

# PENGAJIAN PROSES CITRA TEGAK (ORTHO) SATELIT RESOLUSI SANGAT TINGGI SECARA ORTHOSISTEMATIS DAN ORTHOREKTIFIKASI PRIMER STUDI KASUS WILAYAH BANGKA

Aliska Pangda Gisda<sup>1</sup>, Bebas Purnawan<sup>2</sup>, Dodi Sukmayadi<sup>3</sup>

## ABSTRAK

Saat ini lembaga pemerintah seperti LAPAN dan BIG sedang melakukan penelitian untuk mencoba menghilangkan penggunaan data *Ground control point* (GCP) di proses *bundle adjustment* pada orthorektifikasi primer dengan menggunakan teknik orthorektifikasi sistematis (orthosistematis). Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji perbandingan proses penegakan citra satelit resolusi tinggi secara orthorektifikasi primer (dengan GCP) dan orthosistematis (tanpa GCP) dengan studi kasus wilayah pulau Bangka. Pada orthosistematis titik kontrol diganti dengan menggunakan *tie point*. Hasil akhir *bundle adjustment* (BA) dengan GCP dan tanpa GCP masing-masing telah memenuhi spesifikasi standar ketelitian yang telah ditetapkan, BA dengan GCP lebih baik daripada tanpa GCP. Secara visual residual kedua parameter tidak lagi memiliki kesalahan sistematis. Dari hasil *rectify* dan *pansharpening* terjadi pergeseran objek perairan dan pergeseran posisi piksel citra. Parameter dalam penelitian ini menggunakan citra satelit dan DSM yang sama, sehingga perubahan visual yang terjadi antara orthorektifikasi primer dan orthosistematis hampir sama atau tidak terlihat perbandingan yang signifikan. Hasil uji ketelitian RMSE dengan CE 90 menggunakan *Independent Check Point* (ICP) didapatkan nilai ketelitian horisontal 1,235 meter untuk orthorektifikasi primer, sedangkan dari hasil orthosistematis didapatkan nilai ketelitian horisontal 9,081 meter.

**Kata Kunci :** Akurasi, *Bundle Adjustment*, Orthosistematis, Orthorektifikasi Primer, Ketelitian Gometrik

## I. PENDAHULUAN

Citra satelit hasil penginderaan jauh menjadi solusi dalam penyediaan Informasi Geospasial (IG) Dasar skala besar yang belum tersedia di beberapa wilayah di Indonesia. Peraturan yang mengatur tentang penginderaan jauh di Indonesia terdapat pada Undang-Undang No.21 tahun 2013 tentang Keantariksaan.

Mekanisme penyelenggaraan citra tegak resolusi tinggi diatur dalam Inpres No. 6 Tahun 2012 tentang Penyediaan, Penggunaan, Pengendalian Kualitas, Pengolahan dan Distribusi Data Satelit Penginderaan Jauh Resolusi Tinggi. Pada Inpres tersebut diterangkan bahwa Lembaga Penerbangan dan Antariksa (LAPAN) memiliki tugas untuk menyediakan data satelit penginderaan jauh resolusi tinggi dan Badan Informasi Geospasial (BIG) bertugas membuat citra tegak untuk keperluan survei dan pemetaan. Untuk membuat citra tegak satelit resolusi tinggi, BIG melakukan koreksi geometri (orthorektifikasi) sesuai dengan Standar Operasional Prosedur (SOP) yang berlaku. Dalam SOP tersebut di jelaskan bahwa dalam pelaksanaan koreksi geometri CSRT memerlukan data berupa citra satelit (RAW data), *Digital Elevation Model* (DEM) dan

juga *Ground control point* (GCP). Proses koreksi geometri ini membutuhkan biaya yang cukup besar dan waktu yang lama, salah satu faktor yang mempengaruhi adalah karena kondisi geografis wilayah Indonesia yang luas dan berupa kepulauan sehingga cukup sulit dijangkau, serta banyaknya lokasi yang harus dituju untuk survei lapangan.

Agar mendapatkan ketelitian horisontal yang memenuhi standar untuk keperluan pemetaan skala besar 1:5000, pada proses triangulasi udara dengan metode *Bundle adjustment* dalam orthorektifikasi citra satelit resolusi tinggi harus dilengkapi dengan data GCP untuk memperbaiki posisi geometri citra satelit, hal ini dikarenakan dalam proses ini posisi dari citra disesuaikan dengan posisi GCP yang mengacu pada satelit GNSS (*Global Navigation Sattelite System*). Dengan semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, saat ini tersedia citra satelit resolusi sangat tinggi seperti citra satelit dari *Airbus* dan *Digital Globe* memiliki teknologi *geopositional* canggih yang dapat memberikan peningkatan yang signifikan dalam akurasi geometri. Akurasi geometri ini dapat ditingkatkan dengan melakukan pengolahan orthorektifikasi dengan metode koreksi geometrik sistematis

(orthosistematis) yang melibatkan DEM dan parameter satelit berupa *Rational Polynomial Coefficient* (RPC). *Rational Polynomial Coefficient* (RPC) model telah menjadi metode yang paling populer di proses orthorektifikasi citra satelit resolusi tinggi karena memungkinkan pengguna untuk memperbaiki geometrik citra tanpa menggunakan GCP. (Randy Prima Brahmantara, Kustiyo.2017.LAPAN)

Berbagai upaya dan penelitian dilakukan agar dapat memangkas biaya dan waktu pengerjaan dalam proses orthorektifikasi. Saat ini LAPAN yang dibantu oleh BIG sedang mengembangkan metode orthosistematis agar dapat digunakan untuk menegakkan Citra satelit tanpa harus dengan menggunakan GCP, sehingga dilakukan penelitian dengan studi kasus pada beberapa wilayah yang ada di Indonesia. Indonesia merupakan negara kepulauan dan memiliki kondisi geografis yang beragam, untuk itu diperlukan banyak sampel dari berbagai daerah dalam penelitian metode orthosistematis ini. Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian yang berjudul “Pengkajian Proses Citra Tegak (Ortho) Satelit Resolusi Sangat Tinggi Secara Orthosistematis dan Orthorektifikasi Primer Studi Kasus Wilayah Bangka”.

