

**PEMANFAATAN METODE FOTOGRAMETRI UNTUK PENGUKURAN GARIS PANTAI DAN IDENTIFIKASI OBJEK-OBJEK TEMATIK DENGAN MENGGUNAKAN WAHANA UAV (UNMANNED AERIAL VEHICLE) (STUDI KASUS PENGUKURAN GARIS PANTAI DI PANGKALAN TNI AL PONDOK DAYUNG)**

**Adhyta Harfan<sup>1</sup>, Dipo Yudhatama<sup>2</sup>, Imam Bachrodin<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Mahasiswa Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut Prodi S1 Teknik Hidrografi

<sup>2</sup>Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

<sup>3</sup>Pusat Hidro-oseanografi TNI Angkatan Laut

**ABSTRAK**

Metode Fotogrametri telah banyak digunakan dalam survei dan pemetaan. Seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, metode fotogrametri saat ini berbasis pesawat tanpa awak atau yang lebih dikenal dengan UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*). Kelebihan metode fotogrametri berbasis UAV untuk pengukuran garis pantai adalah memiliki resolusi spasial yang sangat tinggi dan dapat menjangkau daerah-daerah yang sulit dan berbahaya. Di samping itu juga dapat memberikan data foto udara terkini dengan sekala detail. Dalam penelitian ini membandingkan ketelitian horisontal antara hasil pengukuran garis pantai menggunakan metode fotogrametri berbasis UAV secara rektifikasi dengan GCP (*Ground Control Point*) maupun secara PPK (*Post Processed Kinematic*) dengan pengukuran garis pantai metode GNSS RTK (*Real Time Kinematic*). Hasil perhitungan ketelitian horisontal mengacu pada standar publikasi IHO S-44 tentang pengukuran garis pantai. Pemotretan dilakukan dengan ketinggian terbang 180 m, dengan tampalan depan dan samping 80%. Hasil perhitungan ketelitian horisontal foto udara terekstifikasi 5 GCP, foto udara PPK dan foto udara PPK terekstifikasi 1 GCP terhadap pengukuran garis pantai dengan metode GNSS RTK diperoleh nilai standar deviasi ( $\sigma$ ) dan 95% selang kepercayaan (CI95%) masing-masing sebagai berikut:  $\sigma_{5gcp}=10,989$  cm dengan CI95%  $16.8 \text{ cm} < \mu < 21.2 \text{ cm}$ ,  $\sigma_{ppk}=26,066$  cm dengan CI95%  $26.5 \text{ cm} < \mu < 37 \text{ cm}$  dan  $\sigma_{ppk1gcp}=10,378$  cm dengan CI95%  $15.6 \text{ cm} < \mu < 19.8 \text{ cm}$ . Kemudian terdapat 10 objek tematik berdasarkan Peta Laut Nomor 1 yang dapat diinterpretasi pada hasil orthomosaic foto udara.

**Kata Kunci** : Fotogrametri, UAV, Pengukuran Garis Pantai, Perbandingan Ketelitian, IHO S-44.

**ABSTRACT**

*Photogrammetric methods have been widely used in surveys and mapping. Along with the advancement of science and technology, photogrammetric methods are currently based on unmanned aircraft or better known as UAV (Unmanned Aerial Vehicle). The advantages of photogrammetric methods based on UAVs for shoreline measurements are that they have very high spatial resolution and can cover difficult and dangerous areas. In addition, it can also provide up-to-date aerial photo data with details. This journal will be compared accuracy between data from shoreline measurements using GNSS RTK (Real Time Kinematic) method as reference data with the results of shoreline measurements using photogrammetric methods based on UAV with quadcopter models, either rectifying with GCP (Ground Control Point) or PPK (Post Processed Kinematic). The results of the accuracy calculation refer to the IHO S-44 publication standard on shoreline measurements. The research area is in the Naval Base, Pondok Dayung-North Jakarta. Aerial photographs was shot at 180 meters high, with an 80% frontlap and sidelap. The results of comparison of the horizontal accuracy between aerial photograph using 5 GCPs rectified, PPK aerial photograph and PPK aerial photograph using 1 GCP rectified with coastline measurements using the GNSS RTK method obtained the standard deviation ( $\sigma$ ) and 95% confidence interval (CI95%) respectively as follows:  $\sigma_{5gcp} = 10.989 \text{ cm}$  with CI95%  $16.8 \text{ cm} < \mu < 21.2 \text{ cm}$ ,  $\sigma_{ppk} = 26.066 \text{ cm}$  with CI95%  $26.5 \text{ cm} < \mu < 37 \text{ cm}$  and  $\sigma_{ppk1gcp} = 10.378 \text{ cm}$  with CI95%  $15.6 \text{ cm} < \mu < 19.8 \text{ cm}$ . Then there are 10 thematic objects that can be interpreted on the results of orthomosaic of aerial photographs based on the nautical chart No.1.*

**Keywords** : Photogrammetric, UAV, Coastline Measurements, Accuracy Comparison, IHO S-44.

## 1. PENDAHULUAN

Salah satu kegiatan survei dan pemetaan yang dilaksanakan oleh Pushidrosal adalah pengukuran garis pantai. Di dalam prakteknya, pengukuran garis pantai baik dengan metode terestris maupun ekstra-terestris, terdapat berbagai macam permasalahan. Salah satunya adalah objek yang sulit dijangkau seperti *morring dolphin*, hanggar kapal dan bangunan yang menjorok ke laut menjadi kendala untuk mendapatkan koordinat secara mudah dan akurat, sehingga menuntut para surveyor di lapangan untuk berusaha menggunakan alat bantu tambahan, seperti wahana apung dan alat pengaman perseorangan tambahan. Hal tersebut tentunya beresiko terhadap keselamatan, baik personil maupun peralatan yang digunakan.

Foto udara merupakan salah satu citra penginderaan jauh dengan skala besar (Sutanto, 1986). Citra foto udara dihasilkan dari perekaman yang dilakukan dari pesawat udara atau wahana lainnya dengan menggunakan kamera sebagai detektor dan menggunakan tenaga elektromagnetik yang berupa saluran spektrum tampak dan atau perluasannya (Sutanto, 1986). Saat ini foto udara dapat dilakukan dengan wahana UAV. Produk foto udara banyak digunakan dalam kegiatan survei dan pemetaan, termasuk pengukuran garis pantai didalamnya.

Pemanfaatan metode fotogrametri dengan menggunakan UAV sangat mungkin diaplikasikan untuk pengukuran garis pantai pada pemetaan skala besar. Di samping mengacu pada standar yang dipublikasikan oleh IHO, data foto udara dapat digunakan sebagai data pendukung untuk melakukan pemetaan dengan skala detil, karena memiliki resolusi spasial yang tinggi dan relevan dengan perkembangan teknologi, sehingga perlu dilakukan penelitian tentang aspek, ketelitian dan efisiensi metode fotogrametri itu sendiri.

## 2. ALAT DAN METODE

### 2.1 Wahana UAV

Proses akuisisi foto udara dilakukan dengan menggunakan menggunakan UAV DJI Inspire-2 yang telah dimodifikasi dengan penambahan antena GPS (*Maxtena M1227HCT-A2-SMA L1/L2 GPS/GLONASS active GNSS* dan modul GPS PPK (*Septentrio AsteRx-m2 GNSS*). Berikut pada **Gambar 1** adalah gambar wahana UAV DJI Inspire-2

yang dilengkapi dengan modul GPS PPK Loki AirGon dan seperangkat kamera resolusi tinggi Zenmuse X4s



**Gambar 1.** DJI Inspire-2 dengan PPK GPS (Sumber: <https://geocue.com/products/loki>, 2018)

Kamera pada *drone* ini dapat diganti, sesuai dengan kebutuhan. Untuk kamera standar yang digunakan adalah tipe Zenmuse X4s yang memiliki ketajaman 20 megapiksel. Spesifikasi UAV DJI Inspire-2 dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Spesifikasi DJI Inspire-2

