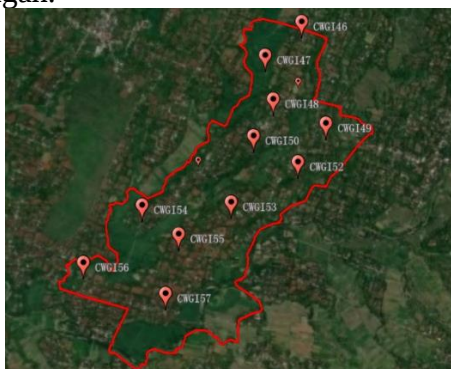
Processing Kinematic (PPK) merupakan penentuan posisi secara differensial dimana receiver GPS terus bergerak dan pengolahan datanya dilakukan sesudah pengamatan (Abidin H. Z., 2000). Metode ini digunakan untuk menyatukan data satelit yang diterima antara data GNSS *Base Station* dan GNSS UAV selama penerbangan dengan wahana. Pesawat dan *base station* akan mencatat data posisi GNSS masing-masing di seluruh penerbangan. Kemudian, data tersebut digabungkan setelah penerbangan untuk menghasilkan informasi posisi yang akan ditentukan secara akurat.

Untuk mengetahui nilai akurasi horizontal dari ortofoto yang dilakukan di Desa Sanggrong, Kecamatan Jatiroto, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah menggunakan titik uji berupa ICP. Penilaian dilakukan sesuai dengan aturan yang berlaku yaitu Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 18 tahun 2021 Tentang Tata Cara Penyelenggaraan Informasi Geospasial.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian tugas akhir ini dilakukan di Desa Sanggrong, Kecamatan Jatiroto, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Dalam penelitian tugas akhir ini digunakan metode perhitungan dan analisis. Adapun penggunaan metode perhitungan

dan analisis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan CE90

Metode ini digunakan untuk menguji ketelitian peta orthofoto. CE 90 merupakan ukuran ketelitian geometrik horizontal yang menunjukkan bahwa 90% kesalahan atau perbedaan posisi horizontal objek di peta dengan posisi yang dianggap sebenarnya tidak lebih besar dari radius lingkaran. Nilai CE90 diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$CE90 = 1,5175 \times RMSE_r \dots\dots\dots (1.1)$$

$$RMSE_x = \sqrt{\frac{\sum (x-x')^2}{n}} \dots\dots\dots (1.2)$$

$$RMSE_y = \sqrt{\frac{\sum (y-y')^2}{n}} \dots\dots\dots (1.3)$$

$$RMSE_r = \sqrt{(RMSE_x)^2 + (RMSE_y)^2} \dots\dots (1.4)$$

Dalam hal ini :

RMSE _r	= Root Mean Square Error Nilai (X/Y/r)
CE90	= Ukuran Ketelitian Geometri Horizontal
x,y	= Koordinat titik pada ortofoto
x',y'	= Koordinat titik ICP lapangan
n	= Jumlah titik uji

2. Identifikasi Hasil

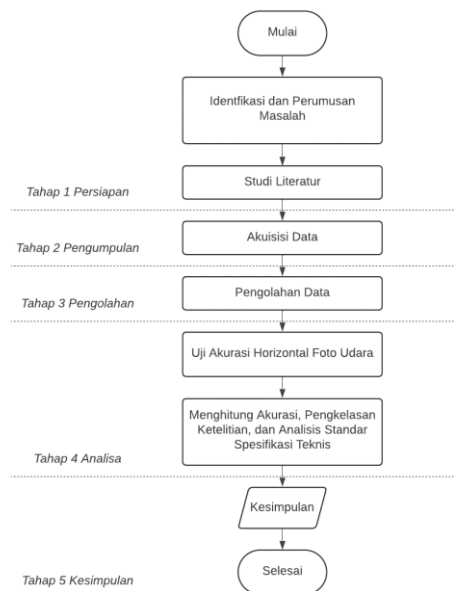
Metode ini dilakukan untuk mengidentifikasi hasil penelitian terhadap Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 18 tahun 2021 tentang Tata Cara Penyelenggaraan Informasi Geospasial. Analisis yang akan dilakukan diantaranya untuk mengetahui kesesuaian nilai ketelitian CE90, kelas ketelitian, dan uji kelayakan hasil.

