

TUGAS AKHIR - RM184831

**ANALISIS KETELITIAN *ORTHOPHOTO*
MENGUNAKAN TITIK KONTROL TANAH DARI
LIDAR INTENSITY IMAGE (Studi Kasus: Kota
Palangkaraya, Provinsi Kalimantan Tengah)**

DIMAS ARDISENDA TRIDASAKTI
NRP 0331154000013

Dosen Pembimbing
Agung Budi Cahyono, ST, MSc, DEA

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



TUGAS AKHIR - RM184831

**ANALISIS KETELITIAN *ORTHOPHOTO*
MENGUNAKAN TITIK KONTROL TANAH DARI
LIDAR INTENSITY IMAGE (Studi Kasus: Kota
Palangkaraya, Provinsi Kalimantan Tengah)**

DIMAS ARDISENDA TRIDASAKTI
NRP 0331154000013

Dosen Pembimbing
Agung Budi Cahyono, ST, MSc, DEA

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL ASSIGNMENT - RM184831

**ACCURACY ANALYSIS OF ORTHOPHOTO
USING CONTROL POINT FROM LIDAR
INTENSITY IMAGE
(Case Study: Palangkaraya City, Central
Kalimantan)**

DIMAS ARDISENDA TRIDASAKTI
NRP 0331154000013

Supervisor
Agung Budi Cahyono, ST, MSc, DEA

GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil, Environmental, and Geo Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**ANALISIS KETELITIAN *ORTHOPHOTO*
MENGUNAKAN TITIK KONTROL TANAH DARI
LIDAR INTENSITY IMAGE
(Studi Kasus: Kota Palangkaraya, Provinsi Kalimantan
Tengah)**

Nama Mahasiswa : Dimas Ardisenda Tridasakti
NRP : 0331154000013
Departemen : Teknik Geomatika
**Dosen Pembimbing: Agung Budi Cahyono, S.T, MSc.,
DEA.**

ABSTRAK

Dalam melakukan pemotretan foto udara dibutuhkan titik-titik yang diketahui dan memiliki referensi koordinat tanah (Ground Control Point). Namun pada praktiknya karena kondisi lapangan yang sulit seperti hutan lebat yang belum terjamah, pegunungan dan bahkan daerah konflik dapat mempengaruhi proses pengukuran bahkan dalam kondisi yang lebih ekstrim pengukuran tidak dapat dilakukan di lokasi. Dengan menggunakan teknologi LiDAR (Light Detection and Ranging) Intensity Image itu dapat mengurangi atau meniadakan penggunaan koordinat dari pengukuran titik GCP dilapangan dalam proses georeference pada foto udara, karena dapat diganti dengan koordinat yang dihasilkan oleh LiDAR Intensity Image.

Data dalam penelitian ini didapat dari sensor LiDAR Opetch Orion H-300 dan foto udara menggunakan kamera Phase One IXA-R-180 dengan resolusi 10328 Xabsis x 7760 Yaxis atau 80 Mega Pixel dengan resolusi spasial 25 cm. Pengolahan data LiDAR diawali dengan proses editing masspoint dan menghilangkan noise serta spike. Setelah proses editing dilakukan, dilakukan pembuatan LiDAR Intensity Image. Sedangkan, data foto udara diolah dengan

menggunakan Triangulasi Udara metode Bundle Block Adjustment. Hasilnya berupa orthophoto yang kemudian dilakukan pengujian ketelitian berdasarkan PERKA BIG No. 15 Tahun 2014.

Hasil dari penelitian ini yaitu Uji CE90 dan LE90 untuk orthophoto yang menggunakan titik kontrol dari Premark Intensity Image sebesar 0,433 m dan 0,479 m yang berarti bahwa uji akurasi horizontal ketelitian peta memenuhi untuk skala 1:2500 yaitu masuk kedalam orde kelas 1 dengan ketelitian minimum sebesar 0,5 m dan akurasi vertikal ketelitian peta memenuhi untuk skala 1:2500 yaitu masuk kedalam orde kelas 1 dengan ketelitian minimum sebesar 0,5 m.

Kata Kunci : Foto Udara, Ground Control Point, LiDAR Intensity Image, Uji Ketelitian

**ACCURACY ANALYSIS OF ORTHOPHOTO USING
CONTROL POINT FROM LIDAR INTENSITY IMAGE
(Case Study: Palangkaraya City, Central Kalimantan)**

Name : Dimas Ardisenda Tridasakti
NRP : 0331154000013
Departement : Teknik Geomatika
Supervisor : Agung Budi Cahyono, S.T, MSc.,
DEA.

ABSTRACT

In aerial photogrammetry need control points and has a reference of ground coordinates (Ground Control Points). But in practice, because of the heavy field conditions such as untouched thick forests, mountains and even conflict areas that can affect the measurement process even in more extreme conditions measurements cannot be made at the location. By using LiDAR (Light Detection and Ranging) Intensity Image technology can reduce even or can eliminate to use coordinates from GCP point measurements in the field of georeference in aerial photographs, because it can be replaced with coordinates produced by LiDAR Intensity Image.

The data in this study get from LiDAR sensor Opetch Orion H-300 and aerial photo using a Phase One IXA-R-180 camera with a resolution of 10328 Xaxis x 7760 Yaxis or 80 Mega Pixels with a spatial resolution of 25 cm. The LiDAR data processing begins with a masspoint editing process and eliminates noise and spikes. After the editing process is done, the LiDAR Intensity Image is made. Meanwhile, aerial photo data is processed using Aerial Triangulation Bundle Block Adjustment method. The result is orthophoto which is then tested for accuracy based on Perka BIG No. 15 of 2014.

The results of this study are the CE90 and LE90 tests for orthophoto using control points from the Premark Intensity Image of 0,433 m and 0,479 m, which means that the horizontal accuracy test accuracy of the map meets for a 1: 2500 scale that is entered into class 1 with a minimum accuracy of 0,5 m and the vertical accuracy of the accuracy of the map meets the scale of 1: 2500 which is entered into the order of class 1 with a minimum accuracy of 0,5 m.

Keyword : Accuracy Test, Aerial Photo , Ground Control Point, LiDAR Intensity Image

**ANALISIS KETELITIAN *ORTHOPHOTO*
MENGUNAKAN TITIK KONTROL TANAH DARI
LIDAR INTENSITY IMAGE
(Studi Kasus: Kota Palangkaraya, Provinsi Kalimantan
Tengah)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

DIMAS ARDISENDA TRIDASAKTI
NRP. 0331154000013

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Agung Budi Cahyono, S.T, MSc., DEA.
NIP. 1969 0520 1999 03 1002

(.....)

SURABAYA, JULI 2019



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa saya haturkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul “**Analisis Ketelitian *Orthophoto* Menggunakan Titik Kontrol Tanah Dari *Lidar Intensity Image* (Studi Kasus: Kota Palangkaraya, Provinsi Kalimantan Tengah)**” dengan lancar dan tepat pada waktunya. Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu prasyarat untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar Sarjana Strata-1 di Departemen Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Tersusunnya Laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan dari banyak pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Orang tua penulis Drs. Samiardi dan Ida Ayu Marhaeni serta kakak penulis Luri Ardika Hurida Permana dan Raka Meda Wilaga Ardi Putra yang selalu memotivasi, mendoakan, memberikan dukungan baik secara moril maupun finansial selama menjalani masa perkuliahan dan pengerjaan Tugas Akhir ini
2. Bapak Mokhammad Nur Cahyadi, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Geomatika ITS.
3. Bapak Agung Budi Cahyono, S.T, MSc., DEA sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan banyak pengarahan, bimbingan, ilmu, kesempatan, dan waktu, untuk membantu penulis
4. Bapak Danar Guruh Pratomo, ST, MT, Ph.D selaku dosen wali yang memberikan arahan dan dukungan moril.
5. Bapak Perdana Rian Juniarta, ST., Mas Jaja, Mas Sawiradana, Mas Polo dan Mas Danang selaku pembimbing penulis selama pengolahan data di PT. Waindo Specterra

6. PT Waindo Specterra dan BIG atas bimbingan dan data yang telah diberikan demi kelancaran Tugas Akhir ini
7. Saudara seperjuangan Teknik Geomatika ITS angkatan 2015 (G17) yang selalu memberikan semangat dan dukungan serta masukan yang membangun.
8. Serta berbagai pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu, penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Laporan Tugas Akhir (TA) ini disusun sebagai penunjang untuk menambah wawasan ilmu pengetahuan kepada para pembaca. Penulis mohon maaf jika masih terdapat kekurangan dalam Laporan Tugas Akhir ini, maka dari itu penulis mengharapkan kritik maupun saran dari pembaca untuk perbaikan yang semestinya.

Surabaya, Juli 2019

Dimas Ardisenda Tridasakti

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LAMAN JUDUL.....	ii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vii
LEMBAR PENGESAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1.Latar Belakang Masalah.....	1
1.2.Rumusan Permasalahan.....	3
1.3.Batasan Masalah.....	3
1.4.Tujuan Tugas Akhir.....	3
1.5.Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Fotogrametri.....	5
2.2. Foto Udara.....	6
2.2.1.Pemotretan Udara Tegak (<i>Vertical</i>).....	6
2.2.2.Pemotretan Udara Miring/Condong (<i>Oblique</i>).....	7
2.2.3.Pemotretan Udara Miring/Condong (<i>Oblique</i>).....	8
2.3. Light Detection and Ranging (LiDAR).....	8
2.3.1.Prinsip Kerja LiDAR.....	9
2.4. Ground Control Point (GCP).....	12
2.5. Interior Orientation.....	13
2.6. Exterior Orientation.....	13
2.7. Triangulasi Udara.....	15
2.8. Template Matching.....	17
2.9. Orthophoto.....	18

2.10. LiDAR (LiDAR Intensity Image).....	20
2.11. Ketelitian Peta	23
2.12. Penelitian Terdahulu	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	29
3.1. Lokasi Penelitian	29
3.2. Data dan Peralatan	30
3.2.1. Data	30
3.2.2. Peralatan	30
3.3. Metode Penelitian	31
3.3.1. Tahapan Penelitian.....	31
3.3.2. Tahapan Pengolahan Data	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1. Hasil.....	39
4.1.1. Pengolahan Intensity Image.....	39
4.1.2. Hasil Koordinat GCP dan ICP Intensity Image	40
4.1.3. Pengolahan Orthophoto.....	49
4.1.4. Koordinat ICP Model dan Lapangan	56
4.2. Pembahasan.....	60
4.2.1. Analisa Georeference	60
4.2.2. Analisa Orthophoto	64
4.2.3. Uji Akurasi Horisontal dan Vertikal	65
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	72
5.1. Kesimpulan	73
5.2. Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN	79
BIODATA PENULIS	119

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Pengambilan Foto Udara.....	5
Gambar 2.2 Pemotretan Udara Tegak (Vertical).....	7
Gambar 2.3 Pemotretan Udara Miring (Oblique).....	7
Gambar 2.4 Pemotretan Udara Miring (Oblique).....	8
Gambar 2.5 Prinsip kerja LiDAR.....	9
Gambar 2.6 Posisi Sinar Laser.....	11
Gambar 2.7 Hubungan antara kamera, GPS, dan IMU.....	15
Gambar 2.8 Hubungan Koordinat Foto dengan Koordinat.....	17
Gambar 2.9 Orthophoto Kabupaten Sumedang P.T Waindo.....	19
Gambar 2.10 Hasil LiDAR Intensity Image.....	22
Gambar 2.11 Hubungan teoritis pengukuran intensitas.....	23
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian (Kota Palangkaraya).....	29
Gambar 3.2 Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	31
Gambar 3.3 Diagram Alir Pengolahan Data.....	34
Gambar 4.1 (a) Intensity Image (b) Premark Titik GCP.....	39
Gambar 4.2 Peta Persebaran Titik GCP dan ICP Sampel 1.....	42
Gambar 4.3 Peta Persebaran Titik GCP dan ICP Sampel 2.....	44
Gambar 4.4 Peta Persebaran Titik GCP dan ICP Sampel 3.....	46
Gambar 4.5 Peta Persebaran Titik GCP dan ICP Sampel 4.....	48
Gambar 4.6 Koordinat Titik GCP pada Foto Udara.....	49
Gambar 4.7 Tampilan Area Pemotretan yang Telah Tersusun.....	50
Gambar 4.8 Tampilan Matching Titik GCP.....	51
Gambar 4.9 Hasil Mosaicking.....	55
Gambar 4.10 Tampilan Matching Titik GCP.....	60
Gambar 4.11 Grafik RMS Error Titik GCP.....	63
Gambar 4.13 Objek Jalan diperkebunan Kelapa Sawit.....	64
Gambar 4.14 Objek Rumah.....	64
Gambar 4.15 Grafik Uji Ketelitian Horizontal dan Vertikal.....	71

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Koordinat GCP dan ICP Sampel 1	40
Tabel 4.2 Koordinat GCP dan ICP Sampel 2	43
Tabel 4.3 Koordinat GCP dan ICP Sampel 3	45
Tabel 4.4 Koordinat GCP dan ICP Sampel 4	47
Tabel 4.5 Hasil dari Match-AT Sampel 1	52
Tabel 4.6 Hasil dari Match-AT Sampel 2	52
Tabel 4.7 Hasil dari Match-AT Sampel 3	53
Tabel 4.8 Hasil dari Match-AT Sampel 4	54
Tabel 4.9 Perbandingan Koordinat Titik ICP Titik Sampel 1	56
Tabel 4.10 Perbandingan Koordinat Titik ICP Titik Sampel 2 ...	57
Tabel 4.11 Perbandingan Koordinat Titik ICP Titik Sampel 3 ...	58
Tabel 4.12 Perbandingan Koordinat Titik ICP Titik Sampel 4 ...	59
Tabel 4.13 Error Total Georeferencing Titik GCP Sampel 1	61
Tabel 4.14 Error Total Georeferencing Titik GCP Sampel 2	62
Tabel 4.15 Error Total Georeferencing Titik GCP Sampel 3	62
Tabel 4.16 Error Total Georeferencing Titik GCP Sampel 4	63
Tabel 4.17 Uji CE90 Skala 1:2500	67
Tabel 4.18 Uji LE90 Skala 1:2500	67
Tabel 4.19 Uji CE90 Skala 1:2500	68
Tabel 4.20 Uji LE90 Skala 1:2500	68
Tabel 4.21 Uji CE90 Skala 1:2500	69
Tabel 4.22 Uji LE90 Skala 1:2500	69
Tabel 4.23 Uji CE90 Skala 1:1000	70
Tabel 4.24 Uji LE90 Skala 1:1000	70

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Foto Proses Pengolahan	73
Lampiran Foto Pengukuran Titik GCP	74
Lampiran CE 90.....	75
Lampiran LE 90.....	83

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Orthophoto adalah foto yang menyajikan gambaran objek di permukaan bumi pada posisi yang benar, terbebas dari permukaan bumi pada posisi yang benar, terbebas dari kesalahan geometrik akibat proyeksi sentral dan *relief displacement*. *Orthophoto* dibentuk berdasarkan foto stereomodel, yaitu pembuatannya model demi model, dengan proses rektifikasi diferensial sehingga gambaran obyek pada foto tersebut posisinya benar sesuai dengan proyeksi *orthogonal* (Wolf 1993).

LiDAR atau *Light Detection and Ranging*, merupakan metode pengumpulan data mengenai suatu obyek yang dilakukan dari atas permukaan bumi dengan menggunakan sinar laser untuk mengukur jarak antara sensor dengan obyek yang diamat (Harnanto 2012). Dalam melakukan pemotretan foto udara dibutuhkan titik-titik yang diketahui dan memiliki referensi koordinat tanah dimana lokasi pengukuran dilaksanakan. Titik-titik ini disebut *Ground Control Point* atau titik kontrol tanah (Al Ayyubi 2017). Titik kontrol tanah berfungsi sebagai titik yang menghubungkan antara sistem koordinat peta dan sistem koordinat foto. Pengukuran titik kontrol tanah biasa dilakukan dengan metode pengukuran terestris dengan alat GPS *geodetic* dan terikat pada *base station* yang digunakan sebagai *premark* pada saat pesawat melakukan pemotretan udara. Untuk menghasilkan ketelitian yang sesuai toleransi, banyaknya titik kontrol tanah dan persebarannya yang merata berpengaruh terhadap ketelitian yang dihasilkan. Namun pada praktiknya dilapangan kondisi topografis lokasi yang diukur berpengaruh terhadap pengukuran GPS. Karena kondisi lapangan yang berat seperti hutan lebat yang belum terjamah, pegunungan dan bahkan

daerah konflik dapat mempengaruhi proses pengukuran bahkan dalam kondisi yang lebih ekstrim pengukuran tidak dapat dilakukan dilokasi perencanaan titik kontrol tanah karena kondisi lapangan sudah tidak lagi aman baik bagi *surveyor* maupun terhadap hasil pengukuran yang dihasilkan. Dengan menggunakan LiDAR (*Light Detection and Ranging*) *Intensity Image* dapat mengurangi bahkan sama sekali tidak perlu menggunakan koordinat dari pengukuran titik GCP dilapangan dalam proses *georeference* pada foto udara, karena dapat diganti dengan koordinat yang dihasilkan oleh LiDAR *Intensity Image*.

Ketelitian peta adalah nilai yang menggambarkan tingkat kesesuaian antara posisi dan atribut sebuah objek di peta dengan posisi dan atribut sebenarnya. Ketelitian peta ini berhubungan dengan skala yang dihasilkan Ketelitian peta foto diatur dalam Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No. 15 Tahun 2014. (BIG 2014). Dari pembahasan diatas, karena penggunaan titik GCP LiDAR *Intensity Image* dalam pembuatan *orthophoto* masih jarang dilakukan maka dari itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui hasil ketelitian geometrik *Orthophoto* yang dihasilkan dengan menggunakan koordinat titik kontrol tanah dari LiDAR *Intensity Image* dibandingkan dengan *orthophoto* yang menggunakan koordinat titik kontrol dari pengukuran GPS Geodetik yang berfungsi sebagai kontrol. Penelitian ini dilakukan di kawasan kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah. Diharapkan dengan penelitian ini dapat mengetahui sejauh mana ketelitian *orthophoto* yang dihasilkan dari titik kontrol tanah dari LiDAR *Intensity Image* dan bisa menjadi rekomendasi pembuatan peta *orthophoto* dengan memanfaatkan data dari LiDAR *Intensity Image* berdasarkan Perka BIG No. 15 Tahun 2014 tentang pedoman teknis ketelitian peta dasar.

1.2. Rumusan Permasalahan

Rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana proses pembuatan *orthophoto* dari titik *ground control point* yang dihasilkan dari *LiDAR Intensity Image*?
2. Bagaimana hasil ketelitian *Orthophoto* menggunakan titik kontrol tanah dari *LiDAR Intensity Image* dalam pembuatan peta foto berdasarkan Perka BIG No. 15 Tahun 2014 tentang pedoman teknis ketelitian peta dasar?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan berupa data foto udara Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah dengan jumlah sebanyak ± 2654 foto dan data *LiDAR* Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah dan sudah terkalibrasi tahun 2018
2. Data titik-titik *Ground Control Point* (GCP) dan *Independent Check Point* (ICP) yang digunakan adalah data yang dihasilkan melalui pengukuran lapangan menggunakan alat ukur GPS geodetik dengan jumlah titik ikat sebanyak 11 GCP dan 10 ICP.
3. Pembuatan *LiDAR Intensity Image* dari data *LiDAR* Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah.
4. Menganalisis hasil ketelitian horizontal dan vertikal (x,y,z) *Orthophoto* menggunakan koordinat titik kontrol tanah dari *LiDAR Intensity Image* dalam pembuatan peta foto.

1.4. Tujuan Tugas Akhir

Tujuan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat *orthophoto* dari titik *ground control point* yang dihasilkan dari *LiDAR Intensity Image*.
2. Menganalisis hasil ketelitian *Orthophoto* menggunakan titik kontrol tanah dari *LiDAR Intensity Image* berdasarkan Perka BIG No. 15 Tahun 2014.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin diperoleh dari penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi bahwa pembentukan *orthophoto* dapat berasal dari koordinat GCP dari LiDAR *Intensity Image*.
2. Memberikan analisis *orthophoto* dari LiDAR *Intensity Image* dan *Orthophoto* dari data pengukuran (GPS Geodetik) dalam pembuatan peta foto.
3. Menghasilkan referensi penggunaan Data LiDAR *Intensity Image* dalam proses *georeference* foto udara untuk menghasilkan ketelitian *Orthophoto* yang baik.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fotogrametri

Fotogrametri adalah suatu seni, pengetahuan dan teknologi untuk memperoleh informasi yang dapat dipercaya tentang suatu obyek fisik dan keadaan di sekitarnya melalui proses perekaman, pengamatan atau pengukuran dan interpretasi citra fotografis atau rekaman gambar gelombang elektromagnetik (Sutanto 1994). Definisi fotogrametri di atas mencakup dua bidang kajian, yaitu:

1. Fotogrametri metrik

Fotogrametri metrik terdiri dari pengukuran cermat berdasarkan foto dan sumber informasi lain yang pada umumnya digunakan untuk menentukan lokasi relatif titik-titik. Dengan demikian dimungkinkan untuk memperoleh ukuran jarak, sudut, luas, *volume*, elevasi, ukuran dan bentuk objek.

2. Fotogrametri interpretative

Fotogrametri interpretatif mempelajari pengenalan dan identifikasi obyek serta menilai arti pentingnya obyek tersebut melalui suatu analisis sistematis dan cermat.



Gambar 2. 1 Proses Pengambilan Foto Udara
(Sutanto 1994)

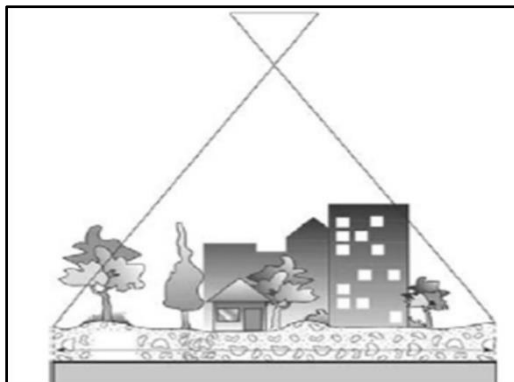
Ada dua jenis teknik pengambilan foto yang dilakukan pada fotogrametri, yang pertama adalah terestris dan udara. Pada pemetaan skala besar, teknik yang digunakan yaitu foto udara. Dalam pelaksanaannya dapat juga digunakan model foto udara tegak (vertikal) atau miring (*oblique*). Foto tegak diambil dengan sumbu kamera yang diletakkan di atas bidang dengan posisi setegak mungkin. Jika sumbu kamera diletakkan tegak saat dilakukan pencahayaan, hasil foto akan memiliki datum yang sama dengan lapangan serta hasil fotonya tegak vertikal. Pada praktiknya, sumbu kamera sangat jarang menjadi tegak karena kemiringan pada pesawat yang tidak dapat dihindari. Ketika sumbu kamera sedikit mengalami kemiringan, hasil fotonya disebut sebagai *tilted photograph* (foto miring). Kemiringan yang terjadi biasanya kurang dari 1° dan jarang lebih dari 3° (Duantari 2017).

2.2. Foto Udara

Foto udara adalah sebuah gambar (bayangan fotografi) yang dicetak pada media kertas foto (positif, negatif, diapositif) yang dihasilkan dari hasil pemotretan secara fotografi (Wicaksono 2009) mempunyai beberapa jenis, yaitu Pemotretan udara tegak (*Vertical*), Miring/Condong (*Oblique*), dan sangat miring (*High Oblique*).

2.2.1 Pemotretan Udara Tegak (*Vertical*)

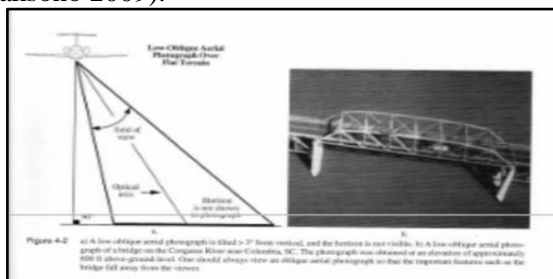
Pemotretan udara secara tegak ini dapat dikatakan bahwa pemotretan dilakukan dengan posisi pesawat udara yang membawa kamera melakukan pemotretan secara tegak lurus dengan permukaan bumi. Posisi kamera yang tegak lurus didapatkan dengan sudut kemiringan dibawah 1 derajat. Maka akan menghasilkan foto udara dengan pemotretan secara *vertical* (Wicaksono 2009).



