

ANALISIS PERBANDINGAN KETELITIAN ORTOFOTO HASIL REKTIFIKASI MENGGUNAKAN METODE POST PROCESSING KINEMATIC (PPK) DAN GROUND CONTROL POINT (GCP)

Candra Nugraha¹, Levana Apriani. S.T., M.T.²

¹Mahasiswa Teknik Geodesi Universitas Winaya Mukti, Bandung

²Dosen Pembimbing Teknik Geodesi Universitas Winaya Mukti, Bandung

ABSTRACT

In Indonesia, the availability of large-scale maps is still lacking. The use of photogrammetry still has obstacles. One of the reasons is that the photogrammetric method with GCP requires more time and money to obtain data. The purpose of this research is to compare the horizontal and vertical accuracy of orthophoto produced by UAV equipped with GCP with orthophoto equipped with PPK, which is an alternative to GCP method.

This research was conducted at Anggrek Street, Tampotikka Village, Wara Sub-district, Palopo City, South Sulawesi Province and has an area of 4.8 hectares. The acquisition process involved four ICP points and three GCP points. Aerial photography data processing software was used to process 99 images generated from aerial photography. This test includes horizontal and vertical accuracy tests to determine the scale designation used by BIG Head Regulation Number 6 of 2018 concerning Amendments to the Head of the Geospatial Information Agency Regulation Number 15 of 2014 concerning Technical Guidelines for Base Map Accuracy.

In this study, photogrammetric acquisition with the PPK method produced a horizontal accuracy of 0.069 m and a vertical accuracy of 0.944 m, so that the PPK method met the optimum scale of 1:2500 in class 3. Meanwhile, photogrammetric acquisition with the GCP method produced a horizontal accuracy of 0.041 m and a vertical accuracy of 0.103 m, so that the GCP method met the optimum scale of 1:1000. In the comparison of the two methods, it can be concluded that the results of horizontal and vertical accuracy of GCP are better than PPK, so that the results of PPK accuracy cannot replace GCP accuracy.

Keywords: *accuracy, GCP, orthophoto, PPK, UAV*

ABSTRAK

Di Indonesia, ketersediaan peta skala besar masih kurang. Penggunaan fotogrametri masih memiliki kendala. Salah satu penyebabnya adalah metode fotogrametri dengan GCP yang membutuhkan waktu dan biaya lebih besar untuk mendapatkan data. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan ketelitian horizontal dan vertikal ortofoto yang dihasilkan oleh UAV yang dilengkapi GCP dengan ortofoto yang dilengkapi PPK, yang merupakan alternatif dari metode GCP.

Penelitian ini dilakukan di Jalan Anggrek, Kelurahan Tampotikka, Kecamatan Wara, Kota Palopo, Provinsi Sulawesi Selatan dan memiliki luas 4,8 hektar. Proses akuisisi ini melibatkan empat titik ICP dan tiga titik GCP. Perangkat lunak pengolahan data foto udara digunakan untuk mengolah 99 foto yang dihasilkan dari foto udara. Pengujian ini meliputi uji akurasi horizontal dan vertikal untuk mengetahui peruntukan skala yang digunakan Peraturan Kepala BIG Nomor 6 Tahun 2018 tentang Perubahan atas Peraturan

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

Pada penelitian ini akuisisi fotogrametri dengan metode PPK menghasilkan akurasi horizontal sebesar 0,069 m dan akurasi verikal sebesar 0,944 m, sehingga metode PPK memenuhi skala optimum 1:2500 pada kelas 3. Sedangkan pada akuisisi fotogrametri dengan metode GCP menghasilkan akurasi horizontal sebesar 0,041 m dan akurasi verikal sebesar 0,103 m, sehingga metode GCP memenuhi skala optimum 1:1000. Pada hasil perbandingan kedua metode tersebut dapat disimpulkan bahwa hasil akurasi horizontal dan vertikal GCP lebih baik dari PPK, sehingga hasil akurasi PPK tidak bisa menggantikan akurasi GCP.

Kata kunci: akurasi, GCP, ortofoto, PPK, UAV

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Teknologi fotogrametri merupakan salah satu terobosan pemetaan dalam penyediaan peta kerja skala besar. Fotogrametri terus mengalami perkembangan seiring dengan berkembangnya teknologi digital, seperti pengoperasian, komputerisasi dan perangkat lunaknya, sehingga dalam penyajian data foto udara menjadi cepat dan mudah. *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) atau yang disebut juga dengan pesawat tanpa awak merupakan pengembangan teknologi wahana fotogrametri untuk memperoleh data secara praktis dan mudah. Dalam memperoleh ketelitian geometri yang lebih merepresentasikan dengan koordinat tanah diperlukan Titik Kontrol Tanah (TKT) atau *Ground Control Point* (GCP) dalam fotogrametri.

