

# Pemanfaatan Teknologi Drone Dalam Pemetaan Digital (Fotogrametri) Menggunakan Kerangka Ground Control Point (GCP) di Daerah Irigasi Waibu Distrik Salawati Tengah

Slamet Widodo<sup>1</sup>, Anif Farida<sup>2</sup>, Alfina Maysyurah<sup>1,\*</sup>, Anang Widiyanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sorong

<sup>2</sup> Teknik Lingkungan, Universitas Muhammadiyah Sorong

Kecamatan Malaimsimsa, Kota Sorong, Papua Barat Daya. 98416

[maysyurahfina@gmail.com](mailto:maysyurahfina@gmail.com) \*

**Abstrak** – Daerah irigasi di Indonesia dengan perencanaan pengembangan lahan pertanian, diharapkan dapat meningkatkan produktivitas dan produksi pertanian di daerah irigasi tersebut serta dapat memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat sekitar. Mobilitas penduduk dengan peningkatan kebutuhan transportasi, dan kompleksitas lahan berdampak pada penurunan kualitas lingkungan dan pencemaran kualitas udara. Studi ini bertujuan untuk menganalisis tahapan metode fotogrametri menggunakan teknologi drone dengan kerangka Ground Control Point (GCP) di D.I Waibu dan untuk mengetahui hasil akurasi pemetaan dengan GCP dan tanpa GCP. Metode yang digunakan dalam pengukuran GCP yaitu metode Real Time Kinematic (RTK) dan metode static. Pada tahapan metode fotogrametri menggunakan teknologi drone dengan kerangka GCP di D.I Waibu dilakukan pengamatan titik awal dengan metode statik, perencanaan jalur terbang drone, pemasangan premark GCP, pemotretan foto udara dan persebaran pengukuran GCP. Hasil penelitian pada report control points RMSE pada pengolahan data dengan GCP mendapatkan nilai eror horizontal sebesar 0,144387 cm dan nilai eror vertikal sebesar 1,07199 cm dan hasil pada report control points RMSE pengolahan data tanpa GCP mendapatkan nilai eror horizontal sebesar 4,99225 m dan nilai eror vertikal sebesar 1,31386 m. Temuan penelitian menunjukkan bahwa dengan *Point* GCP nilai akurasi termasuk dalam skala peta 1: 1.000 sedangkan tanpa menggunakan GCP sesuai dengan tabel ketelitian geometri peta RBI maka nilai akurasi geometri termasuk dapat digunakan sebagai pembuatan peta pada skala 1 : 25.000.

**Kata kunci:** Daerah irigasi, Fotogrametri, RTK, Static, GCP

*Abstract* – Irrigated areas in Indonesia with agricultural land development plans are expected to increase agricultural productivity and production in these irrigation areas and can provide economic benefits to the surrounding community. Population mobility with increased transportation needs, and land complexity has an impact on reducing environmental quality and air quality pollution. This study aims to analyze the stages of the photogrammetric method using drone technology with the Ground Control Point (GCP) framework in D.I Waibu and to determine the results of mapping accuracy with GCP and without GCP. The

*methods used in measuring GCP are the Real Time Kinematic (RTK) method and the static method. At the stage of the photogrammetry method using drone technology with the GCP framework in D.I Waibu, observation of the starting point was carried out using the static method, planning drone flight paths, installing GCP premarks, shooting aerial photographs and the distribution of GCP measurements. The results of the research on the RMSE report control points on data processing with GCP get a horizontal error value of 0.144387 cm and a vertical error value of 1.07199 cm and the results on RMSE report control points for data processing without GCP get a horizontal error value of 4.99225 m and a vertical error value of 1.31386 m. The research findings show that with Point GCP the accuracy value is included in the map scale of 1: 1,000 while without using GCP according to the RBI map geometry accuracy table, the geometric accuracy value can also be used to make maps at a scale of 1: 25,000.*