Gambar 2.2 Pemotretan Udara Tegak (Vertical)
(Wicaksono 2009)

2.2.2 Pemotretan Udara Miring/Condong (Oblique)

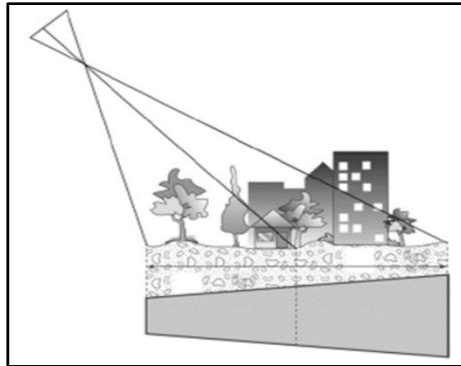
Pemotretan udara secara miring atau oblique dilakukan dengan posisi antara pesawat udara yang membawa kamera (sumbu lensa kamera) dengan permukaan bumi memiliki sudut yang agak miring (untuk pemotretan agak miring atau *low oblique*) dan dengan kemiringan tertentu (untuk pemotretan miring atau *oblique*). Pemotretan udara secara miring ini memiliki karakter hasil foto udara terlihat agak miring dan atau miring, namun batas cakrawala atau *horizon* tidak terlihat (Wicaksono 2009).



Gambar 2.3 Pemotretan Udara Miring (Oblique)
(Wicaksono 2009)

2.2.3 Pemotretan Udara Miring/Condong (*Oblique*)

Pemotretan Udara Sangat Miring atau *high oblique* ini sedikit berbeda dengan pemotretan udara miring. Perbedaan yang terlihat pada pemotretan udara sangat miring adalah terlihat atau tidaknya garis batas cakrawala atau *horizon*. Namun, perbedaan lain adalah sudut pengambilan gambar pada *optical axis*-nya, sehingga batas cakrawala bisa ikut terpotret (Wicaksono 2009).

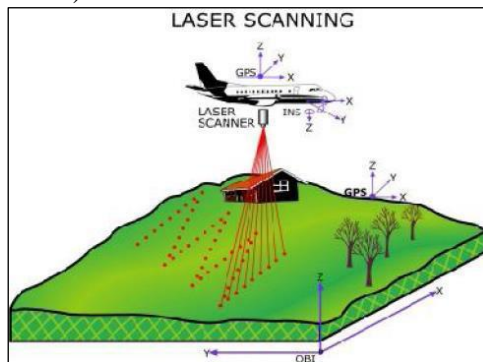


Gambar 2. 4 Pemotretan Udara Miring (*Oblique*)
(Wicaksono 2009)

2.3 Light Detection and Ranging (LiDAR)

LiDAR (*Light Detection and Ranging*) adalah teknologi yang menerapkan sistem penginderaan jauh sensor aktif untuk menentukan jarak dengan menembakkan sinar laser yang dipasang pada wahana pesawat udara survei kecil atau helikopter. Laser didapatkan dengan melewatkan sinar dengan frekuensi tertentu ke sebuah prisma sehingga sumber cahaya yang relatif lemah dapat menempuh jarak yang jauh dengan sedikit reduksi (Sutanta 2002). LiDAR merupakan teknologi baru dalam dunia survei dan pemetaan dengan menembakkan sinar laser dengan memanfaatkan emisi gelombang cahaya untuk memperoleh posisi geometri tiap titik laser. Titik – titik yang diperoleh dari *scanning* LiDAR

merupakan titik – titik yang sudah memiliki koordinat tiga dimensi yang berasal dari *multy return* sinyal LiDAR pada suatu obyek yang kemudian dapat dimodelkan secara tiga dimensi dan titik – titik tersebut disebut *points cloud*. Rentang atau jarak antara *scanner* ke target dan informasi posisi dan orientasi yang diperoleh dari *Global Positioning Sistem* (GPS) dan *Inertial Measurment Unit* (IMU) dapat menentukan lokasi target dengan ketelitian tinggi dalam ruang tiga dimensi. Berikut adalah Gambar 2.5 tentang teknologi LiDAR (Haryanto 2008).



Gambar 2.5 Prinsip kerja LiDAR
(Haryanto 2008)

2.3.1 Prinsip Kerja LiDAR

Prinsip kerja LiDAR yaitu memancarkan laser yang berasal dari *transmitter* pada pesawat ke obyek atau permukaan bumi, yang kemudian dipantulkan kembali setelah membentur obyek atau permukaan bumi. Pantulan tersebut memiliki beda waktu dan direkam oleh *receiver* sebagai data jarak. Pengukuran jarak dapat dijelaskan dengan prinsip beda waktu. Jika waktu (tL) diukur maka jarak antara sensor dengan obyek dapat diukur dengan persamaan berikut ini (Wehr 1999).

$$R = c/2 \cdot tL \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

R = Jarak antara sensor dengan titik target yang diukur (m)

C= Konstanta kecepatan cahaya ($3 \cdot 10^8$ m/s) t_L = *Travelling Time* (ns)

Karena jarak yang harus dilewati laser sebanyak 2 kali, yaitu jarak sensor menuju target dan dikembalikan lagi ke sensor sehingga jarak sensor ke titik target harus dibagi dua. Setelah data mentah koordinat didapat dan jarak antara sensor dengan titik target yang diukur diperoleh, tahap selanjutnya adalah melakukan pengolahan data secara *post-processing*. Menurut Jumadi (2008), ada dua kegiatan yang dilakukan selama *post-processing* yaitu:

1. Langkah pertama yang dilakukan adalah dengan mengunduh data *carrier phase* GPS yang dihasilkan oleh *base station* dan *receiver* yang ada dipesawat. Koordinat titik objek dipermukaan bumi bias dilakukan proses perhitungannya sebagai berikut:
 - a. Jika Sudut pancar gelombang terhadap garis tegak lurus adalah α_i dan jarak antara laser dengan obyek (i) adalah D_i , maka dengan prinsip trigonometri dapat ditentukan jarak vertikal antara sensor dengan tanah V_i yaitu:

$$V_i = D_i \cos \alpha_i \dots\dots\dots(2.2)$$
 - b. Jika koordinat sensor (X_s , Y_s , dan H_s) diketahui, maka dapat ditentukan elevasi dari obyek (i), yaitu:

$$\text{Elevi} = H_s - V_i \dots\dots\dots(2.3)$$
 - c. Tentukan jarak horizontal antara titik i dengan garis yang tegak lurus dengan tanah dengan menggunakan persamaan trigonometri.

$$H_i = D_i \sin \alpha_i \dots\dots\dots(2.4)$$
 - d. Jika diasumsikan bahwa pesawat terbang bergerak sepanjang sumbu-Y dan sudut pancarnya bergerak ke arah kanan, maka koordinat Y_i akan sama dengan koordinat sensor. Sehingga nilai X akan menjadi:

$$X_i = X_{sr} + H_i \dots\dots\dots(2.5)$$

e. Koordinat dari obyek (i) adalah

$$X_i, Y_i, \text{ dan Elevi} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan:

V_i = Jarak Vertikal

D_i = Jarak Laser dengan Obyek

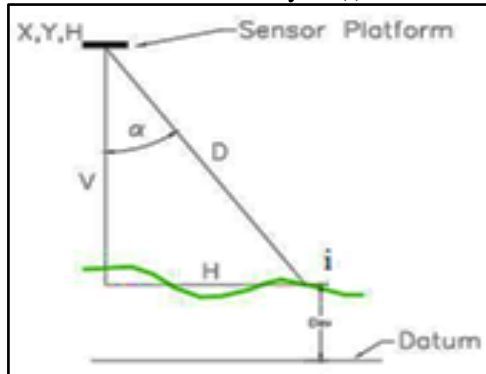
α_i = Sudut Pancar Gelombang terhadap garis Tegak Lurus

Elevi = Elevasi dari Obyek (i)

H_s = Jarak Horizontal titiuk i

X_i = Koordinat X Obyek (i)

Y_i = Koordinat Y Obyek (i)



Gambar 2. 6 Posisi Sinar Laser
(Jumadi 2008)

2. Bagian kedua dari *post-processing* adalah membuang data yang tidak relevan yang dikumpulkan selama pengambilan data. Data yang tidak relevan dibuang yang disebabkan oleh kesalahan: sistem waktu, kondisi atmosfer, bisa GPS, dan kesalahan lainnya yang disebabkan kondisi topografi permukaan bumi.

2.4. Ground Control Point (GCP)

Ground Control Point (GCP) atau titik kontrol tanah adalah titik lokasi yang diketahui atau diidentifikasi dalam ruang nyata (di tanah), dan GCP digunakan untuk verifikasi posisi fitur peta. GCP berfungsi sebagai titik sekutu antara sistem koordinat peta dan sistem koordinat foto. *Independent Check Point* (ICP) atau titik uji akurasi adalah sebagai kontrol kualitas dari obyek dengan cara membandingkan koordinat model dengan koordinat sebenarnya *Ground Control Point* (GCP) dan *Independent Check Point* (ICP) pada umumnya dibuat menyebar dipinggiran foto dan diadakan sengan dua cara, yaitu (Harintaka 2008):

1. *Pre-marking* adalah mengadakan titik target sebelum pemotretan dilaksanakan. *Premark* biasanya dibuat dengan bentuk tanda silang dengan titik *premark* berada tepat pada perpotongan tanda tersebut. Warna *premark* juga biasanya dipilih warna yang mencolok agar terlihat pada saat pengolahan foto.
2. *Post-marking* adalah mengidentifikasi obyek yang terdapat pada foto, kemudian ditentukan koordinat petanya.

Pengukuran titik-titik GCP dan ICP dapat dilaksanakan dengan metode pengukuran satelit GPS (*Global Positioning System*). Pengukuran ini umumnya terbagi menjadi dua jenis baik secara absolut (satu *receiver* GPS) ataupun differensial (dua *receiver* GPS), yaitu (Abidin 2000):

1. Pengukuran GPS Statik. Pengukuran metode ini dilakukan pada beberapa *epoch* pengamatan. Menggunakan *receiver* jenis geodetik atau mapping yang diam di satu titik dan objek titik lainnya juga dalam keadaan diam.
2. Pengukuran GPS *Real Time Kinematic* (RTK). Pengukuran metode ini dilakukan pada titik-titik yang bergerak, cukup hanya dengan interval data yang pendek, dan hasil pengamatannya dapat diperoleh pada saat pengamatan (*real time*).

2.5. Interior Orientation

Proses *interior orientation* dilakukan untuk merekonstruksi berkas arah sinar yang diproyeksikan agar sama dengan arah-arah sinar dalam kamera pada saat pemotretan atau sama dengan geometri foto aslinya (Suharsana 1997). Dalam fotogrametri digital, tujuan dari proses interior orientation adalah untuk mentransformasi sistem koordinat pixel (kolom dan baris) dengan origin terletak dipojok kiri atas menjadi sistem koordinat foto (x,y) dengan origin terletak dipusat foto.

2.6. Exterior Orientation

Orientasi Eksternal (EO) adalah orientasi kamera dalam ruang yang terdiri dari enam parameter yang menggambarkan posisi sistem koordinat dari kamera yang digunakan untuk pemotretan udara (Aulejtner 2011). Parameter-parameter itu yakni koordinat posisi *principal point* (X, Y, Z) dan rotasi (*omega*, *phi*, *kappa*) dari titik pusat foto. Adanya parameter rotasi kamera untuk setiap foto yang dihasilkan disebabkan oleh ketidaksempurnaan posisi terbang pesawat pada saat pemotretan. Berikut parameter rotasi yang terjadi akibat pergerakan pesawat (Rizaldy dan Wildan 2012)

1. Parameter *omega* (ω). Parameter ini bertujuan untuk mengkoreksi gerakan *roll* pada pesawat yang menyebabkan foto berotasi terhadap sumbu X.
2. Parameter *phi* (ϕ). Parameter ini bertujuan untuk mengkoreksi gerakan *pitch* pada pesawat yang menyebabkan foto berotasi terhadap sumbu Y.
3. Parameter *kappa* (κ). Parameter ini bertujuan untuk mengkoreksi gerakan *yaw* pada pesawat yang menyebabkan foto berotasi terhadap sumbu Z.

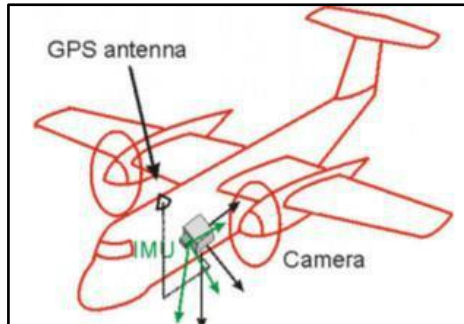
Seiring perkembangan teknologi, terdapat dua teknik pendekatan dasar untuk menentukan parameter EO, yaitu (Ip dkk 2007):

1. *Indirectly by Aerial Triangulation*

Teknik ini dilakukan apabila foto udara telah melalui proses triangulasi udara. Penentuan orientasi ini bertujuan untuk menentukan parameter yang berkaitan dengan sistem koordinat foto dan ruang obyek dimana membutuhkan sebaran titik-titik kontrol (GCP) secara proporsional pada daerah pengamatan. Pelaksanaannya mirip dengan prinsip metode pemotongan kemuka (Rizaldy dan Wildan 2012).

2. *Direct Georeferencing*

Teknologi GNSS dan IMU yang terpasang pada kamera saat diterbangkan juga dapat menghasilkan enam parameter orientasi eksternal. GNSS yang umumnya disebut juga dengan pengamatan GPS ini menggunakan metode pengamatan relatif kinematik atau diferensial kinematik (Jacobsen 2004). Pengamatan ini menggunakan minimal dua buah *receiver* yang salah satunya berupa titik yang harus diketahui koordinat tiga dimensinya dan pengamat (*rover*) dalam keadaan bergerak (Abidin 2000). Sedangkan IMU atau *Inertial Measurement Unit* diintegrasikan dengan GPS pada pemotretan udara dan memiliki dua sensor, yakni gyroskop dan akselerometer. Sensor gyro digunakan untuk mengukur kecepatan putar sudut *roll* (guling), kecepatan putar sudut *pitch* (angguk) dan kecepatan putar sudut yaw (geleng). Kecepatan putaran adalah perubahan sudut terhadap waktu. Sedangkan akselerometer digunakan untuk mengukur percepatan sebuah benda yang bergerak, seperti pesawat terbang atau UAV yang sedang bergerak dengan percepatan tertentu. Pengolahan raw data dari GNSS dan IMU untuk menghasilkan parameter orientasi eksternal ini umumnya menggunakan metode *postprocessing* pada beberapa perangkat lunak, misalnya IGI AEROoffice, POSPac, Application Master, dan lain lain.



Gambar 2.7 Hubungan antara kamera, GPS, dan IMU
(Jacobsen 2004)

2.7. Triangulasi Udara

Triangulasi udara merupakan metode penentuan titik kontrol dengan cara melakukan pengukuran koordinat foto atau koordinat model yang selanjutnya diproses dengan perhitungan perataan, sehingga dapat diperoleh koordinat maupun elevasi tanah dengan ketelitian yang memenuhi persyaratan teknik untuk keperluan pemetaan fotogrametri (Rokhim 2014). Berdasarkan data koordinat yang diukur, maka triangulasi udara dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu:

1. *Aeropoligon*, yaitu dengan data input berupa koordinat strip
2. *Independent Model Triangulation*, yaitu dengan data input berupa koordinat model
3. *Bundle Adjustment*, yaitu dengan data input berupa koordinat foto. Dalam metode perataan. Secara matematis, persamaan BA dapat diekspresikan sebagai persamaan sebagai berikut (Harintaka 2008):

$$\begin{pmatrix} X_p \\ Y_p \\ Z_p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_o \\ Y_o \\ Z_o \end{pmatrix} + \lambda R \begin{pmatrix} x_p \\ y_p \\ z_p \end{pmatrix} \dots\dots\dots (2.7)$$

ditunjukkan oleh persamaan di bawah ini, dengan r_{11}, \dots, r_{33} merupakan fungsi rotasi terhadap sumbu X, Y, Z

$$\begin{pmatrix} xp \\ yp \\ -f \end{pmatrix} = \frac{1}{\lambda} \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix} \begin{bmatrix} Xp & - & Xo \\ Yp & - & Yo \\ Zp & - & Zo \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

Pada persamaan di atas, jika baris ke-1 dan ke-2 dibagi dengan baris ke-3 maka akan diperoleh persamaan

$$xp = -f \left[\frac{r_{11}(xp-xo)+r_{12}(yp-yo)+r_{13}(zp-zo)}{r_{31}(xp-xo)+r_{32}(yp-yo)+r_{33}(zp-zo)} \right] \quad (2.9)$$

$$yp = -f \left[\frac{r_{21}(xp-xo)+r_{22}(yp-yo)+r_{23}(zp-zo)}{r_{31}(xp-xo)+r_{32}(yp-yo)+r_{33}(zp-zo)} \right] \quad (2.10)$$

Prinsip bundle adalah menggunakan persamaan di atas yang dimodifikasi untuk menunjukkan koordinat foto merupakan fungsi dari koordinat peta.

Keterangan:

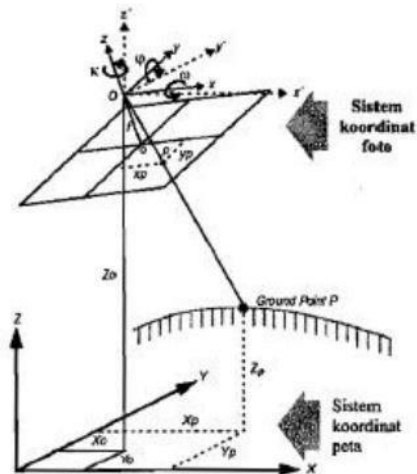
Xp, Yp, Zp = Posisi titik p dalam sistem koordinat tanah/peta

Xo, Yo, Zo = Posisi pusat proyeksi kamera

xp, yp, zp = Posisi titik p dalam sistem koordinat foto

λ = Faktor skala

R = Matriks rotasi



Gambar 2. 8 Hubungan Koordinat Foto dengan Koordinat Tanah (Harintaka 2008)

2.7.1 Sigma Naught

Sigma Naught adalah besar kesalahan yang menunjukkan tingkat ketelitian dari pengukuran titik minor pada satu blok fotogrametri, dengan nilai toleransi untuk fotogrametri digital berdasarkan SNI tersebut adalah ≤ 1 piksel / 5 mikron. Nilai *sigma naught* yang dihasilkan dari proses *bundle block adjustment* pada perangkat lunak ditunjukkan dalam *report file* yang dihasilkan. Nilai ini memiliki satuan mikron dan pixel. Nilai *sigma naught* merupakan suatu nilai yang menyatakan tingkat akurasi keseluruhan pengolahan (BIG 2014)

2.8. Template Matching

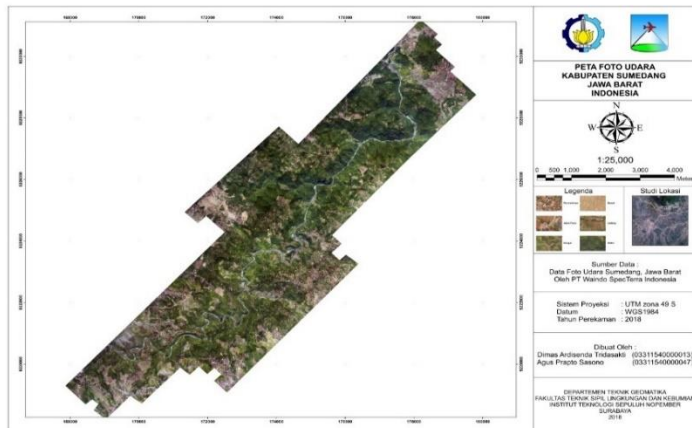
Template matching adalah sebuah teknik dalam pengolahan citra digital untuk menemukan bagian-bagian kecil dari gambar yang cocok dengan *template* gambar.

Template matching merupakan salah satu ide yang digunakan untuk menjelaskan bagaimana otak kita mengenali kembali bentuk-bentuk atau pola-pola. *Template* dalam konteks rekognisi pola menunjuk pada konstruk internal yang jika cocok (*match*) dengan stimulus penginderaan mengantar pada rekognisi suatu objek. Pengenalan pola terjadi jika terjadi kesesuaian antara stimulus indera dengan bentuk mental internal. Gagasan ini mendukung bahwa sejumlah besar *template* telah tercipta melalui pengalaman hidup kita. Tiap-tiap *template* berhubungan dengan suatu makna tertentu. Contoh proses identifikasi bentuk geometri: Energi cahaya yang terpancar dari suatu bentuk mengenai pada retina mata dan diubah menjadi energi neural yang kemudian dikirim ke otak. Selanjutnya terjadi pencarian di antara *template-template* yang ada. Jika sebuah *template* ditemukan sesuai (*match*) dengan pola tadi, maka subjek dapat mengenal bentuk tersebut. Setelah kecocokan antara objek dan *template* terjadi, proses lebih lanjut dan interpretasi terhadap objek bisa terjadi. (Abikindo 2010 dalam Nauthika dkk 2017).

2.9. Orthophoto

Hasil dari foto udara perlu diolah sehingga tidak ada distorsi pada gambar. Proses ini disebut *orthorectification*. Tanpa proses ini kita tidak bisa melakukan perhitungan seperti jarak, sudut, posisi, dan luas. *Orthorectification* adalah nama proses yang digunakan untuk menghilangkan distorsi antara hasil foto dengan permukaan sebenarnya. Ketika hasil foto udara sudah di rektifikasi, maka hasil foto tersebut dinamakan *orthophoto* (Dempsey 2003). *Orthophoto* adalah foto udara yang telah dilakukan rektifikasi (*orthorektifikasi*) sehingga menghasilkan gambar dengan objek yang tegak. Objek yang miring karena sudut pengambilan gambar akan dikoreksi sehingga foto menjadi tegak. Simple nya, gedung tinggi yang terlihat rebah karena kemiringan pengambilan gambar, akan terlihat hanya atapnya saja, sehingga akurasi Foto Udara akan lebih teliti. *Orthophoto* berbeda dengan foto udara tegak yang

diretifikasi, karena dalam foto vertikal masih terdapat kesalahan oleh kemiringan suatu objek yang tidak berada tepat di bawah sensor saat akuisi berlangsung. Pada *Orthophoto* tidak terdapat lagi pergeseran letak oleh relief serta tidak terdapat paralaks sehingga tidak mungkin dilakukan pengamatan *stereoskopik* (Paine 1981).



Gambar 2. 9 Hasil Orthophoto Kabupaten Sumedang P.T Waindo Specterra (PT. Waindo Specterra 2018)

Sesuai dengan modul BIG Validasi Peta Rencana Tata Ruang, terdapat beberapa ketentuan dalam menentukan lokasi GCP dan ICP seperti berikut :

1. Titik Kontrol Tanah
 - a. Pada sisi perimeter area citra;
 - b. Pada tengah area/scene;
 - c. Pada wilayah perbatasan/overlap scene citra;
 - d. Tersebar secara merata dalam area citra
 - e. Menyesuaikan kondisi terrain

2. Titik Uji Akurasi
 - a. Obyek yang digunakan sebagai titik uji harus memiliki sebaran yang merata di seluruh area yang akan diuji, dengan ketentuan sebagai berikut:
 - b. Untuk area yang tidak beraturan, pembagian kuadran dilakukan dengan membagi wilayah kelompok data menjadi empat bagian, dimana setiap bagian dipisahkan oleh sumbu silang. Pembagian kuadran dibuat sedemikian rupa sehingga jumlah dan sebaran titik uji merepresentasikan wilayah yang akan diuji

2.10. LiDAR (LiDAR Intensity Image)

Selain koordinat 3D yang tepat, sebagian besar sistem pendeteksian cahaya dan jarak (LIDAR) juga merekam "intensitas", yang didefinisikan secara umum sebagai kekuatan gema *backscattered* untuk setiap titik yang diukur atau dapat disederhanakan sebagai rasio energi laser yang ditransmisikan dan diterima kembali oleh *receiver* (Langford 2006). Sampai saat ini, data intensitas LIDAR telah terbukti bermanfaat dalam berbagai aplikasi karena terkait dengan parameter permukaan, seperti reflektansi. *LiDAR Intensity Image* adalah gambar atau *imagery* yang memberi informasi kuat lemahnya pantulan balik gelombang inframerah atau dapat dikatakan sebagai besarnya intensitas yang dapat digunakan untuk membuat file citra raster yang ditampilkan sebagai peta citra atau bisa disimpan sebagai besaran intensitas setiap titik pada waktu diukur. Mirip dalam penampilannya dengan foto beresolusi rendah, gambar intensitas LiDAR yang bergeoreferensi dapat digunakan untuk mengekstraksi fitur planimetri dan berfungsi sebagai input tambahan untuk pemrosesan data LiDAR. Gambar intensitas juga dapat digunakan untuk memeriksa keakuratan horizontal data LiDAR dan kriteria lainnya. Meskipun prestasi luar biasa dalam teknologi LIDAR dan pemrosesan

data, intensitas LIDAR tidak sesuai dengan gambar yang dihasilkan oleh kamera digital. (Munjy 2011).