## II. METODE

Wilayah pengerjaan dalam penelitian ini adalah pulau Bangka, dapat dilihat pada **Gambar 1** berikut ini :



**Gambar 1.** Pulau Bangka (( x : ICP) dan (● GCP survei lapangan - GCP orthosistem))

Koordinat GCP yang digunakan berjumlah 293 titik dan ICP berjumlah 83 titik.

Koordinat yang digunakan untuk menggantikan koordinat GCP dalam proses Orthosistematis adalah koordinat referensi yang bersumber dari citra ter-orthosistematis yang mewakili wilayah AOI GCP.

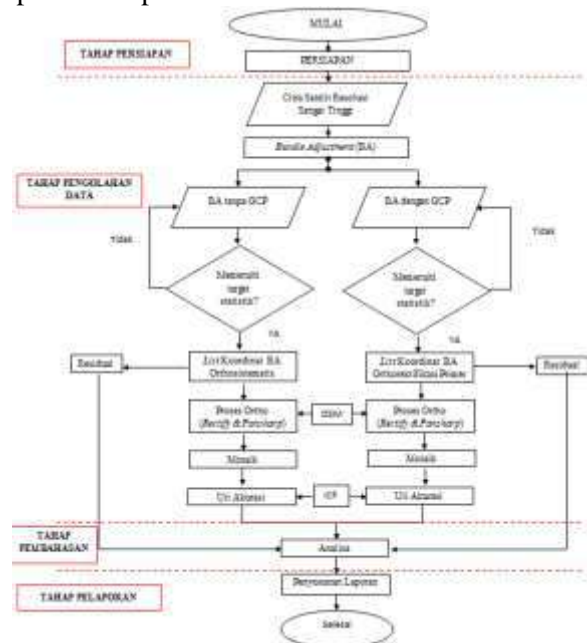
AOI koordinat GCP dan koordinat orthosistematis adalah sama 293 titik. *Tie Point* yang digunakan sebagai pengganti GCP dalam penelitian ini disebut dengan koordinat orthosistematis.

Citra satelit penginderaan jauh resolusi sangat tinggi yang digunakan berasal dari 5 sensor, yaitu *Pleiades*, *Geoeye*, *Quickbird2*, *Worldview2*, *Worldview3*. Data citra ini merupakan data produk *Ortho-Ready Standard* (OR2A) multispektral dan pankromatik yang telah memiliki koordinat bumi dan telah terkoreksi radiometrinya. Penggunaan berbagai jenis sensor ini akan mempengaruhi penelitian, akan tetapi dalam penelitian ini ketelitian (resolusi spasial) sensor dianggap sama.

DEM yang digunakan adalah *Digital Surface Model* (DSM) yang bersumber dari IFSAR, TerraSAR-X (RADAR), DEMNAS, dan SRTM30.

Software pengolah data untuk Orthorektifikasi adalah *Pixel Factory*.

Software untuk Uji Ketelitian adalah *ArcMap*. Metodologi penelitian dalam penelitian penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 2** berikut ini:



**Gambar 2.** Diagram metode penelitian

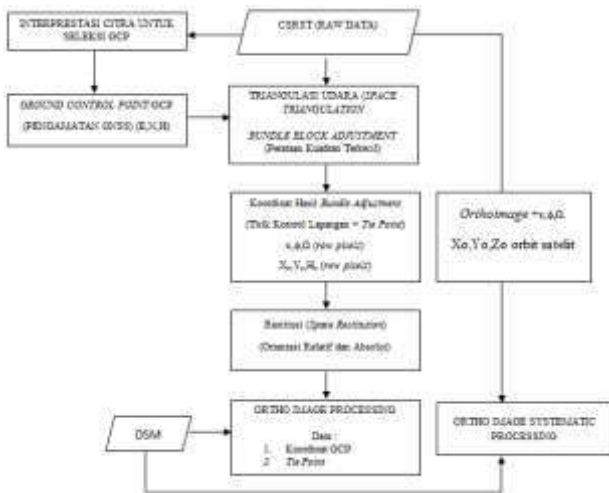
Pada dasarnya koreksi geometrik dalam proses orthorektifikasi adalah bertujuan mengubah citra yang memiliki arah penginderaan bersifat proyeksi perspektif menjadi proyeksi orthogonal (LAPAN, 2010).

Orthorektifikasi primer adalah orthorektifikasi yang menggunakan *Ground Control Point* (GCP)

hasil survei lapangan dalam proses pengolahan datanya.

Orthosistematis atau yang biasa disebut koreksi geometrik sistematis merupakan proses memperbaiki kesalahan geometrik citra satelit yang disebabkan oleh posisi satelit, kecepatan satelit, orientasi sensor, integrasi waktu, dan bidang pandang satelit tanpa menggunakan GCP.