Tabel 1. Spesifikasi Teknis Hasil Foto Udara (Peraturan BIG No 18 Tahun 2021)

No	Aspek	Ketentuan																		
1	Sistem Referensi Horizontal	SRGI2013																		
2	Tidak Ada Artefak Foto Udara	a. Sunspot b. Awan c. Void Pixel d. Bayangan Pesawat e. Asap f. Hal lain yang menutup objek di permukaan bumi																		
3	Kualitas Radiometrik	a. Kecerahan dan kontras yang baik b. Objek terlihat tegas dan tajam																		
4	Resolusi spasial foto udara (m)	<table><tr><th colspan="3">Skala 1 : 5.000</th><th colspan="3">Skala 1 : 1.000</th></tr><tr><th>Kelas 1</th><th>Kelas 2</th><th>Kelas 3</th><th>Kelas 1</th><th>Kelas 2</th><th>Kelas 3</th></tr><tr><td>0,25</td><td>0,50</td><td>0,75</td><td>0,05</td><td>0,10</td><td>0,15</td></tr></table>	Skala 1 : 5.000			Skala 1 : 1.000			Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	0,25	0,50	0,75	0,05	0,10	0,15
Skala 1 : 5.000			Skala 1 : 1.000																	
Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3															
0,25	0,50	0,75	0,05	0,10	0,15															
5	Kanal Warna	RGB																		
6	Pertampalan	a. Pertampalan ke muka (<i>forward overlap</i>) $\geq 80\%$ b. Pertampalan ke samping (<i>side overlap</i>) $\geq 60\%$																		
7	Bebas paraaks antarmodel dan antarjalur	Ya																		
8	Ketelitian Horizontal (CE90) (m)	<table><tr><th colspan="3">Skala 1 : 5.000</th><th colspan="3">Skala 1 : 1.000</th></tr><tr><th>Kelas 1</th><th>Kelas 2</th><th>Kelas 3</th><th>Kelas 1</th><th>Kelas 2</th><th>Kelas 3</th></tr><tr><td>0,5</td><td>1</td><td>2</td><td>0,125</td><td>0,25</td><td>0,375</td></tr></table>	Skala 1 : 5.000			Skala 1 : 1.000			Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	0,5	1	2	0,125	0,25	0,375
Skala 1 : 5.000			Skala 1 : 1.000																	
Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3															
0,5	1	2	0,125	0,25	0,375															

Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran yang dilaksanakan dalam kegiatan ini dapat dilihat dari diagram di bawah ini :



Gambar 2. Diagram alir kerangka penelitian

Pengolahan Data

Tahap pengolahan data dilakukan untuk mengolah data hasil akuisisi. Tahap pengolahan terdiri dari pengolahan data ICP, pengolahan data foto *Geotag*, dan pengolahan data foto udara.

Pengolahan Data ICP

Pengolahan data hasil pengamatan GNSS ICP dilakukan dengan *software CHC Geomatics Office 2* (CGO 2). Hasil pengolahan ICP akan digunakan dalam proses uji akurasi ketelitian geometri. Proses pengolahan data ICP terdiri dari *import* data, seleksi data satelit, pemrosesan *baseline*, dan proses *adjustment*.

Import data GNSS dilakukan terhadap 12 titik ICP yang sudah dilakukan akuisisi dan akan dicari nilai koordinat pastinya (*fix*) dengan sistem proyeksi yang akan digunakan yaitu sistem proyeksi UTM Zona 49S.