Pada penelitian ini, fotogrametri konvensional dengan GCP merupakan proses produksi ortofoto menggunakan modul *Global Navigation Satellite System* (GNSS). GCP dapat diidentifikasi dalam bentuk koordinat geosentrik atau geodetik dan ketinggian di permukaan bumi. GCP diukur dengan GNSS tipe geodetik ketelitiannya hingga sentimeter (Abidin, 2006) GCP berfungsi untuk georeferensi foto udara. Pada kegiatan akuisisi data, pengukuran GCP membutuhkan waktu dan biaya yang lebih tinggi, bahkan melebihi akuisisi data foto udara.

Seiring dengan berkembangnya teknologi fotogrametri, metode *Post Processing Kinematic* (PPK) menjadi metode alternatif untuk memperoleh efektivitas pengukuran yang lebih baik tanpa harus melakukan pengukuran GCP. Metode PPK dapat diaplikasikan pada akuisisi foto udara menggunakan UAV yang dilengkapi modul GNSS. Modul GNSS merupakan *rover receiver* GNSS yang praktis dan berfungsi untuk memperoleh koordinat. Modul GNSS didesain berukuran kecil agar dapat diikatkan ke UAV. Modul GNSS yang digunakan yaitu GNSS jenis skytraq dengan ketelitian hingga sentimeter (Atunggal, 2017). Pada prinsipnya, metode PPK menggunakan minimal dua *receiver* GNSS dalam pengukuran, yaitu sebagai titik *fix* untuk *base* dan modul GNSS sebagai *rover*. Modul GNSS melakukan perekaman data secara *real-time* sehingga dapat mengurangi waktu dan biaya ketika melakukan pemetaan fotogrametri sehingga masih perlu dikembangkan.

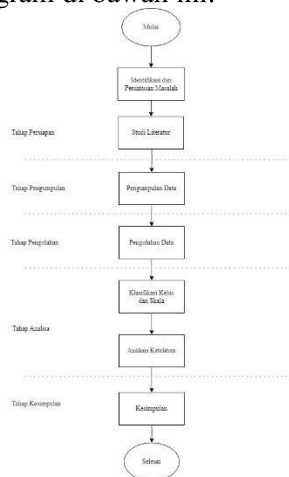
Akuisisi foto udara dengan PPK dan metode GCP memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Salah satu komponen penting dalam pemetaan yaitu tingkat akurasi, sehingga diperlukan evaluasi hasil akurasi metode PPK yang dibandingkan dengan data UAV dengan GCP untuk kebutuhan pemetaan. Maka dari latar belakang ini akan dilakukan perbandingan untuk mengetahui ketelitian GCP dan PPK.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif yang berfokus pada mengumpulkan, menganalisis dan menginterpretasikan informasi. Pada penelitian ini digunakan beberapa tahapan metode dalam pengolahan data untuk menghasilkan informasi. Tahapan tersebut antara lain pengumpulan data, pengolahan data, dan analisis hasil.

Kerangka Pemikiran

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



Gambar 1. Kerangka Pemikiran

Tahap Pengolahan Data

Pada pengolahan foto udara menggunakan perangkat lunak pengolahan foto udara. Dengan tahapan sebagai berikut:

a. *Align Photos*

Align Photos atau penggabungan foto yang sudah terpilih. Teknik *generic* digunakan untuk mempercepat proses *alignment photo* karena secara otomatis akan melakukan *scan* pada foto yang memiliki pandangan sama.

b. *Georeference GCP*

Import GCP dilakukan untuk memberi referensi koordinat X, Y, Z terhadap proses *align photos*, sehingga DEM dan ortophoto yang dibentuk dapat diperbaiki kualitas geometriknya.