**Keywords:** Irrigation area, Photogrammetry, RTK, Static, GCP

## 1. PENDAHULUAN

Berkembangnya permintaan informasi geospasial pada suatu wilayah, tentunya metode dalam melakukan kegiatan pemetaan juga semakin berkembang [1]. Perkembangan teknologi sangat berpengaruh dalam kegiatan survei dan pemetaan. Teknologi dibutuhkan agar memudahkan manusia dalam memaksimalkan suatu pekerjaan dengan hasil yang baik. Penggunaan teknologi Unmanned Aerial Vehicle (UAV) adalah contoh berkembangnya teknologi pemetaan [2]. Teknologi pesawat terbang tanpa awak, dikenal dengan sebutan Unmanned Aerial Vehicle (UAV) atau drone adalah salah satu teknologi baru dalam pemetaan untuk pemotretan udara sebagai sumber data spasial. Kebutuhan pemotretan udara menggunakan drone sangat menghemat biaya dan dapat terbang pada kawasan yang tidak dapat diakses tanpa adanya resiko yang membahayakan manusia, dibandingkan dengan foto udara berawak [3].

Teknik pemetaan menggunakan foto udara merupakan teknik fotogrametri yang populer pada pekerjaan pemetaan memiliki kelebihan dalam akuisisi foto udara dengan resolusi

spasial yang tinggi. Ground Control Point (GCP) yang menjadi titik kontrol tanah dibutuhkan dalam pekerjaan fotogrametri untuk mendapatkan hasil potret foto udara yang mempunyai nilai akurasi tinggi/ koreksi geometri [4]. Penelitian yang dilakukan oleh [5] dan [6].

Pengembangan lahan pertanian di Daerah Irigasi Waibu Distrik Salawati Tengah, Kabupaten Raja Ampat secara terpadu dan menyeluruh erat kaitannya dengan perencanaan yang dituangkan pada peta Daerah Irigasi tersebut. Fotogrametri dengan Ground Control Points (GCP) sangat penting dalam banyak aplikasi pemetaan, survei, dan penginderaan jauh. GCP adalah titik-titik kontrol di permukaan bumi yang diketahui koordinatnya dengan akurasi yang tinggi, dan digunakan untuk mereferensikan data citra satelit atau udara ke sistem koordinat global. Agar perencanaan pengembangan lahan pertanian di Daerah Irigasi Waibu memiliki peta yang akurat dan Real Time, maka dibutuhkan peta yang memenuhi Standar Nasional Indonesia [7].

## 2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian yang dilakukan, pengumpulan data dilakukan dengan beberapa cara. Data yang dikumpulkan dan akan diteliti atau dianalisis secara rinci terdiri atas data primer dan data sekunder dengan rujukan [8]. Data primer dimana data foto udara dari hasil proses fotogrametri dan data koordinat dari hasil pengamatan titik awal pengukuran yang mengikat dengan stasiun InaCORS Sorong menggunakan metode statik serta data koordinat dari hasil pengukuran Ground Control Point (GCP) menggunakan metode Real Time Kinematic (RTK). Pada data sekunder digunakan peta sawah daerah irigasi Waibu dan dokumentasi

Tahapan penelitian berdasarkan standar nasional Indonesia (SNI) 8202 tentang ketelitian Peta Dasar. Tahapan analisis data yang dilakukan yaitu orthopoto merupakan pengolahan data foto udara yang direkam menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* atau drone dan GCP yang merupakan referensi koordinat 3D (XYZ) terhadap hasil orthofoto, sehingga model 3D yang terbentuk dapat diperbaiki kualitas geometriknya dan pada akhirnya mampu

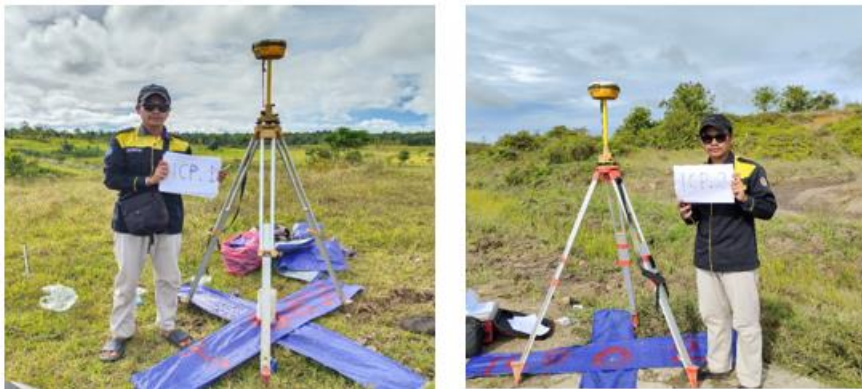
menghasilkan *DEM* dan Orthofoto yang akurat sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan. Hasil koordinat GCP dapat dilewati dalam pemrosesan data hasil drone, karena kamera yang terinstal di dalam drone mempunyai *Built in GPS receiver* yang dapat digunakan sebagai referensi koordinat [8].