1. Faktor Mempengaruhi Intensitas Lidar
 - a. Reflektifitas
 - b. Panjang lintasan,
 - c. Kadar air
 - d. karakteristik penerima.
2. Karakteristik Intensitas LIDAR
 - a. Panjang gelombang 1.045 - 1.065 μm (dekat inframerah)
 - b. Kedalaman 8,12 dan 16 bit
3. Aplikasi Intensitas
 - a. Penyesuaian Stripar Strip
 - b. Penyesuaian Blok Lidar
 - c. Memperkirakan lokasi tepi (*Breaklines*)
 - d. Klasifikasi
 - e. Lidar Stereo
 - f. Gambar Ortho

Aplikasi utama dari intensitas LIDAR yang telah dipelajari secara luas adalah untuk mengklasifikasikan permukaan penutup alami dan perkotaan. Dalam upaya awal dan menunjukkan bahwa data intensitas memungkinkan pemisahan permukaan penutup lahan yang khas seperti jalan aspal, rumput, pohon, dan atap rumah yang ditangkap dalam pemindaian ALS. Beberapa penelitian mengembangkan metode untuk deteksi dan klasifikasi struktur bangunan. Menggunakan data intensitas untuk membedakan daerah yang tertutup salju dari es telanjang di gletser. Melakukan tes untuk mengevaluasi fitur yang berbeda untuk klasifikasi tutupan lahan dan menemukan bahwa menambahkan intensitas LIDAR ke fitur klasifikasi menghasilkan peningkatan ketelitian hasil sebesar 10% hingga 20%. Intensitas LIDAR juga telah digunakan sebagai fitur pelengkap dengan data penginderaan jauh lainnya untuk klasifikasi tutupan lahan. Menggunakan data intensitas LIDAR untuk memfasilitasi

klasifikasi tutupan lahan pada area teduh dalam gambar udara. Menggunakan intensitas LIDAR untuk mendeteksi permukaan yang kedap air dan tidak dapat dideteksi dalam gambar udara. Intensitas LIDAR juga digunakan untuk mendeteksi fitur-fitur umum dalam beberapa set data penginderaan jauh untuk pendaftaran. Metode yang menggunakan data intensitas LIDAR telah dikembangkan untuk segmentasi beberapa pemindaian dan pendaftaran bersama pemindaian dan gambar (Kashani 2015).



Gambar 2. 10 Hasil LiDAR Intensity Image
(Munjy 2011)

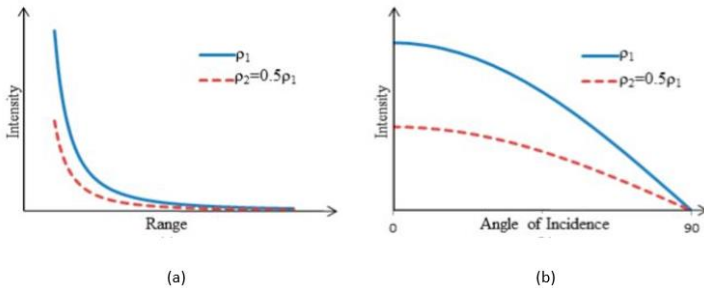
Banyak teori koreksi telah dikembangkan dari persamaan rentang LIDAR. Sebagian besar metode koreksi teoritis biasanya menggunakan variasi dalam data intensitas yang disebabkan oleh rentang (R) dan sudut datang (α). Daya yang diterima tercermin dari target yang diperpanjang adalah fungsi dari rentang kuadrat dan kosinus dari sudut kejadian. Oleh karena itu, dalam metode koreksi teoritis data intensitas awal dikalikan dengan ($R^2 / \cos(\alpha)$), dan kemudian dinormalisasi dengan membaginya dengan kuadrat rentang referensi yang ditentukan pengguna (R_{ref}^2) (Persamaan (2.11)). Nilai intensitas yang dikoreksi akan setara dengan nilai intensitas yang akan diukur jika rentang dan sudut

kejadian untuk semua titik adalah rentang referensi yang ditentukan (Kashani 2015).

$$I_c = I \cdot \frac{R_i^2}{R_{ref}^2} \cdot \frac{1}{\cos \alpha} \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana:

- I_c : Intensitas Koreksi
- I : Intensitas diukur
- R_i^2 : Jarak (Rentang) diukur
- R_{ref}^2 : Jarak (Rentang) referensi
- α : Sudut kejadian



Gambar 2. 0-11 (a) Hubungan teoritis pengukuran intensitas vs rentang yang ditunjukkan untuk dua bahan dengan reflektansi berbeda (ρ); dan (b) hubungan teoritis pengukuran intensitas vs sudut kejadian yang ditunjukkan untuk dua bahan dengan reflektansi berbeda (ρ) (Kashani 2015)

2.11. Ketelitian Peta

Pengujian ketelitian peta *Orthophoto* belum diatur oleh BSN. Ketelitian peta *Orthophoto* diuji dengan mengikuti ketelitian peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) yang dikeluarkan melalui Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (BIG) No 15 Tahun 2014. Menurut Peraturan Kepala BIG No 15

Tahun 2014, ketelitian geometri peta RBI diperoleh berdasarkan ketentuan seperti yang diperlihatkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Ketelitian Geometri Peta RBI

No	Skala	Interval kontur (m)	Ketelitian Peta RBI					
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
			Horizon tal	Vertikal	Horizon tal	Vertikal	Horizon tal	Vertikal
			(CE90)	(LE90)	(CE90)	(LE90)	(CE90)	(LE90)
1	1:1.000.000	400	200	200	300	300	500	500
2	1:500.000	200	100	100	150	150	250	250
3	1:250.000	100	50	50	75	75	125	125
4	1:100.000	40	20	20	30	30	50	50
5	1:50.000	20	10	10	15	15	25	25
6	1:25.000	10	5	5	7,5	7,5	12,5	12,5
7	1:10.000	4	2	2	3	3	5	5
8	1:5.000	2	1	1	1,5	1,5	2,5	2,5
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	0,3	0,5	0,5

(Perka BIG No.15 Tahun 2014)

Adapun ketetapan di setiap kelas diperoleh dari ketentuan seperti tertera pada tabel 2.2 berikut.

Tabel 2. 1 Ketelitian Geometri Peta RBI

Ketelitian	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
Horizontal	0,2 mm X bilangan skala	0,3 mm X bilangan skala	0,5 mm X bilangan skala

(Perka BIG No.15 Tahun 2014)

Pengujian ketelitian posisi mengacu pada perbedaan koordinat (X,Y,Z) antara titik uji pada gambar atau peta dengan lokasi sesungguhnya dari titik uji pada permukaan tanah. Pengukuran ketelitian menggunakan *root mean square error* (RMSE) atau *circular error*. Pada pemetaan dua dimensi yang perlu diperhitungkan adalah koordinat (X, Y) titik uji dan posisi sebenarnya di lapangan. Analisis ketelitian posisi menggunakan *root mean square error* (RMSE), yang menggambarkan nilai perbedaan antara titik uji dengan titik sebenarnya. RMSE digunakan untuk menggambarkan ketelitian meliputi kesalahan random dan sistematis. Nilai RMSE dirumuskan sebagai berikut:

$$RMSEr = \sqrt{\sum(D)^2/N} \dots \dots \dots (2.12)$$

Nilai CE90 dan LE90 kemudian dihitung berdasarkan rumus:

$$CE90 = 1,5175 \times RMSEr \dots \dots \dots (2.13)$$

$$LE90 = 1,6499 \times RMSEz \dots \dots \dots (2.14)$$

Keterangan:

RMSEr = *Root Mean Square Error* Nilai horizontal

D = Selisih Nilai XY

N = Jumlah Titik

CE90 = Ukuran Ketelitian Geometrik Horizontal

LE90 = Ukuran Ketelitian Geometrik Vertikal

2.12. Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian Habib (2005) dari University of Calgary Canada yang berjudul *LIDAR Data for Photogrammetric Georeferencing*. Didalam penelitian ini menjelaskan bahwa fitur yang menarik dari LIDAR adalah akuisisi langsung koordinat 3D numerik dari titik-titik ruang objek. Penelitian ini menyajikan pendekatan penggunaan fitur garis lurus (*straight-line features*) yang berasal dari data LiDAR yang digunakan untuk *primitive registration*. *Straight-line features* LIDAR digunakan sebagai informasi kontrol dalam proses triangulasi fotogrametri. Selain pendekatan registrasi, penelitian ini menampilkan dua pendekatan untuk mengekstraksi fitur linear dari data LIDAR yang berbeda dengan melalui *post-processing* dan tanpa *post-processing*. Pada penelitian ini mendukung perbandingan antara hasil fotogrametri analog dan kamera digital amatir dan dampaknya pada proses pengolahan. Analisis hasil didasarkan pada kualitas kesesuaian keselarasan akhir antara LIDAR dan model fotogrametri. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa *straight-line features* LIDAR dapat digunakan dalam proses triangulasi fotogrametri dan dapat menghasilkan referensi untuk permukaan LIDAR dan fotogrametri cukup baik, hal ini dipengaruhi oleh kualitas turunan LIDAR dan fitur fotogrametri yang memainkan peran penting dalam kualitas akhir antara masing-masing model (Habib 2005).

Dalam Penelitian Hsu (2015) dari National Chiao Tung University Taiwan yang berjudul *LIDAR Accuracy Assessment by Intensity Images and Gound Control Points* menjelaskan bahwa dengan tingkat pengulangan pengukuran laser yang tinggi, sistem *airborne* lidar mampu memberikan banyak titik dengan koordinat tiga dimensi. Pengukuran ini dapat digunakan untuk produksi DEM. Ketepatan tinggi pengukuran LiDAR mencapai tingkat desimeter. Dalam hasil ITRI, akurasi vertikal DEM grid 1m

yang berasal dari data LIDAR telah terbukti memiliki ketelitian 0,1m di lahan terbuka, dan 0,25m di hutan lebat (Hsu et. Al, 2006). Chan et al. (2005) juga menunjukkan bahwa akurasi vertikalnya adalah 0,06m hingga 0,22m untuk lahan kosong, dan 0,08m hingga 0,23m untuk hutan. Tetapi akurasi horizontal dari titik LiDAR sulit untuk dievaluasi karena ketidak pastian dari titik-titik yang tersebar. Studi ini mengukur koordinat horizontal dari titik-titik yang telah dibentuk dalam *LiDAR Intensity Image*. Titik-titik yang ditandai ini sebelumnya ditetapkan untuk referensi geografis gambar satelit. Dari hasil penelitian ini diketahui bahwa akurasi horizontal *LiDAR Intensity Image* berada di kisaran $-0,483 \sim + 0,785$ meter, kira-kira 1/2000 dari ketinggian terbang. (Hsu 2015)

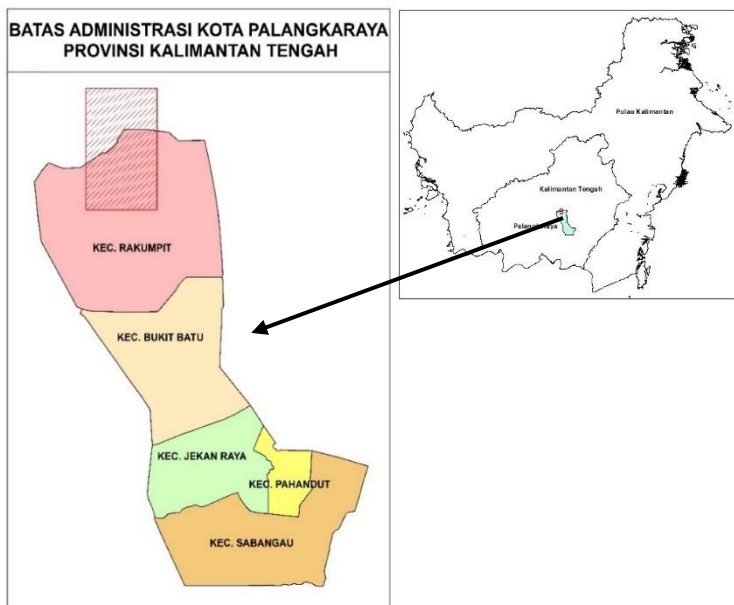
Pada penelitian ini, akan menganalisa sejauh mana ketelitian *orthophoto* yang dihasilkan dari titik *GCP LiDAR Intensity Image* dan bisa menjadi rekomendasi pembuatan peta *orthophoto* dengan memanfaatkan data dari *LiDAR Intensity Image* berdasarkan Perka BIG No. 15 Tahun 2014 tentang pedoman teknis ketelitian peta dasar. Daerah yang dipilih sebagai tempat penelitian adalah Kota Palangkaraya, Provinsi Kalimantan Tengah, Indonesia. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan referensi dalam penggunaan Data *LiDAR Intensity Image* dalam proses georeference foto udara untuk menghasilkan ketelitian *Orthophoto* yang baik.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian untuk tugas akhir ini adalah Kota Palangka Raya secara geografis terletak pada $113^{\circ}30' - 114^{\circ}07'$ Bujur Timur dan $1^{\circ}35' - 2^{\circ}24'$ Lintang Selatan, dengan luas wilayah 2.678,51 Km² (267.851 Ha) dengan topografi terdiri dari tanah datar dan berbukit dengan kemiringan kurang dari 40%.



Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian (Kota Palangkaraya)

Secara administrasi Kota Palangka Raya berbatasan dengan:

Sebelah Utara	: Kabupaten Gunung Mas
Sebelah Timur	: Kabupaten Pulang Pisau
Sebelah Selatan	: Kabupaten Pulang Pisau
Sebelah Barat	: Kabupaten Katingan

3.2. Data dan Peralatan

Data dan peralatan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

3.2.1. Data

Data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- Data LiDAR Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah dengan memiliki ketelitian alat (LiDAR) yaitu kurang dari 10 cm dan sudah terkalibrasi.
- Data LiDAR *Intensity Image* dan data DEM Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah dari hasil pengolahan data LiDAR.
- Data foto udara Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah dengan jumlah sebanyak ± 2564 foto dengan GSD 10 cm yang berasal dari kamera Phase One IXA-R-180 dengan sensor resolusi 10328 (Xaxis x 7760 Yaxis) atau 80 Mega Pixel dengan resolusi spasial 25 cm.
- Data titik-titik *Ground Control Point* (GCP) dan *Independent Check Point* (ICP) yang digunakan adalah data yang dihasilkan melalui pengukuran terestris menggunakan alat ukur GPS geodetik dengan jumlah titik ikat sebanyak 11 GCP dan 10 ICP.

3.2.2. Peralatan

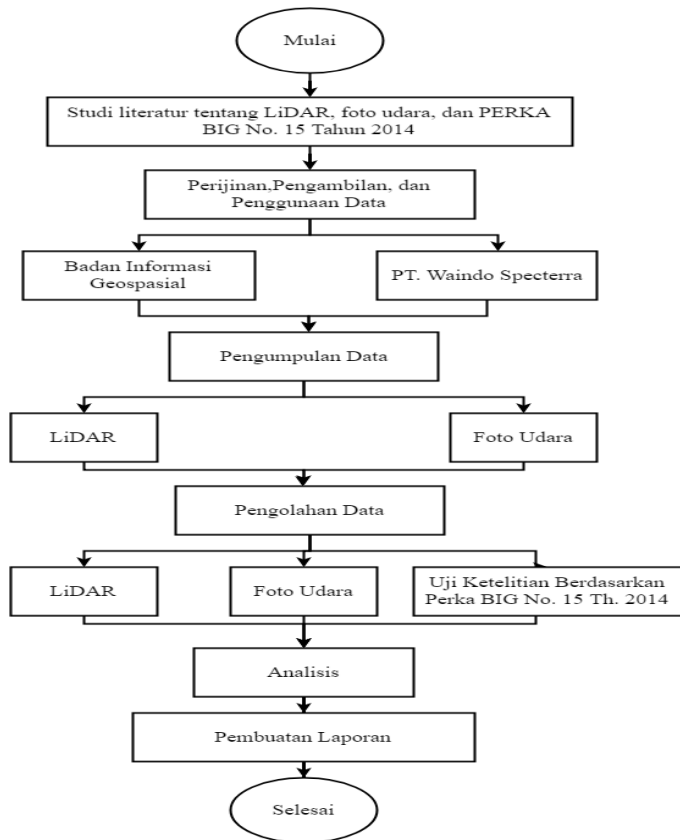
Peralatan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Komputer *workstation* dengan spesifikasi minimal setara dengan *i7, 64bit, 8GB RAM, 2TB internal harddisk* dengan monitor 120Hz
- b. *Software* pengolah data LiDAR
- c. *Software* pengolah data foto udara

3.3. Metode Penelitian

3.3.1. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian tugas akhir ini secara garis besar yang direncanakan adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahapan Penelitian

Berikut ini adalah penjelasan dari diagram alir tahapan penelitian:

1. Tahap Persiapan

a. Identifikasi masalah

Pada tahap ini dilakukan identifikasi awal mengenai kasus yang akan diteliti, baik berupa parumusan masalah, tujuan dan manfaat dari penerapan metode LiDAR *Intensity Image* dan pengukuran terestris (GPS Geodetik) pada pembuatan *Orthophoto*.

b. Studi Literatur

Studi literatur berupa mengumpulkan referensi yang akan menunjang langkah-langkah pengolahan sampai pada analisis, diantaranya yaitu meliputi metode LiDAR *Intensity Image* dan pengukuran terestris (GPS Geodetik) serta uji ketelitian dari *Orthophoto*. Berdasarkan penelitian ini, studi literatur yang menjadi pokok bahasan utama yaitu LiDAR, foto udara, dan PERKA BIG No. 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar

c. Perijinan, Pengambilan, dan Penggunaan Data

Pada tahap ini dilakukan proses perijinan untuk menggunakan data terkait tugas akhir dari Badan Informasi Geospasial dan PT. Waindo Specterra sebagai perusahaan penyedia data.

2. Tahap Pelaksanaan

a. Pengumpulan Data

Pengumpulan data bertujuan untuk mengumpulkan dataset yang diperlukan untuk melakukan penelitian, yaitu data LiDAR dan foto udara kota Palangkaraya

b. Tahap Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan pengolahan semua data yang dibutuhkan dalam tugas akhir. Pengolahan yang dilakukan meliputi pengolahan data LiDAR, foto udara, dan uji ketelitian berdasarkan PERKA

BIG No. 15 Tahun 2014. Tahap pengolahan data yang lebih jelas dijelaskan pada diagram alir pengolahan data.

3. Tahap Akhir

Pada tahap akhir ini meliputi analisis dari hasil pengolahan data yang dilakukan dan pembuatan laporan akhir. Penjelasan dari tahap akhir adalah sebagai berikut:

a. Analisis

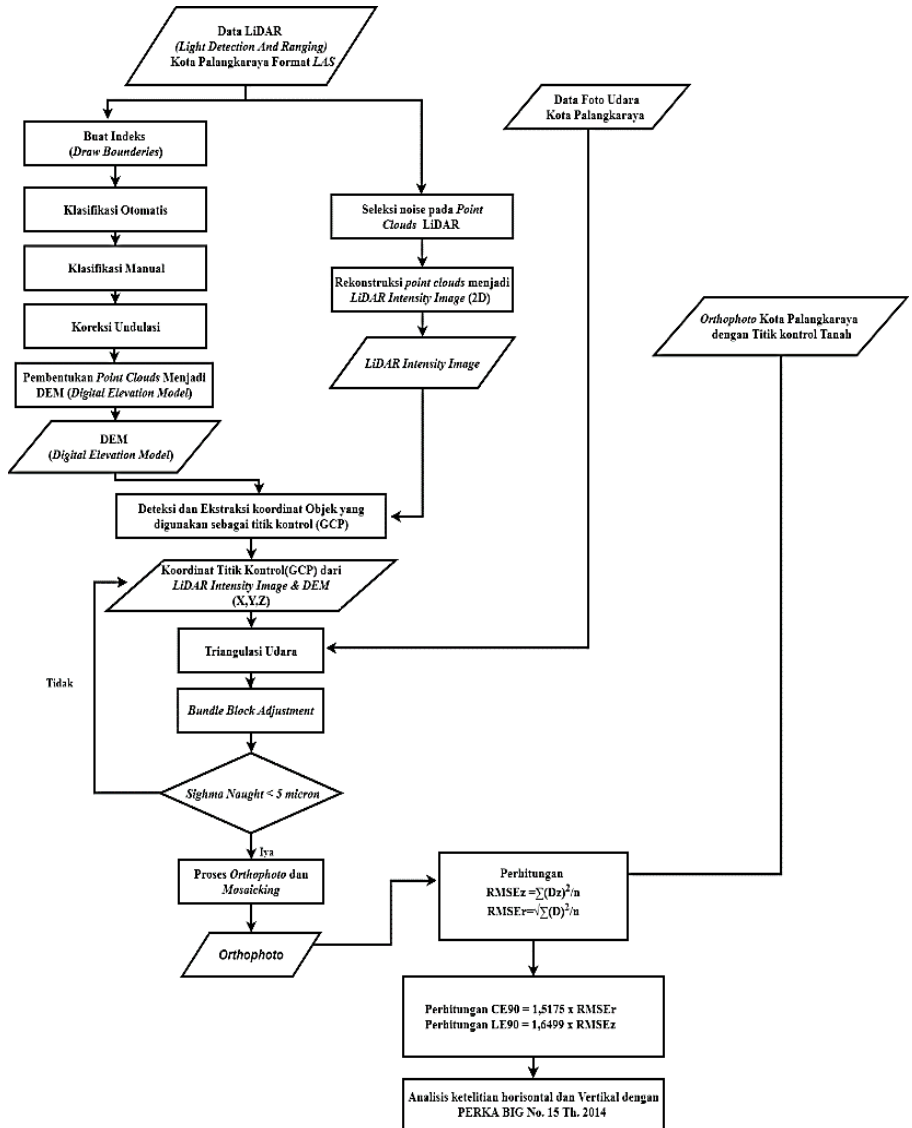
Tahap analisis merupakan tahap yang dilakukan setelah proses pengolahan data selesai dilakukan. Pada tahap ini dilakukan analisis perbandingan *Orthophoto* dari data LiDAR *Intensity Image* dan dari pengukuran terestris(GPS Geodetik). Analisis tersebut berdasarkan pada PERKA BIG No. 15 Tahun 2014.

b. Pembuatan Laporan

Setelah semua proses dilakukan kemudian dilakukan pembuatan laporan tugas akhir.

3.3.2 Tahapan Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data pada penelitian ini dijelaskan pada diagram alir berikut:



Gambar 3. 3 Diagram Alir Pengolahan Data

Berikut ini adalah penjelasan dari tahapan diagram alir pengolahan data di atas:

1. Pengolahan Data LiDAR Menjadi *Intensity Image*
 - a. Menghilangkan *Noise* dan *Spike*

Tahapan pertama menghilangkan *noise* dan *spike* pada data LiDAR. *Noise* dan *Spike* adalah titik tinggi dengan nilai elevasi jauh di atas atau di bawah titik sekitarnya.
 - b. Rekonstruksi LiDAR *Intensity Image 2D*

Pembuatan LiDAR *Intensity Image* yang nantinya koordinat dari LiDAR *Intensity Image* digunakan untuk proses *georeference*.
 - c. Deteksi dan Ekstraksi koordinat Objek Titik Kontrol (GCP)

Setelah LiDAR *Intensity Image* terbentuk selanjutnya dilakukan proses deteksi dan ekstraksi objek yang akan dijadikan titik kontrol (GCP) sehingga menghasilkan koordinat (x,y,z) yang digunakan untuk proses *georeference* foto udara.
 - d. Triangulasi udara merupakan metode penentuan titik kontrol dengan cara melakukan pengukuran koordinat foto atau koordinat model yaitu dengan menggunakan metode *Bundle Adjustment*. Hasil dari pengolahan ini *sigma naught*nya harus kurang dari 5 mikron jika tidak harus diulangi proses pengolahannya mulai dari deteksi dan ekstraksi titik kontrol (GCP) pada *LiDAR Intensity Image*.
 - e. Proses *Orthophoto* dan *mosaicking*

Yaitu penggabungan foto udara menjadi satu sehingga membentuk *Orthophoto*.
2. Pengolahan Data LiDAR Menjadi *Digital Elevation Model*
 - a. *Draw Boundaries*

Membuat NLP (Nomor Lembar Peta) atau indeks peta.