Tabel 1. Koordinat GCP dan ICP

ID	Easting (Meter)	Northing (Meter)	Elevation (Meter)
BASE 15	188598.109	9667355.085	69.292
GCP57	188522.592	9667291.267	69.529
GCP58	188568.144	9667421.568	69.507
GCP59	188654.076	9667388.106	68.567
ICP26	188598.221	9667359.653	69.300
ICP27	188578.169	9667403.857	68.881
ICP28	188559.660	9667311.600	69.174
ICP29	188664.097	9667338.863	68.738

c. Integrasi Koordinat PPK (*Geotagging*)

Integrasi Koordinat PPK atau *geotagging* berfungsi untuk penambahan informasi berupa nilai koordinat pada foto.

d. *Build Point Clouds*

Point clouds adalah kumpulan titik tinggi dalam jumlah ribuan hingga jutaan titik yang dihasilkan dari pemrosesan fotogrametri foto udara.

e. *Build Digital Elevation Model (DEM)*

DEM merupakan model medan digital dalam format raster atau grid. Dari data DEM dapat diturunkan informasi elevasi hingga ke permodelan lebih lanjut seperti *cut and fill*.

f. *Build Orthomosaic*

Orthomosaic adalah foto udara yang telah dikoreksi kesalahan geometriknya menggunakan data DEM sehingga dapat dimanfaatkan untuk kepentingan pemetaan.

g. Uji Ketelitian Posisi Horizontal dan Posisi Vertikal

Uji ketelitian posisi ortofoto yang diolah menggunakan koordinat GNSS PPK dan ortofoto yang diolah menggunakan koordinat GCP mengacu pada peraturan kepala BIG No. 6 Tahun 2018, sehingga uji ketelitian dilakukan dengan membandingkan koordinat horizontal dan vertikal pada ortofoto yang diolah menggunakan koordinat PPK dengan hasil pengamatan GNSS (ICP) dan pada ortofoto yang diolah menggunakan koordinat GCP dengan hasil pengamatan GNSS pada ICP. Untuk peraturan ketelitian peta RBI dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Ketelitian Geometri Peta RBI (BIG,2018)

No.	Skala	Interval Kontur (m)	Ketelitian Peta RBI					
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
			Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (CE90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (CE90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (CE90 dalam m)
1	1:1000.000	400	300	200	600	300	300	400
2	09:20.0	200	150	100	300	150	450	200
3	05:10.0	100	75	50	150	75	225	100
4	02:40.0	40	30	20	60	30	90	40
5	01:50.0	20	15	10	30	15	45	20
6	01:25.0	10	7,5	5	15	7,5	22,5	10
7	01:10.0	4	3	2	6	3	9	4
8	01:05.0	2	1,5	1	3	1,5	4,5	2
9	01:02.5	1	0,75	0,5	1,5	0,75	2,3	1
10	01:01.0	0,4	0,3	0,2	0,6	0,3	0,9	0,4

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Uji Ketelitian Horizontal dan Vertikal

Tahap uji ketelitian horizontal dan vertikal dilakukan pada ortofoto yang diolah menggunakan koordinat PPK dan ortofoto yang diolah menggunakan koordinat GCP. Uji ketelitian dilakukan untuk mencari nilai RMSE dan nilai akurasi pada setiap ortofoto yang digunakan untuk menentukan nilai skala dengan mengacu pada ketelitian peta RBI.

a. Hasil Ketelitian Ortofoto dengan Metode PPK

Setelah terbentuknya ortofoto kemudian dilakukan uji ketelitian nilai koordinat horizontal dan vertikal. Untuk ketelitian horizontal dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Ketelitian Horizontal Ortofoto PPK

Nama titik	Titik foto PPK (UTM)		ICP (UTM)		Selisih		Selisih		Ketelitian Horizontal (m)
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	E'2 (m)	N'2 (m)	
26	188598.257	9667359.689	188598.221	9667359.653	0.036	0.036	0.00130	0.0013	0.0026
27	188578.134	9667403.892	188578.169	9667403.857	-0.035	0.035	0.00122	0.0012	0.0024
28	188559.677	9667311.548	188559.660	9667311.600	0.017	-0.052	0.00028	0.0027	0.0030
29	188664.101	9667338.884	188664.097	9667338.863	0.004	0.021	0.00001	0.0004	0.0005
Rata-rata Ketelitian (m)									0.0021
RMSE (m)									0.046
CE90 (m)									0.070

Tabel 3. merupakan hasil hitungan ketelitian horizontal yang mengacu pada ketelitian peta RBI. Rata-rata selisih ketelitian yang dihasilkan dari hitungan tabel 3 sebesar 0,0021 m, nilai RMSE sebesar 0,046 m dan nilai ketelitian horizontal yang dihasilkan untuk nilai akurasi horizontal (CE90) sebesar 0,070 m. untuk ketelitian vertikal dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Ketelitian Vertikal DTM PPK