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Daerah Irigasi (D.I) Waibu merupakan daerah irigasi yang berada pada Distrik Salawati Tengah terletak di bagian selatan wilayah kabupaten Raja Ampat. Secara geografis wilayahnya yaitu sebelah utara berbatasan dengan Distrik Salawati Utara, sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Sorong, sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Sorong, sebelah barat berbatasan dengan Distrik Salawati Barat [9].

### 3.1. Pengamatan Titik Awal

Penentuan statis adalah pemosisian titik-titik stasioner (diam). Lokasi dapat ditentukan secara mutlak atau berbeda. Dibandingkan dengan metode penentuan posisi kinematik, ukuran total titik pengamatan yang diperoleh dengan metode statis biasanya lebih besar. Hal ini menyebabkan reliabilitas dan akurasi lokasi yang diperoleh biasanya relatif tinggi (bisa mencapai orde mm - cm). Salah satu bentuk implementasi dari metode penentuan posisi statik yang populer adalah survei Global Navigation Satellite System (GNSS) menentukan koordinat titik kontrol untuk pemetaan atau pemantauan deformasi dan fenomena geodinamika [10]. Penentuan posisi secara statik (static positioning) adalah penentuan posisi dari titik-titik yang statik (diam). Lokasi dapat ditentukan secara mutlak atau berbeda. Dibandingkan dengan metode penentuan posisi kinematik, ukuran total titik pengamatan yang diperoleh dengan metode statis biasanya lebih besar. Hal ini menyebabkan reliabilitas dan akurasi posisi yang diperoleh biasanya relatif tinggi (bisa mencapai orde mm - cm). Salah satu bentuk implementasi dari metode penentuan posisi statik yang populer adalah survei Global Navigation Satellite System (GNSS) untuk menentukan koordinat titik kontrol untuk pemetaan atau pemantauan deformasi dan fenomena geodinamika [11].



Gambar 1. Proses pengamatan pada titik ICP 1 dan ICP 2

### 1. Point Results

Point-ID	Solution Type	Occupations / Baselines	WGS84 Latitude	WGS84 Longitude	WGS84 Ellip. Height [m]	SD Latitude	SD Longitude	SD Height
ICP1	Phase Fixed	1/1	1° 03' 44.5183" S	131° 03' 16.3523" E	93.1842 m	0.0003 m	0.0004 m	0.0027 m
ICP2	Phase Fixed	1/1	1° 03' 40.9765" S	131° 03' 16.0310" E	90.8261 m	0.0003 m	0.0004 m	0.0026 m

Point-ID	Solution Type	Occupations / Baselines	WGS84 Cartesian X	WGS84 Cartesian Y	WGS84 Cartesian Z	SD X	SD Y	SD Z
ICP1	Phase Fixed	1/1	-4188360.7246 m	4808904.6140 m	-117465.5048 m	0.0018 m	0.0020 m	0.0003 m
ICP2	Phase Fixed	1/1	-4188353.0098 m	4808910.8803 m	-117356.6921 m	0.0018 m	0.0020 m	0.0003 m

#### Target Coordinate System

Name: ID\_UTM 52 S  
 Ellipsoid: WGS 1984  
 Projection Type: UniversalTransverseMercator  
 Geoid Model: -  
 CSCS Model: -

Point-ID	Coordinate System	Easting	Northing	Ellip. Height Ortho. Height	SD Easting	SD Northing	SD Height
ICP1	ID_UTM 52 S	728629.3820 m	9882500.4540 m	93.1842 m -	0.0003 m	0.0004 m	0.0027 m
ICP2	ID_UTM 52 S	728619.5189 m	9882609.2736 m	90.8261 m -	0.0003 m	0.0004 m	0.0026 m