Spesifikasi UAV	
Jenis	<i>Quadcopter</i>
<i>Hover Accuracy</i>	<i>Vertical: 0.5 m</i>
	<i>Horizontal: 1,5 m</i>
GPS	GPS/GLONASS
Durasi Terbang	27 menit (dengan kamera X4s)
Kecepatan	58 mph
Berat	3440 gram ( <i>include battery and propellers</i> )
Energi / Voltage	<i>Intelligent Flight Battery</i> 68 Wh / 15.2 V
Jarak Transmisi remote control	5 Km

Sumber: <http://www.dji.com/product/ins-2>

### 2.2 Lokasi Penelitian

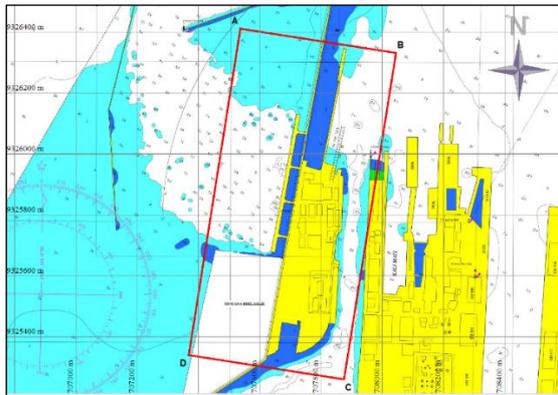
Lokasi penelitian berada di Pondok Dayung, dimana merupakan suatu wilayah yang terletak di Tanjung Priok, Jakarta Utara. Wilayah ini digunakan sebagai pangkalan dan fasilitas labuh bagi kapal-kapal perang TNI Angkatan Laut yang berada di bawah jajaran Komando Armada 1 Jakarta. Bentuk topografi di daerah pondok dayung relatif datar dan banyak terdapat bangunan gedung perkantoran, pergudangan, menara komunikasi dan menara air. Kondisi garis pantainya

didominasi oleh garis pantai buatan seperti dermaga, tambatan tali (*dolphin*), *breakwater*, bangunan tepi pantai, rel galangan kapal dan hanggar kapal. Berikut pada **Gambar 2** merupakan panorama Pondok Dayung.



**Gambar 2.** Panorama Pondok Dayung  
(Sumber: Dokumentasi, 2018)

Kemudian batas koordinat lokasi penelitian adalah sebagai berikut:



**Gambar 3.** Area Penelitian/Area Of Interest (AOI)  
(Sumber Peta: PLI No. 85A skala 1:5.000 Tahun 2017)

- A.  $6^{\circ} 05' 26.4167''$  S -  $106^{\circ} 52' 30.9742''$  T.
- B.  $6^{\circ} 05' 28.9669''$  S -  $106^{\circ} 52' 47.4831''$  T.
- C.  $6^{\circ} 06' 03.8717''$  S -  $106^{\circ} 52' 42.1018''$  T.
- D.  $6^{\circ} 06' 01.3215''$  S -  $106^{\circ} 52' 25.5927''$  T.

### 2.3 Teknik Pengumpulan Data.

Pengumpulan data primer dilakukan langsung oleh penulis di lapangan dan terbagi dalam beberapa tahapan, yaitu tahap persiapan, tahap pelaksanaan dan tahap pengolahan. Kemudian untuk pengumpulan data sekunder dengan membuat permohonan permintaan data kepada instansi terkait. Adapun tahapan pengumpulan data adalah sebagai berikut:



**Gambar 4.** Diagram Alir Teknik Pengumpulan Data

Pada tahapan persiapan, terbagi menjadi 7 sub tahap diawali dengan

melakukan studi literatur, penentuan lokasi dan perijinan, survei pendahuluan, peminjaman alat, penyiapan peralatan, penentuan sebaran GCP dan ICP dan perencanaan jalur penerbangan UAV.



**Gambar 5.** Diagram Alir Tahap Persiapan.

Adapun dalam sub bab penentuan GCP dan ICP, jumlah GCP ditentukan sebanyak 6 titik, 1 diantaranya merupakan titik HP. 090012 milik Pushidrosal (sebagai GCP-5). Untuk sebaran GCP dilakukan secara merata pada area penelitian. Untuk jumlah ICP ditentukan sebanyak 3 titik dan sebaran dilakukan secara merata di seluruh area yang akan diuji pada daerah penelitian. Berikut pada **Gambar 6** kegiatan pendirian titik GCP dan ICP dan pada **Gambar 7** adalah lokasi sebarannya.



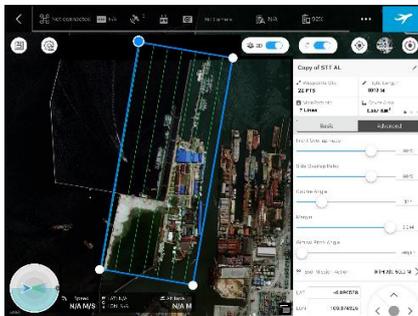
**Gambar 6.** Kegiatan Pendirian GCP dan ICP.  
(Sumber : Dokumentasi, 2018)



**Gambar 7.** Lokasi Sebaran GCP dan ICP.  
(Sumber citra: Google Earth 2017)

Pada sub tahapan perencanaan jalur terbang dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa hal seperti sekala yang akan

digambarkan dan ketinggian terbang, hal ini terkait dengan GSD (*Ground Sampling Distance*) yang akan dikehendaki, dimana GSD merupakan jarak antara dua pusat piksel pada citra/foto yang mewakili jarak sebenarnya di tanah. Kemudian mempertimbangkan jarak antara UAV dengan *remote control* untuk monitoring UAV secara *real time* pada saat akuisisi data berlangsung. Selanjutnya adalah persentase tampalan, baik tampalan ke muka dan ke samping, hal ini terkait dengan banyaknya foto yang bertampalan agar orthofoto yang dihasilkan rapat dan menghindari adanya data yang berlubang. Seluruh parameter yang berkaitan dengan perencanaan jalur terbang dilakukan di aplikasi *DJI GS Pro*. Berikut adalah desain lajur terbang beserta parameter lainnya:



No	Parameter Terbang	Keterangan
1	Luas AOI total	0,557 km <sup>2</sup>
2	Tinggi terbang	180 meter
3	Tampalan depan	80%
4	Tampalan samping	80%
5	Elevasi kamera	90°
6	GSD	5 cm/piksel
7	Jumlah Lajur	7 Lajur
8	Total panjang lajur	8013 meter
9	Durasi terbang	15 menit

**Gambar 8.** Rencana dan Parameter Terbang.

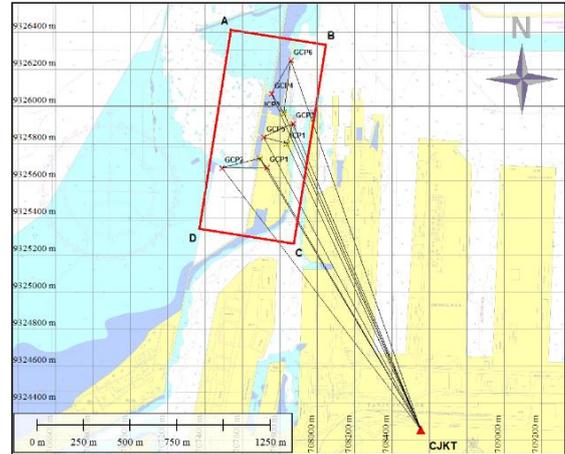
Pada tahapan pelaksanaan, dilakukan akuisisi data di lapangan. Akuisisi data dilaksanakan dalam 3 (tiga) bagian, yaitu pelaksanaan pengamatan GCP dan ICP dengan GPS geodetik, akuisisi data garis pantai dengan metode RTK menggunakan GPS dan *radiolink* dan akuisisi foto udara dengan UAV



**Gambar 9.** Diagram Alir Tahap Pelaksanaan.

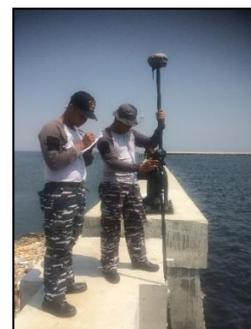
Pengamatan GCP dan ICP dilakukan dengan metode *rapid static* selama 1 (satu) jam per jaring dan menggunakan 3 (tiga) GPS