Seleksi satelit dilakukan untuk memilih dan mereduksi data pengamatan agar menghasilkan nilai elips kesalahan yang kecil sehingga terbentuk *baseline* yang baik. Pada pengolahan vektor *baseline* dilakukan perhitungan nilai vektor *baseline* karena vektor *baseline* akan terbentuk apabila data titik acuan dan titik pengukuran memiliki kesamaan waktu dan satelit pengamatan. Selanjutnya, perataan jaring (*adjustment*) untuk mendapatkan nilai koordinat dari titik-titik yang telah diamati, menyeragamkan data ukuran vektor *baseline*, dan pendistribusian kesalahan.

Pengolahan Data Foto *Geotag*

Pengolahan dilakukan terhadap data pengamatan *base* GNSS dan *post* UAV dengan *software CHC Geomatics Office 2* (CGO 2). Data *post* UAV terdiri dari data pengamatan GPS UAV dan data IMU. Pengolahan dilakukan dengan metode *Post Processing Kinematic* (PPK). Hasil dari pengolahan ini menjadikan setiap foto hasil

akuisisi akan mempunyai titik koordinat pasti.

Pengolahan Data Foto Udara

Pada pengolahan foto udara menggunakan perangkat lunak yaitu *Software* Pengolah Data Foto Udara. Dengan tahapan sebagai berikut:

a. *Align Photos*

Align Photos merupakan proses yang digunakan untuk mengidentifikasi titik-titik yang muncul pada gambar. *Align photos* dilakukan untuk mengidentifikasi titik-titik yang ada di masing-masing foto dan melakukan proses *matching* titik yang sama di dua atau lebih foto udara.

b. *Build Dense Point Clouds*

Dense point clouds adalah kumpulan titik tinggi dalam jumlah ribuan hingga jutaan titik yang dihasilkan dari pemrosesan fotogrametri foto udara. *Build dense clouds* bertujuan untuk interpolasi titik-titik yang masih renggang pada hasil *align photos* agar membentuk suatu objek yang berupa *point clouds*. Tahap ini merupakan tahap yang menghasilkan model tiga dimensi yang lebih detail dalam penggambaran objek sebenarnya.

c. *Build Mesh*

Build Mesh merupakan proses pembentukan model fisik 3D dari kenampakan-kenampakan yang ada di area liputan foto. Proses *build mesh* ini menjadi bahan utama untuk membuat DEM baik itu DSM, ortofoto maupun DTM.

d. *Build Digital Elevation Model (DEM)*

Digital Elevation Model merupakan model medan digital dalam format raster atau grid. *Build DEM* digunakan untuk penggambaran model relief rupa bumi tiga dimensi (3D) menyerupai keadaan sebenarnya.

e. *Build Orthomosaic*

Ortofoto adalah foto yang menyajikan gambaran obyek pada posisi ortografik yang benar yang telah dikoreksi kesalahan geometriknnya menggunakan data DEM sehingga dapat dimanfaatkan untuk

kepentingan pemetaan. *Ortofoto* dapat dibentuk setelah tahap *Build Dense Clouds*, *Mesh*, dan DEM selesai. Hasil dari pengolahan ini ditransformasikan ke format *raster* (*.tiff).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Akuisisi Data

Hasil akuisisi data pada penelitian ini terdiri atas data foto udara berupa *raw* foto dan *raw* hasil pengukuran ICP. Rincian dari hasil akuisisi tersebut dijelaskan sebagai berikut.

1. Akuisisi Data Foto Udara

Wahana yang digunakan yaitu UAV CHC P330 Pro dengan kamera jenis Alpha R4 61 MP. Akuisisi foto udara dilakukan pada tanggal 10-11 Oktober 2023. Foto hasil akuisisi berjumlah 384 foto.



Gambar 3. Raw Foto Udara

2. Akuisisi Data GNSS ICP

Data pengukuran GNSS pada ICP dilakukan pada tanggal 7-9 Oktober 2023 dengan metode *Premark*. Pengukuran *Base Station* dan *Independent Control Point (ICP)* menggunakan alat GNSS CHCNAV seri i50. Pengukuran terdiri dari 1 titik BM sebagai *Base Station* dan 12 titik ICP.