- b. Klasifikasi Otomatis
Klasifikasi otomatis bertujuan untuk membagi jutaan data *point cloud* secara otomatis ke dalam layer *ground* dan *non-ground*.
 - c. Klasifikasi Manual
Klasifikasi manual dilakukan untuk mengklasifikasikan titik-titik yang belum terklasifikasikan dengan benar.
 - d. Proses Koreksi Undulasi
Karena ketinggian yang didapat masih ketinggian ellipsoid sehingga harus dikoreksi elevasi yang didapat dengan parameter undulasi egm 2008 untuk mendapat elevasi geoid.
 - e. Proses Pembentukan DEM
Setelah *point clouds* dikoreksi kemudian dilakukan pembentukan DEM (Digital Elevation Model).
3. Uji Ketelitian
- a. Perhitungan RMS *Error*
Uji ketelitian dalam penelitian ini mengikuti perhitungan yang dituangkan dalam Perka BIG No. 15 Tahun 2014. Rumus perhitungan RMS *Error* telah dijelaskan pada rumus 2.12. Nilai RMS *Error* ini < 1 .
 - b. Perhitungan CE 90 dan LE 90
Setelah nilai RMSE diperoleh, dapat ditentukan nilai CE90. Secara definisi, dalam Perka disebutkan bahwa CE90 adalah ukuran ketelitian geometrik horizontal yaitu nilai jarak yang menunjukkan bahwa 90% kesalahan atau perbedaan nilai ketinggian objek di peta dengan nilai ketinggian sebenarnya tidak lebih besar daripada nilai jarak tersebut. Nilai CE90 didapatkan dengan rumus pada 2.13. Secara definisi, dalam aturan tersebut dinyatakan bahwa LE90 adalah ukuran ketelitian geometrik vertikal yaitu nilai jarak yang

menunjukkan bahwa 90% kesalahan atau perbedaan nilai ketinggian objek di peta dengan nilai ketinggian sebenarnya tidak lebih besar daripada nilai jarak tersebut. Nilai LE90 didapatkan dengan persamaan 2.14

c. Uji Ketelitian dengan PERKA BIG No. 15 Tahun 2014

Nilai CE90 dan LE90 tersebut dijadikan acuan dalam penentuan skala yang dapat dipenuhi untuk penggunaan data tersebut. Ketelitian horizontal dalam Perka BIG No.15 Tahun 2014 dibagi menjadi tiga kelas, yaitu seperti dijelaskan pada Tabel. 2.2. Ketentuan Ketelitian Horizontal Peta RBI Berdasarkan Kelas.

4. Tahap Akhir

Langkah terakhir yang dilakukan adalah melakukan analisis ketelitian horizontal *Orthophoto* yang dihasilkan dari data titik kontrol (GCP) LiDAR *Intensity Image* dengan *Orthophoto* yang dihasilkan dari pengolahan titik kontrol tanah.

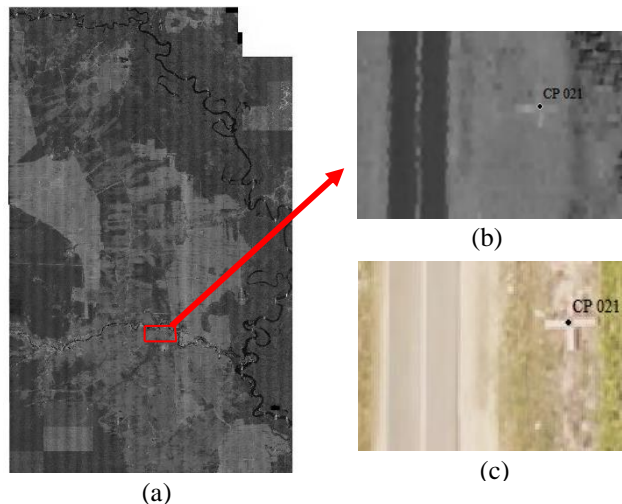
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

4.1.1. Hasil *LiDAR Intensity Image*

Tahap awal sebelum menghasilkan *Intensity Image* yaitu data LAS LiDAR yang telah diperoleh dari proses akuisisi data, dilakukan pembuatan Layer Indeks kemudian dilakukan proses klasifikasi otomatis dan manual terlebih dahulu untuk menghilangkan noise dan sekaligus mengklasifikasikan menjadi *ground* dan *non ground*(pohon, air, rumah, jalan dan lain-lain). Setelah seleksi *noise* dan klasifikasi sudah dilakukan, langkah selanjutnya pembentukan *Intensity Image*. *Intensity Image* yang dihasilkan *gray scale* dengan membentuk objek-objek yang ada dilapangan.



Gambar 4. 1 (a) *Intesnity Image* (b) Premark Titik GCP dari *Intensity Image* (c) Premark Titik GCP dari *Orthophoto*

Dari gambar tersebut dapat terlihat objek *Premark* dari titik CP 021 yang berada di samping jalan raya. Objek *Premark* dapat terlihat di gambar *intensity image* disebabkan karena *Premark* berwarna terang dan pemasangannya timbul dari tanah tidak menempel langsung dengan tanah sehingga pada saat proses akuisis LiDAR dapat terbentuk *point clouds* dari objek *Premark* sehingga dapat diidentifikasi pada *intensity image*. Hasil dari *Intensity Image* inilah yang selanjutnya digunakan untuk mencari gambar *Premark* titik GCP yang selanjutnya diambil koordinatnya untuk dilakukan proses pengolahan foto udara.

4.1.2. Hasil Koordinat GCP dan ICP *Intensity Image*

Setelah dihasilkan *Intensity Image*, maka diambil koordinat GCP dan ICP dengan memberikan *marker* pada titik di *Intensity Image*. Berikut hasil koordinat GCP dan ICP dari *Intensity image* dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

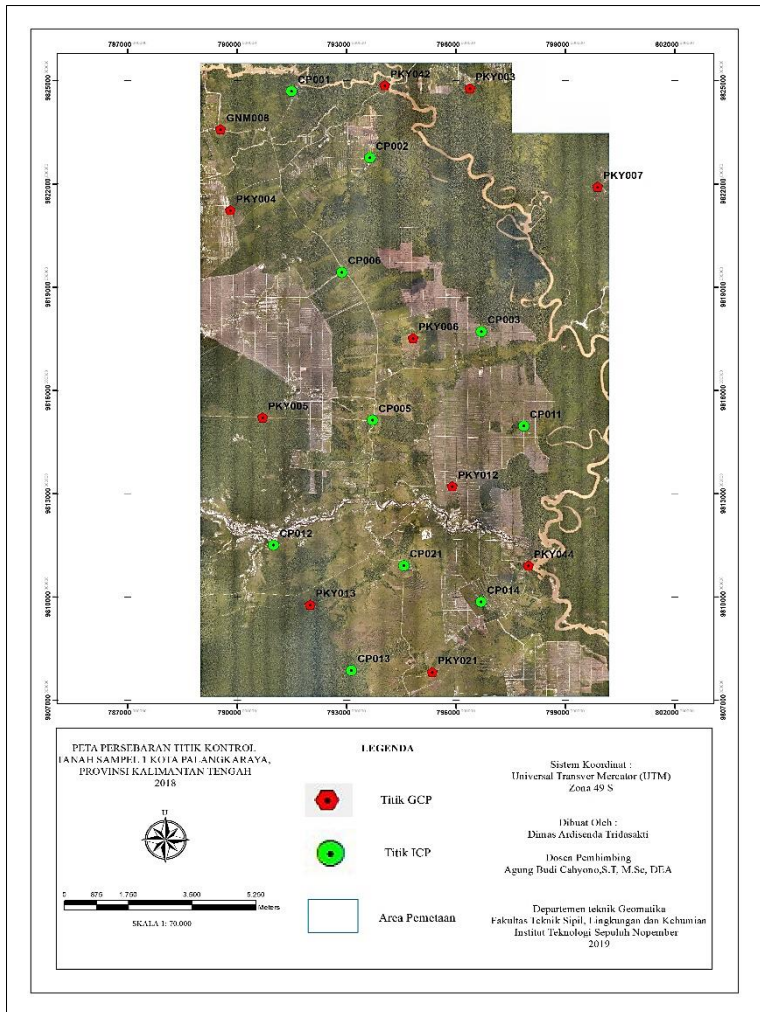
Tabel 4. 1 Koordinat GCP dan ICP Sampel 1

Titik	Easting (m)	Northing (m)	Elevasi (m)
GNM008	789552,338	9823585,738	35,527
PKY003	796391,460	9824776,285	32,050
PKY004	789821,095	9821233,384	48,083
PKY005	790706,613	9815214,241	44,922
PKY006	794829,993	9817518,118	24,646
PKY007	799890,518	9821915,163	43,839
PKY012	795908,623	9813213,189	25,403
PKY013	792006,223	9809772,527	36,860
PKY021	795352,443	9807818,547	34,950
PKY042	794050,648	9824862,658	15,191
PKY044	797987,390	9810910,971	12,483
CP001	791500,875	9824693,797	23,273
CP002	793648,843	9822761,198	16,634
CP003	796708,515	9817711,094	18,241

Tabel 4. 2 Koordinat GCP dan ICP Sampel 1

Titik	Easting (m)	Northing (m)	Elevasi (m)
CP005	793720,438	9815139,200	41,891
CP006	792885,106	9819433,813	29,303
CP011	797865,339	9814966,330	17,326
CP012	791010,001	9811505,699	30,515
CP013	793144,049	9807866,078	38,959
CP014	796694,393	9809858,791	26,595
CP021	794575,469	9810914,157	38,824

Tabel diatas merupakan sampel 1 yang diambil dari koordinat *Premark* yang terlihat pada *intensity image* yang terdiri dari 11 titik GCP dan 10 titik ICP yang selanjutnya titik GCP tersebut digunakan dalam proses *georeference* foto udara dan titik ICPnya akan digunakan dalam proses uji ketelitian peta *orthophoto* yang dihasilkan. Peta Persebaran GCP dan ICP sampel 1 dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



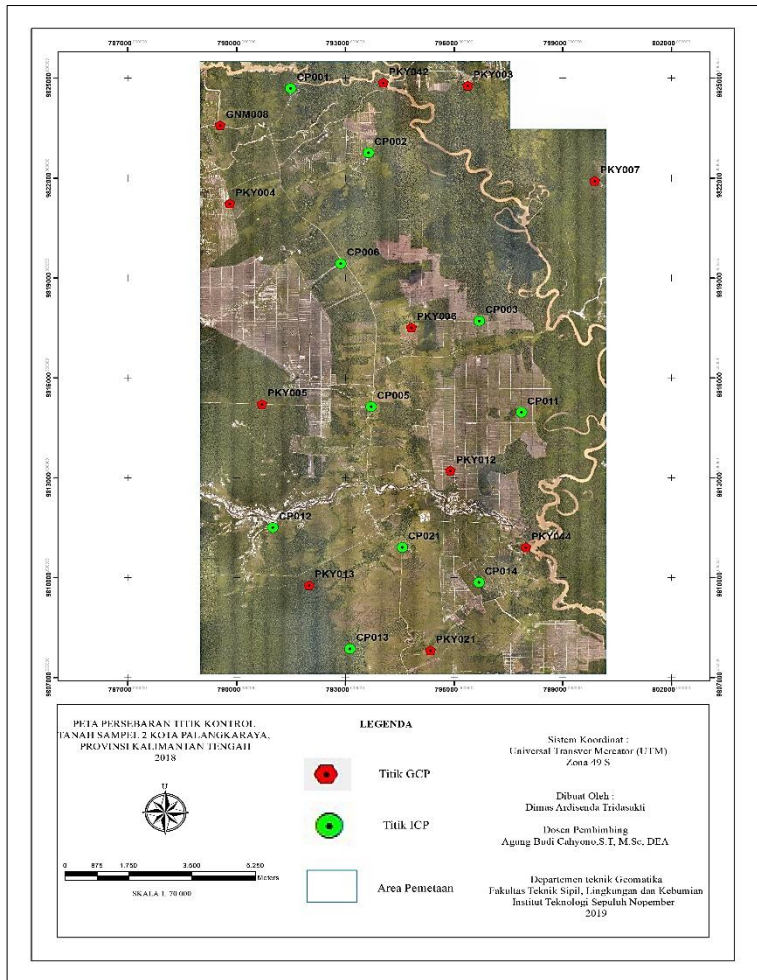
Gambar 4. 2 Peta Persebaran Titik GCP dan ICP Sampel 1

Pada persebaran titik GCP dan ICP sampel 1 terdapat 11 titik GCP dan 10 titik ICP. Pengambilan titik GCP berasal dari koordinat *Premark* yang terlihat pada *intensity image*.

Tabel 4. 3 Koordinat GCP dan ICP Sampel 2

Titik	Easting (m)	Northing (m)	Elevasi (m)
GNM008	789552,461	9823585,328	36,020
PKY003	796391,375	9824776,368	32,183
PKY004	789821,095	9821233,384	48667
PKY005	790706,408	9815214,548	45,559
PKY006	794829,993	9817518,118	25,389
PKY007	799890,518	9821915,163	44,162
PKY012	795908,295	9813212,986	25,523
PKY013	792006,223	9809772,527	36,860
PKY021	795352,443	9807818,547	34,950
PKY042	794050,648	9824862,658	15,191
PKY044	797987,390	9810910,971	12,483
CP001	791500,875	9824693,797	23,273
CP002	793648,843	9822761,198	16,634
CP003	796708,515	9817711,094	18,241
CP005	793720,438	9815139,200	41,891
CP006	792885,106	9819433,813	29,303
CP011	797865,339	9814966,330	17,326
CP012	791010,001	9811505,699	30,955
CP013	793144,345	9807865,773	39,479
CP014	796694,393	9809858,791	27,374
CP021	794575,469	9810914,157	39,270

Tabel diatas merupakan sampel 2 yang diambil dari gabungan koordinat *Premark* yang terlihat pada *intensity image* dan koordinat GCP dan ICP Pengukuran GPS yang terdiri dari 11 titik GCP dan 10 titik ICP yang selanjutnya titik GCP tersebut digunakan dalam proses *georeference* foto udara dan titik ICPnya akan digunakan dalam proses uji ketelitian peta *orthophoto* yang dihasilkan. Peta Persebaran GCP dan ICP sampel 2 dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



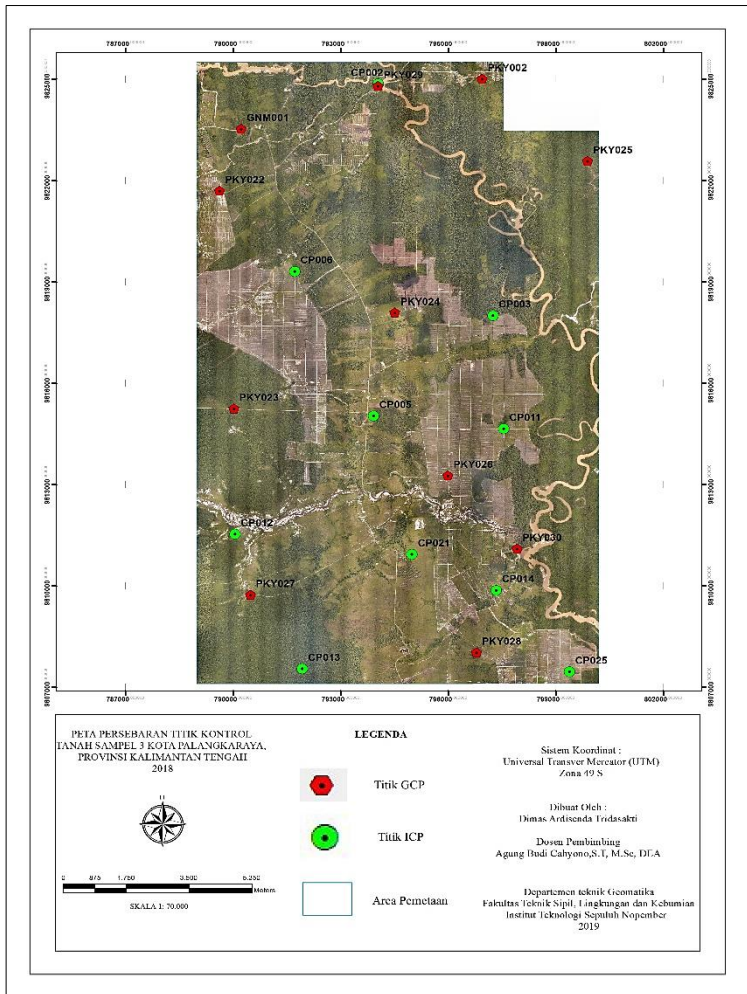
Gambar 4. 3 Peta Persebaran Titik GCP dan ICP Sampel 2

Pada persebaran titik GCP dan ICP sampel 2 terdapat 11 titik GCP dan 10 titik ICP. Pengambilan titik GCP berasal dari koordinat *Premark* yang terlihat pada *intensity image* dan digabungkan dengan koordinat GCP dan ICP Pengukuran GPS

Tabel 4. 4 Koordinat GCP dan ICP Sampel 3

Titik	Easting (m)	Northing (m)	Elevasi (m)
GNM001	790230,236	9823533,559	33,466
PKY002	796949,895	9825009,859	32,532
PKY022	789625,801	9821696,444	46,630
PKY023	790027,118	9815244,628	44,928
PKY024	794518,479	9818086,663	24,838
PKY025	799893,542	9822580,523	38,965
PKY026	795995,920	9813266,209	23,509
PKY027	790487,621	9809731,672	38,187
PKY028	796791,777	9808029,620	37,905
PKY029	794048,560	9824803,639	17,108
PKY030	797923,117	9811098,239	12,889
CP022	794050,648	9824862,658	15,348
CP023	797254,094	9818003,330	14,309
CP024	793927,768	9815033,550	38,967
CP025	791725,854	9819314,664	35,749
CP026	797551,423	9814652,102	17,563
CP027	790058,602	9811533,677	36,198
CP028	791932,825	9807545,279	38,807
CP029	797347,191	9809871,090	21,148
CP030	794995,085	9810933,330	38,311
CP031	799386,846	9807456,778	10,834

Tabel diatas merupakan sampel 3 yang diambil dari koordinat *Non Premark* yang terlihat pada *intensity image* yang terdiri dari 11 titik GCP dan 10 titik ICP yang selanjutnya titik GCP tersebut digunakan dalam proses *georeference* foto udara dan titik ICPnya akan digunakan dalam proses uji ketelitian peta *orthophoto* yang dihasilkan. Peta Persebaran GCP dan ICP sampel 3 dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



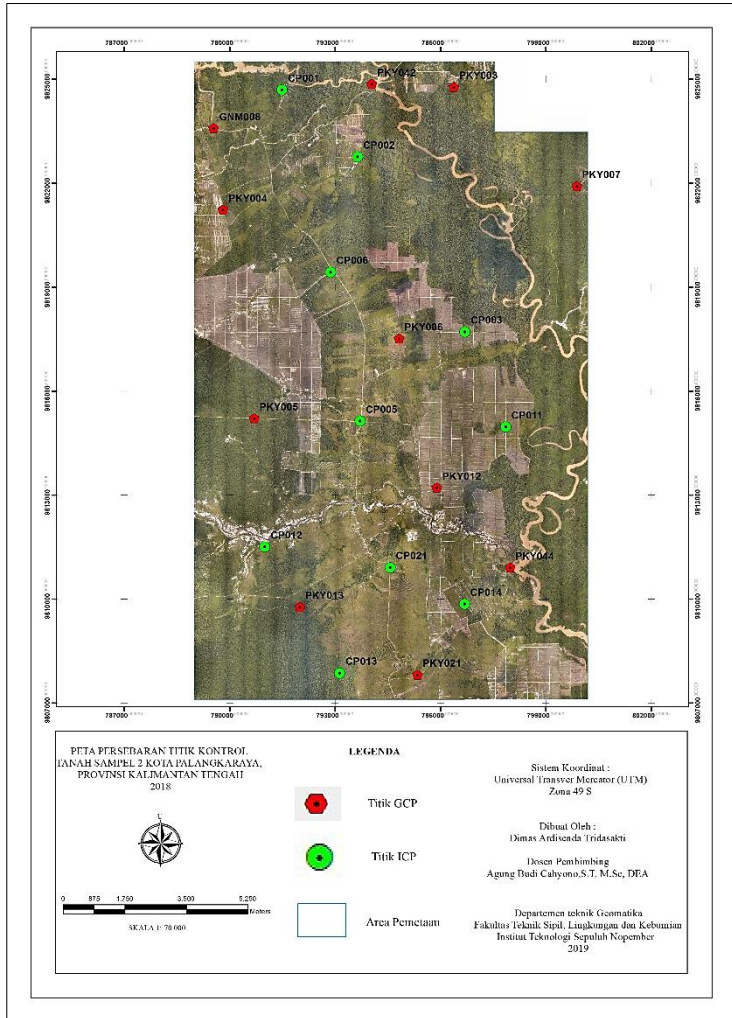
Gambar 4. 4 Peta Persebaran Titik GCP dan ICP Sampel 3

Pada persebaran titik GCP dan ICP sampel 3 terdapat 11 titik GCP dan 10 titik ICP. Pengambilan titik GCP berasal dari koordinat *Non Premark* yang terlihat pada *intensity image*

Tabel 4. 5 Koordinat GCP dan ICP Sampel 4

Titik	Easting (m)	Northing (m)	Elevasi (m)
GNM008	789552,461	9823585,328	36,020
PKY003	796391,375	9824776,368	32,183
PKY004	789821,095	9821233,384	48,667
PKY005	790706,408	9815214,548	45,559
PKY006	794829,993	9817518,118	25,389
PKY007	799890,518	9821915,163	44,162
PKY012	795908,295	9813212,986	25,523
PKY013	792006,084	9809772,710	37,126
PKY021	795352,696	9807818,437	35,456
PKY042	794050,947	9824862,611	15,412
PKY044	797987,454	9810911,111	12,847
CP001	791500,991	9824693,668	23,624
CP002	793649,027	9822761,187	17,176
CP003	796708,888	9817710,733	18,702
CP005	793720,438	9815139,200	42,111
CP006	792885,106	9819433,813	29,655
CP011	797865,326	9814966,539	17,674
CP012	791010,001	9811505,699	30,955
CP013	793144,345	9807865,773	39,479
CP014	796694,393	9809858,791	27,374
CP021	794575,469	9810914,157	39,270

Tabel diatas merupakan sampel 4 yang diambil dari koordinat dari pengukuran *GPS Geodetic* dilapangan yang terdiri dari 11 titik GCP dan 10 titik ICP yang selanjutnya titik GCP tersebut digunakan dalam proses *georeference* foto udara dan titik ICPnya akan digunakan dalam proses uji ketelitian peta *orthophoto* yang dihasilkan. Peta Persebaran GCP dan ICP sampel 4 dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. 5 Peta Persebaran Titik GCP dan ICP Sampel 4

Pada persebaran titik GCP dan ICP sampel 4 terdapat 11 titik GCP dan 10 titik ICP. Pengambilan titik GCP berasal dari koordinat dari pengukuran *GPS Geodetic* dilapangan

4.1.3. Hasil Pengolahan *Orthophoto*

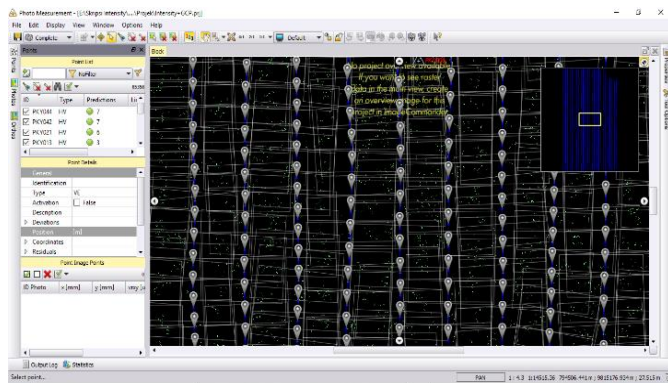
Dalam proses pengolahan *Orthophoto* ini, menggunakan sample foto udara sebanyak 2563 buah yang berasal dari kamera *Phase One IXA-R-180* dengan sensor resolusi 10328 (X axis) x 7760 (Y axis) atau 80 *Mega Pixels*. Berikut adalah langkah-langkah pengolahan *orthophoto*. Masukkan *platform* kamera yang meliputi (*Camera ID, Serial Number, Sensor Type, Sensor Size, Sensor System, Principal Point, GNSS antenna offset, IMU boresight alignment, Distortion (K1,K2,K3,K4,P1,P2)*). Setelah semuanya selesai diisi, kemudian kembali ke *project editor* dan memasukkan *frame* foto udara yang akan diolah. Kemudian memasukkan parameter dalam foto udara yang meliputi X, Y, Z beserta standar deviasinya, dan juga omega, phi, kappa beserta standar deviasinya kedalam *project editor*. Kemudian memasukkan data koordinat titik GCP (*Ground Control Point*) ke dalam *project editor*.