Gambar 2. Hasil report Stasiun *InaCORS* Sorong titik pengamatan

### 3.2. Perencanaan desain jalur terbang

Jalur foto udara harus diperhatikan, karena hal ini sangatengaruhi hasil foto udara. Pembuatan jalur penerbangan yang baik juga mempengaruhi standar keberhasilan misi. Dalam banyak kasus, kita sering menjumpai area yang merupakan area of interest (AOI) yang memanjang dan tidak kompak. Objek-objek tersebut, seperti sungai, jalan raya dan rel kereta api. Saat memotret objek dengan bentuk memanjang, secara alami kita lebih bergantung pada jarak kerja telemetri daripada jarak tempuh pesawat, yang persyaratannya tetap sama yaitu gambar yang cukup tumpang tindih dan tidak memiliki area yang hilang [12].

Metode fotogrametri memerlukan pelaksanaan suatu penerbangan atau lintasan yang tentunya didukung oleh

kendaraan yaitu drone. Drone diperlukan untuk mencapai target di area tertentu. Dalam desainnya, lintasan penerbangan dibuat sepanjang garis paralel untuk membuat gambar yang tumpang tindih. Untuk memenuhi kriteria pengukuran, beberapa aspek efisiensi perencanaan jalur penerbangan drone harus diperhatikan agar resolusi spasial yang dihasilkan tentunya baik [13].

Dalam melakukan pemotretan foto udara dibutuhkan desain jalur terbang yang direncanakan pada software pemetaan. Pada penelitian ini, desain jalur terbang yang direncanakan pada software Pix4D Capture yaitu dengan luasan area 400m x 500m dan ketinggian foto 100m dalam waktu 9 menit 40 detik yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perencanaan desain jalur terbang pada software *pix4D Capture*



### 3.3. Pemasangan *premark Ground Control Point* (GCP)

Penyeberangan darat adalah proses penandaan. GCP (*Ground Control Point*) atau titik kontrol tanah adalah penandaan tempat yang terkoordinasi dalam bentuk beberapa titik yang diperlukan untuk mengoreksi data dan meningkatkan citra umum, yang disebut proses koreksi GCP, terdiri dari sepasang X dan koordinat Y yang terdiri dari koordinat asal dan referensi koordinat. Keakuratan GCP sangat bergantung pada jenis GPS yang digunakan dan jumlah sampel GCP di lokasi dan waktu pengambilan.

Menurut [1] konfigurasi distribusi dan jumlah titik kontrol untuk satu blok citra adalah sebagai berikut: titik kontrol tanah ini dapat ditentukan dengan cara yang berbeda. Metode triangulasi, trilaterasi, poligon dan GPS dapat digunakan untuk menentukan koordinat planimetri (X,Y). Pada saat yang sama, metode planar atau trigonometri dapat digunakan untuk menentukan ketinggian (Z) suatu titik. Pengukuran disini adalah pengukuran titik kontrol horizontal dan ketinggian. Sebagai hasil dari pengukuran titik-titik kontrol ini, daftar koordinat X, Y, Z diperoleh pada setiap titik kontrol tanah yang dilalui jalur pengukuran. Dalam fotografi udara, titik kontrol tanah ini sangat penting untuk triangulasi udara (AT). Jumlah dan sebaran titik kontrol ini berperan penting dalam menentukan akurasi hasil triangulasi udara. *Premark Ground Control Point* (GCP) dipasang sebagai penanda di lapangan sebelum melakukan pemotretan foto udara dan pengukuran seperti yang tertera pada Gambar 4. Terdapat 10 *premark* yang dipasang menggunakan bahan terpal dan dibuat menyerupai tanda tambah (+) dengan acuan arah utara agar memudahkan dalam identifikasi foto udara dengan data *Ground Control Point* (GCP).