Gambar 4. Base Station dan ICP

Hasil Pengolahan Data GNSS ICP

Pengolahan data titik ICP diikatkan pada titik referensinya. Titik referensi yang digunakan yaitu titik CSLO. Titik BM01 merupakan *Base Station* yang telah diikatkan pada stasiun CORS CSLO. Data pengamatan *Base Station* dan ICP berupa data *raw* dengan format (.HCN) yang selanjutnya dikonversikan menjadi data format (.rinex) agar dapat dilanjutkan pengolahan ICP dengan *software CHC Geomatic Office 2 (CGO 2)*.

No	Nama Titik	Zona UTM	Northing (UTM) (m)	Easting (UTM) (m)	Latitude	Longitude
1	BM01	49 S	9128203.509	512850.444	07°53'12.84626" S	111°06'59.88467" E
2	CWG146	49 S	9128577.938	512870.824	07°53'00.65311" S	111°07'00.34687" E
3	CWG147	49 S	9128336.159	512550.123	07°53'08.52931" S	111°06'49.87529" E
4	CWG149	49 S	9127656.298	512413.986	07°53'30.66960" S	111°06'45.43518" E
5	CWG150	49 S	9127732.938	513067.549	07°53'28.16796" S	111°07'06.77951" E
6	CWG151	49 S	9127308.474	511612.535	07°53'42.00132" S	111°06'25.79498" E
7	CWG152	49 S	9127459.273	512786.853	07°53'37.08220" S	111°06'57.61462" E
8	CWG153	49 S	9126805.148	512081.683	07°53'58.38940" S	111°06'34.58961" E
9	CWG154	49 S	9126883.095	511427.535	07°53'55.85659" S	111°06'13.22443" E
10	CWG155	49 S	9126837.105	511795.55	07°53'57.35119" S	111°06'25.24422" E
11	CWG156	49 S	9126548.987	511004.184	07°54'06.73986" S	111°05'59.40039" E
12	CWG157	49 S	9126250.820	511688.639	07°54'16.44391" S	111°06'21.75736" E

Gambar 5. Koordinat *Base Station* dan ICP

Hasil Pengolahan Foto *Geotag*

Pada proses pengolahan data *Geotag* foto udara menggunakan data *drone/post UAV* berupa data IMU (*Inertial Measuring Unit*), data *rover UAV*, dan data pengamatan GNSS titik *base*. Titik koordinat *base* harus berupa nilai koordinat yang pasti (*fix*). Hal tersebut dikarenakan titik *base* berfungsi sebagai titik acuan pada proses pengolahan data *rover* dari UAV. Semua data tersebut akan dilakukan pengolahan menggunakan *software CHC Geomatics Office 2*. Hasil pengolahan dari *raw* data akuisisi foto udara yaitu menjadikan setiap foto hasil pemotretan menjadi foto *Geotag* atau memiliki koordinat disetiap fotonya.

Reference Station Name	BASELAV		
Start Time	10/11/2023	12:58:13	(week 2306, 4099184)
End Time	10/11/2023	14:05:51	(week 2306, 4866670)
Antenna Type	CHC50		
Antenna Height(m)	1.8000		
Latitude	-7.887121629		
Longitude	111.116134695		
Ellipsoid Height(m)	260.52257404		
Fixed solution ratio	99.748%		