Konsep orthorektifikasi primer dan orthorektifikasi sistematis dapat dilihat pada **Gambar 3** berikut ini:

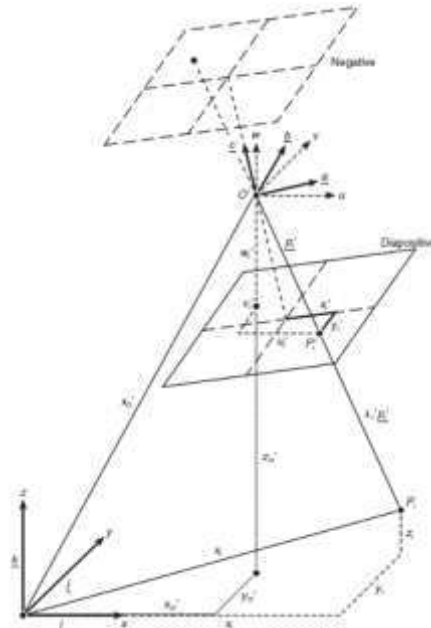


**Gambar 3.** Konseptual Diagram Alir Orthorektifikasi Primer dan Orthorektifikasi Sistematis

Citra satelit resolusi sangat tinggi (CSRST) telah memiliki nilai koordinat bumi yang dikalkulasikan dari saat satelit melakukan pengambilan gambar, namun citra harus diperbaiki kesalahan geometrinya agar akurasi dapat ditingkatkan. Orthorektifikasi memerlukan *Digital elevation model* (DEM) atau *Digital Surface Model* (DSM) dan menggunakan persamaan kolinearitas untuk memproyeksikan piksel dari gambar input ke *orthoimage*.

Prinsip dan sistem persamaan yang digunakan dalam citra satelit penginderaan jauh tidak jauh berbeda dengan *analytical photogrammetry*.

Orthorektifikasi merupakan proses untuk mentransformasi citra dari perspektif 2D menjadi 3D.



**Gambar 4.** Gambar dan Objek Sistem Koordinat (Sumber : Konecny.G, 2003)

Hubungan dari **Gambar 4** diatas dapat dituliskan dalam persamaan berikut ini :

$$\begin{bmatrix} 0 \\ y'_i \\ -f \end{bmatrix} = \frac{1}{\lambda'_i} \cdot R^T \begin{bmatrix} x_i - x'_o \\ y_i - y'_o \\ z_i - z'_o \end{bmatrix}$$

Citra satelit melakukan pemindaian permukaan bumi secara *Linear array* atau secara lebar berbentuk sapuan, maka nilai  $x'_i$  dianggap 0.

Persamaan kolinearitas yang digunakan dalam orthorektifikasi citra satelit adalah sebagai berikut:

$$0 = -f \frac{r_{11}(x_i - x'_o) + r_{21}(y_i - y'_o) + r_{31}(z_i - z'_o)}{r_{13}(x_i - x'_o) + r_{23}(y_i - y'_o) + r_{33}(z_i - z'_o)}$$

$$y'_i = -f \frac{r_{12}(x_i - x'_o) + r_{22}(y_i - y'_o) + r_{32}(z_i - z'_o)}{r_{13}(x_i - x'_o) + r_{23}(y_i - y'_o) + r_{33}(z_i - z'_o)}$$

Dimana :

$x'_i, y'_i$  : Koordinat citra yang diukur ( $x'_i = 0$ )

$x_i, y_i, z_i$  : Koordinat *Object* ruang untuk titik A

$x'_o, y'_o, z'_o$  : Koordinat stasiun pemotretan

f : Panjang fokus kamera

r : 3 sudut matriks rotasi orthogonal ( $\omega, \phi, \kappa$ )

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \cos\kappa \cos\phi & \sin\kappa \cos\phi & \sin\phi \cos\omega - \cos\kappa \sin\phi \sin\omega & \sin\kappa \sin\phi \cos\omega - \cos\phi \sin\omega \\ -\sin\kappa \cos\phi & \cos\kappa \cos\phi & \sin\phi \sin\omega + \cos\kappa \sin\phi \sin\omega & \cos\kappa \sin\omega - \sin\kappa \sin\phi \sin\omega \\ -\sin\phi & \cos\phi & -\cos\phi \sin\omega & \cos\phi \cos\omega \end{bmatrix}$$

*Bundle adjustment* adalah proses penentuan atau perhitungan parameter Orientasi Internal, Orientasi Eksternal dan koordinat obyek secara serempak bersamaan dengan menggunakan teknik hitung kuadrat terkecil (*Brown, 1974; Heindl, 1981;*

Schut,1980 and Triggs, McLauchlan, Hartley and Fitzgibbon, 2000)