Gambar 4. Pemasangan *premark Ground Control Point* (GCP)

### 3.4. Persebaran pengukuran *Ground Control Point* (GCP)

Untuk dalam perkembangan saat ini, kemampuan GPS geodesi semakin maju, yaitu menggunakan metode real-time

kinematic (RTK). Metode ini sangat berguna untuk mengukur. Ini karena GPS RTK mampu menghasilkan nilai koordinat tanpa pemrosesan pos atau inti. Ini secara alami sangat memfossil karena mengurangi waktu dan upaya pengukuran di lapangan [14]. Data koordinat dari hasil persebaran GCP dapat dilihat pada Tabel 1.

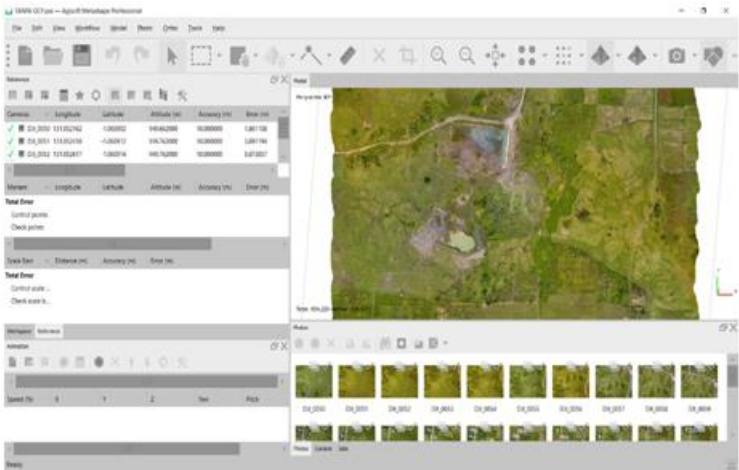
Tabel 1. Koordinat *Ground Control Point* (GCP) hasil pengukuran

Name	E (mT)	N (mU)	Z
GCP1	728661.3385	9882630.4720	86.4197
GCP2	728825.5913	9882581.8460	83.7617
GCP3	728806.1061	9882450.8800	97.5087
GCP4	728784.5006	9882370.7720	84.2857
GCP5	728691.7242	9882405.5850	82.0607
GCP6	728430.7766	9882347.1440	80.9447
GCP7	728424.7993	9882461.8800	94.9607
GCP8	728447.8306	9882513.2830	100.0317
GCP9	728531.7884	9882529.5340	87.9587
GCP10	728473.5520	9882625.6100	89.6627

### 3.5. Pengolahan foto udara dan uji akurasi ketelitian

Hasil pengumpulan data fotogrametri diolah dengan menggunakan software Agisoft Metashape. Pada Agisoft Metashape, hasil capture digabungkan menggunakan konsep *Structur from Motion* (SfM), sehingga menjadi point cloud yang digabungkan menjadi satu objek berkat pancaran cahaya yang sama di setiap foto. Hasil pemotretan foto udara selanjutnya diolah untuk mendapatkan orthofoto yang terkoreksi dengan *Ground Control Point* (GCP) dan tanpa *Ground Control Point* (GCP). Agar mendapatkan hasil tersebut, maka dilakukan 2 kali proses pengolahan data foto udara yaitu, pengolahan foto udara tanpa titik GCP pada gambar 5 dan pengolahan foto udara menggunakan titik GCP yang tertera pada Tabel 1, dimasukkan dalam proses pengolahan foto udara.

Setelah hasil pengolahan data berupa photo import, optimasi camera alignment, konstruksi point cloud, DSM (digital surface model) dan konstruksi orthomosaic, langkah selanjutnya adalah mempublikasikan hasil akurasi data (report generation). pada Tabel 2 untuk hasil *report* tanpa GCP dan dengan GCP yang secara otomatis melalui algoritma *software Agisoft Metashape Professional*. Uji akurasi menentukan nilai akurasi citra yang diperoleh dari orthoimage, setelah itu harus dilakukan uji akurasi lokasi dengan mengacu pada selisih koordinat titik uji pada citra atau peta (x,y) dengan nilai sebenarnya. lokasi titik uji di lapangan



Gambar 5. Proses pengolahan foto udara tanpa GCP

Tabel 2. Hasil *report average camera location error* tanpa GCP

X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	XY error (m)	Total error (m)
4,96776	4,96776	1,31386	4,99225	5,16225

Tabel 3. Hasil *report average camera location error* dengan GCP

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total error (cm)
0	0,638041	0,861428	0,144387	1,07199	1,08167

Berdasarkan hasil pengolahan foto udara, kemudian dilakukan uji akurasi untuk mengetahui nilai akurasi dari hasil

orthoimage, selanjutnya harus dilakukan pengujian akurasi lokasi dengan meneruskan selisih (x,y) koordinat titik uji pada peta ke nilai yang sebenarnya. lokasi titik uji lapangan.