Nama titik	Titik foto PPK (UTM)		ICP (UTM)		Selisih h (m)	Selisih h'/2(m)
	h Ellipsoid (m)		h Ellipsoid (m)			
26	69.875	69.300	69.875	69.300	0.575	0.331
27	69.391	68.881	69.391	68.881	0.510	0.260
28	69.670	69.174	69.670	69.174	0.496	0.246
29	69.425	68.738	69.425	68.738	0.687	0.472
Rata-rata Selisih Ketinggian (m)						0.327
RMSE (m)						0.572
LE90 (m)						0.944

Tabel 4 merupakan hasil hitungan ketelitian vertikal yang mengacu pada ketelitian peta RBI. Rata-rata selisih ketinggian yang dihasilkan dari hitungan Tabel 4 sebesar 0,327 m, nilai RMSE sebesar 0,572 m dan nilai ketelitian vertikal yang dihasilkan untuk nilai (LE90) sebesar 0,944 m.

b. Hasil Ketelitian Ortofoto dengan Metode GCP

Uji ketelitian hasil ortofoto yang diolah menggunakan koordinat GCP di uji dengan membandingkan hasil ortofoto menggunakan ICP. Untuk Ketelitian horizontal dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Ketelitian Horizontal Ortofoto GCP

Nama titik	Titik foto GCP (UTM)		ICP (UTM)		Selisih		Selisih		Ketelitian Horizontal (m)
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	E'2 (m)	N'2 (m)	
26	188598.227	9667359.663	188598.221	9667359.653	0.006	0.010	0.00003	0.0001	0.0001
27	188578.111	9667403.815	188578.106	9667403.831	0.005	-0.015	0.00002	0.0002	0.0003
28	188559.677	9667311.548	188559.658	9667311.569	0.019	-0.021	0.00037	0.0004	0.0008
29	188663.991	9667338.909	188663.952	9667338.890	0.038	0.019	0.00147	0.0004	0.0018
Rata-rata Ketelitian (m)									0.0008
RMSE (m)									0.028
CE90 (m)									0.042

Tabel 5 merupakan hasil hitungan ketelitian horizontal yang mengacu pada ketelitian peta RBI. Rata-rata ketelitian horizontal yang dihasilkan dari hitungan tabel 5 sebesar 0,0008 m, nilai RMSE sebesar 0,028 m dan nilai ketelitian horizontal yang dihasilkan untuk nilai akurasi horizontal (CE90) sebesar 0,042 m. Untuk ketelitian vertikal dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Ketelitian Vertikal Ortofoto GCP

Nama titik	Titik foto GCP (UTM)		ICP (UTM)		Selisih h (m)	Selisih h' ² (m)
	h Ellipsoid (m)		h Ellipsoid (m)			
26	69.424		69.300		0.124	0.015
27	68.851		68.833		0.018	0.000
28	69.166		69.166		0.000	0.000
29	68.740		68.740		0.000	0.000
Rata-rata Selisih Ketinggian (m)					0.004	
RMSE (m)					0.063	
LE90 (m)					0.104	

Tabel 6 merupakan hasil hitungan ketelitian vertikal yang mengacu pada tabel 6 sebesar 0,004 m, nilai RMSE sebesar 0,063 m dan nilai ketelitian vertikal yang dihasilkan untuk nilai (LE90) sebesar 0,104 m.

B. Klasifikasi Kelas dan Skala

Berdasarkan uji ketelitian posisi horizontal antara ortofoto yang diolah menggunakan koordinat PPK menghasilkan nilai pergeseran rata-rata sebesar 7,4 cm dan ortofoto yang diolah menggunakan koordinat GCP sebesar 2,5 cm, sedangkan untuk nilai RMSE pada ortofoto yang diolah menggunakan koordinat PPK sebesar 0,046 m dan ortofoto yang diolah menggunakan koordinat GCP sebesar 0,028 m. Ketelitian peta berdasarkan peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (BIG) Nomor 6 Tahun 2018, setiap peta yang dihasilkan menggunakan data foto udara memiliki nilai ketelitian kelas peta. Klasifikasi kelas skala ortofoto yang diolah dengan menggunakan koordinat PPK dan ortofoto GCP dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Klasifikasi Ketelitian Ortofoto GCP dan Ortofoto PPK

Ketelitian	Ketelitian Peta Skala 1 : 1000					
	Hasil uji	Ketelitian Peta Skala 1 : 1000				
	CE90	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Kelas 5
PPK	0,070	0,3	0,6	0,9		
GCP	0,042	0,3	0,6	0,9		