GPS Time	RoverStation	Latitude	Longitude	Height(m)	N	E
2023-10-11-13:08:59.2140	1	-7.8871422	111.1162148	260.538	9128176.937	512810.278
2023-10-11-13:08:59.0940	2	-7.8871422	111.1162148	260.542	9128176.937	512810.278
2023-10-11-13:09:00.1340	3	-7.8871422	111.1162148	260.545	9128176.937	512810.278
2023-10-11-13:21:10.7150	4	-7.90892606	111.1065318	730.112	9125768.99	511742.313
2023-10-11-13:21:12.2370	5	-7.90888595	111.1059588	730.85	9125773.44	511679.16
2023-10-11-13:21:15.8340	6	-7.90889741	111.1058801	728.826	9125771.185	511615.374
2023-10-11-13:21:18.6340	7	-7.90890314	111.1048072	726.503	9125771.572	511552.222
2023-10-11-13:21:21.4340	8	-7.90892606	111.1042342	723.078	9125769.054	511489.067
2023-10-11-13:21:25.2350	9	-7.90893606	111.1038613	722.208	9125769.089	511425.913
2023-10-11-13:21:28.0340	10	-7.90895475	111.1038026	723.584	9125769.918	511362.127
2023-10-11-13:21:31.8340	11	-7.90898908	111.1025096	725.042	9125762.134	511298.973
2023-10-11-13:21:35.6340	12	-7.90898335	111.1019367	728.261	9125762.783	511235.82
2023-10-11-13:21:38.4340	13	-7.90894898	111.101318	728.197	9125766.588	511172.036
2023-10-11-13:22:21.2340	14	-7.90719	111.1009626	726.5	9125981.066	511128.507
2023-10-11-13:22:24.0340	15	-7.9072301	111.1015356	725.672	9125996.618	511191.66
2023-10-11-13:22:27.8340	16	-7.90725875	111.1021089	727.584	9125993.435	511254.812
2023-10-11-13:22:30.4340	17	-7.90725875	111.1020872	726.704	9125993.419	511318.588

Gambar 6. *Geotag* Foto

Hasil Pengolahan Ortofoto

Proses pengolahan ortofoto diawali dengan memproses data *dense point cloud* menjadi data *mesh*. Tahapan ini harus dilakukan supaya hasil foto udara dapat digabungkan menjadi sebuah foto tegak. Dalam proses penyusunannya, kualitas hasil ortofoto akan berbeda-beda. Ada dua hal yang dapat mempengaruhi hasil ortofoto, yaitu hasil foto udara yang akan disusun dan hasil *Geotag* foto yang digunakan. Setiap hasil foto udara ada yang memiliki kondisi kurang baik, seperti halnya berkabut, berawan, samar terlihat, dan memiliki eksposur foto yang berbeda disetiap hasil foto udara. Hal-hal tersebut juga dapat berpengaruh pada proses penyusunan ortofoto sehingga dapat menyebabkan penurunan geometri ortofoto.



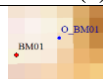
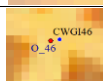
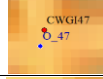
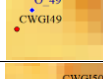
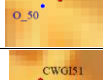
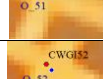
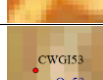
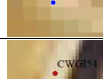
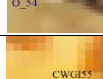
Gambar 7. Ortofoto Desa Sanggrong

Hasil ortofoto yang dihasilkan merupakan data foto udara yang telah terkoreksi secara geometris dan memiliki kualitas ortofoto yang tinggi (*High*). Sistem proyeksi yang digunakan yaitu sistem proyeksi Transverse Mercator 3° atau TM 3° karena hasil foto udara tersebut sudah dilakukan tranformasi. Hasil foto udara tersebut memiliki resolusi spasial (*Ground Sampling Disetance*) sebesar 5.23 cm/pixel dengan luas areanya yaitu 320 ha.

Hasil Uji Ketelitian Horizontal

Pengolahan uji ketelitian horizontal dilakukan menggunakan *software Global Mapper* terhadap hasil ortofoto yang sudah diolah. Proses uji ketelitian, menggunakan data pembanding antara koordinat ICP lapangan yang telah diolah dan titik koordinat ICP hasil identifikasi pada ortofoto yang telah diolah. Tahapan uji ketelitian horizontal (CE90) bertujuan untuk memperoleh perbedaan nilai atau nilai kesalahan antara titik hasil lapangan dengan titik hasil identifikasi dari ortofoto. Data koordinat titik yang dibandingkan yaitu titik koordinat X (*Easting*) dan titik koordinat Y (*Northing*).