*Trimble* tipe *R8s* dengan mengikatkan titik-titik GCP dan ICP ke titik CORS BIG Tanjung Priok (CJKT). Pengamatan dilaksanakan sebanyak 3 (tiga) jaring, yaitu jaring 1 = ICP2 - GCP2 - GCP1 - CJKT, jaring 2 = ICP1 - GCP5 - GCP3 - CJKT dan jaring 3 = ICP3 - GCP6 - GCP4 - CJKT. Jarak *baseline* terjauh adalah 2,108 km (CJKT-GCP-6). Berikut adalah sketsa jaring pengamatannya:



**Gambar 10.** Jaring Pengamatan Geodetik (Sumber Peta: PLI No. 85A skala 1:5.000 Tahun 2017)

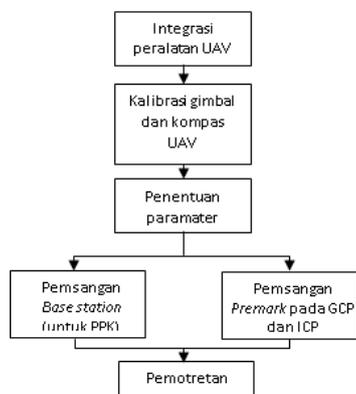
Untuk tahapan pengukuran garis pantai dengan GNSS RTK, sebelumnya dilaksanakan validasi peralatan GPS *rover*. Validasi dilakukan secara RTK di titik HP.090012 dengan *base station* diletakkan di ICP-2 selama 30 menit dengan frekwensi 1 Hz. Untuk pengukuran garis pantai metode RTK dilaksanakan dengan pertama kali mendirikan stasiun referensi (*base*) pada titik HP.090012 (GCP-5). Kemudian *GPS base* pada titik HP.090012 tersebut dihubungkan dengan peralatan *radiolink* untuk mengirimkan koreksi posisi secara *real time* kepada *GPS rover*. Pelaksanaan akuisisi data garis pantai dilakukan dengan mode *topo point* dengan durasi setiap *point* yang diambil adalah selama 15 detik.



**Gambar 11.** Pengukuran garis pantai metode GNSS RTK.

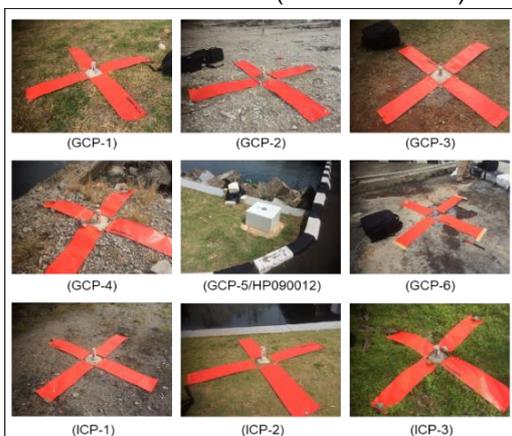
(Sumber: Dokumentasi, 2018)

Pada tahapan pelaksanaan akuisisi foto udara dalam penelitian ini terdiri dari beberapa sub kegiatan yang akan dijelaskan dalam diagram alir sebagai berikut:



**Gambar 12.** Diagram Alir Tahapan Akuisisi Foto Udara.

Pada sub tahapan pemasangan premark GCP dan ICP, dibuat dengan menggunakan terpal berwarna jingga, dengan ukuran sesuai dengan GSD yang ditentukan sebelumnya (GSD=5 cm), yaitu panjang 10 x GSD dan lebar 3 x GSD (50 cm x 15 cm).



**Gambar 13.** Pemasangan premark pada tiap-tiap GCP dan ICP.

Pada tahapan pengolahan dilakukan dengan menggunakan *software Pix4D* untuk mengolah hasil foto udara sehingga menjadi data orthofoto, *software Trimble Business Centre 3.9 (TBC 3.9)* untuk mengolah hasil geodetik GCP dan ICP dan *software ASP suite* untuk mengolah foto udara PPK.

## 2.4 Perhitungan Ketelitian

Sebelum perhitungan ketelitian, pertama kali dilakukan adalah menghitung perbedaan koordinat pengukuran antara

koordinat hasil pengukuran GNSS RTK sebagai acuan dengan koordinat hasil interpretasi foto udara. Untuk dapat mengetahui perbedaan jarak tiap-tiap koordinat adalah dengan menghitung perbedaan koordinat pengukuran antara koordinat hasil pengukuran metode GNSS RTK sebagai acuan dengan koordinat hasil interpretasi foto udara. Dari dua koordinat, yaitu  $(X_{RTK}, Y_{RTK})$  dan  $(X_{foto}, Y_{foto})$  tersebut diperoleh selisih nilai koordinat perbedaan pengukuran, sehingga nilai standar deviasi ketelitian horisontal, dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{foto\ i} - x_{RTK\ i})^2 + (y_{foto\ i} - y_{RTK\ i})^2}{n}}$$

Dimana:

$\sigma$  = Standar deviasi

$X_{foto\ i}$  = Koordinat X-axis ke-i dari data interpretasi foto.

$X_{RTK\ i}$  = Koordinat X-axis ke-i dari data ukuran GNSS RTK.

$Y_{foto\ i}$  = Koordinat Y-axis ke-i dari data interpretasi foto.

$Y_{RTK\ i}$  = Koordinat Y-axis ke-i dari data ukuran GNSS RTK.

$n$  = Jumlah data pengukuran.

$i$  = Bilangan bulat dari 1 hingga ke-n.

Setelah nilai standar deviasi dan rata-rata ketelitian dari masing-masing koordinat hasil interpretasi foto udara didapatkan, maka masing-masing dapat dihitung selang kepercayaan 95% (CI95%) dengan persamaan sebagai berikut:

$$\bar{x} - z_{1-\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + z_{1-\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Dimana :

$\mu$  = rata-rata populasi

$Z_{1-\alpha}$  = Koefisien tingkat kepercayaan

$\bar{x}$  = Rata-rata sampel

$\sigma$  = Simpangan Baku dari data populasi

## 2.5 Standarisasi Ketelitian.

Dalam s-44 edisi ke 5, pada *chapter 2.1 note 5* tentang *Horizontal Uncertainty* dan dijabarkan pada Tabel 1 halaman 15, disebutkan bahwa terdapat standar minimum untuk pelaksanaan survei hidrografi, salah satunya adalah pengukuran garis pantai. Pada tabel tersebut dijelaskan tentang pengukuran garis pantai yang signifikan untuk bernavigasi dan garis pantai yang tidak signifikan untuk bernavigasi. Untuk orde khusus, 1a, 1b dan 2,

standar minimal ketelitian yang dikehendaki (garis pantai signifikan untuk bernavigasi) adalah 2 meter, sedangkan untuk orde khusus (garis pantai tidak signifikan untuk bernavigasi) adalah 10 meter, kemudian untuk orde 1a, 1b dan 2 adalah 20 meter. Berikut adalah cuplikan dari tabel standar minimal untuk survei hidrografi s-44 edisi ke 5:

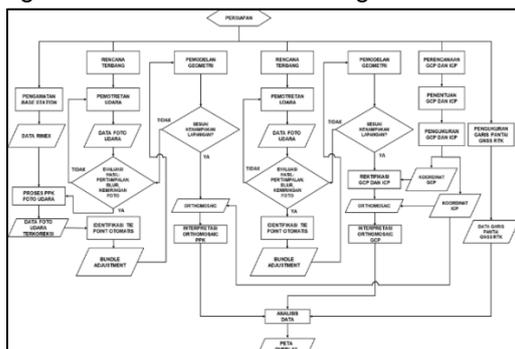
**Tabel 2.** Stanadar Minimum Pengukuran Garis Pantai IHO S-44 Edisi ke 5 Tahun 2008

reference	order	special	1a, 1b	2
Chapter 2 and note 5	Positioning of fixed aids to navigation and topography significant to navigation. (95% Confidence level)	2 metres	2 metres	5 metres
Chapter 2 and note 5	Positioning of the Coastline and topography less significant to navigation (95% Confidence level)	10 metres	20 metres	20 metres