ID	Act	Type	East X	North Y	Height Z	StdDev X,Y	StdDev Z	Description
G001	<input checked="" type="checkbox"/>	HV	168411.125	9219555.739	508.985	Standard	Standard	Undefined
G002	<input checked="" type="checkbox"/>	HV	169656.366	9218992.377	562.007	Standard	Standard	Undefined
G003	<input checked="" type="checkbox"/>	HV	170099.412	9221197.274	500.865	Standard	Standard	Undefined
G004	<input checked="" type="checkbox"/>	HV	172659.389	9219948.183	520.903	Standard	Standard	Undefined
G005	<input checked="" type="checkbox"/>	HV	172179.299	9225442.898	569.786	Standard	Standard	Undefined
G006	<input checked="" type="checkbox"/>	HV	175374.338	9223523.868	530.601	Standard	Standard	Undefined
G007	<input checked="" type="checkbox"/>	HV	177130.489	9229565.145	281.604	Standard	Standard	Undefined
G008	<input checked="" type="checkbox"/>	HV	179122.925	9228746.387	351.290	Standard	Standard	Undefined
G009	<input checked="" type="checkbox"/>	HV	175251.511	9225832.093	362.020	Standard	Standard	Undefined

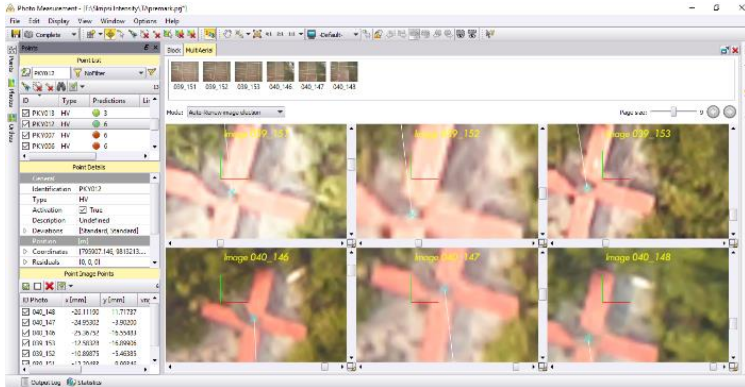
Units: m, deg

Gambar 4. 6 Koordinat Titik GCP pada Foto Udara

Data koordinat titik GCP yang telah selesai, dimasukkan format *strips* dan *blocks* foto udara, *strips* disini sebut sebagai banyaknya lap (lintasan) yang akan ditempuh pesawat, sedangkan *blocks* disebut sebagai banyaknya blok pengolahan data pada foto udara dalam satu *project*. Setelah semuanya telah dilakukan maka secara otomatis bentuk area kasaran akan terbentuk oleh kumpulan *photo* udara akan tersusun pada tampilan awal *ApplicationsMaster*. Kemudian melakukan *Match-AT multi photo measurement* untuk mengintegrasikan secara otomatis dengan adanya sidelap dan *overlap* serta titik GCP yang ada pada blok foto udara.



Gambar 4. 7 Tampilan Area Pemotretan yang Telah Tersusun



Gambar 4. 8 Tampilan *Matching Titik GCP*

Semua titik GCP yang telah dilakukan proses pengintegrasian dengan *photo* (pengecekan koordinat GCP dengan titik sebenarnya pada *photo*) menggunakan *Match-AT multi photo measurement*, akan dilakukan proses *Match-AT Aerial Frame Triangulation* yakni pengolahan foto udara dengan metode *Aerial Triangulation*. Kemudian mendapatkan hasil dari *Match-AT Aerial Frame Triangulation* nilai yang didapatkan sudah cukup baik (toleransi dibawah 5 micron). Dibawah ini merupakan hasil dari triangulasi udara dari ke 4 sampel titik GCP dan ICP yang telah dilakukan pengolahan.

Tabel 4. 6 Hasil dari Match-AT Aerial Frame Triangulation Sampel 1

Koordinat GCP dan ICP Sampel 1	
Sigma Naught in micron	1,1 micron
number block points	126415
number of images	2653
mean std dev ground : x	0,011 [m]
y	0,010 [m]
z	0,031 [m]
mean std dev ori : omega	1,8 [mdeg]
phi	1,6 [mdeg]
kapp	0,5 [mdeg]
rms image points : x	0,622 [<i>micron</i>]
y	0,755 [<i>micron</i>]

Dari Tabel diatas hasil triangulasi udara untuk sempel 1 didapatkan *sighma naught* sebesar 1,1 *micron*. nilai *sigma naught* merupakan suatu nilai yang menyatakan tingkat akurasi keseluruhan pengolahan. Nilai *sigma naught* yang dihasilkan dari proses *bundle block adjustment* pada proses pengolahan foto udara ditunjukkan dalam *report file* yang dihasilkan. Nilai dari *sighma naught* ini memiliki satuan *micron* dan *pixel*.

Hasil ini sudah dibawah toleransi yang sebesar 5 *micron* sehingga dapat dilanjutkan ke proses pengolahan berikutnya yaitu proses *orthophoto* dan *mosaicking*

Tabel 4. 7 Hasil dari Match-AT Aerial Frame Triangulation Sampel 2

Koordinat GCP dan ICP Sampel 2	
Sigma Naught in micron	1,2 <i>micron</i>
number block points	126415
number of images	2653

Tabel 4. 8 Hasil dari Match-AT Aerial Frame Triangulation Sampel 2

mean std dev ground :	x	0,013 [m]
	y	0,011 [m]
	z	0,037 [m]
mean std dev ori :	omega	2,2 [mdeg]
	phi	1,9 [mdeg]
	kappa	0,6 [mdeg]
rms image points :	x	0,666 [micron]
	y	0,771 [micron]

Dari Tabel diatas hasil triangulasi udara untuk sampel 2 didapatkan *sighma naught* sebesar 1,2 *micron*. Hasil ini sudah dibawah toleransi yang sebesar 5 *micron* namun lebih besar dari sampel 1. Hasil ini dapat dilanjutkan ke proses pengolahan berikutnya yaitu proses *orthophoto* dan *mosaicking*

Tabel 4. 9 Hasil dari Match-AT Aerial Frame Triangulation Sampel 3

Koordinat GCP dan ICP Sampel 3		
Sigma Naught in micron	1,6 <i>micron</i>	
number block points	126415	
number of images	2653	
mean std dev ground :	x	0,017 [m]
	y	0,015 [m]
	z	0,055 [m]
mean std dev ori :	omega	2,9 [mdeg]
	phi	2,5 [mdeg]
	kappa	0,8 [mdeg]
rms image points :	x	0,732 [micron]
	y	0,814 [micron]

Dari Tabel diatas hasil triangulasi udara untuk sampel 3 didapatkan *sighma naught* sebesar 1,6 *micron*. Hasil ini paling besar diantara ke 3 sampel awal yang telah dilakukan pengolahan hal ini diakibatkan pada saat matching titik GCP

mengalami kesulitan karena titik koordinat sampel 3 ini tidak menggunakan premark melainkan menggunakan objek-objek yang terlihat pada *intensity image*, seperti pojok jalan, pojok bangunan dan lain-lain sehingga saat matching titik GCP mengalami kesulitan karena tidak muncul *premarknya*. Namun *sighma naught* yang dihasilkan sudah dibawah toleransi yang sebesar 5 *micron* sehingga dapat dilanjutkan ke proses pengolahan berikutnya yaitu proses *orthophoto* dan *mosaicking*

Tabel 4. 10 Hasil dari Match-AT Aerial Frame Triangulation
Sampel 4

Koordinat GCP dan ICP Sampel 4	
Sigma Naught in micron	1,1 <i>micron</i>
number block points	126415
number of images	2653
mean std dev ground : x	0,011 [m]
y	0,010 [m]
z	0.030 [m]
mean std dev ori : omega	1,7 [mdeg]
phi	1,5 [mdeg]
kappa	0,5 [mdeg]
rms image points : x	0,614 [<i>micron</i>]
y	0,742 [<i>micron</i>]

Dari Tabel diatas hasil triangulasi udara untuk sampel 4 didapatkan *sighma naught* sebesar 1,1 *micron*. Hasil ini sama dengan hasil yang didapat dengan sampel 1 namun untuk standar deviasi *ground* lebih baik karena titik koordinatnya menggunakan hasil pengukuran dari GPS geodetik sehingga dapat dilanjutkan ke proses pengolahan berikutnya yaitu proses *orthophoto* dan *mosaicking*

Setelah proses *Match-AT Aerial Frame Triangulation* dilanjutkan dengan mengekspor *orthophoto*. Setelah tahap pembuatan *orthophoto*, dilanjutkan proses mozaiking untuk pembuatan citra foto udara dengan plugin *OrthoVista*. Pilih area yang akan di-*boundaries* oleh *OrthoVista*, Memulai proses *export mozaiking*, tunggu hingga selesai. Hasil dari proses *mozaiking* seperti dibawah ini.



Gambar 4. 9 Hasil *Mosaicking*

4.1.4. Koordinat ICP Model dan Lapangan

Titik cek bebas/ICP bertujuan untuk menguji keakuratan titik-titik kontrol tanah (GCP). Koordinat ICP Model didapatkan setelah proses *georeferencing*. Koordinat titik ICP model yang didapat digunakan untuk uji akurasi horizontal dan vertikal berdasarkan perka BIG No. 15 tahun 2014

Tabel 4. 11 Perbandingan Koordinat Titik ICP model dan Lapangan Titik Sampel 1

Titik	Koordinat ICP Model			Koordinat ICP Lapangan			ΔX	ΔY
	Easting	Northing	Elev	Easting	Northing	Elev		
CP 001	791501,06	9824693,631	23,008	791500,875	9824693,797	23,273	0,185	-0,166
CP 002	793648,966	9822761,147	16,301	793648,843	9822761,198	16,634	0,123	-0,051
CP 003	796708,952	9817710,806	18,322	796708,515	9817711,094	18,241	0,437	-0,288
CP 005	793720,507	9815139,153	41,454	793720,438	9815139,200	41,891	0,069	-0,047
CP 006	792885,163	9819433,828	29,003	792885,106	9819433,813	29,303	0,057	0,015
CP 011	797865,403	9814966,684	17,243	797865,339	9814966,33	17,326	0,064	0,354
CP 012	791010,111	9811505,63	30,119	791010,001	9811505,699	30,515	0,110	-0,069
CP 013	793144,449	9807865,775	38,702	793144,049	9807866,078	38,959	0,400	-0,303
CP 014	796694,495	9809858,923	26,381	796694,393	9809858,791	26,595	0,102	0,132
CP 021	794575,625	9810914,179	38,511	794575,469	9810914,157	38,824	0,156	0,022

Untuk mengetahui tingkat ketelitian pengolahan, dapat juga dilaksanakan dengan pengamatan *Independent Check Point* (ICP) yang tersebar. Titik-titik ini sebelumnya tidak diikutsertakan dalam pengolahan triangulasi udara. Titik ICP yang digunakan berjumlah sepuluh titik. Titik cek bebas/ICP bertujuan untuk menguji keakuratan titik-titik kontrol tanah (GCP). Dari tabel titik koordinat model dan lapangan sampel 1 diatas terdapat perbedaan

antara koordinat ICP model dan lapangan. Perbedaan terbesar untuk koordinat X yaitu pada CP 003 terdapat perbedaan sebesar 0,437 m , CP 011 sebesar 0,354 m untuk koordinat Y dan CP 005 sebesar -0,437 m untuk koordinat Z. Dapat dilihat bahwa perbedaannya dibawah 0,5 m hal ini dipengaruhi oleh titik GCP dari *LiDAR Intensity Image* yang digunakan untuk proses *georeferencing* memiliki ketelitian yang baik karena data LiDAR yang digunakan telah terkalibrasi Hal ini juga sejalan dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh Hsu, W.C dari National Chiao Tung University Taiwan bahwa hasil ketelitian LiDAR *Intensity Image* yang dihasilkan $< 0,500$ m.

Tabel 4. 12 Perbandingan Koordinat Titik ICP model dan Lapangan Titik Sampel 2

Titik	Koordinat ICP Model			Koordinat ICP Lapangan			ΔX	ΔY
	Easting	Northing	Elev	Easting	Northing	Elev		
CP 001	791500,927	9824693,617	23,175	791500,875	9824693,797	23,273	0,052	-0,180
CP 002	793648,918	9822761,16	16,609	793648,843	9822761,198	16,634	0,075	-0,038
CP 003	796708,935	9817710,826	18,649	796708,515	9817711,094	18,241	0,420	-0,268
CP 005	793720,449	9815139,101	41,729	793720,438	9815139,2	41,891	0,011	-0,099
CP 006	792885,134	9819433,836	29,219	792885,106	9819433,813	29,303	0,028	0,023
CP 011	797865,389	9814966,647	17,245	797865,339	9814966,33	17,326	0,050	0,317
CP 012	791009,978	9811505,591	30,508	791010,001	9811505,699	30,955	-0,023	-0,108
CP 013	793144,276	9807865,734	39,01	793144,345	9807865,773	39,479	-0,069	-0,039
CP 014	796694,403	9809858,817	27,045	796694,393	9809858,791	27,374	0,010	0,026
CP 021	794575,51	9810914,113	38,869	794575,469	9810914,157	39,270	0,041	-0,044

Dari tabel titik koordinat model dan lapangan sampel 2 diatas terdapat perbedaan antara koordinat ICP model dan lapangan. Perbedaan terbesar untuk koordinat X yaitu pada CP 003

terdapat perbedaan sebesar 0,420 m , CP 011 sebesar 0,317 m untuk koordinat Y dan CP 013 sebesar -0,469 m untuk koordinat Z. Sampel 2 ini menggunakan gabungan dari koordinat *Premark* yang terlihat pada *intensity image* dan koordinat GCP dan ICP Pengukuran GPS

Tabel 4. 13 Perbandingan Koordinat Titik ICP model dan Lapangan Titik Sampel 3

Titik	Koordinat ICP Model			Koordinat ICP Lapangan			ΔX	ΔY
	Easting	Northing	Elev	Easting	Northing	Elev		
CP 001	791500,614	9824693,454	23,063	791500,875	9824693,797	23,273	-0,261	-0,343
CP 002	793648,574	9822761,104	16,307	793648,843	9822761,198	16,634	-0,269	-0,094
CP 003	796708,706	9817710,838	18,011	796708,515	9817711,094	18,241	0,191	-0,256
CP 005	793720,146	9815139,08	41,616	793720,438	9815139,2	41,891	-0,292	-0,120
CP 006	792884,777	9819433,733	29,055	792885,106	9819433,813	29,303	-0,329	-0,080
CP 011	797864,871	9814966,546	17,207	797865,339	9814966,33	17,326	-0,468	0,216
CP 012	791009,725	9811505,568	30,852	791010,001	9811505,699	30,515	-0,276	-0,131
CP 013	793144,169	9807865,708	38,785	793144,049	9807866,078	38,959	0,120	-0,370
CP 014	796694,371	9809858,978	26,439	796694,393	9809858,791	26,595	-0,022	0,187
CP 021	794575,246	9810914,162	38,691	794575,469	9810914,157	38,824	-0,223	0,005

Dari tabel titik koordinat model dan lapangan sampel 3 diatas terdapat perbedaan antara koordinat ICP model dan lapangan. Perbedaan terbesar untuk koordinat X yaitu pada CP 011 terdapat perbedaan sebesar -0,468 m , CP 013 sebesar -0,370 m untuk koordinat Y dan CP 005 sebesar -0,327 m untuk koordinat Z. Sampel 3 ini merupakan hasil pengolahan yang memiliki *sighma naught* terbesar yaitu 1.6 mikron, namun dapat diiha bahwa perbedaan titik ICP model dan dilapangan pada sampel ini tidak jauh beda dengan sampel 1 dan 2 yaitu masih dibawah 0,5 m

namun untuk perbedaan titik ICP model dan lapangan terbesarnya masih lebih tinggi dari sampel 1 dan 2.

Tabel 4. 14 Perbandingan Koordinat Titik ICP model dan Lapangan Titik Sampel 4

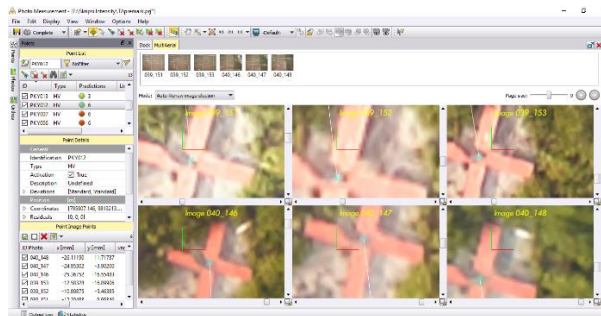
Titik	Koordinat ICP Model			Koordinat ICP Lapangan			ΔX	ΔY
	Easting	Northing	Elev	Easting	Northing	Elev		
CP 001	791501,042	9824693,64	23,628	791500,991	9824693,668	23,624	0,051	-0,028
CP 002	793648,945	9822761,182	17,198	793649,027	9822761,187	17,176	-0,082	-0,005
CP 003	796709,047	9817710,792	18,896	796708,888	9817710,733	18,702	0,159	0,059
CP 005	793720,479	9815139,153	42,176	793720,438	9815139,2	42,111	0,041	-0,047
CP 006	792885,13	9819433,833	29,522	792885,106	9819433,813	29,655	0,024	0,020
CP 011	797865,414	9814966,622	17,697	797865,326	9814966,539	17,674	0,088	0,083
CP 012	791009,991	9811505,624	30,804	791010,001	9811505,699	30,955	-0,010	-0,075
CP 013	793144,299	9807865,727	39,287	793144,345	9807865,773	39,479	-0,046	-0,046
CP 014	796694,253	9809858,746	27,243	796694,393	9809858,791	27,374	-0,140	-0,045
CP 021	794575,522	9810914,158	39,191	794575,469	9810914,157	39,270	0,053	0,001

Dari tabel titik koordinat model dan lapangan sampel 4 diatas terdapat perbedaan antara koordinat ICP model dan lapangan. Perbedaan terbesar untuk koordinat X yaitu pada CP 003 terdapat perbedaan sebesar 0,159 m , CP 012 sebesar 0,075 m untuk koordinat Y dan CP 003 sebesar -0,194 m untuk koordinat Z. Dapat dilihat perbedaan terbesarnya dibawah 0,2 m hal ini dipengaruhi oleh titik koordinatnya menggunakan hasil pengukuran dari GPS geodetik sehingga sehingga hasilnya pun sangat baik.

4.2. Pembahasan

4.2.1. Analisa Georeference

Georeferencing merupakan proses pemberian koordinat titik kontrol pada model agar mempunyai koordinat sesuai dengan yang diinginkan. Setelah memasukkan marker dan koordinat marker, didapat nilai *error* proses *georeferencing*.



Gambar 4. 10 Tampilan Matching Titik GCP

Sebelum ditentukan nilai RMSE, suatu pengolahan memiliki nilai residual pada masing-masing titik kontrol (GCP) dan *tie point*. Nilai residual adalah selisih dari nilai koordinat pengamatan dan hasil perataannya. Nilai residual tidak hanya merefleksikan kesalahan dalam titik titik kontrol (GCP) dan *tie point*, tetapi juga digunakan untuk mempertimbangkan kualitas dari model matematika. Sehingga dapat diartikan bahwa residual tidak hanya memperlihatkan kesalahan pada titik mana yang butuh dikoreksi melainkan dapat juga mengindikasikan titik-titik mana yang buruk dan mengetahui apakah hasil pengolahan telah sesuai dengan sistem titik kontrol tanah atau belum. Dalam pengolahan fotogrametri digital, data residual maupun RMSE disajikan dalam *log file* setelah proses *adjustment*. Setelah

melakukan seleksi GCP, didapat nilai *error* GCP dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 4. 15 Error Total Georeferencing Titik GCP Sampel 1

Titik	X Error (m)	Y Error (m)	Z Error (m)	Total (m)
GNM008	-0,072	0,195	-0,008	0,208
PKY003	0,056	-0,030	0,001	0,064
PKY004	0,055	0,004	-0,002	0,055
PKY005	0,095	-0,141	-0,002	0,170
PKY006	-0,008	0,011	-0,018	0,023
PKY007	0,003	-0,062	0,000	0,062
PKY012	0,209	0,115	0,024	0,239
PKY013	0,089	-0,078	0,008	0,119
PKY021	-0,166	0,121	0,007	0,206
PKY042	-0,204	0,011	-0,012	0,205
PKY044	-0,056	-0,146	0,002	0,156
Total	0,115	0,104	0,011	0,155

Dari hasil georeferencing pada model, menunjukkan bahwa RMSE titik kontrol terbesar yaitu pada PKY 012 sebesar 0,239 m sedangkan RMSE titik kontrol terkecil yaitu pada PKY 006 sebesar 0,022 m .Dapat dilihat dari hasil RMSE bahwa *error* vertikal lebih baik dari *error* horizontal hal ini bertentangan dari teori yang ada yang menyebutkan bahwa hasil *error* vertikal itu lebih besar dari *error* horizontal. Hasil RMS *Error* ini dipengaruhi oleh faktor koordinat Z yang digunakan berasal dari DTM lidar sehingga terdapat perbedaan ketelitian antara koordinat horizontal dan vertikal yang digunakan dalam proses pengolahan. Pengaruh dari metode pemrosesan *bundle adjustment* membuat distribusi dari kesalahan setiap titik kontrol didistribusikan secara merata.

Tabel 4. 16 Error Total Georeferencing Titik GCP Sampel 2

Titik	X Error (m)	Y Error (m)	Z Error (m)	Total (m)
GNM008	0,014	0,000	0,044	0,046
PKY003	0,020	0,017	-0,011	0,028
PKY004	0,048	0,001	0,134	0,142
PKY005	0,012	0,038	0,274	0,277
PKY006	-0,001	0,028	0,048	0,055
PKY007	0,024	-0,053	0,023	0,063
PKY012	0,037	-0,008	0,074	0,083
PKY013	0,103	-0,058	0,119	0,168
PKY021	-0,108	0,104	-0,111	0,187
PKY042	-0,163	0,042	-0,318	0,359
PKY044	0,015	-0,113	-0,275	0,298
Total	0,070	0,056	0,167	0,189

Dari hasil georeferencing pada model, menunjukkan bahwa RMSE titik kontrol terbesar yaitu pada PKY 042 sebesar 0,359 m sedangkan RMSE titik kontrol terkecil yaitu pada PKY 003 sebesar 0,028 m.

Tabel 4. 17 Error Total Georeferencing Titik GCP Sampel 3

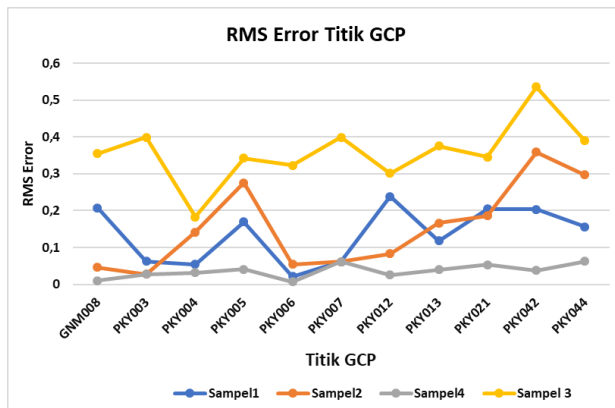
Titik	X Error (m)	Y Error (m)	Z Error (m)	Total (m)
GNM008	0,212	0,147	0,244	0,355
PKY003	-0,317	0,226	-0,089	0,399
PKY004	0,053	-0,037	0,171	0,183
PKY005	0,259	-0,175	0,139	0,342
PKY006	0,232	0,168	0,149	0,323
PKY007	-0,24	-0,287	0,139	0,399
PKY012	0,218	-0,195	-0,073	0,301
PKY013	-0,162	-0,201	0,272	0,375
PKY021	0,203	0,101	0,261	0,346
PKY042	-0,442	-0,216	-0,212	0,536
PKY044	-0,016	0,147	0,360	0,389
Total	0,241	0,184	0,209	0,368

Dari hasil georeferencing pada model, menunjukkan bahwa RMSE titik kontrol terbesar yaitu pada PKY 042 sebesar 0,536 m sedangkan RMSE titik kontrol terkecil yaitu pada PKY 004 sebesar 0,183 m.