Tabel 2. Nilai Perbandingan Selisih ICP

Titik ICP	Kenampakan Visual Pengolahan ICP (●) dan Identifikasi ICP Ortofoto (●)	Selisih X (m)	Selisih Y (m)
BM01		0.136	0.058
CWGI46		0.057	0.012
CWGI47		0.025	0.106
CWGI49		0.063	0.083
CWGI50		0.114	0.044
CWGI51		0.091	0.062
CWGI52		0.050	0.065
CWGI53		0.067	0.091
CWGI54		0.199	0.164
CWGI55		0.063	0.036

Selisih nilai koordinat X antara koordinat ICP lapangan dan ICP identifikasi berkisar antara 0.025 m hingga 0.199 m. Sedangkan, selisih nilai koordinat Y antara koordinat ICP lapangan dan ICP

identifikasi berkisar antara 0.012 m hingga 0.183 m. Nilai pergeseran koordinat X yang terbesar yaitu pada titik CWGI54 sebesar 0.199 m. Sedangkan, nilai pergeseran koordinat Y yang terbesar yaitu pada titik CWGI57 sebesar 0.183 m. Nilai perbandingan selisih ICP horizontal tersebut digunakan untuk melakukan perhitungan RMSE dan nilai CE90.

Tabel 3. Perhitungan RMSE dan CE90

FORM.AK 05.05		FORM.AK 05.05							
		UJI KETELITIAN HORIZONTAL							
		AKUISISI FOTO UDARA WONOGIRI (WONOGIRI)							
No.	Nama Titik	X (ICP)	X (Mosaik Orto)	(D X) ²	Y (ICP)	Y (Mosaik Orto)	(D Y) ²	(D X) ² + (D Y) ²	
A	B	C	D	F	G	H	J	K	
1	BM01	512850.4435	512850.5799	0.018606	9128203.567	9128203.567	0.003414	0.022020	
2	CWGI46	512870.8244	512870.8815	0.003262	9128577.938	9128577.95	0.000152	0.003414	
3	CWGI47	512550.1233	512550.0988	0.000600	9128336.159	9128336.053	0.011285	0.011885	
4	CWGI49	512413.9863	512414.0495	0.003990	9127656.298	9127656.381	0.006830	0.010819	
5	CWGI50	513067.5491	513067.4355	0.012900	9127732.938	9127732.894	0.001958	0.014858	
6	CWGI51	511812.5345	511812.6253	0.008244	9127308.474	9127308.412	0.003861	0.012105	
7	CWGI52	512786.8532	512786.9032	0.002495	9127459.273	9127459.208	0.004222	0.006717	
8	CWGI53	512081.6827	512081.7499	0.004518	9126805.148	9126805.057	0.008368	0.012885	
9	CWGI54	511427.5346	511427.3353	0.039713	9126883.095	9126882.931	0.026896	0.066608	
10	CWGI55	511795.5501	511795.6131	0.003974	9126837.105	9126837.069	0.001279	0.005253	
11	CWGI56	511004.184	511004.2521	0.004639	9126548.987	9126548.931	0.003148	0.007787	
12	CWGI57	511688.639	511688.5429	0.009232	9126250.82	9126250.637	0.033643	0.042875	
Jumlah								0.217	
Rata-Rata								0.018	
RMSE								0.135	
Akurasi								0.204	

Berdasarkan tabel perhitungan RMSE dan CE90, diketahui bahwa nilai RMSE yang dihasilkan sebesar 0.135 m dan nilai CE90 sebesar 0.204 m.