Bundle adjustment menggunakan teknik mengikat kebelakang atau (*space resection*), dengan menggunakan persamaan :

$$x'_i = (x'_i)_o + \frac{\delta x'_i}{\delta x'_o} dx'_o + \frac{\delta x'_i}{\delta y'_o} dy'_o + \frac{\delta x'_i}{\delta z'_o} dz'_o + \frac{\delta x'_i}{\delta \omega'_o} d\omega'_o + \frac{\delta x'_i}{\delta \phi'_o} d\phi'_o + \frac{\delta x'_i}{\delta \kappa'_o} d\kappa'_o + \frac{\delta x'_i}{\delta x'_i} dx'_o + \frac{\delta x'_i}{\delta y'_i} dy'_o + \frac{\delta x'_i}{\delta z'_i} dz'_o$$

$$y'_i = (y'_i)_o + \frac{\delta y'_i}{\delta x'_o} dx'_o + \frac{\delta y'_i}{\delta y'_o} dy'_o + \frac{\delta y'_i}{\delta z'_o} dz'_o + \frac{\delta y'_i}{\delta \omega'_o} d\omega'_o + \frac{\delta y'_i}{\delta \phi'_o} d\phi'_o + \frac{\delta y'_i}{\delta \kappa'_o} d\kappa'_o + \frac{\delta y'_i}{\delta x'_i} dx'_o + \frac{\delta y'_i}{\delta y'_i} dy'_o + \frac{\delta y'_i}{\delta z'_i} dz'_o$$

Dalam *bundle adjustment* spesifikasi pekerjaan yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut :

1. Tie Point

Dalam proses pembuatan Tie Point batasan terendah nilai match gcp adalah 1/10 (kecuali untuk daerah yang sangat sulit seperti Papua). Target dari optimasi Tie Point adalah kurang dari 1 Piksel untuk x dan y.

2. GCP dan Merge GCP

Target statistik dari optimasi GCP dan Merge GCP adalah :

Control Points coordinates residual (second)
XY std : 0.048888 0.048888
XY max : 0.08333 0.08333

Image coordinates residuals (pixels)
xy std : 0.3333 0.3333
xy max : 1.5 1.5

Keterangan:

1. XY std merupakan tingkat kepresisian data pada control point dalam satuan second.
2. XY max merupakan nilai tingkat keakuratan data pada control point dalam satuan second.
3. xy std merupakan tingkat kepresisian data pada image (citra) dalam satuan Piksel.
4. xy max merupakan tingkat keakuratan data pada image (citra) dalam satuan Pixel.

Penelitian ini menggunakan 5 buah sensor satelit yang berbeda, oleh karena itu untuk menyatukan berbagai sensor berbeda ke dalam 1

project diperlukan model sensor (*psycal sensor model*). Salah satu jenis *psycal sensor model* adalah *Rational Polynomial Coefficient* (RPC) yang merupakan fungsi umum yang diimplementasikan hanya sekali dalam perangkat lunak dan gambar satelit sehingga citra dapat di-georeferensi. RPC dihitung dari model Fungsi Rasional dengan mensubstitusikan koordinat garis, kolom dan tanah yang telah dinormalisasi.

Komputasi DEM yang dilaksanakan dalam penelitian ini adalah proses Rektifikasi (*Rectify*) atau proses penegakan (proses ortho) yang tidak lain adalah proses transformasi data dari transformasi geometrik yang menggunakan data DSM. Didalam proses transformasi tersebut terdapat variabel pergeseran (translasi), perputaran (rotasi), skala. Hal ini dikarenakan posisi piksel citra output tidak sama dengan posisi piksel input (aslinya).

*Pansharpening* merupakan tahap untuk melakukan penajaman citra dengan fusi data (pankromatik dan multispektral).

Mosaik merupakan tahapan penggabungan citra yang saling bertampalan menjadi satu kesatuan gambar suatu daerah.

Dalam penelitian ini, target minimal ketelitian peta yaitu agar memenuhi kriteria pembuatan peta RBI skala 1:5000.

Ketelitian peta adalah nilai yang menggambarkan tingkat kesesuaian antara posisi dan atribut sebenarnya dilapangan.

Ketelitian Geometri adalah nilai yang menggambarkan ketidakpastian koordinat posisi suatu objek pada peta dibandingkan dengan koordinat posisi objek yang dianggap posisi sebenarnya.

Ketentuan untuk standar ketelitian geometri peta RBI yang dihasilkan tertera pada **Tabel 1** berikut ini.

**Tabel 1.** Ketelitian Geometri Peta RBI (Sumber : PERKA BIG No.6 Tahun 2018)

No	Skala	Interval Kontur (m)	Ketelitian Peta RBI					
			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	300	200	600	300	900,0	400
2	1:500.000	200	150	100	300	150	450,0	200
3	1:250.000	100	75	50	150	75	225,0	100
4	1:100.000	40	30	20	60	30	90,0	40
5	1:50.000	20	15	10	30	15	45,0	20
6	1:25.000	10	7,5	5	15	7,5	22,5	10
7	1:10.000	4	3	2	6	3	9,0	4
8	1:5.000	2	1,5	1	3	1,5	4,5	2
9	1:2.500	1	0,75	0,5	1,5	0,75	2,25	1
10	1:1.000	0,4	0,3	0,2	0,6	0,3	0,9	0,4



Nilai ketelitian disetiap kelas diperoleh melalui ketentuan seperti tertera pada **Tabel 2** berikut ini:

**Tabel 2.** Ketentuan Ketelitian Geometri Peta RBI Berdasarkan Kelas  
(Sumber : PERKA BIG No.6 Tahun 2018)

Ketelitian	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
Horizontal	0.3 mm x bilangan skala	0.6 mm x bilangan skala	0.9 mm x bilangan skala
Vertikal	0.5 x interval kontur	1.5 x ketelitian kelas 1	2.5 x ketelitian kelas 1

Nilai ketelitian posisi dasar pada **Tabel 2** adalah CE90 untuk ketelitian horizontal dan LE90 untuk ketelitian tersebut dengan tingkat kepercayaan 90%.