Ketelitian	Ketelitian Peta Skala 1 : 2500					
	Hasil uji	Ketelitian Peta Skala 1 : 2500				
	LE90	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Kelas 5
PPK	0,044	0,2	0,4	0,5	0,75	1
GCP	0,028	0,2	0,4	0,5	0,75	1

Tabel 3. menunjukkan nilai ketelitian horizontal yang dihasilkan untuk nilai CE90 pada ortofoto yang diolah menggunakan koordinat PPK sebesar 0,070 m dan ortofoto yang diolah menggunakan koordinat GCP sebesar 0,042 m. Oleh sebab itu ketelitian peta RBI untuk ortofoto yang diolah menggunakan koordinat PPK dan koordinat GCP menghasilkan peta dengan skala 1: 1000 pada kelas 1.

Sedangkan untuk uji ketelitian posisi vertikal untuk nilai RMSE nilai Z pada DTM yang diolah menggunakan koordinat PPK sebesar 0,572 m dan nilai

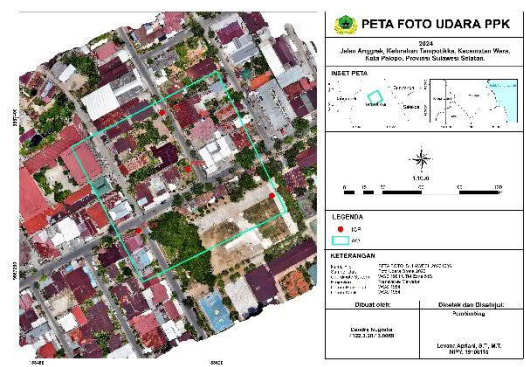
a. Ortofoto Metode GCP

ketelitian peta RBI. Rata-rata selisih ketinggian yang dihasilkan dari hitungan Z pada DTM yang diolah menggunakan koordinat GCP sebesar 0,063 m. Nilai ketelitian vertikal yang dihasilkan untuk nilai LE90 pada DTM yang diolah menggunakan koordinat PPK sebesar 0,944 m dan DTM yang diolah menggunakan koordinat GCP sebesar 0,104 m. Oleh sebab itu ketelitian peta RBI untuk DTM yang diolah menggunakan koordinat PPK menghasilkan peta dengan skala 1: 2500 pada kelas 3 dan koordinat GCP menghasilkan peta dengan skala 1: 1000 pada kelas 1.

C. Hasil Peta Ortofoto dan DTM

a. Ortofoto Metode PPK

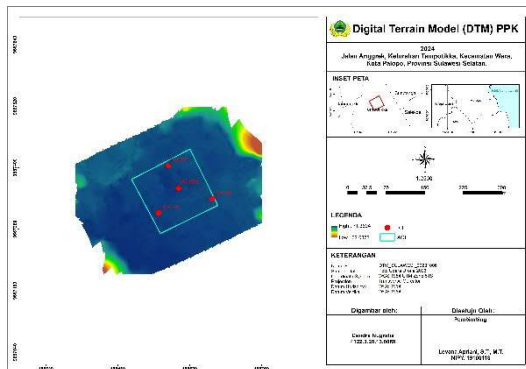
Hasil ortofoto metode PPK dengan skala 1:1000 terdapat pada gambar 2.



Gambar 2. Ortofoto Metode PPK

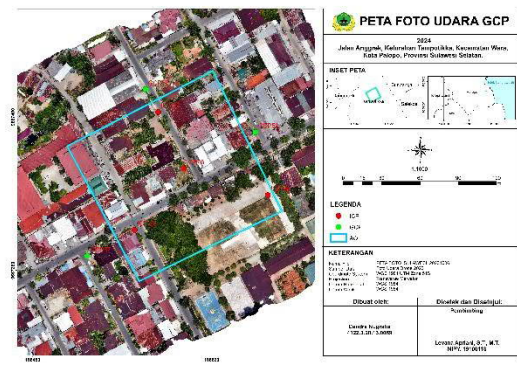
b. DTM Metode PPK

Hasil DTM metode PPK dengan skala 1:2500 terdapat pada gambar 3.