Pengolahan foto udara tanpa Ground Control Point (GCP) dan menggunakan Ground Control Point (GCP) menghasilkan report nilai eror horizontal dan nilai eror vertikal yang akan menjadi nilai ketelitian peta. Nilai akurasi basemap pada Tabel 4 adalah nilai CE90 untuk akurasi horizontal dan nilai LE90 untuk akurasi vertikal yang artinya error posisi basemap tidak melebihi nilai akurasi tersebut sebesar 90%. tingkat kepercayaan. Dari hasil report control points RMSE pengolahan data tanpa Ground Control Point (GCP) pada Tabel 2 mendapatkan nilai error horizontal sebesar 4,99225 m dan nilai error vertikal sebesar 1,31386 m.



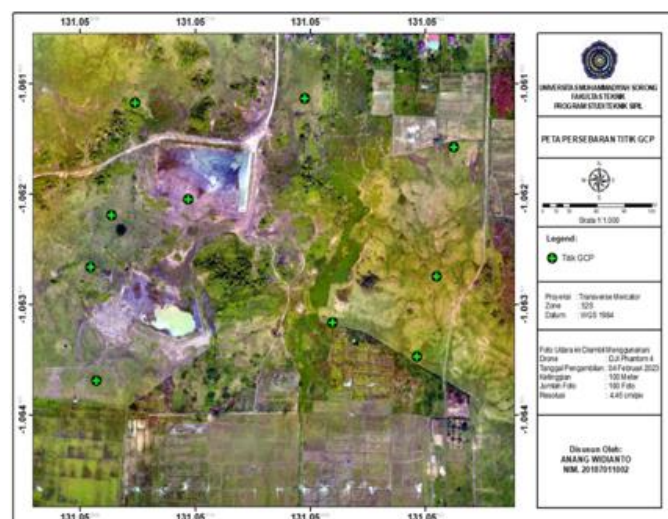
Gambar 6. Detail lokasi foto udara tanpa GCP

Berdasarkan tabel akurasi geometrik 4 peta RBI, nilai akurasi geometris hanya dapat digunakan untuk pembuatan peta skala 1:25.000. Untuk hasil report control points RMSE pengolahan data dengan Ground Control Point (GCP) pada Tabel 3 mendapatkan nilai error horizontal sebesar 0,144387 cm

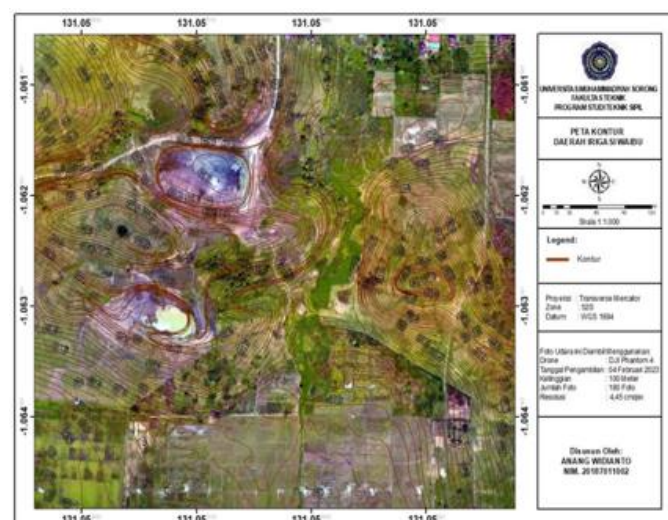
dan nilai eror vertikal sebesar 1,07199 cm sehingga nilai akurasi tersebut termasuk dalam skala peta 1 : 1.000. Peta persebaran titik Ground Control Point (GCP) dapat dilihat pada peta kontur pada Gambar 7.