Nilai CE90 dan LE90 diperoleh dengan rumus sebagai berikut.

$$\begin{aligned} CE90 &= 1.5175 \times RMSE_r \\ LE90 &= 1.6499 \times RMSE_z \end{aligned}$$

**Keterangan**

$RMSE_r$  : *Root Mean Square Error* pada posisi x dan y (horizontal)

$RMSE_z$  : *Root Mean Square Error* pada posisi z (vertikal)

Dengan :

$$RMSE_{horizontal} = \sqrt{\frac{D^2}{n}}$$

$$RMSE_{horizontal} = \sqrt{\frac{\sum[(X_{datapeta} - X_{dataukur})^2 + (Y_{datapeta} - Y_{dataukur})^2]}{n}}$$

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Untuk mempermudah penulisan dan pemahaman, maka dibuat peristilahan sebagai berikut :

- Parameter 1 : merujuk pada Orthorektifikasi sistematis (Orthosistematis)
- Parameter 2 : merujuk pada Orthorektifikasi primer

Hasil optimasi *Bundle adjustment* GCP dapat dilihat pada **Tabel 3** dan **4** sebagai berikut.

**Tabel 3.** Nilai Residual Hasil Optimasi Merge GCP Parameter 1

MERGE GCP ORTHOSISTEM				
Control Points coordinates residual (meters)				
XYZ bias :	0.000014	0.000012	0.001868	(meter)

XYZ std :	0.006233	0.005659	0.078131	(meter)
XYZ max :	0.028958	0.019162	0.34056	(meter)
Image coordinates residuals (pixels)				
xy bias :	0.000151	-0.000322		(pixels)
xy std :	0.12377	0.12705		(pixels)
xy max :	1.488124	1.471163		(pixels)

**Tabel 4.** Nilai Residual Hasil Optimasi Merge GCP Parameter 2

MERGE GCP ORTHOREKTIFIKASI PRIMER				
Control Points coordinates residual (meters)				
XYZ bias :	0.00003	-0.00003	-0.021671	(meter)
XYZ std :	0.002405	0.002247	2.069872	(meter)
XYZ max :	0.008067	0.009415	17.157304	(meter)
Image coordinates residuals (pixels)				
xy bias :	0.000739	0.000976		(pixels)
xy std :	0.170978	0.16608		(pixels)
xy max :	1.261119	0.991751		(pixels)

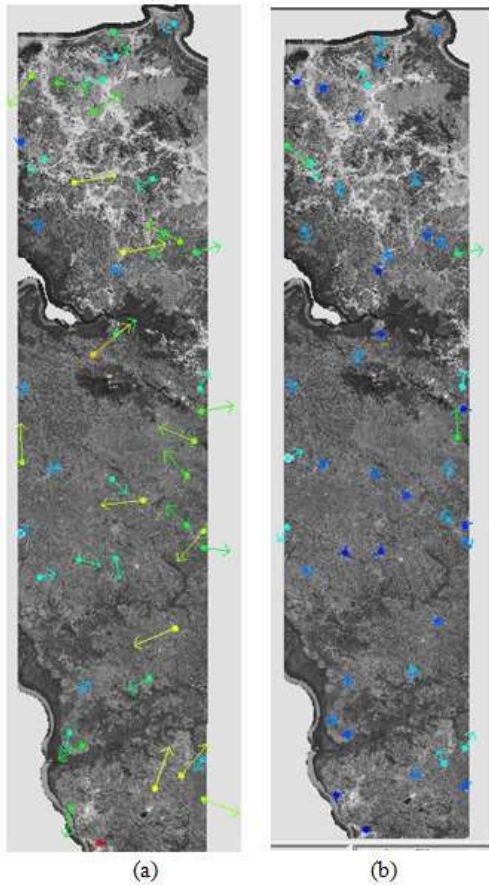
Berdasarkan **Tabel 3** dan **4** diatas nilai residual, optimasi parameter 2 lebih baik daripada nilai residual parameter 1.

- Selisih nilai XY std antara kedua parameter adalah :  
X = 0.003 *second* atau 0.118 meter  
Y = 0.003 *second* atau 0.003 meter
- Selisih nilai XY max antara kedua parameter adalah :  
X = 0.020 *second* atau 0.646 meter  
Y = 0.009 *second* atau 0.301 meter
- Selisih xy std antara kedua parameter adalah:  
x = 0.047 *pixels*  
y = 0.039 *pixels*
- Selisih nilai xy max antara kedua parameter adalah:  
x = 0.227 *pixels*  
y = 0.479 *pixels*

Secara visual, residual titik kontrol dan *image* dapat dilihat pada gambar berikut ini :