Hasil Kelas Ketelitian Horizontal

Pengkelasan ketelitian dilakukan terhadap hasil perhitungan nilai akurasi horizontal (CE90) yang telah dilakukan yaitusebesar 0.204 m. Nilai akurasi dianalisis berdasarkan Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 18 tahun 2021 Tentang Tata Cara Penyelenggaraan Informasi Geospasial. Dengan demikian, hasil kelas ketelitian horizontal yang dihasilkan dalam penelitian ini yaitu kelas 1 pada ketelitian Peta Skala 1:5000 dan/atau kelas 2 pada ketelitian Peta Skala 1:1000.

Tabel 4. Kelas Ketelitian Peta Berdasarkan Skala

		Ketelitian Peta skala			PERBIG NOMOR 18 TAHUN 2021
Ketelitian	CE90	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	
Horizontal	0.204	0.5	1.0	2.0	
		Ketelitian Peta skala			
		Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	
		0.125	0.250	0.375	

Hasil Analisis Standar Spesifikasi Teknis Hasil Foto Udara

Analisis standar spesifikasi teknis hasil foto udara dilakukan untuk melakukan penilaian dan analisis terhadap komponen data foto udara, pengolahan foto udara, dan hasil ortofoto. Informasi tersebut dianalisis sesuai dengan standar spesifikasi teknis hasil foto udara berdasarkan Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 18 tahun 2021 Tentang Tata Cara Penyelenggaraan Informasi Geospasial. Dengan tahap analisis ini, akan diketahui apakah data foto udara, pengolahan foto udara, dan hasil ortofoto sudah memenuhi aspek-aspek yang ada dalam standar spesifikasi teknis hasil foto udara.

Tabel 5. Analisis Standar Spesifikasi Teknis

No	Aspek	Hasil	Kesimpulan
1	Sistem Referensi Horizontal	Terikat dengan CORS SLO	Memenuhi
2	Tidak Ada Artefak Foto Udara	Tidak ada artefak pada ortofoto yang dihasilkan	Memenuhi
3	Kualitas Radiometrik	Hasil ortofoto memiliki kualitas radiometrik yang baik	Memenuhi
4	Resolusi spasial foto udara (m)	Nilai hasil GSD sebesar 5.23 cm/pix, sehingga berada pada kelas 1 skala 1:5000 dan/atau kelas 2 skala 1:1000	Memenuhi
5	Kanal Warna	Memiliki kanal Warna RGB	Memenuhi
6	Pertampalan	Data foto udara memiliki pertampalan ke muka $\geq 80\%$ dan pertampalan ke	Memenuhi
7	Bebas paralaks antarmodel dan antarjalur	Data foto udara tidak memiliki paralaks antarmodel dan antarjalur	Memenuhi
8	Ketelitian Horizontal (CE90) (m)	Nilai CE90 sebesar 0.204 m, sehingga berada pada kelas 1 skala 1:5000 dan/atau kelas 2 skala 1:1000	Memenuhi

Dengan demikian, seluruh aspek yang ada dalam standar spesifikasi teknis tersebut dari data foto udara, pengolahan foto udara, dan hasil ortofoto memenuhi aspek-aspek yang ada. Dengan demikian, dapat dibuktikan bahwa pengolahan foto udara hingga ortofoto yang dihasilkan sudah sesuai dengan standar spesifikasi teknis yang ada dalam Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 18 tahun 2021.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan yang sudah dilakukan pada penelitian Uji Akurasi Horizontal Hasil Foto Udara Metode *Post Processing Kinematic* (PPK) dalam Studi Kasus Desa Sanggrong,