Tabel 4. Ketelitian geometri peta RBI

No	Skala	Interval kontur (m)	Ketelitian Peta RBI (m)					
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
			Horizontal (CE 90)	Vertikal (LE 90)	Horizontal (CE 90)	Vertikal (LE 90)	Horizontal (CE 90)	Vertikal (LE 90)
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



Gambar 7. Peta persebaran GCP

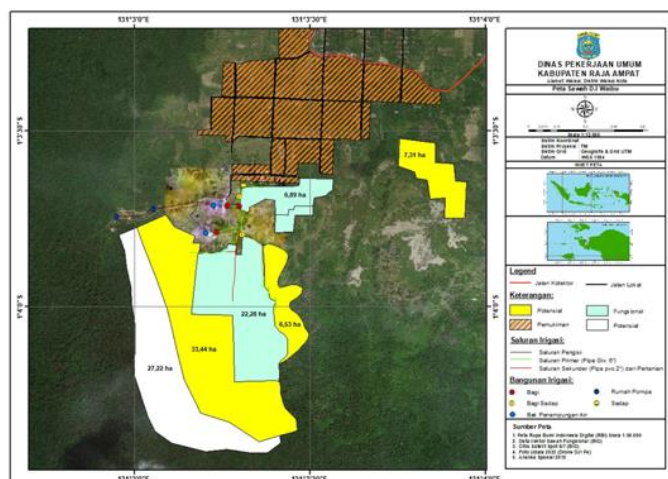


Gambar 8. Peta kontur daerah irigasi Waibu



Dilihat pada Gambar 8, Daerah Irigasi (D.I) Waibu merupakan daerah irigasi yang terletak pada Distrik Salawati Tengah, Kabupaten Raja Ampat yang menggunakan sistem perpipaan dan bangunan utamanya adalah bak penampung air/embung. D.I Waibu memiliki 2 (dua) buah bak penampung

air untuk memenuhi kebutuhan air irigasi, air yang ditampung pada embung tersebut berasal dari kali Waibu yang dihisap menggunakan pompa. Selain itu embung pada D.I Waibu juga mengandalkan tadah hujan.



Gambar 9. Peta sawah daerah irigasi Waibu

Daerah irigasi Waibu memiliki bangunan bagi yang menggunakan Gate Valve 6". Adapun gate valve yang digunakan sebanyak 3 buah. Saluran primer pada D.I Waibu berupa pipa 6", dimana kondisinya baik namun tidak adanya supply air akibat hilangnya mesin pompa pengisap air dari kali. Panjang pipa 6" adalah 1464,44 m. Pada D.I Waibu terdapat beberapa sawah, yaitu sawah fungsional dengan luasan 29,17 Ha, potensial 76,45 Ha dan baku 103,67 Ha. Dalam penelitian ini hanya dilakukan pada luasan 20 Ha di area bangunan utama serta luasan sawah fungsional.

#### 4. KESIMPULAN

1. Pada tahapan metode fotogrametri menggunakan teknologi drone dengan kerangka *Ground Control Point (GCP)* di Daerah Irigasi Waibu Distrik Salawati Tengah dilakukan pengamatan titik awal dengan metode statik, perencanaan jalur terbang drone, pemasangan premark *Ground Control Point (GCP)*, pemotretan foto udara dan persebaran pengukuran *Ground Control Point (GCP)* pada luasan area 200.000 m<sup>2</sup> dengan total titik *Ground Control Point (GCP)* sebanyak 10 titik dan total waktu pemotretan foto udara selama 9 menit 40 detik.
2. Dari hasil report control points RMSE pengolahan data dengan *Ground Control Point (GCP)* mendapatkan nilai eror horizontal sebesar 0,144387 cm dan nilai eror vertikal sebesar 1,07199 cm sehingga nilai akurasi tersebut termasuk dalam skala peta 1 : 1.000. Dari hasil report control points RMSE pengolahan data tanpa *Ground Control Point (GCP)* mendapatkan nilai eror horizontal sebesar 4,99225 m dan nilai eror vertikal sebesar 1,31386 m. Sesuai dengan tabel ketelitian geometri peta RBI maka nilai akurasi geometri tersebut

hanya bisa digunakan sebagai pembuatan peta pada skala 1 : 25.000.