Tabel 4. 18 Error Total Georeferencing Titik GCP Sampel 4

Titik	X Error (m)	Y Error (m)	Z Error (m)	Total (m)
GNM008	-0,007	0,008	-0,001	0,011
PKY003	-0,010	0,023	-0,013	0,028
PKY004	0,032	-0,001	0,006	0,033
PKY005	-0,023	0,032	0,014	0,042
PKY006	0,002	0,007	0,001	0,007
PKY007	0,012	-0,061	-0,003	0,062
PKY012	0,010	-0,025	0,000	0,027
PKY013	0,036	0,019	0,003	0,041
PKY021	-0,016	0,049	0,013	0,053
PKY042	-0,030	0,013	-0,020	0,038
PKY044	-0,006	-0,063	-0,001	0,063
Total	0,020	0,034	0,009	0,040

Dari hasil georeferencing pada model, menunjukkan bahwa RMSE titik kontrol terbesar yaitu pada PKY 044 sebesar 0,063 sedangkan RMSE titik kontrol terkecil yaitu pada PKY 006 sebesar 0,007 m.



Gambar 4. 11 Grafik RMS Error Titik GCP

Dari hasil georeferencing pada model yang ditunjukkan grafik tersebut, menunjukkan bahwa RMSE titik kontrol terbesar yaitu pada sampel 3 karena titik diambil dari koordinat *Non Premark* yang terlihat pada *intensity image* seperti pojok jalan,

pojok bangunan dan lain-lain sehingga banyak dari titik GCPnya pada saat proses *matching* mengalami kesulitan karena tidak adanya premark sebagai penanda koordinat titik kontrol yang digunakan. Sedangkan RMSE titik kontrol terkecil yaitu pada sampel 4 karena sampel ini menggunakan titik koordinat yang berasal dari pengukuran GPS geodetik sehingga menghasilkan RMSE yang kecil.

4.2.2. Analisa Orthophoto

Orthophoto yang dihasilkan pada *software* pengolahan data foto udara menggunakan metode triangulasi Udara ini bergantung kepada *Sigma Naught* yang dihasilkan. *Sigma Naught* Yang dihasilkan harus < 5 *micron* untuk memenuhi standart dari BIG. *Orthophoto* yang dihasilkan memiliki total *tie point* sebanyak 609.491 titik dan GSD sebesar 15 cm.



Gambar 4. 13 Objek Jalan diperkebunan Kelapa Sawit



Gambar 4. 14 Objek Rumah

Pada gambar 4.9 dan 4.10 hasil *orthophoto* sudah bagus karena foto yang dihasilkan tidak split. Ini disebabkan oleh *sigma naught* yang dihasilkan pada proses triangulasi Udara sudah dibawah 5 mikron, nilai *sigma naught* merupakan suatu nilai yang menyatakan tingkat akurasi keseluruhan pengolahan. Nilai *sigma naught* yang dihasilkan dari proses *bundle block adjustment* pada proses pengolahan foto udara ditunjukkan dalam *report file* yang dihasilkan. Nilai dari *sigma naught* ini memiliki satuan micron dan pixel Pada umumnya pergeseran relief terbesar pada foto udara terdapat pada gedung tinggi dan area vegetasi dengan tingkat kelebatan yang tinggi.

4.2.3. Uji Akurasi Horizontal dan Vertikal

Perhitungan ketelitian geometri horizontal menggunakan acuan pada aturan PERKA BIG No. 15 Tahun 2014. Uji ketelitian pada penelitian ini dilakukan terhadap koordinat horizontal (X,Y). Perhitungan diambil dari RMSE horizontal titik ICP. Titik ICP di lapangan akan dibandingkan dengan titik ICP pada *orthophoto*.

Aturan dari BIG menggunakan perhitungan *Circular Error 90%* (CE90). Ukuran ketelitian geometrik horizontal yang didefinisikan sebagai radius lingkaran yang menunjukkan 90% kesalahan atau perbedaan posisi horizontal obyek di peta dengan posisi yang dianggap sebenarnya tidak lebih besar dari radius tersebut. Nilai RMSE dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{RMSEr} = \sqrt{\sum(D)^2/N} \dots\dots\dots (4.1)$$

$$\text{CE90} = 1,5175 \times \text{RMSEr} \dots\dots\dots (4.2)$$

Keterangan:

RMSEr = *Root Mean Square Error* Nilai horizontal

D = Selisih Nilai XY

N = Jumlah Titik

CE90 = Ukuran Ketelitian Geometrik Horizontal

Uji akurasi vertikal dalam penelitian ini mengikuti perhitungan yang dituangkan dalam Perka BIG No. 15 Tahun 2014. Rumus perhitungan RMS Error adalah sebagai berikut :

$$RMSE = \sqrt{\sum(DZ)^2/n} \dots \dots \dots (4.3)$$

Keterangan:

RMSEz = *Root Mean Square Error* Nilai Z

DZ = Selisih Nilai Z

N = Jumlah Titik

Setelah nilai RMSE diperoleh, dapat ditentukan nilai LE90. Secara definisi, dalam Perka disebutkan bahwa LE90 adalah ukuran ketelitian geometrik vertikal yaitu nilai jarak yang menunjukkan bahwa 90% kesalahan atau perbedaan nilai ketinggian objek di peta dengan nilai ketinggian sebenarnya tidak lebih besar daripada nilai jarak tersebut. Nilai LE90 didapatkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$LE90 = 1,6499 \times RMSEz \dots \dots \dots (4.4)$$

Keterangan:

LE90 = Ukuran Ketelitian Geometrik Vertikal

Pada penelitian ini yang dilakukan pengujian akurasi posisi adalah titik Z objek. Pengujian ketelitian pada penelitian ini dilakukan dengan membandingkan nilai Z yang didapatkan dari pengolahan foto udara. Hasil dari tinggi data di atas kemudian diuji ketelitiannya berdasarkan PERKA BIG No. 15 Tahun 2014. Ketentuan untuk standar ketelitian geometri Peta RBI yang dihasilkan tertera pada tabel di bawah ini:

4.2.3.1. Uji Akurasi Horizontal/Vertikal Koordinat Titik ICP Model Sampel 1

Tabel 4. 19 Uji CE90 Skala 1:2500

Ketelitian	Hasil Uji CE 90 (dalam meter)	Ketelitian Peta Skala 1:2500		
		Kelas 1 (dalam meter)	Kelas 2 (dalam meter)	Kelas 3 (dalam meter)
Horizontal	0,433	0,5	0,75	1,25

Dengan demikian dari hasil uji ketelitian horizontal maka hasilnya akan memenuhi pada kelas 1 skala 1:2500

Tabel 4. 20 Uji LE90 Skala 1:2500

Ketelitian	Hasil Uji LE 90 (dalam meter)	Ketelitian Peta Skala 1:2500		
		Kelas 1 (dalam meter)	Kelas 2 (dalam meter)	Kelas 3 (dalam meter)
Vertikal	0,479	0,5	0,75	1,25

Berdasarkan hasil uji ketelitian vertikal maka hasilnya akan memenuhi pada kelas 1 dengan nilai maksimal 0,5 m. masuk dalam skala 1:2500

4.2.3.2. Uji Akurasi Horizontal/Vertikal Koordinat Titik ICP Model Sampel 2

Tabel 4. 21 Uji CE90 Skala 1:2500

Ketelitian	Hasil Uji CE 90 (dalam meter)	Ketelitian Peta Skala 1:2500		
		Kelas 1 (dalam meter)	Kelas 2 (dalam meter)	Kelas 3 (dalam meter)
Horizontal	0,314	0,5	0,75	1,25

Dengan demikian dari hasil uji ketelitian horizontal maka hasilnya akan memenuhi pada kelas 1 skala 1:2500

Tabel 4. 22 Uji LE90 Skala 1:2500

Ketelitian	Hasil Uji LE 90 (dalam meter)	Ketelitian Peta Skala 1:2500		
		Kelas 1 (dalam meter)	Kelas 2 (dalam meter)	Kelas 3 (dalam meter)
Vertikal	0,301	0,5	0,75	1,25

Berdasarkan hasil uji ketelitian vertikal maka hasilnya akan memenuhi pada kelas 1 dengan nilai maksimal 0,5 m. masuk dalam skala 1:2500

4.2.3.3. Uji Akurasi Horizontal Koordinat Titik ICP Model Sampel 3

Tabel 4. 23 Uji CE90 Skala 1:2500

Ketelitian	Hasil Uji CE 90 (dalam meter)	Ketelitian Peta Skala 1:2500		
		Kelas 1 (dalam meter)	Kelas 2 (dalam meter)	Kelas 3 (dalam meter)
Horizontal	0,521	0,5	0,75	1,25

Dengan demikian dari hasil uji ketelitian horizontal maka hasilnya akan memenuhi pada kelas 2 skala 1:2500

Tabel 4. 24 Uji LE90 Skala 1:2500

Ketelitian	Hasil Uji LE 90 (dalam meter)	Ketelitian Peta Skala 1:2500		
		Kelas 1 (dalam meter)	Kelas 2 (dalam meter)	Kelas 3 (dalam meter)
Vertikal	0,384	0,5	0,75	1,25

Berdasarkan hasil uji ketelitian vertikal maka hasilnya akan memenuhi pada kelas 1 dengan nilai maksimal 0,5 m. masuk dalam skala 1:2500

4.2.3.4. Uji Akurasi Horizontal Koordinat Titik ICP Model Sampel 4

Tabel 4. 25 Uji CE90 Skala 1:1000

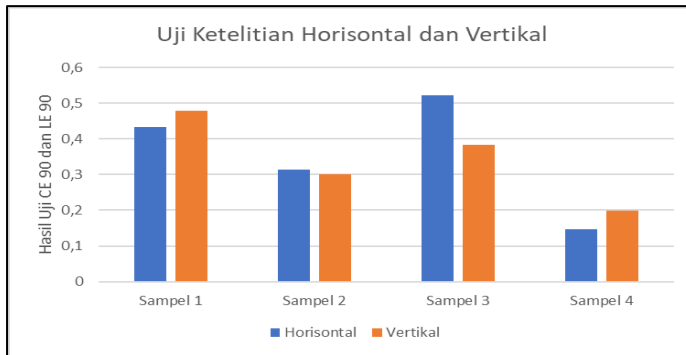
Ketelitian	Hasil Uji CE 90 (dalam meter)	Ketelitian Peta Skala 1:1000		
		Kelas 1 (dalam meter)	Kelas 2 (dalam meter)	Kelas 3 (dalam meter)
Horizontal	0,146	0,2	0,3	0,5

Dengan demikian dari hasil uji ketelitian horizontal maka hasilnya akan memenuhi pada kelas 1 skala 1:1000

Tabel 4. 26 Uji LE90 Skala 1:1000

Ketelitian	Hasil Uji LE 90 (dalam meter)	Ketelitian Peta Skala 1:1000		
		Kelas 1 (dalam meter)	Kelas 2 (dalam meter)	Kelas 3 (dalam meter)
Vertikal	0,198	0,2	0,3	0,5

Berdasarkan hasil uji ketelitian vertikal maka hasilnya akan memenuhi pada kelas 1 dengan nilai maksimal 0,2 m. masuk dalam skala 1:1000



Gambar 4. 15 Grafik Uji Ketelitian Horizontal dan Vertikal

Dari hasil uji CE 90 dan LE 90 pada model yang ditunjukkan grafik tersebut, menunjukkan bahwa ketelitian dengan skala peta terkecil yaitu pada sampel 3 dengan masuk kedalam skala 1:2500 kelas 2. Titik control sampel 3 diambil dari koordinat *Non Premark* yang terlihat pada *intensity image* seperti pojok jalan, pojok bangunan dan lain-lain yang menghasilkan *sighma naught* paling besar yaitu 1,6 *micron* dan RMSE titik GCP pada saat *georeferencing* paling besar sehingga mempengaruhi dari hasil Uji ICP yang dilakukan dengan CE 90 dan LE 90 berdasarkan Perka BIG No. 15 Tahun 2014. Sedangkan hasil uji CE 90 dan LE 90 dengan skala peta terbesar yaitu pada sampel 4 karena sampel ini mengguakan titik koordinat yang berasal dari pengukuran GPS geodetik sehingga menghasilkan RMSE yang kecil dan menghasilkan *sighma naught* paling kecil yaitu 1,1 *micron*. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa ketelitian *orthophoto* yang dihasilkan dari titik kontrol *LiDAR Intensity Image* dapat memenuhi syarat peta skala 2500.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dihasilkan *orthophoto* skala 1:2500 dengan menggunakan titik kontrol dari LiDAR Intensity Image dengan cakupan wilayah Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah. Wilayah pemetaan memiliki luas 15.000 hektar dengan tinggi terbang rata - rata 750 meter. Total foto yang didapat sebanyak 2,563 foto dan diolah menggunakan algoritma *Bundle Block Adjustment*.
2. Dari uji akurasi horizontal dan vertikal hasil pemetaan foto udara pada lokasi penelitian tersebut didapatkan nilai CE90 dan LE90 pada sampel 1 sebesar 0,433 m dan 0,479 m masuk dalam kelas 1 skala 1:2500. Untuk sampel 2 didapatkan hasil sebesar 0,314 m dan 0,301 m yang berarti bahwa uji akurasi horizontal ketelitian peta memenuhi untuk skala 1:2500, dimana masuk kedalam orde kelas 1 dengan ketelitian minimum sebesar 0,5 m. Sampel 2 berasal dari koordinat titik kontrol dari *Premark Intensity + GCP* pengukuran GPS. Adapun nilai CE90 dan LE90 yang paling besar yaitu 0,521 m dan 0,384 m yang berarti bahwa uji akurasi horizontal ketelitian peta memenuhi untuk skala 1:2500 dimana masuk ke dalam orde kelas 2 dengan ketelitian minimum sebesar 0,75 m. Adapun akurasi vertikal ketelitian peta memenuhi untuk skala 1:2500 yaitu masuk kedalam orde kelas 1 dengan ketelitian minimum sebesar 0,5 m yang berasal dari sampel 3 yang menggunakan titik kontrol dari *Non Premark Intensity Image*.

5.2.Saran

Adapun saran yang bisa diberikan berdasarkan proses dan hasil penelitian ini sebagai berikut :

1. Pada saat proses pengambilan koordinat yang digunakan sebagai titik kontrol pada *intensity image* sebaiknya memilih objek-objek yang mudah diidentifikasi seperti pojok bangunan, jalan ataupun sungai agar memudahkan saat proses image matching.
2. Pada proses pengolahan foto udara menghasilkan *orthophoto* sebaiknya menggunakan spesifikasi notebook/pc minimal setara i7 RAM 64 gb dan memori internal 2 TB, melihat proses pengolahan tersebut membutuhkan RAM dan tempat penyimpanan yang besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin,H.Z. 2000. Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya. Jakarta : Pradnya Pramita.
- Al Ayyubi A.S. 2017. Analisa Planimetrik Hasil Pemetaan Foto Udara Skala 1:1000 Menggunakan Wahana Fix Wing UAV (Studi Kasus : Kampus ITS Sukolilo). Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Aulejtner, M. 2011. Thesis : Investigation on methods for making detailed digital models ofsculptures and other artefacts. Norwegia : Norwegian University of Science and Technology.
- Badan Informasi Geospasial. 2014. Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No. 15 Tahun 2014: Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar.
- Dempsey, C. 2003. Orthophotos and GIS. <https://www.gislounge.com/orthophotos-and-gis/>.
Dikunjungi pada 26 Desember 2018, jam 01.00 WIB.
- Duantari, N. 2017. Analisis Perbandingan DTM (Digital Terrain Model) dari LiDAR (Light Detection and Ranging) dan Foto Udara dalam Pembuatan Kontur Peta Rupa Bumi Indonesia. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Donoghue, D.N.M., Watt, P.J., Cox, N.J & Wilson J. 2007. Remote sensing of species mixtures in conifer plantations using LIDAR height and intensity data. Remote Sensing of Environment. 110(4), 509–522.

- Google Earth. (2018). <URL: <https://www.google.co.id/maps/>>. Dikunjungi pada tanggal 21 Desember 2018, jam 13.00
- Habib A.F, Ghanma M. & Kim E.M. 2005. LIDAR Data for Photogrammetric Georeferencing. Department of Geomatics Engineering. University of Calgary. Canada
- Harintaka, Subaryono & Tanjung, A.M.. 2008. Evaluasi Penerapan Mini Bundle Block Adjustment pada foto udara format kecil. Media teknik no.3 Tahun XXX Edisi Agustus 2008 ISSN 0216-33012.
- Haryanto, B. 2008. Sistem Lidar Pada Pengadaan Model Elevasi Digital untuk Pemetaan Skala Besar. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Höfle, B & Pfeifer, N. 2007. Correction of laser scanning intensity data: Data and model-driven approaches. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 62(6), 415433.
- Hsu, W.C. 2015. LIDAR Accuracy Assessment by Intensity Images and Gound Control Points. National Chiao Tung University. Taiwan
- Ip, Alain dkk. 2007. Performance Analysis of Integrated Sensor Orientation. Kanada : Photogrametric Engineering & Remote Sensing Vol. 73 Nomor 1.
- Jacobsen & Karsten. 2004. Direct/ Integrated Sensor Orientation – Pros and Cons. Invited Paper ISPRS.
- Jumadi. 2008. Pemodelan dan Simulasi Kenaikan Permukaan Air Laut Secara Tiga Dimensi (3D) dengan Menggunakan Data LIDAR (Light Detecting and Ranging). Institut Teknologi Bandung. Bandung.

- Joko, A.H. 2012. Evaluasi Ketelitian Elevasi Hasil Akuisisi ALS Dengan Pengukuran Topografi menggunakan Total Station Pada Daerah Tambang Batubara. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Kashani A.G, Olshen M.J & Parrish C.E. 2015. A Review of LIDAR Radiometric Processing: From Ad Hoc Intensity Correction to Rigorous Radiometric Calibration. Department of Civil and Construction Engineering. Oregon State University. United State Of America
- Liu, Z. Zhu, Q. & Gold, C. 2005. Digital Terrain Modeling: principles and Methodology. CRC Press. New York.
- Langford, J. Niemann, O. Frazer, G. Wulder, M & Nelson, T. 2006. Exploring small footprint LIDAR intensity data in a forested environment. In: Proceedings, IEEE International Conference on Geoscience and Remote Sensing Symposium, Denver CO, 2416–2419.
- Munjoy, R. 2011. LIDAR Intensity Images Balancing and Potentials. California State University. United State Of America
- Nauthika, Suprayogi & Sudarsono. 2017. Identifikasi dan Estimasi Tingkat Produktivitas Kelapa Sawit Menggunakan Teknologi LiDAR (Studi Kasus : Air Upas, Kabupaten Ketapang). Universitas Diponegoro. Semarang
- Paine D.P. 1993. 4th Edition, Fotografi Udara Dan Penafsiran Citra. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Rizaldy, Aldino, Wildan & Firdaus. 2012. Direct Georeferencing : a New Standard in Photogrammetry for High Accuracy Mapping. Australia : International Archives of the

Photogrammetry, Remote Sensing, and Spatial Information Sciences volume XXXIX-B1.

- Rokhim & Wahyu, N. 2014. Triangulasi Udara. <http://geospasial.net/2014/03/triangulasi-udara/>. Diakses pada 08 Desember 2018.
- Thompson, M & Gruner, H. 1980. Foundations of Photogrammetry. In Manual of Photogrammetry (pp. 1-36). Falls Church, Virginia(US): American Society of Photogrammetry.
- Suharsana. 1997. Fotogrametri Dasar. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sutanto. 1994. Penginderaan Jauh Jilid 2. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Wehr, A. & Lohr, U. 1999. Airborne Laser Scanning-an Introduction and Overview. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol.54.
- Wicaksono, F.Y.E. 2009. Apa Itu Foto Udara?. Badan Perpustakaan dan Arsip Daerah ProvinsiDIY.<URL:<http://bpadjogja.info/file/a993f9ea56c958470ff07f271a12e7a62b.pdf>>. Dikunjungi pada tanggal 18 Desember 2018, jam 20.45.
- Wolf, P., R. 1993. Elemen Fotogrametri dengan Interpretasi Foto Udara dan Penginderaan Jauh. Penerjemah: Gunadi, Gunawan, T. Zuharnen. Edisi kedua. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta

LAMPIRAN

1. Lampiran Foto Proses Pengolahan



Gambar 1. Proses Pengolahan Data LiDAR



Gambar 2. Proses Pengolahan Data Foto Udara



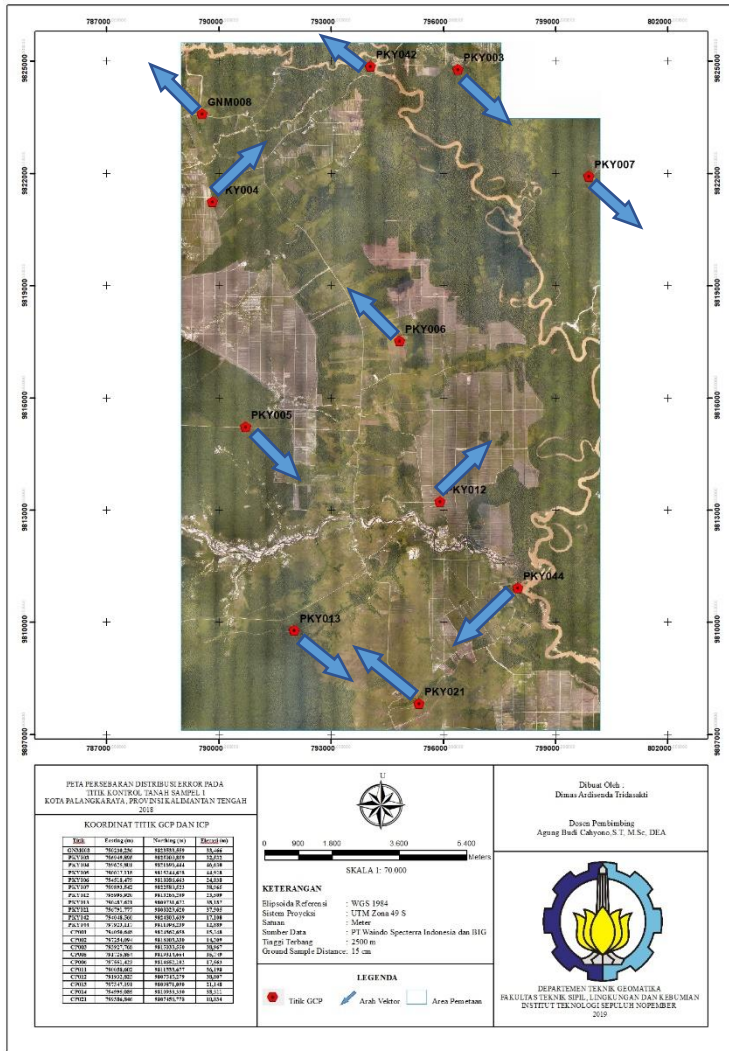
Gambar 3. Proses Streoplotting

2. Lampiran Foto Pengukuran Titik GCP

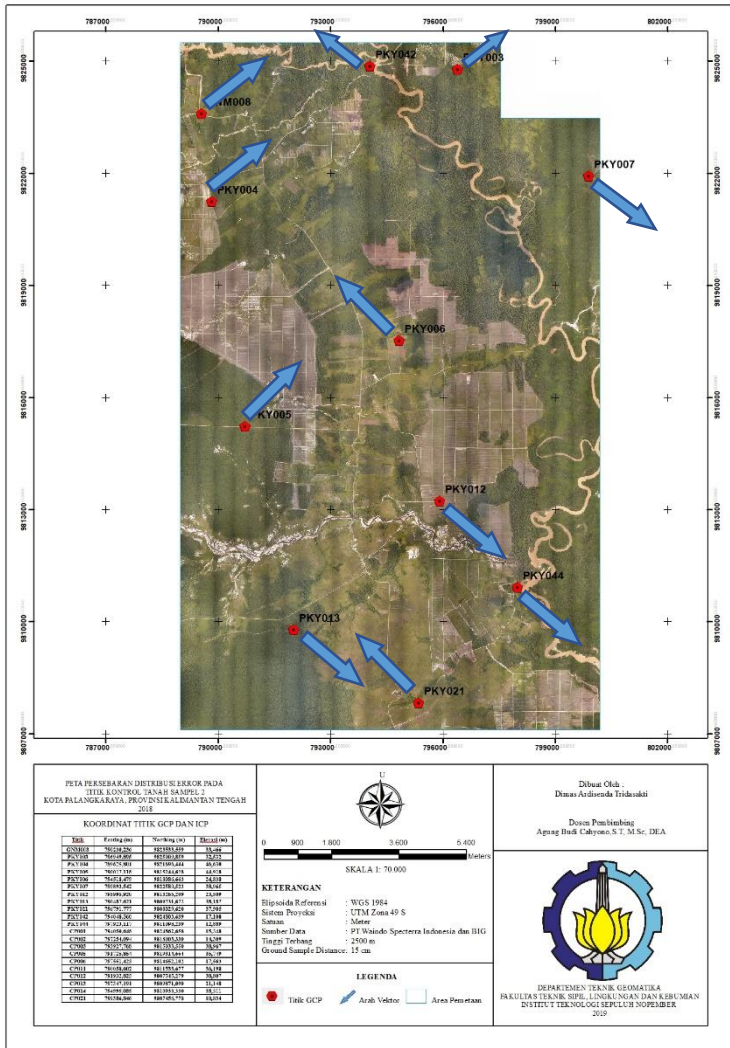


Gambar 4. Pengukuran Titik GCP

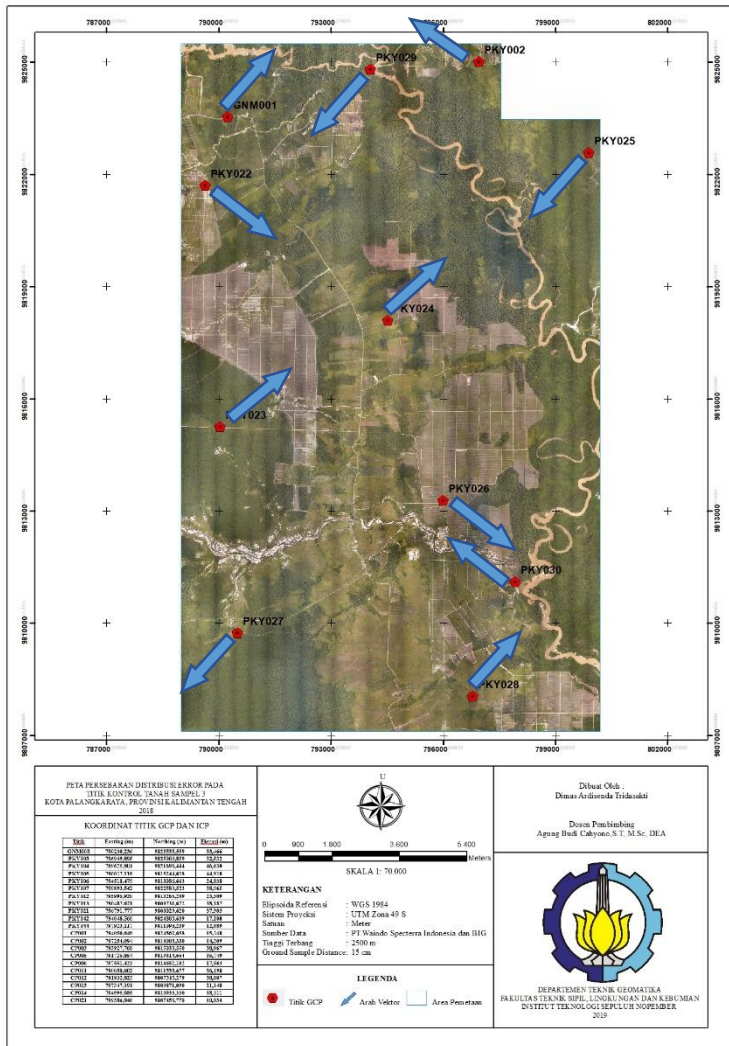
3. Lampiran Distribusi Error pada Titik Kontrol