**Gambar 5.** (a) Residual Titik Kontrol Parameter 1, (b) Residual Titik Kontrol Parameter 2

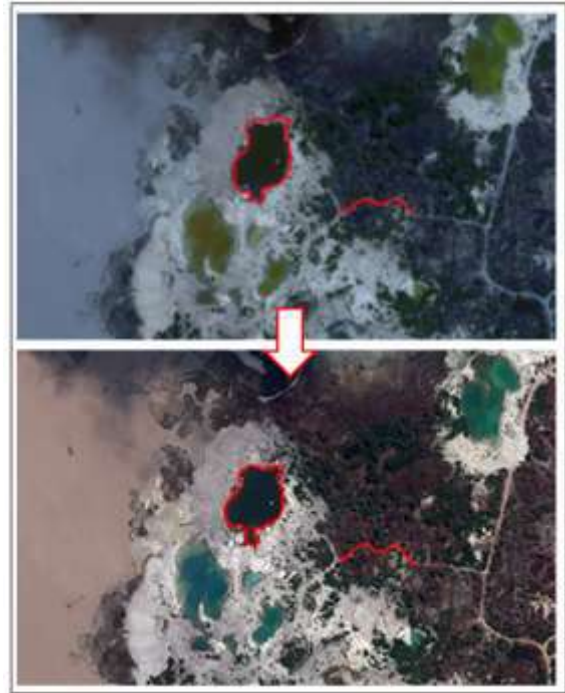


**Gambar 6.** (A) Residual Image Parameter1, (B) Residual Image Parameter2

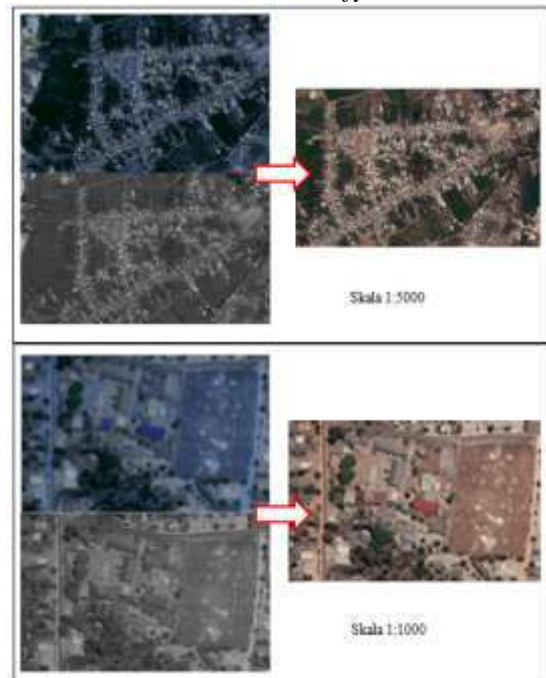
Lingkaran pada **Gambar 5** menunjukkan area *residual* titik kontrol yang sama dari 2 parameter berbeda. Sedangkan pada **Gambar 6** merupakan *residual image* area yang sama dari 2 parameter berbeda pula. Parameter 2 lebih baik daripada

parameter 1, sedangkan untuk arah residual terlihat tidak tertarik ke suatu arah secara sistematis, tiap titik pada sampel (a) dan sampel (b) memiliki arah residual yang beragam (acak).

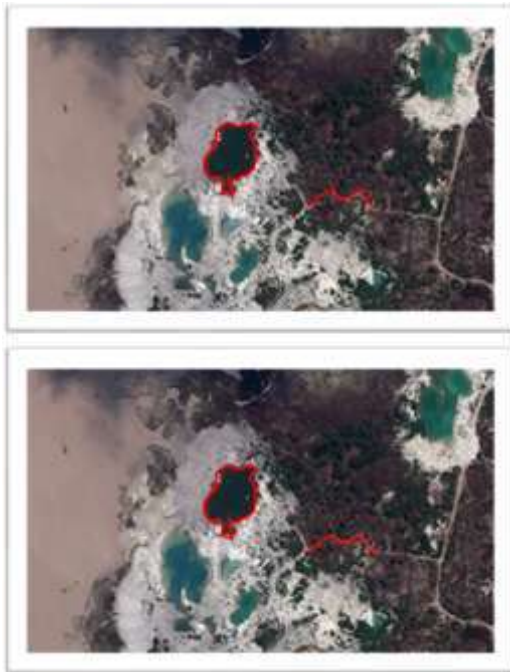
Hasil dari proses ortho atau komputasi DSM dapat dilihat pada **Gambar 7, 8 dan 9**.



**Gambar 7.** Perbandingan Citra Sebelum *Rectify* dan Setelah *Rectify*



**Gambar 8.** Hasil *Rectify* dan *Pansharpening*



**Gambar 9.** Perbandingan Citra Hasil Orthosistematis (atas) dan Orthorektifikasi Primer (bawah)

Dari **Gambar 7** dan **Gambar 8** dapat dilihat perbedaan citra sebelum dan setelah dilakukan proses ortho. Perbedaan tersebut adalah sebagai berikut :

1. Pergeseran Objek Perairan

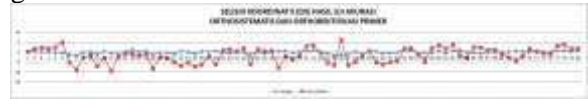
Pada **Gambar 7** dapat dilihat bahwa area danau sebelum *rectify* terlihat lebih panjang dibanding dengan area danau setelah *rectify*. Hal ini dikarenakan DSM dengan ketinggian 0 meter memiliki indikasi bahwa wilayah tersebut merupakan daerah perairan (danau, sungai, laut). Pada citra hasil orthorektifikasi, bagian perairan pada citra secara otomatis akan terpotong yang mengikuti bentuk DSM.

2. Pergeseran Posisi Piksel Citra

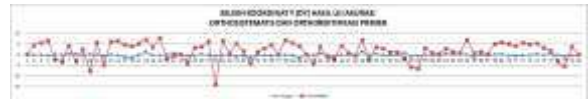
Bentuk relief permukaan tanah akan lebih nampak timbul dikarenakan adanya data DSM dan menyebabkan kunci interpretasi (rona atau warna, bentuk, tekstur, pola, tinggi, bayangan) citra semakin menonjol.