Sumber: IHO S-44 Edisi ke 5

## 2.6 Diagram Alir Penelitian.

Adapun dalam penelitian ini dibuat diagram alir secara teknis sebagai berikut:



**Gambar 14.** Diagram Alir Penelitian.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Pengamatan Geodetik GCP dan ICP

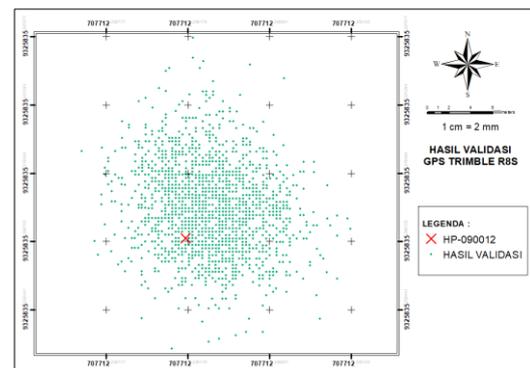
Dari pelaksanaan geodetik yang dilakukan, diperoleh koordinat teliti dari GCP untuk proses rektifikasi orthofoto dan ICP untuk kontrol kualitas ketelitian orthofoto. Hasil koordinat diolah sebelumnya dengan *software* TBC 3.9. Berikut adalah hasil koordinat masing-masing GCP dan ICP:

**Tabel 3.** Koordinat GCP dan ICP Hasil Pengamatan.

Point ID	Easting (Meter)	Northing (Meter)	Elevation (Meter)
CJKT	708554.668	9324258.423	32.235
GCP_1	707728.708	9325672.175	20.660
GCP_2	707488.326	9325669.105	20.157
GCP_3	707869.518	9325910.148	20.103
GCP_4	707755.539	9326069.694	20.968
GCP_5	707712.239	9325835.210	20.993
GCP_6	707856.057	9326247.667	20.810
ICP_1	707835.804	9325798.933	20.188
ICP_2	707691.847	9325720.232	20.866
ICP_3	707820.978	9325965.368	19.960

### 3.2 Hasil Validasi GNSS dan Garis Pantai Metode GNSS RTK.

Hasil validasi peralatan GNSS yang telah dilakukan diperoleh 1824 data koordinat selama 30 menit dengan frekwensi *logging data* adalah 1 Hertz. Validasi dilaksanakan secara RTK, dengan mendirikan *receiver GPS rover* dengan *tripod* di titik HP.090012 Pondok Dayung dan *receiver base* dengan *radiolink* diletakkan pada titik ICP02. *Logging data* koordinat menggunakan koneksi antarmuka *NMEA0183* yang terhubung pada laptop dengan menggunakan *software hypack 4.1*. Berikut adalah hasil *plot logging data* dengan *software ArcGis 10.1*:



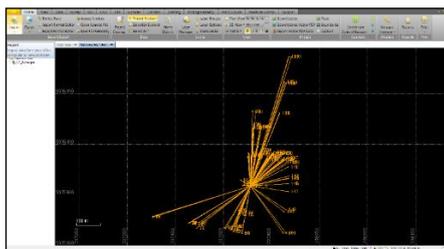
**Gambar 15.** Hasil Sebaran *Logging Data* GPS *Trimble R8s* Terhadap Koordinat Titik HP.090012.

Hasil *logging data* tersebut kemudian diekspor ke dalam *microsoft excel* untuk dilakukan perhitungan statistik guna mendapatkan nilai simpangan baku dari peralatan GPS *Trimble* tipe *R8s* yang akan digunakan sebagai *rover* pada pengukuran garis pantai dengan metode RTK. Berdasarkan 1824 data hasil validasi GPS *Trimble R8s*, diperoleh nilai simpangan baku sebesar 0,003 meter dan nilai ketidakpastian 0,013 meter dengan tingkat kepercayaan 95%. Dengan demikian peralatan GPS *Trimble R8s* dapat digunakan untuk pengukuran garis pantai dengan metode RTK.

VALIDASI GPS							
TANGGAL	18/05/2018						
TTIK ACUAN UKUR:							
HP.090012	Eastings	Northings					
	707712.238	9325835.209					
Trimble R8s	1824 data						
Eastings	Northings	Delta Eastings	Delta Northings	Radials	Rata-Rata	Standar Dev (σ)	95%CL
707712.238182	9325835.216887	0.002	-0.008	0.0079	0.0059	0.0030	0.0132
707712.231246	9325835.212403	0.007	-0.003	0.0076			
707712.236483	9325835.214843	0.002	-0.006	0.0060			
707712.237720	9325835.216989	0.000	-0.008	0.0080			
707712.236478	9325835.212999	0.002	-0.004	0.0043			
707712.241409	9325835.216689	-0.003	-0.008	0.0084			
707712.240485	9325835.216057	-0.002	-0.007	0.0075			
707712.236769	9325835.208697	0.001	0.000	0.0013			
707712.238014	9325835.212994	0.000	-0.004	0.0040			
707712.235227	9325835.207473	0.003	0.002	0.0032			
707712.229999	9325835.207482	0.008	0.002	0.0081			
707712.236445	9325835.204090	0.002	0.005	0.0052			
707712.237370	9325835.204701	0.001	0.004	0.0043			

Gambar 16. Hasil Perhitungan Statistik Validasi GPS Trimble R8s.

Untuk Pengukuran garis pantai yang telah dilakukan dengan metode GNSS RTK, didapatkan sebanyak 95 titik koordinat. Pengukuran dilaksanakan sepanjang garis pantai yang berada di Pangkalan TNI AL Pondok Dayung. Objek-objek yang sulit dijangkau tidak dapat terambil koordinat posisinya mengingat keselamatan personil dan material. Berikut adalah hasil data pengukuran garis pantai yang diolah dengan menggunakan software TBC 3.9:



Gambar 17. Hasil Pengukuran Grais Pantai Metode GNSS RTK.

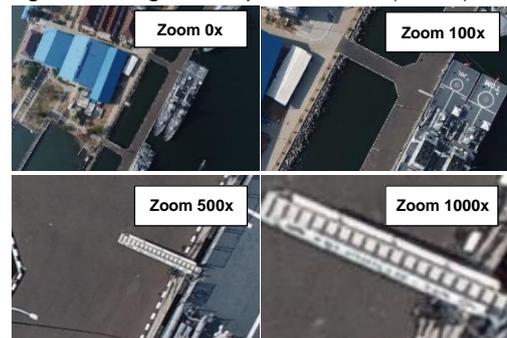
Hasil plot pengukuran garis pantai metode RTK dengan menggunakan software TBC 3.9, didapatkan sebanyak 95 titik koordinat pengukuran dengan solution type RTK-FIX. Point derivation dari hasil pengukuran, memuat informasi tentang ketelitian horisontal, vertikal dan jarak base station ke masing-masing titik rover. Berdasarkan hasil hitungan, didapatkan nilai rata-rata untuk horizontal precission sebesar 0,019 meter dengan nilai maksimum 0,039 meter dan nilai minimumnya sebesar 0,014 meter. Sedangkan untuk nilai rata-rata dari vertical precission nya sebesar 0,02 meter dengan nilai maksimum 0,04 meter dan nilai minumum sebesar 0,018 meter. Pada Gambar 18 berikut adalah hasil perhitungannya

Precision Confidence Level: 95%												
No	Data	H. Prec.	V. Prec.	Length		ΔX		ΔZ		H. Precision		
		(Meter)	(Meter)	(Meter)	(Meter)	(Meter)	(Meter)	mean	max	min	(Meter)	(Meter)
1	10CP_5-01 (V1)	0.015	0.021	284.166	210.389	48.353	-153.053			0.019126	0.039	0.014
2	10CP_5-02 (V2)	0.014	0.022	293.499	247.679	58.433	-146.767					
3	10CP_5-03 (V3)	0.014	0.022	293.428	247.685	58.471	-146.058					
4	10CP_5-04 (V4)	0.014	0.022	294.306	248.701	58.821	-145.806					
5	10CP_5-05 (V5)	0.014	0.022	293.977	248.002	59.118	-146.312					
6	10CP_5-06 (V6)	0.014	0.022	295.154	249.13	59.112	-146.819					
7	10CP_5-07 (V7)	0.014	0.022	491.818	390.354	104.813	-176.875			0.021181	0.044	0.018
8	10CP_5-08 (V8)	0.015	0.021	412.129	380.361	114.421	-173.851					
9	10CP_5-09 (V9)	0.015	0.021	421.503	389.109	104.040	-174.216					
10	10CP_5-10 (V10)	0.016	0.020	428.236	394.771	105.346	-178.234					
11	10CP_5-11 (V11)	0.016	0.020	424.238	391.977	104.901	-177.728					
12	10CP_5-12 (V12)	0.016	0.020	422.709	391.209	105.161	-176.453					
13	10CP_5-13 (V13)	0.017	0.020	583.387	554.091	158.301	-88.438					
14	10CP_5-14 (V14)	0.017	0.020	583.241	554.456	158.088	-90.099					
15	10CP_5-15 (V15)	0.017	0.020	588.021	554.417	157.869	-91.093					

Gambar 18. Hasil Perhitungan Statistik Pengukuran Garis Pantai metode GNSS RTK.