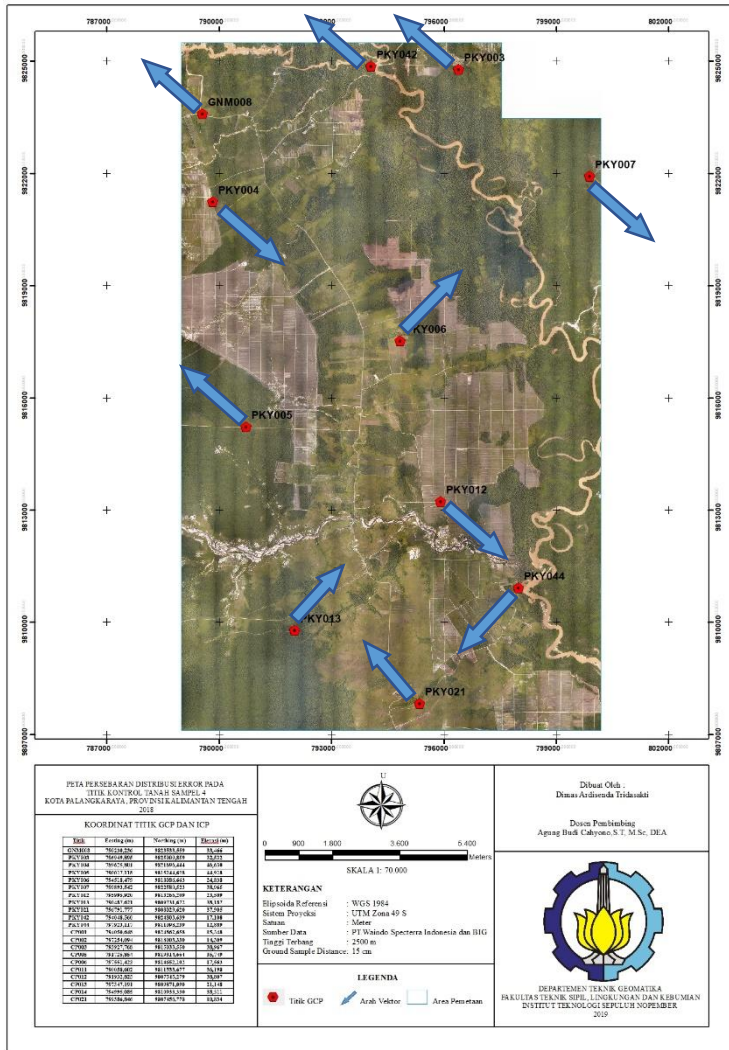
Gambar 5. Peta Distribusi Error titik Kontrol pada Sampel 1



Gambar 6. Peta Distribusi Error titik Kontrol pada Sampel 2

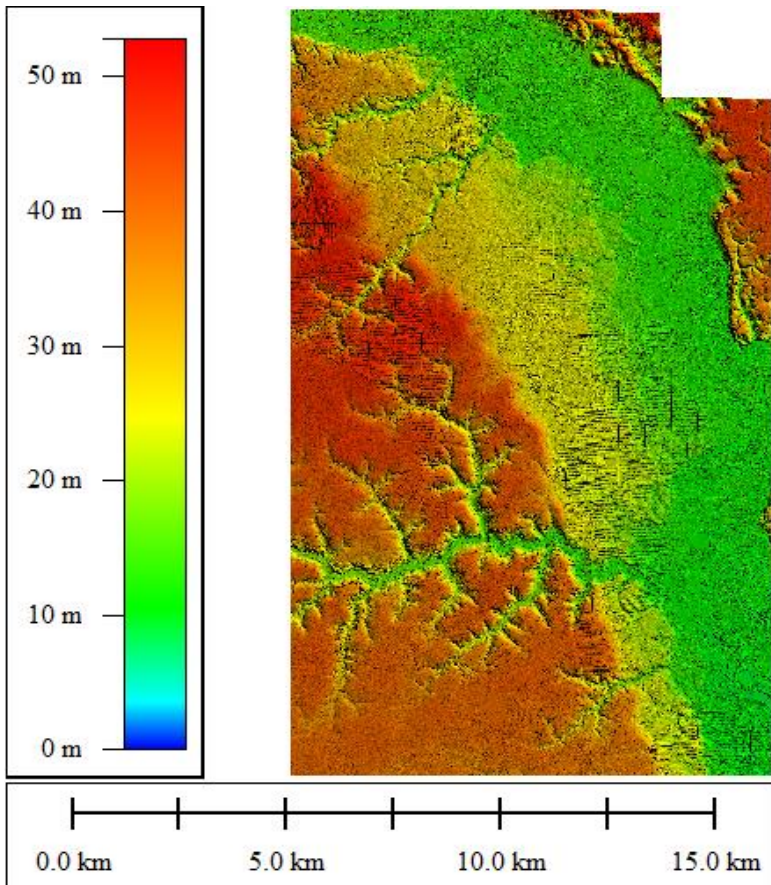


Gambar 7. Peta Distribusi Error titik Kontrol pada Sampel 3



Gambar 8. Peta Distribusi Error titik Kontrol pada Sampel 4

4. Lampiran Data DTM (*Digital Terrain Model*)



5. Lampiran Hasil *Running AT*

MATCH-AT statistic file

Project : Sampel 1

Date of creation : Mon Apr 01 20:02:18 2019

1. Summary:

sigma 0 in micron	1.1
number block points	126415
number of images	2653
number of iteration	4
redundandancy	640095
mean std dev ground	
x	0.011 [m]
y	0.010 [m]
z	0.031 [m]
mean std dev ori	
omega	1.8 [mdeg]
phi	1.6 [mdeg]
kapp	0.5 [mdeg]
mean std dev ori	
x	0.021 [m]
y	0.023 [m]
z	0.012 [m]
rms image points	
x	0.622 [micron]
y	0.755 [micron]
rms control in image	
x	5.146 [micron]
y	4.661 [micron]
rms control in terr	
x	0.114 [m]

	y	0.104 [m]
	z	0.010 [m]
max res. control		
	x	0.209 [m]
	y	0.195 [m]
	z	0.024 [m]
rms check points		
	x	0.000 [m]
	y	0.000 [m]
	z	0.000 [m]
max res. check		
	x	0.000 [m]
	y	0.000 [m]
	z	0.000 [m]

Active Block :complete Block

Number of photos	:2653
Number of strips	:25
Photo scale	:1:13519
Mean terrain height [m]	:45
Automatic blunder detection	:OFF
Use all adjusted points in project file as control	: OFF

Control parameter for block adjustment :

Selfcalibration	: ON
Number of selfcalibration parameters	: 12
Write calibrated camera to project	: OFF
GNSS-Mode	: ON
Drift-Mode	: ON
drift per block	: ON
only shifts are enabled drift for X,Y,Z	: ON,ON,ON
IMU-Mode	: ON
IMU-Boresight	: ON

Earth's curvature correction :ON
 Atmospheric correction :ON
 Do not eliminate manual points : ON
 Do not eliminate GNSS : ON

Standard deviations (a-priori) :

Ground control (planimetry) [m] Set
 0 (=default) : 0.015
 Ground control (height) [m]
 Set
 0 (=default) : 0.009
 Automatic image points [mm]
 Set
 0 (=default) : 0.002
 Image points of ground control and manual measurements [mm]
 : 0.002
 GNSS X Y Z [m] : 0.100 0.100 0.100
 INS omega phi kappa [deg] : 0.008 0.008 0.008

Used Cameras in block:

1 PHASE1_ixa-R180 Distortion : Coefficients

residuals horizontal control points in [meter]

control point ID	rx	ry
GNM008	-0.072	0.195
PKY003	0.056	-0.030
PKY004	0.055	0.004
PKY005	0.095	-0.141
PKY006	-0.008	0.011
PKY007	0.003	-0.062
PKY012	0.209	0.115

PKY013	0.089	-0.078
PKY021	-0.166	0.121
PKY042	-0.204	0.011
PKY044	-0.056	-0.146

residuals vertical control points in [meter]

control point ID	rz
GNM008	-0.008
PKY003	0.001
PKY004	-0.002
PKY005	-0.002
PKY006	-0.018
PKY007	0.000
PKY012	0.024
PKY013	0.008
PKY021	0.007
PKY042	-0.012
PKY044	0.002

total of 509664 measurements in 2653 photos are used for adjustment (total 2653 photos)

sigma naught	1.1 micron (20:02:38)
sigma naught	1.1 micron (20:02:49)
number of observations	1035279
number of unknowns	395184
redundancy	640095

MATCH-AT statistic file**Project : Sampel 2****Date of creation : Fri Mar 29 21:33:06 2019**

1. Summary:

sigma 0 in micron	1.2
number block points	85358
number of images	2653
number of iteration	4
redundandancy	424958
mean std dev ground	
x	0.013 [m]
y	0.011 [m]
z	0.037 [m]
mean std dev ori	
omega	2.2 [mdeg]
phi	1.9 [mdeg]
kapp	0.6 [mdeg]
mean std dev ori	
x	0.025 [m]
y	0.028 [m]
z	0.017 [m]
rms image points	
x	0.666 [micron]
y	0.771 [micron]
rms control in image	
x	3.817 [micron]
y	3.581 [micron]
rms control in terr	
x	0.070 [m]
y	0.056 [m]
z	0.167 [m]
max res. control	

	x	-0.163 [m]
	y	-0.113 [m]
	z	-0.318 [m]
rms check points		
	x	0.000 [m]
	y	0.000 [m]
	z	0.000 [m]
max res. check		
	x	0.000 [m]
	y	0.000 [m]
	z	0.000 [m]

Active Block :complete Block

Number of photos	:2653
Number of strips	:25
Photo scale	: 1:13526
Mean terrain height [m]	: 45
Automatic blunder detection	: OFF
Use all adjusted points in project file	: OFF

Control parameter for block adjustment :

Selfcalibration	: ON
Number of selfcalibration parameters	: 12
Write calibrated camera to project	: OFF
GNSS-Mode	: ON
Drift-Mode	: ON
drift per block	: ON
only shifts are enabled drift for X,Y,Z	: ON,ON,ON
IMU-Mode	: ON
IMU-Boresight	: ON
Earth's curvature correction	:ON

Atmospheric correction : ON
 Do not eliminate manual points : ON
 Do not eliminate GNSS : ON

Standard deviations (a-priori) :

Ground control (planimetry) [m] Set
 0 (=default) : 0.015
 Ground control (height) [m] Set
 0 (=default) : 0.047
 Automatic image points [mm] Set
 0 (=default) : 0.002
 Image points of ground control and manual measurements [mm]
 : 0.002
 GNSS X Y Z [m] : 0.100 0.100 0.100
 INS omega phi kappa [deg] : 0.008 0.008 0.008

Used Cameras in block: 1 PHASE1_ixa-R180
 Distortion :Coefficients

residuals horizontal control points in [meter]

control point ID	rx	ry
GNM008	0.014	0.000
PKY003	0.020	0.017
PKY004	0.048	0.001
PKY005	0.012	0.038
PKY006	-0.001	0.028
PKY007	0.024	-0.053
PKY012	0.037	-0.008
PKY013	0.103	-0.058
PKY021	-0.108	0.104
PKY042	-0.163	0.042

PKY044	0.015	-0.113
--------	-------	--------

residuals vertical control points in [meter]

control point ID	rz
GNM008	0.044
PKY003	-0.011
PKY004	0.134
PKY005	0.274
PKY006	0.048
PKY007	0.023
PKY012	0.074
PKY013	0.119
PKY021	-0.111
PKY042	-0.318
PKY044	-0.275

Total of 340510 measurements in 2653 photos are used for adjustment (total 2653 photos)

sigma naught	1.2 micron (21:33:22)
sigma naught	1.2 micron (21:33:28)
found	17123 points connecting 2 photos
found	27145 points connecting 3 photos
found	9509 points connecting 4 photos
found	8512 points connecting 5 photos
found	17576 points connecting 6 photos
found	5167 points connecting 7 photos
found	326 points connecting 8 photos
number of observations	696971
number of unknowns	272013
redundancy	424958

additional selfcalibration parameters - camera 1

parameter number	value	standardized residual	lower bound of determinability
1	-1.4	-134.1	0.0
2	-0.1	-9.9	0.0
3	0.4	26.8	0.1
4	-0.1	-13.2	0.0
5	-0.2	-29.0	0.0
6	0.4	25.5	0.1
7	-2.1	-230.6	0.0
8	-2.4	-230.4	0.0
9	0.3	38.9	0.0
10	-0.1	-13.2	0.0
11	-0.0	-3.1	0.0
12	0.2	15.5	0.0

MATCH-AT statistic file**Project : Sampel 3****Date of creation : Sun Mar 31 02:59:36 2019**

1. Summary:

sigma 0 in micron	1.6
number block points	85507
number of images	2653
number of iteration	4
redundandancy	423561
mean std dev ground	
x	0.017 [m]
y	0.015 [m]
z	0.055 [m]
mean std dev ori	
omega	2.9 [mdeg]
phi	2.5 [mdeg]
kapp	0.8 [mdeg]
mean std dev ori	
x	0.033 [m]
y	0.037 [m]
z	0.033 [m]
rms image points	
x	0.732 [micron]
y	0.814 [micron]
rms control in image	
x	30.751 [micron]
y	31.470 [micron]
rms control in terr	
x	0.475 [m]
y	0.574 [m]
z	1.412 [m]
max res. control	

	x	-1.016 [m]
	y	1.470 [m]
	z	-3.312 [m]
rms check points		
	x	0.000 [m]
	y	0.000 [m]
	z	0.000 [m]
max res. check		
	x	0.000 [m]
	y	0.000 [m]
	z	0.000 [m]

Active Block :complete Block

Number of photos	:2653
Number of strips	:25
Photo scale	:1:13528
Mean terrain height [m]	:45
Automatic blunder detection	: OFF
Use all adjusted points in project file as	: OFF

Control parameter for block adjustment :

Selfcalibration	: ON
Number of selfcalibration parameters	: 12
Write calibrated camera to project	: OFF
GNSS-Mode	: ON
Drift-Mode	: ON
drift per block	: ON
only shifts are enabled drift for X,Y,Z	: ON,ON,ON
IMU-Mode	: ON
IMU-Boresight	: ON
Earth's curvature correction	: ON
Atmospheric correction	: ON
Do not eliminate manual points	: ON
Do not eliminate GNSS	: ON

Standard deviations (a-priori) :

Ground control (planimetry) [m] Set
 0 (=default) : 0.015
 Ground control (height) [m] Set
 0 (=default) : 0.109
 Automatic image points [mm] Set
 0 (=default) : 0.002
 Image points of ground control and manual measurements [mm]
 : 0.002
 GNSS X Y Z [m] : 0.100 0.100 0.100
 INS omega phi kappa [deg] : 0.008 0.008 0.008

 Used Cameras in block : 1 PHASE1_ixa-R180
 Distortion : Coefficients

residuals horizontal control points in [meter]

control point ID	rx	ry
GNM008	0.212	0.147
PKY003	-0.317	0.226
PKY004	0.053	-0.037
PKY005	0.259	-0.175
PKY006	0.532	0.168
PKY007	-0.240	-0.987
PKY012	0.418	-0.195
PKY013	-0.162	-0.201
PKY021	0.703	0.101
PKY042	-0.442	-0.516
PKY044	-1.016	1.470

residuals vertical control points in [meter]

control point ID	rz
GNM008	0.344

PKY003	-2.389
PKY004	0.271
PKY005	1.239
PKY006	1.249
PKY007	0.639
PKY012	-0.073
PKY013	0.972
PKY021	0.361
PKY042	-3.312
PKY044	0.700

total of 340035 measurements in 2653 photos are used for adjustment (total 2653 photos)

sigma naught	1.6 micron (02:59:55)
sigma naught	1.6 micron (03:00:02)
found	17332 points connecting 2 photos
found	27270 points connecting 3 photos
found	9631 points connecting 4 photos
found	8331 points connecting 5 photos
found	17559 points connecting 6 photos
found	5044 points connecting 7 photos
found	340 points connecting 8 photos
number of observations	696021
number of unknowns	272460
redundancy	423561

MATCH-AT statistic file**Project : Sampel 4****Date of creation : Fri Mar 29 20:06:24 2019****1. Summary:**

sigma 0 in micron	1.1
number block points	143400
number of images	2654
number of iteration	4
redundandancy	714442
mean std dev ground	
x	0.011 [m]
y	0.010 [m]
z	0.030 [m]
mean std dev ori	
omega	1.7 [mdeg]
phi	1.5 [mdeg]
kapp	0.5 [mdeg]
mean std dev ori	
x	0.020 [m]
y	0.022 [m]
z	0.011 [m]
rms image points	
x	0.614 [micron]
y	0.742 [micron]
rms control in image	
x	2.667 [micron]
y	2.502 [micron]
rms control in terr	
x	0.020 [m]
y	0.034 [m]
z	0.009 [m]
max res. Control	

	x	0.036 [m]
	y	-0.063 [m]
	z	-0.020 [m]
rms check points		
	x	0.000 [m]
	y	0.000 [m]
	z	0.000 [m]
max res. check		
	x	0.000 [m]
	y	0.000 [m]
	z	0.000 [m]

Active Block :complete Block

Number of photos	:2654
Number of strips	:25
Photo scale	:1:13527
Mean terrain height [m]	:45
Automatic blunder detection	: OFF
Use all adjusted points in project file as	: OFF

Control parameter for block adjustment :

Selfcalibration	: ON
Number of selfcalibration parameters	: 12
Write calibrated camera to project	: OFF
GNSS-Mode	: ON
Drift-Mode	: ON
drift per block	: ON
only shifts are enabled drift for X,Y,Z	: ON,ON,ON
IMU-Mode	: ON
IMU-Boresight	: ON
Earth's curvature correction	: ON
Atmospheric correction	: ON
Do not eliminate manual points	: ON
Do not eliminate GNSS	: ON

Standard deviations (a-priori) :

Ground control (planimetry) [m] Set
 0 (=default) : 0.015
 Ground control (height) [m] Set
 0 (=default) : 0.109
 Automatic image points [mm] Set
 0 (=default) : 0.002
 Image points of ground control and manual measurements [mm]
 : 0.002
 GNSS X Y Z [m] : 0.100 0.100 0.100
 INS omega phi kappa [deg] : 0.008 0.008 0.008

 Used Cameras in block : 1 PHASE1_ixa-R180
 Distortion : Coefficients

residuals horizontal control points in [meter]

control point ID	rx	ry
GNM008	-0.007	0.008
PKY003	-0.010	0.023
PKY004	0.032	-0.001
PKY005	- 0.023	0.032
PKY006	0.002	0.007
PKY007	0.012	-0.061
PKY012	0.010	-0.025
PKY013	0.036	0.019
PKY021	-0.016	0.049
PKY042	-0.030	0.013
PKY044	-0.006	-0.063

residuals vertical control points in [meter]

control point ID	rz
GNM008	-0.001

PKY003	-0.013
PKY004	0.006
PKY005	0.014
PKY006	0.001
PKY007	-0.003
PKY012	0.000
PKY013	0.003
PKY021	0.013
PKY042	-0.020
PKY044	-0.001

Total of 572315 measurements in 2654 photos are used for adjustment (total 2654 photos)

sigma naught	1.1 micron (20:06:44)
sigma naught	1.1 micron (20:06:53)
number of observations	1160587
number of unknowns	446145
redundancy	714442

6. Lampiran CE 90

FORM.AK		FORM.AK								
		UJI KETELITIAN HORIZONTAL								
		Pemotretan Udara dalam Rangka Pembuatan Peta Dasar Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah								
		GCP LiDAR Intensity (Premark)								
Nomor Titik	Nama Titik	X	X	(D X)	(D X) ²	Y	Y	(D Y)	(D Y) ²	(D X) ² + (D Y) ²
		(Koordinat ICP)	(Koordinat Mosaik Ortofoto)			(Koordinat ICP)	(Koordinat Mosaik Ortofoto)			
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	CP 001	791500,875	791501,06	0,185	0,034	9824693,797	9824693,631	-0,166	0,028	0,062
2	CP 002	793648,843	793648,966	0,123	0,015	9822761,198	9822761,147	-0,051	0,003	0,018
3	CP 003	796708,515	796708,952	0,437	0,191	9817711,094	9817710,806	-0,288	0,083	0,274
4	CP 005	793720,438	793720,507	0,069	0,005	9815139,2	9815139,153	-0,047	0,002	0,007
5	CP 006	792885,106	792885,163	0,057	0,003	9819433,813	9819433,828	0,015	0,000	0,003
6	CP 011	797865,339	797865,403	0,064	0,004	9814966,33	9814966,684	0,354	0,125	0,129
7	CP 012	791010,001	791010,111	0,110	0,012	9811505,699	9811505,63	-0,069	0,005	0,017
8	CP 013	793144,049	793144,449	0,400	0,160	9807866,078	9807865,775	-0,303	0,092	0,252
9	CP 014	796694,393	796694,495	0,102	0,010	9809858,791	9809858,923	0,132	0,017	0,028
10	CP 021	794575,469	794575,625	0,156	0,024	9810914,157	9810914,179	0,022	0,000	0,025
									Jumlah	0,815
									Rata-Rata	0,081
									RMSE	0,285
									Akurasi	0,433