**Gambar 9** menunjukkan perbandingan citra hasil orthosistematis dan orthorektifikasi primer. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa secara visual posisi piksel citra terlihat sama. Hal ini dikarenakan pada proses pengolahan data menggunakan citra dan DSM yang sama.

Grafik hasil uji ketelitian dengan menggunakan *Independent check point* (ICP) dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 10.** Selisih Koordinat X (DX) Hasil Uji Ketelitian



**Gambar 11.** Selisih Koordinat Y (DY) Hasil Uji Ketelitian

Dari **Gambar 10** dan **11** diatas dapat disimpulkan bahwa orthorektifikasi dengan koordinat GCP jauh lebih baik dibandingkan dengan orthorektifikasi dengan koordinat orthosistematis berjumlah 80 data. Dari hasil uji ketelitian dengan menggunakan ICP didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Koordinat titik uji hasil Orthosistematis : (DX) tertinggi adalah -9,501 meter di titik IBB050 dan (DY) tertinggi adalah -13,881 meter di titik IBB0065.
2. Koordinat titik uji hasil Orthorektifikasi Primer : (DX) tertinggi adalah -1,772 di titik IBB0043 dan (DY) tertinggi adalah 1,667 meter di titik IBB0087
3. Hasil uji ketelitian RMSE dengan CE90 citra terorthorektifikasi dengan koordinat orthosistematis

<b>Jumlah</b>	2901,010
<b>Rata – Rata</b>	35,814
<b>Akar Rata - rata</b>	5,984
<b>Ketelitian</b>	9,081

Dari hasil uji ketelitian ini, citra hasil orthorektifikasi dengan menggunakan koordinat orthosistematis dapat digunakan untuk pembuatan peta skala 1:10.000 di kelas 3.

4. Hasil uji ketelitian RMSE dengan CE90 citra terorthorektifikasi dengan koordinat GCP (Orthorektifikasi Primer).

<b>Jumlah</b>	54,386
<b>Rata – Rata</b>	0,663
<b>Akar Rata - rata</b>	0,814
<b>Ketelitian</b>	1,235

Dari hasil uji ketelitian ini, citra hasil orthorektifikasi dengan menggunakan koordinat GCP dapat digunakan untuk pembuatan peta skala 1:2.500 di kelas 2.



#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Hasil *bundle adjustment* orthorektifikasi dengan menggunakan GCP lebih baik dibandingkan dengan orthorektifikasi dengan menggunakan koordinat orthosistematis (tanpa GCP).
  - a. *Bundle Adjustmet* dalam proses orthosistematis sudah memenuhi kriteria dan target statistik yang telah di tetapkan, namun hasil uji ketelitian CSRST hasil orthosistematis tetap menunjukkan hasil tidak sesuai target yaitu ketelitian horisontal kurang dari 2,5 meter. Salah satu hal yang mempengaruhi hal ini adalah penggunaan banyak *scene* citra satelit resolusi sangat tinggi sehingga pada saat proses *Bundle adjustment* citra yang bersambungan saling tarik karena pada setiap persambungan *scene* hanya diikat dengan *Tie Point* tidak dengan GCP.
  - b. Arah residual titik kontrol dan residual *image* tidak tertarik ke suatu arah secara sistematis, tiap titik memiliki arah residual yang beragam (acak). Hal ini menunjukkan bahwa tidak adanya kesalahan sistematis.
2. Kedua parameter dalam penelitian ini berasal dari Citra dan DSM yang sama, sehingga hasil orthorektifikasi keduanya hampir sama, yang membedakan adalah posisi geometri keduanya. Hasil dari proses ortho didapatkan bahwa terjadi pergeseran obyek perairan dan pergeseran posisi piksel citra.
3. Dari hasil uji ketelitian dengan menggunakan *Independent Check Point* (ICP), citra hasil orthosistematis memiliki ketelitian 9,081 meter (CE90), sehingga dapat digunakan untuk pembuatan peta skala 1:10.000 dikelas 3. sedangkan citra hasil orthorektifikasi primer memiliki ketelitian 1,235 meter (CE90), sehingga dapat digunakan untuk pembuatan peta skala 1:2.500 di kelas 2.

#### V. SARAN

1. Dalam pengolahan data di tahap *bundle adjustment* agar lebih teliti sebaiknya ditambahkan parameter DEM atau DSM agar posisi kontrol point sudah di koreksi dengan DEM atau DSM mulai dari tahapan *bundle adjustment*.

2. Agar hasil orthorektifikasi menjadi maksimal, untuk kebutuhan citra tegak dengan ketelitian tinggi, DEM yang digunakan dalam pengolahan data sebaiknya menggunakan DEM yang memiliki resolusi tinggi.
3. Orthosistematis belum dapat digunakan untuk pemetaan skala besar, namun apabila metode ini dikembangkan maka akan mempermudah pekerjaan dan memangkas waktu dan biaya survei lapangan. Untuk itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui parameter yang cocok agar kedepannya orthosistematis dapat dikembangkan dan dapat digunakan sebagai metode untuk koreksi geometrik citra satelit resolusi sangat tinggi guna kepentingan pemetaan skala besar.