Gambar 3. DTM Metode PPK

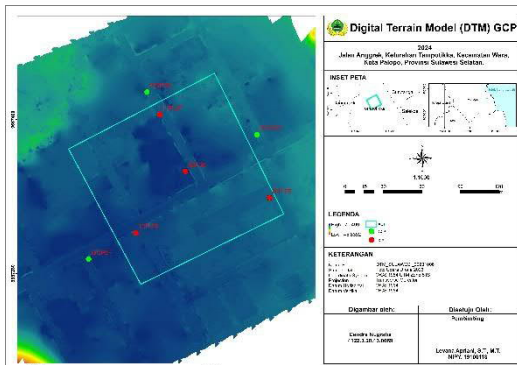
Hasil ortofoto metode GCP dengan skala 1:1000 terdapat pada gambar 4.



Gambar 4. Ortofoto Metode GCP

b. DTM Metode GCP

Hasil DTM metode GCP dengan skala 1:1000 terdapat pada gambar 5.



Gambar 5. DTM Metode PPK

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dalam penelitian ini yaitu:

1. Perbedaan ketelitian geometri horizontal fotogrametri metode PPK dengan fotogrametri metode GCP adalah 0,028 m. Sedangkan untuk ketelitian geometri vertikalnya adalah 0,840 m. Maka dapat disimpulkan bahwa ketelitian horizontal dan vertikal GCP lebih baik daripada PPK. Sehingga metode PPK tidak bisa menggantikan akurasi yang dihasilkan oleh GCP.
2. Hasil uji ketelitian horizontal dan vertikal sesuai dengan peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 6 Tahun 2018 untuk ketelitian horizontal peta ortofoto yang diolah menggunakan koordinat PPK dengan

peta ortofoto yang diolah menggunakan koordinat GCP menghasilkan peta ortofoto dengan skala 1:1000 pada kelas 1 dan dapat digunakan untuk pembuatan peta skala besar. Sedangkan untuk ketelitian vertikal DTM yang diolah menggunakan koordinat PPK menghasilkan peta dengan skala 1:2500 kelas 3. Sedangkan, DTM yang diolah menggunakan koordinat GCP menghasilkan peta dengan skala 1:1000 kelas 1 dan kedua DTM tersebut dapat digunakan untuk pembuatan peta DTM.

SARAN

Saran yang dapat diberikan penulis bagi penelitian selanjutnya yaitu:

1. Menambah jumlah titik GCP dan ICP yang mencukupi untuk titik uji. Sebab untuk menempatkan GCP dan ICP sebaiknya sesuai dengan standar SNI-8202 yaitu 8 GCP dan jumlah ICP adalah 12 jika luasannya di bawah 250 km²
2. Menambahkan uji-t berpasangan untuk menentukan nilai kelayakan dari kedua metode tersebut. Dengan syarat, minimal mempunyai 2 titik uji.
3. Area penelitian yang digunakan harus lebih besar agar dapat melihat apakah PPK bisa digunakan dalam area besar dan kesesuaian ketelitian yang didapatkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin. (2007). *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*. Penerbit Yogyakarta Pradnya Paramita. Yogyakarta.
- Badan Informasi Geospasial. (2018). *Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar*, Badan Informasi Geospasial, Cibinong.
- Handal, Selaras. (2020). *RTK dan PPK Drone*. Yogyakarta Pusat.
- Muklas. (2014). *Pembuatan Digital Surface Model (DSM) dari Citra Foto UAV Menggunakan Agisoft Photoscan Profesional Versi 0.9*. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang.
- Raflis. (2018). *Manfaat Penggunaan Building Information Modelling (BIM) pada Proyek Konstruksi Sebagai Media Komunikasi Stakeholders*. Universitas Trisakti. Yogyakarta.
- Syafiq, M. (2019). *Perbandingan Ketelitian Horizontal Hasil Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Based Mapping Metode Konvensional dan Metode Post Processed Kinematic*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Taufik, H.P. (2017). *Pemanfaatan Foto Udara Format Kecil untuk Ekstraksi Digital Elevation Model dengan Metode Stereoplotting*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Turnando, E. (2017). *Evaluasi Ketelitian Ortofoto Hasil dari Sistem UAV dengan Dilengkapi Global Positioning Sistem Metode Post Processed Kinematic*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Wolf, P.R. (1993). *Elemen Fotogrametri dengan Interpretasi Foto Udara dan Penginderaan Jauh*. Penerjemah: Gunadi, Gunawan, T., Zuharnen. Edisi kedua. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Wolf, P.R. and Dewitt, B.A. (2000). *Elements of Photogrammetry with Applications in GIS*. 3rd Edition. United States: The McGraw-Hill Companies.