### 3.3 Hasil Foto Udara.

Dari kegiatan pemotretan udara dengan UAV yang telah dilakukan, dihasilkan sebanyak 221 foto udara dengan 1 kali misi terbang. Pengolahan foto udara dilakukan secara paralel sebanyak 3 kali, mengingat akan dibandingkan 3 data foto udara dengan pengukuran garis pantai metode RTK, yaitu foto udara dengan koreksi 6 GCP, foto udara PPK dengan koreksi 1 GCP dan foto udara PPK tanpa koreksi GCP. 1 kali pengolahan memerlukan waktu 90 menit. Berikut pada Gambar 19 adalah salah satu hasil foto udara dengan berbagai nilai perbesaran (zoom):

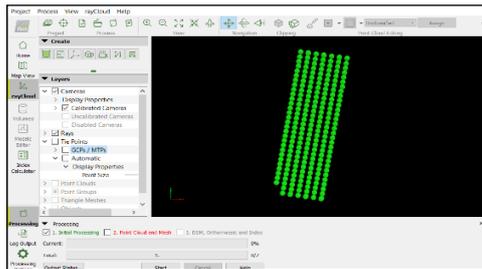


Gambar 19. Sampel Foto Dengan Berbagai Nilai Perbesaran.

Terlihat pada Gambar 19, dimana resolusi foto yang dihasilkan sangat baik dan detail dari suatu objek yang masih terlihat jelas serta mudah untuk diidentifikasi, seperti tangga kapal yang terlihat pada foto dengan perbesaran 100% hingga 1000% masih terlihat jelas dan tidak pecah. Hal tersebut membuktikan bahwa resolusi spasial yang dihasilkan sangat tinggi.

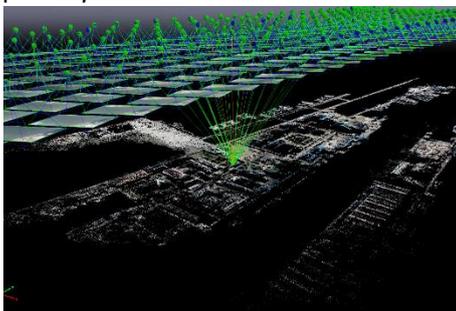
Selain tingkat resolusi, foto udara yang dihasilkan pada penelitian ini juga baik secara visual. Dari 221 foto yang didapatkan, seluruhnya memiliki pencahayaan yang baik. Selain tidak terhalang oleh kabut, asap serta awan dan blur juga tidak terjadi distorsi foto yang signifikan dimana pada umumnya disebabkan oleh anomali lensa kamera. Sebelum dilakukan pengambilan foto udara dilakukan kalibrasi kompas dan IMU pada UAV

dengan tujuan untuk mengantisipasi terjadi kesalahan saat pengambilan foto berlangsung, karena akuisisi data dilakukan secara otomatis penuh dimana mengandalkan pada sensor-sensor seperti kompas dan IMU. Pada **Gambar 20** dimana titik-titik berwarna hijau menunjukkan hasil inialisasi awal foto udara pada *software Pix4D*, dimana tidak terjadi kesalahan pada foto udara yang berdampak pada foto yang tidak terproses dan berakibat hasil akhir yang tidak bagus.



**Gambar 20.** Hasil Inialisasi Foto Udara dengan *Pix4D Mapper*.

Setelah dilakukan inialisasi, kemudian dilakukan proses identifikasi *tie point* secara otomatis. Pada proses ini *tie point* diekstrak dari piksel tiap-tiap foto dimana *software* secara otomatis mengidentifikasi piksel yang sama pada foto yang bertampalan, baik tampalan depan maupun samping. Setiap piksel pada satu foto memiliki jutaan *pixel value* yang berbeda, namun pada beberapa foto yang bertampalan, terdapat *pixel value* yang identik. *Pixel value* yang identik tersebut menjadi titik ikat antar foto yang bertampalan sebagai awal dari proses mozaik foto. Berikut pada **Gambar 21** merupakan salah satu sampel *tie point* otomatis.

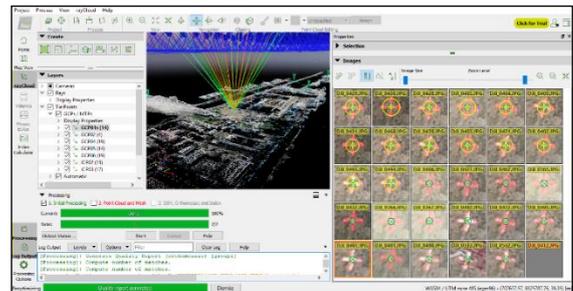


**Gambar 21.** Sampel *Tie Point* Otomatis pada *software Pix4D Mapper*.

### 3.4 Hasil Foto Udara Terektifikasi GCP.

Dari hasil identifikasi *tie point*, proses selanjutnya yang dilakukan adalah import data koordinat GCP dan ICP yang telah diukur sebelumnya. Kemudian dilakukan proses

*marking* GCP untuk keperluan rektifikasi dan ICP untuk keperluan kontrol kualitas. Dalam proses *marking* ini mengidentifikasi GCP dan ICP secara manual yang ada pada foto, yang sebelumnya telah dipasang dengan *premark* berwarna oranye dan berbentuk tanda (+). *Premark* pada GCP dan ICP hanya terdapat dan terlihat secara visual pada beberapa hasil foto udara yang dilalui oleh jalur terbang UAV. Adapun proses *marking* adalah sebagai berikut:



**Gambar 22.** Proses *Marking* Pada GCP01.

Pada **Gambar 22**, terlihat bahwa *premark* yang terdapat pada beberapa file foto udara dalam proses *marking*. *Premark* yang dipasang untuk mempermudah pelaksanaan *marking*. Setelah pelaksanaan *marking* selesai, dilakukan perhitungan kembali oleh *software* untuk mendapatkan hasil orthofoto yang terkoreksi dengan GCP dan dapat diperoleh hasil data kontrol kualitas dari ICP. Berikut pada **Gambar 23** merupakan hasil report RMS *error* GCP dan ICP yang didapatkan setelah proses rektifikasi dilakukan.