Kecamatan Jatiroto, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah, didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil yang diperoleh dari perhitungan uji akurasi pada ortofoto Desa Sanggrong, Kecamatan Jatiroto, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah, menunjukkan bahwa nilai ketelitian geometri horizontalnya sebesar 0.204 meter.
2. Sesuai dengan Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 18 tahun 2021 tentang Tata Cara Penyelenggaraan Informasi Geospasial, dengan hasil ketelitian geometri horizontal sebesar 0.204 m maka kelas ketelitian dari ortofoto yang dihasilkan yaitu kelas 1 pada ketelitian skala peta 1:5000 dan/atau kelas 2 pada ketelitian Peta Skala 1:1000.
3. Analisis yang dilakukan terhadap standar spesifikasi teknis hasil foto udara metode *Post Processing Kinematic* (PPK) berupa ortofoto, menunjukkan bahwa hasil ortofoto tersebut telah diuji kelayakannya. Hasil ortofoto tersebut telah memenuhi aspek-aspek yang ada pada standar spesifikasi teknis foto udara. Dengan demikian, ortofoto tersebut dapat digunakan untuk keperluan lanjutan seperti pemetaan, penataan kota, dan lain sebagainya.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian serta pengolahan data dalam penelitian ini, maka beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Pada pukul 11.00 WIB hingga 13.00 WIB tidak direkomendasikan melakukan akuisisi pemotretan foto udara, supaya menghindari tingginya intensitas cahaya matahari yang dapat menyebabkan perubahan kontras warna pada objek yang terekam.
2. Pada proses pelaksanaan pemasangan *premark*, sebaiknya memilih bentuk dan

warna kontras dengan daerah akuisisi. Selain itu, pemilihan lokasi titik uji juga menjadi hal yang perlu diperhatikan. Sama halnya dengan pemilihan titik *postmark*, pemilihan lokasi dan objek yang akan dijadikan titik uji juga menjadi hal yang sangat diperlukan. Hal tersebut bertujuan untuk memudahkan proses identifikasi ICP (*Independent Check Point*).

3. Penelitian lanjutan sangat dapat dilakukan pada penelitian ini, seperti halnya pembuatan bentuk 3 dimensi dari data penelitian ini.
4. Dengan pembahasan materi yang hampir sama dengan penelitian ini, penelitian ini dapat dilakukan dengan alat, wahana, dan *software* yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z. (2007). Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya. In (3rd ed.). Jakarta, Indonesia: PT. Pradnya Paramita.
- Abidin, H. Z. (2000). Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Badan Informasi Geospasial. 2021. Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 18 Tahun 2021 Tata Cara Penyelenggaraan Informasi Geospasial. Indonesia.
- Edwin T, Martinus dan Tantrie Djauhari. 2019. Modeling 3 Dimensi Sungai dari Foto Udara. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang.
- Eisenbeiss, H., & Zürich, E. T. H. (2009). UAV photogrammetry. In *Institute of Photogrammetry and Remote Sensing* (Issue 18515).
- Hadi, B S. 2007. Dasar-Dasar Fotogrametri. Yogyakarta: Jurusan Pendidikan Geografi.
- Harintaka, 2008, *Evaluasi Penerapan Mini Bundle Block Adjustment pada Foto Udara Format Kecil*, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- I Putu Harianja Prayogo, F. J. (2020). Pemanfaatan Teknologi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) Quadcopter Dalam Pemetaan Digital (Fotogrametri) Menggunakan Kerangka *Ground Control Point* (GCP). Jurnal Ilmiah Media Engineering Vol. 10 No. 1, 12.
- Lailissaum, A. 2015. Peran Informasi Geospasial Untuk Mendukung Pembentukan Desa. Cibinong: Badan Informasi Geospasial
- Putri, K. M., Subiyanto, S., & Suprayogi, A. 2016. Pembuatan Peta Wisata Digital 3 Dimensi Obyek Wisata Brown Canyon Secara Interaktif Dengan Menggunakan Wahana *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). Jurnal Geodesi Undip, 6(1).
- Sandau, R. 2010. *Status and trends of small satellite missions for Earth observation*. Article. Acta Astronautica, 66(2); 112.
- Syauqani, A., Subiyanto, S., & Suprayogi, A. 2017. Pengaruh Variasi Tinggi Terbang Menggunakan Wahana *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) Quadcopter Dji Phantom 3 Pro Pada Pembuatan Peta Ortofoto. Jurnal Geodesi Undip, 6(1).