#### REFERENSI

- [1] A. S. Al Ayyubi, "Analisa Planimetrik Hasil Pmetaan Foto Udara Skala 1 : 1000 Menggunakan Wahana Fixed Wing UAV," *Tugas Akhir, Fak. Tek. Sipil dan Perenc. Inst. Teknol. Sepuluh Nopember, Surabaya*, 2017.
- [2] D. S. Aji and L. M. S. L. M. Sabri, "Analisis Akurasi Dem Dan Foto Tegak Hasil Pemotretan Dengan Pesawat Nir Awak Dji Phantom 4 (Studi Kasus: Bukit Perumahan Permata Hijau Tembalang Semarang)," *J. Geod. Undip*, vol. 8, no. 2, pp. 8–18, 2019.
- [3] A. Isnasatrianto, Y. Prasetyo, and B. Sudarsono, "APLIKASI UAV (UNMANNED AERIAL VEHICLE) FOTOGRAMETRIUNTUK PERENCANAAN PENGEMBANGAN JALUR TRANSMISISUTET 500 kV (Studi Kasus: Kec. Ambarawa, Kab. Semarang)," *J. Geod. UNDIP*, vol. 7, no. 1, pp. 182–191, 2018.
- [4] I. N. Kurniawan, B. D. Yuwono, and L. M. Sabri, "Analisis pengaruh multipath dari topografi terhadap presisi pengukuran gnss dengan metode statik," *J. Geod. Undip*, vol. 8, no. 1, pp. 10–18, 2019.
- [5] E. Sanz-Ablanedo, J. H. Chandler, J. R. Rodríguez-Pérez, and C. Ordóñez, "Accuracy of unmanned aerial vehicle (UAV) and SfM photogrammetry survey as a function of the number and location of ground control points used," *Remote Sens.*, vol. 10, no. 10, p. 1606, 2018.

- [6] J. Yang, X. Li, L. Luo, L. Zhao, J. Wei, and T. Ma, "New Supplementary Photography Methods after the Anomalous of Ground Control Points in UAV Structure-from-Motion Photogrammetry," *Drones*, vol. 6, no. 5, p. 105, 2022.
- [7] Badan Informasi Geospasial, "Peraturan Kepala BIG Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar," Jakarta, 2014.
- [8] SNI 8202. "Ketelitian Peta Dasar", 2019.
- [9] Badan Pusat Statistik. Distrik Salawati Tengah Dalam Angka 2021, Raja Ampat: Kabupaten Raja Ampat.
- [10] I. P. H. Prayogo, F. J. Manoppo, and L. I. R. Lefrandt, "Pemanfaatan teknologi unmanned aerial vehicle (uav) quadcopter dalam pemetaan digital (fotogrametri) menggunakan kerangka ground control point (GCP)," *J. Ilm. Media Eng.*, vol. 10, no. 1, 2020.
- [11] M. A. Hakim, H. Emawati, and D. E. Mujahiddin, "Pemanfaatan pesawat tanpa awak untuk pemetaan dan identifikasi penutupan lahan pada kawasan hutan pendidikan UNMUL," *Agrifor J. Ilmu Pertan. dan Kehutan.*, vol. 20, no. 1, pp. 47–60, 2021.
- [12] D. Schmidt, K. Radke, S. Camtepe, E. Foo, and M. Ren, "A survey and analysis of the GNSS spoofing threat and countermeasures," *ACM Comput. Surv.*, vol. 48, no. 4, pp. 1–31, 2016.
- [13] M. Fadjrie, S. Darmawan, and M. Maharani, "Penerapan Metode Fotogrametri Jarak Dekat Kombinasi Data Unmanned Aerial Vehicle Untuk Pembuatan Model 3D," 2018.
- [14] C. Rizos, "Alternatives to current GPS-RTK services and some implications for CORS infrastructure and operations," *GPS Solut.*, vol. 11, pp. 151–158, 2007.