Tabel 2. Ketelitian Horisontal Sempel 2

FORMAK		FORMAK								
		UJI KETELTIAN HORIZONTAL								
		Pemotretan Udara dalam Rangka Pembuatan Peta Dasar Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah								
		GCP LiDAR Intensity + GCP Pengukuran GPS (Premark)								
Nomor Titik	Nama Titik	X (Koordinat ICP)	X (Koordinat Mosaik Ortofoto)	(D X)	(D X) ²	Y (Koordinat ICP)	Y (Koordinat Mosaik Ortofoto)	(D Y)	(D Y) ²	(D X) ² + (D Y) ²
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	CP 001	791500,875	791500,927	0,052	0,003	9824693,797	9824693,617	-0,180	0,032	0,035
2	CP 002	793648,843	793648,918	0,075	0,006	9822761,198	9822761,16	-0,038	0,001	0,007
3	CP 003	796708,515	796708,935	0,420	0,176	9817711,094	9817710,826	-0,268	0,072	0,248
4	CP 005	793720,438	793720,449	0,011	0,000	9815139,2	9815139,101	-0,099	0,010	0,010
5	CP 006	792885,106	792885,134	0,028	0,001	9819433,813	9819433,836	0,023	0,001	0,001
6	CP 011	797865,339	797865,389	0,050	0,002	9814966,33	9814966,647	0,317	0,100	0,103
7	CP 012	791010,001	791009,978	-0,023	0,001	9811505,699	9811505,591	-0,108	0,012	0,012
8	CP 013	793144,345	793144,276	-0,069	0,005	9807865,773	9807865,734	-0,039	0,002	0,006
9	CP 014	796694,393	796694,403	0,010	0,000	9809858,791	9809858,817	0,026	0,001	0,001
10	CP 021	794575,469	794575,51	0,041	0,002	9810914,157	9810914,113	-0,044	0,002	0,004
									Jumlah	0,427
									Rata-Rata	0,043
									RMSE	0,285
									Akurasi	0,314

Tabel 3. Ketelitian Horisontal Sempel 3

FORM.AK		FORM.AK								
		UJI KETELTIAN HORIZONTAL								
		Pemotretan Udara dalam Rangka Pembuatan Peta Dasar Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah								
		GCP LiDAR Intensity (Non Premark)								
Nomor Titik	Nama Titik	X (Koordinat ICP)	X (Koordinat Mosaik Ortofoto)	(D X)	(D X) ²	Y (Koordinat ICP)	Y (Koordinat Mosaik Ortofoto)	(D Y)	(D Y) ²	(D X) ² + (D Y) ²
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	CP 001	791500,875	791500,614	-0,261	0,068	9824693,797	9824693,454	-0,343	0,118	0,186
2	CP 002	793648,843	793648,574	-0,269	0,072	9822761,198	9822761,104	-0,094	0,009	0,081
3	CP 003	796708,515	796708,706	0,191	0,036	9817711,094	9817710,838	-0,256	0,066	0,102
4	CP 005	793720,438	793720,146	-0,292	0,085	9815139,2	9815139,08	-0,120	0,014	0,100
5	CP 006	792885,106	792884,777	-0,329	0,108	9819433,813	9819433,733	-0,080	0,006	0,115
6	CP 011	797865,339	797864,871	-0,468	0,219	9814966,33	9814966,546	0,216	0,047	0,266
7	CP 012	791010,001	791009,725	-0,276	0,076	9811505,699	9811505,568	-0,131	0,017	0,093
8	CP 013	793144,049	793144,169	0,120	0,014	9807866,078	9807865,708	-0,370	0,137	0,151
9	CP 014	796694,393	796694,371	-0,022	0,000	9809858,791	9809858,978	0,187	0,035	0,035
10	CP 021	794575,469	794575,246	-0,223	0,050	9810914,157	9810914,162	0,005	0,000	0,050
									Jumlah	1,179
									Rata-Rata	0,118
									RMSE	0,285
									Akurasi	0,521

Tabel 4. Ketelitian Horisontal Sempel 4

FORM.AK		FORM.AK								
		UJI KETELTIAN HORIZONTAL								
		Pemotretan Udara dalam Rangka Pembuatan Peta Dasar Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah								
		GCP Pengukuran GPS								
Nomor Titik	Nama Titik	X	X	(D X)	(D X) ²	Y	Y	(D Y)	(D Y) ²	(D X) ² + (D Y) ²
		(Koordinat ICP)	(Koordinat Mosaik Ortofoto)			(Koordinat ICP)	(Koordinat Mosaik Ortofoto)			
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	CP 001	791500,991	791501,042	0,051	0,003	9824693,668	9824693,64	-0,028	0,001	0,003
2	CP 002	793649,027	793648,945	-0,082	0,007	9822761,187	9822761,182	-0,005	0,000	0,007
3	CP 003	796708,888	796709,047	0,159	0,025	9817710,733	9817710,792	0,059	0,003	0,029
4	CP 005	793720,438	793720,479	0,041	0,002	9815139,2	9815139,153	-0,047	0,002	0,004
5	CP 006	792885,106	792885,13	0,024	0,001	9819433,813	9819433,833	0,020	0,000	0,001
6	CP 011	797865,326	797865,414	0,088	0,008	9814966,539	9814966,622	0,083	0,007	0,015
7	CP 012	791010,001	791009,991	-0,010	0,000	9811505,699	9811505,624	-0,075	0,006	0,006
8	CP 013	793144,345	793144,299	-0,046	0,002	9807865,773	9807865,727	-0,046	0,002	0,004
9	CP 014	796694,393	796694,253	-0,140	0,020	9809858,791	9809858,746	-0,045	0,002	0,022
10	CP 021	794575,469	794575,522	0,053	0,003	9810914,157	9810914,158	0,001	0,000	0,003
									Jumlah	0,093
									Rata-Rata	0,009
									RMSE	0,285
									Akurasi	0,146

Tabel 5. Ketelitian Horisontal Sempel 5

FORM.AK		FORM.AK								
		UJI KETELTIAN HORIZONTAL								
		Pemotretan Udara dalam Rangka Pembuatan Peta Dasar Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah								
		GCP LiDAR Intensity (Premark) EO AT								
Nomor Titik	Nama Titik	X	X	(D X)	(D X) ²	Y	Y	(D Y)	(D Y) ²	(D X) ² + (D Y) ²
		(Koordinat ICP)	(Koordinat Mosaik Ortofoto)			(Koordinat ICP)	(Koordinat Mosaik Ortofoto)			
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	CP 001	791500,875	791500,988	0,113	0,013	9824693,797	9824693,473	-0,324	0,105	0,118
2	CP 002	793648,843	793649,073	0,230	0,053	9822761,198	9822761,181	-0,017	0,000	0,053
3	CP 003	796708,515	796708,896	0,381	0,145	9817711,094	9817710,821	-0,273	0,075	0,220
4	CP 005	793720,438	793720,474	0,036	0,001	9815139,2	9815139,116	-0,084	0,007	0,008
5	CP 006	792885,106	792885,158	0,052	0,003	9819433,813	9819433,736	-0,077	0,006	0,009
6	CP 011	797865,339	797865,553	0,214	0,046	9814966,33	9814966,561	0,231	0,053	0,099
7	CP 012	791010,001	791009,888	-0,113	0,013	9811505,699	9811505,576	-0,123	0,015	0,028
8	CP 013	793144,049	793144,31	0,261	0,068	9807866,078	9807865,992	-0,086	0,007	0,076
9	CP 014	796694,393	796694,397	0,004	0,000	9809858,791	9809858,999	0,208	0,043	0,043
10	CP 021	794575,469	794575,546	0,077	0,006	9810914,157	9810914,135	-0,022	0,000	0,006
									Jumlah	0,660
									Rata-Rata	0,066
									RMSE	0,285
									Akurasi	0,390

Tabel 6. Ketelitian Horisontal Sempel 6

FORMAK		FORMAK								
		UJI KETELTIAN HORIZONTAL								
		Pemotretan Udara dalam Rangka Pembuatan Peta Dasar Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah								
		GCP LiDAR Intensity + GCP Pengukuran GPS (Premark) EO AT								
Nomor Titik	Nama Titik	X	X	(D X)	(D X) ²	Y	Y	(D Y)	(D Y) ²	(D X) ² + (D Y) ²
		(Koordinat ICP)	(Koordinat Mosaik Ortofoto)			(Koordinat ICP)	(Koordinat Mosaik Ortofoto)			
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	CP 001	791500,875	791500,901	0,026	0,001	9824693,797	9824693,462	-0,335	0,112	0,113
2	CP 002	793648,843	793649,046	0,203	0,041	9822761,198	9822761,278	0,080	0,006	0,048
3	CP 003	796708,515	796708,918	0,403	0,162	9817711,094	9817710,869	-0,225	0,051	0,213
4	CP 005	793720,438	793720,392	-0,046	0,002	9815139,2	9815139,063	-0,137	0,019	0,021
5	CP 006	792885,106	792885,112	0,006	0,000	9819433,813	9819433,696	-0,117	0,014	0,014
6	CP 011	797865,339	797865,57	0,231	0,053	9814966,33	9814966,519	0,189	0,036	0,089
7	CP 012	791010,001	791009,802	-0,199	0,040	9811505,699	9811505,539	-0,160	0,026	0,065
8	CP 013	793144,345	793144,189	-0,156	0,024	9807865,773	9807865,946	0,173	0,030	0,054
9	CP 014	796694,393	796694,428	0,035	0,001	9809858,791	9809859,094	0,303	0,092	0,093
10	CP 021	794575,469	794575,425	-0,044	0,002	9810914,157	9810914,093	-0,064	0,004	0,006
									Jumlah	0,716
									Rata-Rata	0,072
									RMSE	0,285
									Akurasi	0,406

Tabel 7. Ketelitian Horisontal Sempel 7

FORM.AK		FORM.AK								
		UJI KETELTIAN HORIZONTAL								
		Pemotretan Udara dalam Rangka Pembuatan Peta Dasar Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah								
		GCP LiDAR Intensity (Non Premark) EO AT								
Nomor Titik	Nama Titik	X	X	(D X)	(D X) ²	Y	Y	(D Y)	(D Y) ²	(D X) ² + (D Y) ²
		(Koordinat ICP)	(Koordinat Mosaik Ortofoto)			(Koordinat ICP)	(Koordinat Mosaik Ortofoto)			
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	CP 001	791500,875	791500,765	-0,110	0,012	9824693,797	9824693,311	-0,486	0,236	0,248
2	CP 002	793648,843	793648,911	0,068	0,005	9822761,198	9822761,079	-0,119	0,014	0,019
3	CP 003	796708,515	796708,729	0,214	0,046	9817711,094	9817710,612	-0,482	0,232	0,278
4	CP 005	793720,438	793720,291	-0,147	0,022	9815139,2	9815138,905	-0,295	0,087	0,109
5	CP 006	792885,106	792885,015	-0,091	0,008	9819433,813	9819433,546	-0,267	0,071	0,080
6	CP 011	797865,339	797865,41	0,071	0,005	9814966,33	9814966,377	0,047	0,002	0,007
7	CP 012	791010,001	791009,664	-0,337	0,114	9811505,699	9811505,432	-0,267	0,071	0,185
8	CP 013	793144,049	793144,03	-0,019	0,000	9807866,078	9807865,799	-0,279	0,078	0,078
9	CP 014	796694,393	796694,365	-0,028	0,001	9809858,791	9809858,991	0,200	0,040	0,041
10	CP 021	794575,469	794575,324	-0,145	0,021	9810914,157	9810913,955	-0,202	0,041	0,062
									Jumlah	1,106
									Rata-Rata	0,111
									RMSE	0,285
									Akurasi	0,505

Tabel 8. Ketelitian Horizontal Sempel 8

FORM.AK		FORM.AK								
		UJI KETELTIAN HORIZONTAL								
		Pemotretan Udara dalam Rangka Pembuatan Peta Dasar Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah								
		GCP Pengukuran GPS EO AT								
Nomor Titik	Nama Titik	X	X	(D X)	(D X) ²	Y	Y	(D Y)	(D Y) ²	(D X) ² + (D Y) ²
		(Koordinat ICP)	(Koordinat Mosaik Ortofoto)			(Koordinat ICP)	(Koordinat Mosaik Ortofoto)			
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	CP 001	791500,991	791500,8745	-0,117	0,014	9824693,668	9824693,443	-0,225	0,051	0,064
2	CP 002	793649,027	793649,027	0,000	0,000	9822761,187	9822761,187	0,000	0,000	0,000
3	CP 003	796708,888	796708,888	0,000	0,000	9817710,733	9817710,733	0,000	0,000	0,000
4	CP 005	793720,438	793720,3557	-0,082	0,007	9815139,2	9815139,033	-0,167	0,028	0,035
5	CP 006	792885,106	792885,0817	-0,024	0,001	9819433,813	9819433,736	-0,077	0,006	0,007
6	CP 011	797865,326	797865,5269	0,201	0,040	9814966,539	9814966,47	-0,069	0,005	0,045
7	CP 012	791010,001	791009,7648	-0,236	0,056	9811505,699	9811505,582	-0,117	0,014	0,069
8	CP 013	793144,345	793144,1603	-0,185	0,034	9807865,773	9807865,916	0,143	0,020	0,055
9	CP 014	796694,393	796694,3267	-0,066	0,004	9809858,791	9809858,47	-0,321	0,103	0,107
10	CP 021	794575,469	794575,469	0,000	0,000	9810914,157	9810914,157	0,000	0,000	0,000
									Jumlah	0,382
									Rata-Rata	0,038
									RMSE	0,285
									Akurasi	0,297

1. Lampiran LE 90

Tabel 9. Ketelitian Vertikal Sempel 1

FORMAK		FORMAK			
		QC UJI KETELITIAN VERTIKAL			
		Pemotretan Udara dalam Rangka Pembuatan Peta Dasar Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah			
		GCP LiDAR Intensity (Premark)			
Nomor Titik	Nama Titik	Z (Koordinat ICP)	Z (Koordinat Stereomodel)	(D Z)	(D Z) ²
A	B	C	D	E	F
1	CP 001	23,273	23,008	-0,265	0,070
2	CP 002	16,634	16,301	-0,333	0,111
3	CP 003	18,241	18,322	0,081	0,007
4	CP 005	41,891	41,454	-0,437	0,191
5	CP 006	29,303	29,003	-0,300	0,090
6	CP 011	17,326	17,243	-0,083	0,007
7	CP 012	30,515	30,119	-0,396	0,157
8	CP 013	38,959	38,702	-0,257	0,066
9	CP 014	26,595	26,381	-0,214	0,046
10	CP 021	38,824	38,511	-0,313	0,098
				Jumlah	0,842
				Rata-Rata	0,084
				RMSE	0,290
				Akurasi	0,479

Tabel 10. Ketelitian Vertikal Sempel 2

FORMAK		FORMAK			
		QC UJI KETELITIAN VERTIKAL			
		Pemotretan Udara dalam Rangka Pembuatan Peta Dasar Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah			
		GCP LiDAR Intensity (Premark)			
Nomor Titik	Nama Titik	Z (Koordinat ICP)	Z (Koordinat Stereomodel)	(D Z)	(D Z) ²
A	B	C	D	E	F
1	CP 001	23,273	23,008	-0,265	0,070
2	CP 002	16,634	16,301	-0,333	0,111
3	CP 003	18,241	18,322	0,081	0,007
4	CP 005	41,891	41,454	-0,437	0,191
5	CP 006	29,303	29,003	-0,300	0,090
6	CP 011	17,326	17,243	-0,083	0,007
7	CP 012	30,515	30,119	-0,396	0,157
8	CP 013	38,959	38,702	-0,257	0,066
9	CP 014	26,595	26,381	-0,214	0,046
10	CP 021	38,824	38,511	-0,313	0,098
				Jumlah	0,842
				Rata-Rata	0,084
				RMSE	0,290
				Akurasi	0,479

Tabel 11. Ketelitian Vertikal Sempel 3

FORM.AK		FORM.AK			
		QC UJI KETELTIAN VERTIKAL			
		Pemotretan Udara dalam Rangka Pembuatan Peta Dasar Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah			
		GCP LiDAR Intensity (Premark)			
Nomor Titik	Nama Titik	Z (Koordinat ICP)	Z (Koordinat Stereomodel)	(D Z)	(D Z) ²
A	B	C	D	E	F
1	CP 001	23,273	23,008	-0,265	0,070
2	CP 002	16,634	16,301	-0,333	0,111
3	CP 003	18,241	18,322	0,081	0,007
4	CP 005	41,891	41,454	-0,437	0,191
5	CP 006	29,303	29,003	-0,300	0,090
6	CP 011	17,326	17,243	-0,083	0,007
7	CP 012	30,515	30,119	-0,396	0,157
8	CP 013	38,959	38,702	-0,257	0,066
9	CP 014	26,595	26,381	-0,214	0,046
10	CP 021	38,824	38,511	-0,313	0,098
				Jumlah	0,842
				Rata-Rata	0,084
				RMSE	0,290
				Akurasi	0,479

Tabel 12. Ketelitian Vertikal Sempel 4

FORM.AK		FORM.AK			
		QC UJI KETELTIAN VERTIKAL			
		Pemotretan Udara dalam Rangka Pembuatan Peta Dasar Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah			
		GCP LiDAR Intensity (Premark)			
Nomor Titik	Nama Titik	Z (Koordinat ICP)	Z (Koordinat Stereomodel)	(D Z)	(D Z) ²
A	B	C	D	E	F
1	CP 001	23,273	23,008	-0,265	0,070
2	CP 002	16,634	16,301	-0,333	0,111
3	CP 003	18,241	18,322	0,081	0,007
4	CP 005	41,891	41,454	-0,437	0,191
5	CP 006	29,303	29,003	-0,300	0,090
6	CP 011	17,326	17,243	-0,083	0,007
7	CP 012	30,515	30,119	-0,396	0,157
8	CP 013	38,959	38,702	-0,257	0,066
9	CP 014	26,595	26,381	-0,214	0,046
10	CP 021	38,824	38,511	-0,313	0,098
				Jumlah	0,842
				Rata-Rata	0,084
				RMSE	0,290
				Akurasi	0,479

Tabel 13. Ketelitian Vertikal Sempel 5

FORMAK		FORMAK			
		QC UJI KETELITIAN VERTIKAL			
		Pemotretan Udara dalam Rangka Pembuatan Peta Dasar Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah			
		GCP LiDAR Intensity (Premark)			
Nomor Titik	Nama Titik	Z (Koordinat ICP)	Z (Koordinat Stereomodel)	(D Z)	(D Z) ²
A	B	C	D	E	F
1	CP 001	23,273	23,008	-0,265	0,070
2	CP 002	16,634	16,301	-0,333	0,111
3	CP 003	18,241	18,322	0,081	0,007
4	CP 005	41,891	41,454	-0,437	0,191
5	CP 006	29,303	29,003	-0,300	0,090
6	CP 011	17,326	17,243	-0,083	0,007
7	CP 012	30,515	30,119	-0,396	0,157
8	CP 013	38,959	38,702	-0,257	0,066
9	CP 014	26,595	26,381	-0,214	0,046
10	CP 021	38,824	38,511	-0,313	0,098
				Jumlah	0,842
				Rata-Rata	0,084
				RMSE	0,290
				Akurasi	0,479

Tabel 14. Ketelitian Vertikal Sempel 6

FORMAK		FORMAK			
		QC UJI KETELITIAN VERTIKAL			
		Pemotretan Udara dalam Rangka Pembuatan Peta Dasar Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah			
		GCP LiDAR Intensity (Premark)			
Nomor Titik	Nama Titik	Z (Koordinat ICP)	Z (Koordinat Stereomodel)	(D Z)	(D Z) ²
A	B	C	D	E	F
1	CP 001	23,273	23,008	-0,265	0,070
2	CP 002	16,634	16,301	-0,333	0,111
3	CP 003	18,241	18,322	0,081	0,007
4	CP 005	41,891	41,454	-0,437	0,191
5	CP 006	29,303	29,003	-0,300	0,090
6	CP 011	17,326	17,243	-0,083	0,007
7	CP 012	30,515	30,119	-0,396	0,157
8	CP 013	38,959	38,702	-0,257	0,066
9	CP 014	26,595	26,381	-0,214	0,046
10	CP 021	38,824	38,511	-0,313	0,098
				Jumlah	0,842
				Rata-Rata	0,084
				RMSE	0,290
				Akurasi	0,479

Tabel 15. Ketelitian Vertikal Sempel 7

FORM.AK		FORM.AK			
		QC UJI KETELTIAN VERTIKAL			
		Pemotretan Udara dalam Rangka Pembuatan Peta Dasar Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah			
		GCP LiDAR Intensity (Premark)			
Nomor Titik	Nama Titik	Z (Koordinat ICP)	Z (Koordinat Stereomodel)	(D Z)	(D Z) ²
A	B	C	D	E	F
1	CP 001	23,273	23,008	-0,265	0,070
2	CP 002	16,634	16,301	-0,333	0,111
3	CP 003	18,241	18,322	0,081	0,007
4	CP 005	41,891	41,454	-0,437	0,191
5	CP 006	29,303	29,003	-0,300	0,090
6	CP 011	17,326	17,243	-0,083	0,007
7	CP 012	30,515	30,119	-0,396	0,157
8	CP 013	38,959	38,702	-0,257	0,066
9	CP 014	26,595	26,381	-0,214	0,046
10	CP 021	38,824	38,511	-0,313	0,098
				Jumlah	0,842
				Rata-Rata	0,084
				RMSE	0,290
				Akurasi	0,479

Tabel 16. Ketelitian Vertikal Sempel 8

FORM.AK		FORM.AK			
		QC UJI KETELITIAN VERTIKAL			
		Pemotretan Udara dalam Rangka Pembuatan Peta Dasar Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah			
		GCP LiDAR Intensity (Premark)			
Nomor Titik	Nama Titik	Z (Koordinat ICP)	Z (Koordinat Stereomodel)	(D Z)	(D Z) ²
A	B	C	D	E	F
1	CP 001	23,273	23,008	-0,265	0,070
2	CP 002	16,634	16,301	-0,333	0,111
3	CP 003	18,241	18,322	0,081	0,007
4	CP 005	41,891	41,454	-0,437	0,191
5	CP 006	29,303	29,003	-0,300	0,090
6	CP 011	17,326	17,243	-0,083	0,007
7	CP 012	30,515	30,119	-0,396	0,157
8	CP 013	38,959	38,702	-0,257	0,066
9	CP 014	26,595	26,381	-0,214	0,046
10	CP 021	38,824	38,511	-0,313	0,098
				Jumlah	0,842
				Rata-Rata	0,084
				RMSE	0,290
				Akurasi	0,479

BIODATA PENULIS



Dimas Ardisenda Tridasakti, lahir di Kota Mojokerto Jawa Timur pada tanggal 23 Desember 1996. Penulis merupakan anak ketiga dari 3 bersaudara pasangan Drs. Samiardi dan Ida Ayu Marhaeni. Penulis telah menempuh pendidikan di TK Tunas Harapan Mojoketo, SDN Cangu 1 Mojokerto, SMP Negeri 2 Jetis Mojokerto, dan SMA Negeri 1 Puri Mojokerto. Penulis kemudian melanjutkan perkuliahan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Dengan masuk ke Departemen Teknik Gomatika. Selama perkuliahan, penulis aktif di organisasi intra kampus seperti, Staff Departemen Kesejahteraan Mahasiswa HIMAGE-ITS 2016/2017, Kabiro Finansial Departemen Departemen Kesejahteraan Mahasiswa HIMAGE-ITS 2017/2018, Staff Departemen Sosial Pendidikan Beasiswa KSE ITS 2016/2017, Kepala Departemen Sosial Pendidikan Beasiswa KSE ITS 2017/2018 dan Wakil Ketua Umum Paguyuban Beasiswa KSE ITS 2018/2019 . Penulis juga aktif dalam kepanitiaan baik dari organisasi seperti Gerigi-ITS dan birokrasi seperti seminar GeoICON. Penulis juga mengikuti pelatihan seperti LKMMPraTD lingkup fakultas, Camp pelatihan Kepemimpinan Beasiswa Indofood di Akademi Militer Magelang 2018 Tingkat Nasional dan Pelatihan Teknologi serta kepemimpinan di Perusahaan Gas Negara (PGN) Inovation camp 2017 Tingkat Nasional. Penulis juga pernah mengikuti Program Kreatifitas Mahasiswa (PKM) dan didanai untuk program PKM-GT 2016 dan PKM-P 2017. Selain itu penulis juga telah memiliki pengalaman dilapangan seperti kegiatan survei topografi, survey GPS, fotogramteri, LiDAR dan survey bathimetri di pulau jawa maupun diluar pulau jawa.