GCP Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified /Marked
GCP01 (3D)	0.020/0.020	-0.013	-0.004	0.011	0.184	29 / 29
GCP02 (3D)	0.020/0.020	0.011	-0.008	0.011	0.164	8 / 8
GCP04 (3D)	0.020/0.020	0.003	0.004	0.018	0.206	28 / 28
GCP05 (3D)	0.020/0.020	0.007	0.010	-0.027	0.215	25 / 25
GCP06 (3D)	0.020/0.020	-0.002	-0.003	-0.006	0.284	30 / 30
Mean [m]		0.001397	-0.000229	0.001359		
Sigma [m]		0.008376	0.006530	0.016309		
RMS Error [m]		0.008492	0.006534	0.016365		

Check Point Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified /Marked
ICP02	0.0200/0.0200	0.0055	-0.0184	0.1734	0.3390	25 / 25
ICP03	0.0200/0.0200	-0.0044	-0.0159	0.1839	0.6456	29 / 29
Mean [m]		0.000556	-0.017164	0.178649		
Sigma [m]		0.004953	0.001264	0.005216		
RMS Error [m]		0.004984	0.017211	0.178725		

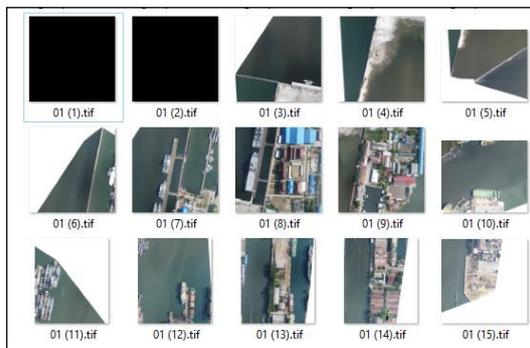
**Gambar 23.** Hasil Report RMSE GCP dan ICP

Berdasarkan hasil report pada **Gambar 23**, hasil rektifikasi pada masing-masing GCP memiliki RMS *error* dari koordinat x,y,z masing-masing sebesar 0,849 cm, 0,653 cm dan 1,6365 cm. Kemudian untuk nilai *projection error* kurang dari 1 piksel (< 1 pixel). Selanjutnya untuk jumlah *premark* dari GCP

terverifikasi sebanyak 29 foto untuk GCP01, 8 foto untuk GCP02, 28 foto untuk GCP04, 25 foto untuk GCP05 dan 30 foto untuk GCP06. Kemudian RMS *error* ICP dari koordinat x,y,z masing-masing sebesar 0,498 cm, 1,721 cm dan 17,872 cm. Kemudian untuk nilai *projection error* kurang dari 1 piksel (< 1 pixel). Untuk jumlah *premark* dari ICP terverifikasi 25 foto untuk ICP02 dan 29 foto untuk ICP03.

Dari 6 GCP dan 3 ICP yang direncanakan, 1 GCP (GCP03) tidak dapat digunakan karena adanya pembangunan monumen kapal dan 1 ICP (ICP01) juga tidak dapat digunakan karena adanya pengurukan tanah yang dilakukan oleh Koarmada-1. Namun demikian proses rektifikasi tetap dilakukan dan secara signifikan tidak mempegaruhi hasil ketelitian yang diperoleh.

Setelah dilaksanakan rektifikasi dengan GCP, proses selanjutnya adalah *orthomosaic*. Pertampalan foto udara sudah tidak lagi berbentuk kotak persegi panjang melainkan telah terpotong-potong menjadi beberapa bagian dan membentuk mosaik foto. Mosaik foto tersebut kemudian diproses dengan hasil rektifikasi GCP dengan hasil akhir membentuk orthofoto. Pada **Gambar 24** dan **Gambar 25** berikut merupakan kumpulan dari mosaic foto dan hasil orthofoto terrektifikasi GCP.



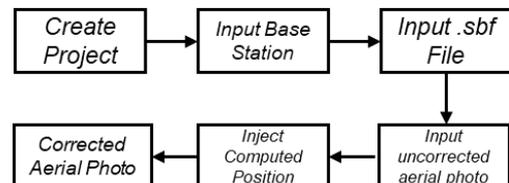
**Gambar 24.** Hasil Mosaik Foto



**Gambar 25.** Hasil Orthofoto Terrektifikasi 5 GCP.

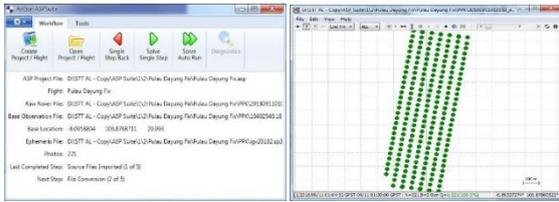
### 3.5 Hasil Foto Udara PPK.

Berbeda dengan pengolahan data foto udara terektifikasi GCP, untuk foto udara PPK, pertama kali yang dilakukan setelah mengunduh file foto dari UAV adalah mengoreksi koordinat geografis dan ketinggian yang termuat dalam metadata tiap-tiap file foto dengan *software LokiAirgon*. Dengan koordinat dan ketinggian yang telah dikoreksi dengan GPS *base* yang sebelumnya didirikan, akan memberikan hasil orthofoto dengan ketelitian yang tinggi tanpa melakukan rektifikasi dengan GCP. Dengan demikian akan mempersingkat waktu persiapan, akuisisi data dan tentunya pengolahan data yang dilakukan. Berikut pada **Gambar 26** adalah urutan dari pemrosesan koreksi data foto udara.



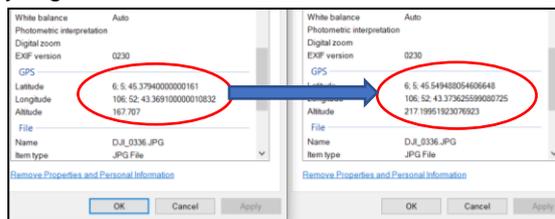
**Gambar 26.** Rangkaian Proses Koreksi Foto Udara dengan *Software LokiAirgon*.

*Software* akan menginjeksi 221 metadata file foto. Berikut pada **Gambar 27** adalah hasil koreksi koordinat foto yang telah berhasil.



**Gambar 27.** Hasil Foto Udara Yang Telah Terkoreksi.

Metadata yang memuat informasi posisi geografis dan ketinggian terbang dirubah secara otomatis berdasarkan hasil koreksi antara *base* dan *rover*. File foto yang telah terkoreksi secara otomatis terbentuk di luar folder foto yang belum terkoreksi tanpa menghapusnya. Dari 221 file foto, seluruhnya berhasil terkoreksi dengan baik. Hal tersebut dinotasikan dengan titik-titik yang berwarna hijau pada **Gambar 27**. Berikut pada **Gambar 28** adalah perbandingan metadata salah satu file foto udara yang belum terkoreksi dengan yang telah terkoreksi.



**Gambar 28.** Hasil Metadata Foto Yang Telah Dikoreksi.

Proses rektifikasi dengan GCP tidak lagi diperlukan pada pengolahan foto udara PPK akan tetapi langkah dan proses lainnya pada *software Agisoft Photoscan 4.3* tetap dilakukan, termasuk proses *orthomosaic*. Berikut pada **Gambar 29** adalah hasil *orthomosaic* PPK yang dihasilkan tanpa rektifikasi GCP dan **Gambar 30** hasil RMSE ICP:



**Gambar 29.** Hasil Orthomosaic PPK.

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (s)
ICP2	9.35627	7.66494	-27.5306	30.0704	(25)
ICP3	-12.3239	-5.96216	-26.9557	30.233	(29)
RMSE	10.9412	6.86654	27.2447	30.1518	54

**Gambar 30.** Hasil Report RMSE ICP Foto Udara PPK.

Untuk RMS error ICP dari koordinat x,y,z masing-masing sebesar 10,94 cm, 6,86 cm dan 27,24 cm. Untuk jumlah *premark* dari ICP terverifikasi 25 foto untuk ICP02 dan 29 foto untuk ICP03.