#### VI. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Indonesia.2015. *SNI 8202:2015 Ketelitian Peta Dasar*.Jakarta
- Bianconi Michele.2008.*A New Strategy Forrational Polynomial Coefficients Generation*. Carsten Jürgens (Ed.): *Remote Sensing - New Challenges of High Resolution*, Bochum. Sapienza Università :Roma, Italy
- Bargagli A.1990. *Geometric Aspects and DTM Requirements Related to Feature Extraction From SPOT Images*,”. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC).
- Candra Danang S. 2011. *Pengembangan Teknik Normalisasi dan Denormalisasi Pada Metode RPC Untuk Ortorektifikasi Citra Satelit Penginderaan Jauh*.Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh. LAPAN.
- C.Liu and P. Chen. 2009.*Automatic extraction of ground control regions and orthorectification of remote sensing imagery*. Opt. Exp., vol. 17, no. 10, pp. 7970-7984,.
- Danoedoro.P.2012.*Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Penerbit: Andi.Yogyakarta
- Eli Juniati dkk.2017.*Mekanisme Penyelenggaraan Citra Tegak Resolusi Tinggi Sesuai Inpres Nomor 6 Tahun 2012*.Badan Informasi Geospasial. Cibinong
- Friska Melia Ode Binta.2017. *Analisis Ketelihan Orthorektifikasi Citra Pleiades Dan Spot6 Untuk Pembuatan Peta Dasar RDTR Wilayah Pesisir (Studi Kasus: Kecamatan Jenu, Tuban*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya



- Gisda Aliska P.2018. *Orthorektifikasi Citra Satelit Resolusi Tinggi Menggunakan Software Pixel Factory dengan Koordinat Orthosistematik di Wilayah Bangka*.Universitas Pakuan, Bogor
- Husna S N, Dkk.2016. *Penggunaan Parameter Orientasi External (EO) Untuk Optimalisasi Digital Triangulasi Fotogrametri Untuk Keperluan Othofoto*. Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Dipenogoro.
- Jacek Grodecki and Gene Dial. 2003. *Block Adjustment of High-Resolution Satellite Images Described by Rational Polynomials*. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing
- Joanna Krystyna Nowak Da Costa and Agnieszka Walczyńska. 2011. *Geometric Quality Testing of the Worldview-2 Image Data Acquired over the JRC*. Maussane
- Konecny Gottfried. 2003. *GEOINFORMATION: Remote Sensing, Photogrammetry and Geographic Information System,* Taylor and Francis Group, London.
- Pantimena Leo.2011.*Evaluasi Perhitungan Bundle adjustment untuk Foto Stereo*.Teknik Geodesi FTSP ITN, Malang.
- Paul R.Wolf.1983. *Elements of photogrammetry*. Mcgraw-hill. New York
- Philip Cheng dan Chuck Capeel . 2010. *Pansharpening and geometric correction Worldview-2 satellite*. Geoinformatics
- Pramesti Layang. 2018. *Analisis Ketelitian Penentuan Posisi Horizontal Menggunakan GPS Minds ED2 dan GPS Leica*.Universitaas Pakuan, Bogor
- Pramesti Layang.2017.*Orthorektifikasi Citra Sarelit Resolusi Tinggi di Wilayah Nagekeo Provinsi Nusa Tenggara Timur Skala 1:5000 untuk Keperluan Rencana Detail Tata Ruang*. Universitas Pakuan, Bogor
- Randy Prima Brahmantara, Kustiyo Pengukuran. 2017. *Kualitas Geometri Hasil Orthorektifikasi Citra Worldview-2*. Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh-LAPAN
- Republik Indonesia. 2013. *Peraturan Kepala BIG No.14 Tahun 2013 Tentan Keantariksaan*. Jakarta
- Republik Indonesia. 2013. *Peraturan Kepala BIG No.14 Tahun 2013 Tentang Norma, Standar, Prosedur, Dan Kriteria Pemutakhiran Informasi Geospasial Dasar*. Cibinong
- Republik Indonesia. 2014. *Peraturan Kepala BIG No.15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar*. Cibinong
- Republik Indonesia. 2018. *Peraturan Kepala BIG No.6 Tahun 2018 Tentang Perubahan Atas Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar*. Cibinong
- Salwa Nabilah. 2017. *Analisis Perbandingan Ketelitian Orthorektifikasi Citra Pleiades Dan Quickbird Untuk Pembuatan Peta Dasar Rencana Detail Tata Ruang Terbuka Hijau (Studi Kasus:Bagian Wilayah Perkotaan Tuban)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- S. Devika and friends.2002.*Development and Implementation of Ratioal Polynomial Coefficient Algorithms For Georeferencing CARTOSAT-1 Data*. Institute for Remote Sensing, Anna University.
- Test Site using ERDAS LPS. *PCI Geomatics and Keystone digital photogrammetry software packages – Initial Findings with ANNEX*. Luxembourg: Publications Office of the European Union
- T. Toutin. 2004. “Review paper: Geometric processing of remote sensing images: Models, algorithms and methods” .Int. J. Remote Sensing., vol. 25, no. 10, pp. 1893-1924.
- Zhenling Ma and friends. 2017. *Geometric Positioning for Satellite Imagery without Ground control points by Exploiting Repeated Observation*.Sensors(Basel)

#### RIWAYAT PENULIS

1. **Aliska Pangda Gisda., S.T** Alumni (2019) Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Pakuan Bogor. (E-mail : apgisda@gmail.com)
2. **Ir. Bebas Purnawan., M.Sc** Dosen Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Pakuan Bogor.
3. **Ir. Dodi Sukmayadi., M.Sc** Dosen Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Pakuan Bogor dan Alumni Badan Informasi Geospasial.