### 3.6 Hasil Foto Udara PPK+1GCP.

Pengolahan foto udara PPK dengan rektifikasi 1 GCP menggunakan *software Pix4D Mapper*, sama seperti pada saat pengolahan foto udara terektifikasi 5 GCP. Yang menjadi perbedaannya adalah banyaknya GCP yang digunakan. Kali ini yang digunakan adalah hanya 1 GCP, yaitu GCP05 yang tidak lain adalah titik *base station* untuk koreksi posisi geografis foto udara PPK selama UAV terbang dan mengakuisisi data. Berikut pada **Gambar 31** merupakan hasil error GCP RMS error ICP yang didapatkan setelah proses rektifikasi dilakukan:

GCP Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
GCP05 (3D)	0.020/ 0.020	-0.030	0.009	0.001	0.201	25 / 25

Check Point Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
ICP02	0.020/0.020	-0.054	-0.011	0.280	0.279	25 / 25
ICP03	0.020/0.020	-0.049	-0.026	0.267	0.347	29 / 29
Mean [m]		-0.051543	-0.018456	0.273243		
Sigma [m]		0.002573	0.007912	0.006631		
RMS Error [m]		0.051608	0.020081	0.273324		

**Gambar 31.** Hasil Report error GCP dan RMSE ICP Foto Udara PPK+1GCP.

Berdasarkan hasil *report* pada **Gambar 31** hasil rektifikasi pada GCP05

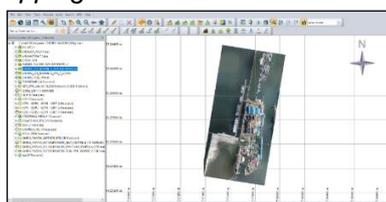
memiliki *error* dari koordinat x,y,z masing-masing sebesar -3 cm, 0,9 cm dan 0,1 cm. Untuk nilai *projection error* kurang dari 1 piksel (<1 pixel). Selanjutnya untuk jumlah *premark* dari GCP05 terverifikasi sebanyak 25 foto. Kemudian RMS error ICP dari koordinat x,y,z masing-masing sebesar 5,160 cm, 2,008 cm dan 27,332 cm. Kemudian untuk nilai *projection error* kurang dari 1 piksel (<1 pixel). Untuk jumlah *premark* dari ICP terverifikasi 25 foto untuk ICP02 dan 29 foto untuk ICP03. Berikut pada **Gambar 32** adalah hasil orthomosaic PPK+1GCP yang dihasilkan:



**Gambar 32.** Hasil Orthomosaic PPK+1GCP.

### 3.7 Perbandingan Ketelitian.

Perbandingan ketelitian dilakukan dengan menggunakan *software global mapper* 18, baik untuk menginterpretasi garis pantai dari hasil foto udara dengan membuat *vertice line* maupun plot koordinat hasil pengukuran garis pantai dengan metode GNSS RTK. Hasil orthomosaic di-*crop* pada bagian samping menyesuaikan dengan *boundary AOI*. Berikut hasil *cropping* orthomosaic:



**Gambar 33.** Hasil *Cropping* Orthomosaic

*Vertice line* yang dibuat untuk menggambarkan garis pantai pada orthofoto, kemudian di ekstrak dalam bentuk file ASCII untuk dapat diketahui koordinat tiap-tiap titik *vertice* yang sebelumnya disesuaikan dengan jumlah koordinat dari pengukuran garis pantai

dengan metode GNSS RTK. Berikut adalah *vertice line* dari orthofoto baik terektifikasi GCP maupun PPK:



**Gambar 34.** Sampel Perbandingan *Vertice Line* (Merah: GNSS RTK, Hijau: Foto Udara Terektifikasi GCP, Biru: Foto Udara PPK, Oranye: Foto Udara PPK+1GCP) dengan *Overlay Orthomosaic PPK*.

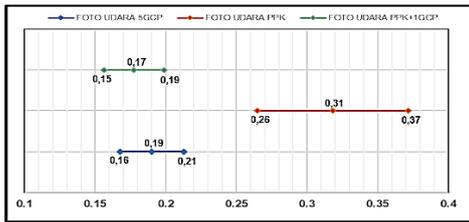
Setelah pembuatan *vertice line* dilakukan pada tiap-tiap hasil orthomosaic, selanjutnya dilakukan ekstrak *vertice line* tersebut ke dalam format ASCII untuk mendapatkan rekapan koordinat. Perbedaan koordinat tersebut yang menjadi perhitungan ketelitian tiap-tiap orthomosaic terhadap koordinat hasil garis pantai dengan metode GNSS RTK. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan *microsoft excel* dan didapatkan hasil perbandingan 95 titik koordinat. Berikut pada **Tabel 4** adalah perbandingan ketelitian masing-masing hasil interpretasi orthomosaic foto udara terhadap pengukuran garis pantai dengan metode GNSS RTK:

**Tabel 4.** Hasil perbandingan ketelitian.

No.	DATA	$\mu$ (cm)	$\sigma$ (cm)	CI 95% (cm)
1	FOTO UDARA 5GCP	19.01	10.98	16.8 < $\mu$ < 21.2
2	FOTO UDARA PPK	31.82	26.06	26.5 < $\mu$ < 37
3	FOTO UDARA PPK+1GCP	17.75	10.37	15.6 < $\mu$ < 19.8

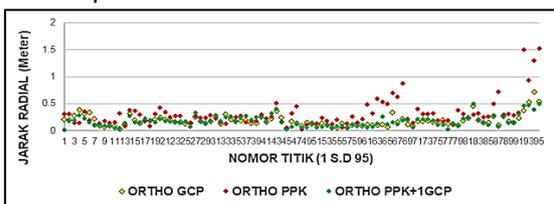
Berdasarkan **Tabel 4**, nilai rata-rata dan standar deviasi ketelitian terbaik adalah data foto udara PPK terektifikasi 1 GCP dengan nilai rata-rata ketelitiannya adalah sebesar 17,75 cm dan nilai standar deviasi ketelitiannya sebesar 10,37 cm serta memiliki selang kepercayaan 95% 15.6 cm <  $\mu$  < 19.8 cm . Sementara nilai rata-rata dan standar deviasi ketelitian terendah adalah data foto udara PPK dimana nilai rata-rata ketelitiannya adalah 31,8 cm dan nilai standar deviasi ketelitiannya sebesar 26,06 cm serta memiliki selang kepercayaan 95% 26.5 cm <  $\mu$  < 37 cm. Untuk foto udara terektifikasi 5 GCP memiliki nilai rata-rata ketelitian sebesar 19,01 cm dan standar deviasi ketelitiannya adalah sebesar 10,98 cm serta memiliki selang

kepercayaan 95%  $16.8 \text{ cm} < \mu < 21.2 \text{ cm}$ . Pada **Gambar 35** berikut adalah grafik *confidence interval* 95% dari masing-masing hasil interpretasi foto udara yang telah dihitung:



**Gambar 35.** Grafik CI95% ketelitian hasil interpretasi foto udara terhadap pengukuran garis pantai dengan metode GNSS RTK

Data foto udara PPK dengan rektifikasi 1 GCP memiliki tingkat ketelitian yang paling tinggi diantara data foto udara PPK dan foto udara terekstifikasi GCP. Hal ini disebabkan karena adanya dua kali proses koreksi, walaupun hanya menggunakan 1 titik ikat didarat (1 GCP), namun foto udara yang diproses oleh *software* fotogrametri sudah memiliki posisi geografis lebih baik karena adanya proses koreksi tiap-tiap foto secara PPK, dibandingkan dengan foto udara yang langsung memasuki proses pengolahan *software* fotogrametri walaupun dengan 5 titik ikat didarat (5 GCP). Demikian pula terjadi pada foto udara PPK, dimana pada saat pemrosesan dengan *software* fotogrametri tanpa menggunakan titik kontrol didarat (tanpa GCP) untuk proses rektifikasi dan hanya mengandalkan posisi geografis dari GNSS UAV yang kemudian dilakukan proses koreksi tiap-tiap foto secara PPK, namun demikian semua hasil yang didapatkan tidak lebih dari 2 meter, seperti yang tercantum pada standar publikasi IHO S-44 tentang pengukuran topografi dan garis pantai, dimana syarat ketelitian maksimumnya adalah sebesar 2 meter. Berikut pada **Gambar 36** merupakan grafik *scatter* hasil sebaran data radial pengukuran garis pantai metode fotogrametri terhadap metode GNSS RTK.



**Gambar 36.** Grafik *scatter* hasil sebaran data radial pengukuran garis pantai metode fotogrametri terhadap metode GNSS RTK

### 3.8 Analisis Objek Tematik.

Terdapat 10 objek tematik yang dapat diinterpretasi dari hasil orthomosaic foto udara yang telah didapatkan dengan menggunakan kaidah interpretasi citra foto udara, diantaranya adalah bentuk, ukuran, warna, pola, bayangan, tekstur, situs dan asosiasi objek. Objek yang diinterpretasi mengacu pada Peta Laut nomor 1. Berikut pada **Tabel 5** merupakan Daftar objek-objek tematik yang dapat diinterpretasi sesuai dengan Peta nomor 1:

**Tabel 5.** Objek-Objek Tematik Yang Dapat Diinterpretasi Berdasarkan Peta Laut Nomor 1

Simbol Pada Peta Laut Nomor 1	Nama Objek Tematik	Hasil Interpretasi	Kenampakan Objek Pada Citra
	Tower Air	- Tower air	
	Menara Radio	- Menara radio	
	Dok Kapal	- Dok kapal kering - Rel dok kapal	
	Mooring Dolphin	- Mooring dolphin	
	Gedung/Bangunan/Gudang	- Gedung Gudang - Hanggar kapal	
	Break water	- Breakwater /tanggul air	
	Jalan/Road/ranmor	- Jalan Kendaraan Bermotor - Jalan permukaan keras	
	Masjid	- Masjid	
	Tiang Bendera	- Tiang bendera	
	Area Reklamasi	- Area reklamasi	

### 3.9 Penggambaran *Layout* Peta.

Penggambaran *layout* dibuat dengan menggunakan *software ArcGis 10.3* dan disajikan dalam kertas berukuran A0 dengan skala 1:1.000. Ada 2 macam *layout* yang dibuat, yaitu *layout* peta foto udara pondok dayung dan *layout* lembar lukis lapangan hasil pengukuran garis pantai serta detail darat berdasarkan foto udara yang telah didapatkan. Foto udara yang digunakan adalah *orthomosaic* foto udara PPK. Pada **Gambar 36** berikut adalah contoh tampilan *layout* peta, baik peta foto udara maupun lembar lukis lapangan:



**Gambar 36.** *Layout* Peta Foto Udara PPK Dengan *Overlay* Pengukuran Garis Pantai Metode GNSS RTK (Kiri) Dan *Layout* Lembar Lukis Lapangan Pondok Dayung (Kanan).

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1 Kesimpulan.

Nilai ketelitian terbaik diperoleh pada metode foto udara PPK terektifikasi 1 GCP. Secara keseluruhan, nilai ketelitian dari 3 metode tersebut kurang dari 2 meter (<2 m). Berdasarkan IHO S-44 edisi ke 5 tentang ketelitian horisontal untuk pengukuran garis pantai dan topografi darat, ketiga hasil tersebut masih dalam kategori orde khusus.

Hasil interpretasi pada *orthomosaic* foto udara yang telah dilakukan, dapat diinventarisir sebanyak 10 objek tematik berdasarkan peta laut nomor 1 yang dapat digambarkan pada lembar lukis lapangan.

### 4.2 Saran.

Penggunaan UAV di daerah pesisir harus memperhatikan jenis UAV yang digunakan dan keadaan meteorologi setempat, sehingga dapat meminimalisir resiko kerugian material. Selain itu juga UAV jenis *rotary-wing* masih sangat terbatas dalam mencakup aera survei yang luas, sehingga

diharapkan adanya penelitian lanjutan dengan menggunakan UAV jenis *fix-wing*.

Diharapkan adanya penelitian lebih lanjut tentang ketelitian vertikal untuk mendapatkan data dan informasi topografi yang akurat, sehingga dapat diaplikasikan untuk pembuatan peta pendaratan amfibi (PPA).

Diharapkan adanya penelitian lebih lanjut tentang pengukuran garis pantai dengan menggunakan UAV pada daerah yang didominasi oleh garis pantai alami seperti bakau, pantai berpasir dan pantai bertebing.

Selain data garis pantai, foto udara yang dihasilkan melalui metode fotogrametri dengan menggunakan UAV dapat memperoleh data batimetri didaerah pesisir dengan teknik pengolahan tertentu, sehingga diharapkan adanya penelitian lebih lanjut mengenai hal tersebut.

## REFERENSI

- Abidin, H. (2007). *Konsep Dasar Pemetaan*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Amarrohman, F. J., et. al (2017). Kajian Penentuan Garis Pantai Menggunakan Metode Uav Di Pantai Teleng Ria Kabupaten Pacitan. *Jurnal Geodesi Undip Volume 6, No.1*, 303-312.
- ASPSuite. (2018). *ASPSuite User Guide Version 2018.1.21.0*. Madison, Alabama, United States: GeoCue Group.
- Badan Sertifikasi Nasional. (2002). *Jaring Kontrol Horizontal (SNI 19-6724-2002)*. Jakarta: BSN.
- Badan Sertifikasi Nasional. (2014). *Prosedur Pemotretan Udara Digital (SNI 7965:2014)*. Jakarta: BSN.
- Badan Sertifikasi Nasional. (2014). *Spesifikasi Teknis Triangulasi Udara (SNI 7966:2014)*. Jakarta: BSN.
- Basith, A. (2004). Tantangan Dalam Akuisisi Data Hidrografi Di Zona Intertidal Untuk Pemetaan Lingkungan Pantai Indonesia Skala 1:10.000. *Jurnal Ilmiah Geomatika Volume 20 No.2*, 87-94.
- Dinas Hidro-Oseaonografi. (2005). *Peta Nomor 1 Simbol dan Singkatan Peta Laut*. Jakarta: Dishidros TNI AL.
- Dipokusumo, B. S. (2004). *Pengantar Fotogrametri 1*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- DJI. (2018, Juni 8). *DJI Drones*. Diambil kembali dari

- <http://DJI/Product/Phantom3Professional>
- Gularso, H, et. al (2015). Penggunaan Foto Udara Format Kecil Menggunakan Wahana Udara Nir-awak Dalam Pemetaan Skala Besar. *Jurnal Ilmiah Geomatika Volume 2*, 37-44.
- Hadi, B. S. (2007). *Dasar-Dasar Fotogrametri*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Harintaka. (2008). Evaluasi Penerapan Mini Bundle Block Adjustment Pada Foto Udara Format Kecil. *Media Teknik No.3 Tahun XXX*, 239-247.
- Indoatlas. (2018, Mei 3). Diambil kembali dari <http://indoatlas.net/>: <http://indoatlas.net/>
- International Hydrographic Organization. (2005). *Manual On Hydrography Publication C-13* (1st ed.). Monaco: International Hydrographic Bureau.
- International Hydrographic Organization. (2008). *IHO Standards For Hydrographic Surveys Special Publication No. 44* (5th ed.). Monaco: International Hydrographic Bureau.
- Isnasatrianto, A. (2017). Aplikasi UAV (Unmanned Aerial Vehicle) Fotogrametri Untuk Perencanaan Pengembangan Jalur Transmisi Sutet 500 Kv (Studi Kasus : Kec. Ambarawa, Kab. Semarang). *Fakultas Teknik Geodesi, Universitas Diponegoro*.
- Lillesand, K. (1990). *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Yogyakarta: Gajahmada University Press.
- Noor, D. (2012). *Foto Udara*. Bogor: Universitas Pakuan.
- Pix4D. (2015). *Pix4D Mapper Manual Book*. Lausanne, Switzerland: EPFL Innovation.
- Purwanto, T. H. (2017, Maret). Pemanfaatan Foto Udara Format Kecil untuk Ekstraksi Digital Elevation Model dengan Metode Stereoploting. *Majalah Geografi Indonesia Vol.31, No.1*, 73-89.
- Putra, A. S., et. al (2016). Uji Akurasi Data Uav (Unmanned Aerial Vehicle) Di Kawasan Pantai Pelangi, Parangtritis, Kretek, Kabupaten Bantul. *Prosiding Seminar Nasional Kelautan Universitas Trunojoyo Madura*, 232-240.
- Sudaryono. (2014). *Teori Dan Aplikasi Dalam Statistik*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Sudjana. (2005). *Metoda Statistika*. Bandung, Jawa Barat, Indonesia: Tarsito.
- Wolf, P. R. (1983). *Elements Of Photogrammetry* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill Book Company.
- Wolf, P. R. (1993). *Elemen Fotogrametri (Indonesian Edition)*. (Sutanto, Penyunt.) Yogyakarta, Indonesia: Gajah Mada University Press.
- Yuwono, N. (1992). *Dasar-Dasar Perencanaan Bangunan Pantai Volume II*. Yogyakarta: Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM.