

SKRIPSI

**STUDI KUALITAS HASIL PEMOTRETAN UDARA *UNMANNED*
AERIAL VEHICLE (UAV) MENGGUNAKAN METODE *SPACE*
INTERSECTION PADA *SMALL FORMAT AERIAL*
PHOTOGRAMMETRY (SFAP)
(Studi Kasus Area Persawahan Kampus II ITN Malang)**



Diajukan Oleh:

RYIAN APRIANDI

12.25.908

**JURUSAN TEKNIK GEODESI DAN GEOINFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL**

MALANG

2014

REPORT

THESE RESULTS HAVE BEEN OBTAINED FROM A
RESEARCH PROJECT CONDUCTED AT THE
UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY
(1960; 1961; 1962)

BY
DR. J. R. HARRIS
AND
DR. J. R. HARRIS

THESE RESULTS HAVE BEEN OBTAINED FROM A
RESEARCH PROJECT CONDUCTED AT THE
UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY

UNIVERSITY OF CALIFORNIA
BERKELEY

LEMBAR PERSETUJUAN

STUDI KUALITAS HASIL PEMOTRETAN UDARA *UNMANNED AERIAL VEHICLE* (UAV) MENGGUNAKAN METODE *SPACE INTERSECTION* PADA *SMALL FORMAT AERIAL PHOTOGRAMMETRY* (SFAP)
(Studi Kasus Area Persawahan Kampus II ITN Malang)

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam mencapai
Gelar Sarjana Teknik (ST) Strata Satu (S-1) Teknik Geodesi S-1
Institut Teknologi Nasional Malang

Oleh

RYIAN APRIANDI

12.25.908

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I



(M. Edwin Tjahjadi ST., M.Geom. Sc., Ph.D)

Dosen Pembimbing II



(Ir. M. Nurhadi, MT.)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Geodesi S-1



(Ir. Agus Darpono, MT.)



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

NAMA : RYIAN APRIANDI
NIM : 12.25.908
JURUSAN : TEKNIK GEODESI
JUDUL : STUDI KUALITAS HASIL PEMOTRETAN UDARA
UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV)
MENGGUNAKAN METODE SPACE INTERSECTION
PADA SMALL FORMAT AERIAL PHOTOGRAMMETRY
(SFAP) (Studi Kasus Area Persawahan Kampus II ITN Malang)

Telah Dipertahankan di Hadapan Team Penguji Skripsi Jenjang
Strata 1 (S-1)

Pada Hari : Rabu
Tanggal : 12 Februari 2014
Dengan Nilai :

Panitia Ujian Skripsi

Ketua

(Ir. Agus Darpono, MT)

Sekretaris

(Silvester Sari Sai, ST., MT)

Anggota Penguji

Penguji I

(Silvester Sari Sai, ST., MT)

Penguji II

(Dedy K. Sunaryo, ST., MT)

Penguji III

(Ir. Jasmani, M.Kom)

**STUDI KUALITAS HASIL PEMOTRETAN UDARA UNMANNED
AERIAL VEHICLE (UAV) MENGGUNAKAN METODE SPACE
INTERSECTION PADA SMALL FORMAT AERIAL PHOTOGRAMMETRY
(SFAP)**

(Studi Kasus Area Persawahan Kampus II ITN Malang)

Ryian Apriandi (12.25.908)

Dosen Pembimbing 1 : M. Edwin Tjahjadi, ST., M.Geom.Sc., Ph.D.

Dosen Pembimbing 2 : Ir. M. Nurhadi, MT.

ABSTRAKSI

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) atau pesawat tanpa awak merupakan teknologi fotogrametri yang menjadi pilihan alternatif dalam bidang survei dan pemetaan. UAV sebagai teknologi small format aerial photogrammetry dipengaruhi oleh kamera dalam merekam objek di lapangan terutama karena kamera yang digunakan adalah kamera non-metrik dengan format kecil. Hasil pemotretan udara UAV dalam teknologi small format aerial photogrammetry dikaji kualitas dalam penyajian informasi spasial pada penelitian ini.

Penelitian dilakukan di area persawahan kampus II Institut Teknologi Nasional Malang (ITN). Hasil pemotretan udara UAV dalam bentuk foto diolah menggunakan software Australis dengan metode space intersection. Space intersection dipilih karena memudahkan dalam mengekstraksi informasi spasial objek-objek di lapangan. Objek diwakili dengan penandaan titik-titik di lapangan dalam bentuk retro target. Kajian kualitas objek di lapangan adalah berupa posisi retro target, jarak dan luasan yang dibentuk oleh retro target. Posisi retro target dibandingkan dengan proses bundle adjustment yang merupakan proses lanjutan dari space intersection, sedangkan untuk jarak dan luasan dibandingkan dengan pengukuran Total Station.

Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini adalah berupa kesimpulan terhadap analisis dari proses pengolahan metode space intersection terhadap perbandingan dimana perbandingan jarak sebesar 0 – 0.2755 m dengan tingkat akurasi 95,46% dan luasan sebesar 0.0067 m² – 3.799 m² dengan tingkat akurasi 90% terhadap pengukuran Total Station. Sedangkan terhadap bundle adjustment nilai yang diperoleh tidak terlalu signifikan terhadap space intersection yakni mendekati sama serta memiliki tingkat kepresisian mencapai millimeter (mm). Target pencapaian dalam penelitian ini adalah untuk memberikan alternatif lain dalam pengolahan data UAV pada khususnya, serta bidang survey dan pemetaan pada umumnya dalam penyajian informasi spasial yang presisi dan akurat.

Kata kunci : *unmanned aerial vehicle (UAV), small format aerial photogrammetry, kualitas, space intersection.*

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Ryian Apriandi
NIM : 12.25.908
Program Studi : Teknik Geodesi S-1
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi saya yang berjudul

“Studi Kualitas Hasil Pemotretan Udara *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV)

Menggunakan Metode *Space Intersection* pada *Small Format Aerial*

***Photogrammetry* (SFAP)**

***(Studi Kasus Area Persawahan Kampus II ITN Malang)*”**

adalah hasil karya saya sendiri dan bukan menjiplak atau menduplikat serta tidak mengutip atau menyadur dari hasil karya orang lain kecuali disebutkan sumbernya.

Malang, 19 Maret 2014

Yang membuat pernyataan


/Ryian Apriandi
NIM : 12.25.908

LEMBAR PERSEMBAHAN

"To be Happy, You Must be You Own Sunshine"

C.E. Jerningham

SEGALA PUJI DAN TERIMA KASIH

Dzat dari segala Dzat ALLAH SWT

Junjungan besar NABI MUHAMMAD SAW

Orang Tua Tercinta Ayahanda ABDULLAH dan Ibunda MARYANA

Kasih dan Sayang Alm. TOMY AGUSTIAN

Liliput Kecil REDHO TRI AGUSTIAN

Keluarga Diploma III Teknik Geomatika UGM

Bapak M. Edwin Tjahjadi, ST., M.Geo.Sc, Ph.D yang Terhormat

Pembaca yang Budiman

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa dengan segala rahmat dan hidayah-Nya hingga saat ini penulis telah menyelesaikan dengan baik Tugas Akhir Skripsi berjudul

**“STUDI KUALITAS HASIL PEMOTRETAN UDARA *UNMANNED AERIAL VEHICLE* (UAV) MENGGUNAKAN METODE *SPACE INTERSECTION* PADA *SMALL FORMAT AERIAL PHOTOGRAMMETRY* (SFAP)
(*Studi Kasus Area Persawahan Kampus II ITN Malang*)”**

Penulisan Tugas Akhir Skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan dalam mencapai gelar Strata Satu (S-1) Sarjana Teknik (ST) Jurusan Teknik Geodesi dan Geoinformatika Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional (ITN) Malang.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang berperan dalam penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini, yaitu

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT. selaku Rektor Institut Teknologi Nasional (ITN) Malang.
2. Bapak Dr. Ir. Kustamar, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional (ITN) Malang.
3. Bapak Ir. Agus Darpono, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geoinformatika Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional (ITN) Malang.

4. Bapak Silvester Sari Sai, ST., MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Geodesi dan Geoinformatika Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional (ITN) Malang.
5. Bapak M. Edwin Tjahjadi, ST, M.Geo.Sc., Ph.D selaku dosen pembimbing I (satu) dalam skripsi ini.
6. Bapak Ir. M. Nurhadi, MT. selaku dosen pembimbing II (dua).
7. Kepada kedua orang tua yang selalu mendoakan dan memberi semangat.
8. Bungaran Roy Satria Tambunan dan Ilham Wijaya teman seperjuangan dalam banyak hal.
9. Kepada pihak-pihak terkait yang tidak bisa diucapkan satu persatu.

Skripsi yang penulis sajikan tentunya masih jauh dari sempurna, namun dari tulisan yang sederhana ini penulis berharap skripsi ini dapat diterima dengan baik sehingga dapat memberikan manfaat. Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran agar di masa mendatang dapat menjadi lebih baik.

Malang, 24 Oktober 2013

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PESETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAKSI	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II. LANDASAN TEORI	
2.1. <i>Small Format Aerial Photogrammetry</i>	6
2.2. <i>Unmanned Aerial Vehicle</i>	7

2.3. <i>Self Calibration</i>	9
2.4. Prinsip Dasar Fotogrametri	11
2.4.1. Orientasi Relatif	13
2.4.2. <i>Space Resection</i>	15
2.4.3. <i>Space Intersection Method</i>	16
2.4.4. <i>Bundle Adjustment</i>	19
2.5. Target	21
2.5.1. Metode <i>Centroid</i>	22
2.6. RMSE (<i>Root Mean Square Error</i>)	24

III. METODELOGI PELAKSAAN

3.1. Lokasi Penelitian	27
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	27
3.3. Diagram Alir Penelitian	28
3.4. Tahap Pertama	29
3.4.1. Data Kalibrasi Kamera	29
3.4.2. Data Sebaran Titik Retro/GCP	30
3.4.3. Data Hasil Pemotretan UAV	30
3.4.4. Data Hasil Pengukuran Total Station	31
3.5. Tahap Kedua	31
3.5.1. <i>Project, Scalling and Camera Identity</i>	31
3.5.2. <i>Plotting/Ekstraksi Titik Retro (GCP)</i>	31
3.5.3. <i>Space Resection</i>	32
3.5.4. <i>Space Intersection</i>	33

3.5.5. <i>Bundle Adjustment</i>	33
3.6. Tahap Ketiga	33
3.6.1. Jarak	34
3.5.2. Luasan	34
3.7. Kesimpulan	35

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Proses <i>Intersection</i>	36
4.2. Hasil Proses <i>Bundle Adjustment</i>	39
4.3. Hasil Pengukuran Total Station	42
4.4. Perbandingan Posisi Titik Retro	45
4.5. Perbandingan Jarak	47
4.6. Perbandingan Luasan	52
4.7. Analisa Luasan	54

V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan	58
5.2. Saran	61

DAFTAR PUSTAKA	62
-----------------------------	----

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. <i>Aerial Photogrammetry</i>	6
Gambar 2.2. <i>Small Format Cameras</i>	7
Gambar 2.3. Prinsip fotogrametri	12
Gambar 2.4. Triangulasi	12
Gambar 2.5. Orientasi relatif	13
Gambar 2.6. <i>Space Resection</i>	16
Gambar 2.7. <i>Space Intersection Method</i>	16
Gambar 2.8. Proses <i>Intersection</i>	17
Gambar 2.9. Retro tanpa kode	21
Gambar 2.10. Retro berkode	21
Gambar 2.11. Sebaran titik retro	22
Gambar 2.12. Retro perspektif	23
Gambar 2.13. Kurva distribusi normal	25
Gambar 3.1. Foto hasil pemotretan UAV	30
Gambar 3.2. Orientasi Relatif	32
Gambar 4.1. Bidang luasan bentukan <i>retro point</i>	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kategori UAV (Eisenbeiss, 2004)	8
Tabel 2.2. Persamaan orientasi dalam	11
Tabel 2.3. Faktor pengali σ untuk berbagai tingkat kepercayaan	26
Tabel 3.1. Data penelitian	28
Tabel 3.2. Data kalibrasi kamera	29
Tabel 4.1. Koordinat titik retro hasil proses <i>intersection</i> dalam sistem koordinat model	36
Tabel 4.2. Rentang kepercayaan (2σ) <i>standart error</i> hasil <i>intersection</i>	38
Tabel 4.3. Koordinat titik retro hasil proses <i>bundle adjustment</i> dalam sistem koordinat model	39
Tabel 4.4. Rentang kepercayaan (2σ) <i>total sigma estimation</i>	40
Tabel 4.5. Koordinat titik retro hasil pengukuran Total Station dalam koordinat grid sistem proyeksi UTM zona 49S dengan datum WGS' 84	42
Tabel 4.6. Validasi data jarak pengukuran TS terhadap ketelitian pengukuran ...	43
Tabel 4.7. Perbandingan posisi planimetris titik retro	45
Tabel 4.8. Rentang kepercayaan (2σ) selisih nilai posisi planimetris	46
Tabel 4.9. Jarak antar titik retro	47
Tabel 4.10. Perbandingan jarak antara titik retro	49
Tabel 4.11. Rentang kepercayaan (2σ) selisih nilai jarak	51
Tabel 4.12. Luasan bentukan <i>retro point</i>	52
Tabel 4.13. Perbandingan luasan bentukan <i>retro point</i>	53
Tabel 4.14. Rentang kepercayaan (2σ) selisih nilai luasan	54

Tabel 4.15. Perbandingan luasan dengan jarak pembentukan	55
Tabel 4.16. Titik retro pembentuk luasan	56
Tabel 5.1. Presentase luasan terhadap selisih luasan	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Foto	68
Lampiran 2. Data Proses Kamera Kalibrasi	70
Lampiran 3. Sketsa Sebaran Titik Retro	72
Lampiran 4. Hasil Proses Orientasi Relatif	74
Lampiran 5. Hasil Proses <i>Resection</i>	76
Lampiran 6. Hasil Proses <i>Intersection</i>	89
Lampiran 7. Hasil Proses <i>Bundle Adjustment</i>	93



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Fotogrametri rentang menengah (*aerial photogrammetry*) adalah salah satu cabang ilmu fotogrametri yang diaplikasikan dalam bidang survei dan pemetaan. *Aerial photogrammetry* berkembang pesat seiring dengan perkembangan zaman terutama pada wahana pembawa kamera. *Aerial photogrammetry* secara tradisional menggunakan wahana balon udara, burung, layang-layang dan berbagai wahana lainnya. Dewasa ini dikembangkannya salah satu wahana dari *aerial photogrammetry* dengan menggunakan pesawat tanpa awak dengan kontrol seperti layaknya pesawat mainan, wahana ini dinamai *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV).

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) menghasilkan satu foto atau lebih yang tergeorefensi dari titik-titik yang diketahui posisi koordinatnya di lapangan. Hasil pemotretan udara berupa foto dari UAV perlu diadakan uji kualitas. Hal ini dipengaruhi oleh kamera yang digunakan untuk merekam objek di lapangan sehingga perlu dikajinya kualitas tersebut terutama karena kamera menggunakan kamera non-metrik dengan format kecil (*small format*).

Objek kajian dalam uji kualitas yang diteliti adalah posisi koordinat planimetris (xy) dan luasan dari titik-titik di lapangan karena posisi koordinat sangat penting dalam mempengaruhi informasi spasial yang diberikan. Pengolahan data dilakukan menggunakan metode *intersection*, hal ini

memungkinkan dalam determinasi ketelitian posisi titik dari dua buah foto atau lebih. Program aplikasi pengolahan data foto menggunakan *software* Australis, sedangkan daerah pemotretan adalah daerah persawahan yang berada di Kampus II ITN Malang. Hal ini dikarenakan penyediaan data, aplikasi dan perizinan yang lebih efektif dan efisien.

Selain itu perlu diadakan data pembanding dari penelitian yang dikaji. Perbandingan dilakukan untuk menganalisa posisi titik-titik di lapangan dari hasil pemotretan udara UAV dengan hasil pengukuran terrestrial dengan Total Stations.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah berdasarkan uraian latar belakang diatas dalam lingkup pekerjaan penulisan karya ilmiah (skripsi) ini adalah meliputi.

1. Apakah pemotretan udara dengan UAV pada *small format aerial photogrammetry* dapat dijadikan solusi alternatif dalam bidang survei dan pemetaan.
2. Menganalisis bagaimana menguji kualitas hasil pemotretan foto udara dari UAV dengan metode *space intersection*.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian dalam penulisan skripsi ini memiliki beberapa tujuan yang diharapkan dapat menjadi solusi alternatif dalam bidang survei dan pemetaan. Tujuan penelitian meliputi.

1. Mengolah hasil pemotretan udara dari UAV menggunakan metode *space intersection* dengan *software* Australis.

2. Menganalisa dan menguji kualitas titik sampel di lapangan menggunakan metode *space intersection* dari hasil pemotretan udara UAV.
3. Menganalisa dan menguji kualitas hasil pemotretan foto udara UAV pada *small format aerial photogrammetry* dengan melakukan perbandingan jarak dan luasan yang dibentuk dari titik sampel di lapangan antara metode *space intersection* dibandingkan dengan hasil pengukuran terrestrial Total Station.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini diperlukan agar penelitian menjadi terarah dan fokus. Berikut hal yang membatasi penelitian ini antara lain.

1. Pemotretan udara pada *aerial photogrammetry* menggunakan wahana UAV.
2. Hasil pemotretan foto udara adalah berupa foto.
3. Lokasi pemotretan adalah area persawahan (persil) di Kampus II ITN Malang.
4. Proses dilakukan dengan metode *space intersection* terhadap dua foto atau lebih.
5. Objek kajian dalam uji kualitas adalah beberapa sampel titik di lapangan.
6. Titik sampel di lapangan berupa titik retro berbentuk papan persegi (25x25) cm yang tersebar di daerah kajian.
7. Analisis kualitas adalah terhadap posisi titik dalam bentuk koordinat planimetris (xy), jarak dan luasan bidang yang dibentuk oleh titik-titik sampel.

8. Analisis kualitas terhadap posisi planimetris hasil proses *space intersection* dilakukan perbandingan dengan hasil proses *bundle adjustment*.
9. Pengukuran titik sampel (retro) secara terrestrial dengan Total Stations merupakan data pembanding yang dianggap benar.
10. Analisis kualitas terhadap jarak dan luasan hasil proses *space intersection* dilakukan perbandingan dengan hasil pengukuran terrestrial Total Station.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan beberapa manfaat khususnya dalam keilmuan geodesi dan geoinformatika adalah sebagai berikut.

1. Metode fotogrametri tentang menengah (*Aerial Photogrammetry*) dapat dijadikan solusi alternatif pengukuran dan pemetaan dalam bidang survei dan pemetaan.
2. *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dapat dijadikan sebagai solusi lain dari wahana dalam fotogrametri rentang menengah selain balon udara dan layang-layang.
3. Metode *space intersection* dalam hasil pemotretan udara UAV dapat dijadikan metode untuk mengolah dan menganalisis kualitas posisi titik-titik di lapangan.
4. Uji kualitas dalam perbandingan titik tertentu pada hasil pemotretan udara UAV dengan pengukuran Total Stations memberikan acuan dalam penentuan pekerjaan survey dan pemetaan yang lebih efektif dan efisien.
5. Pemetaan menjadi lebih efisien waktu dan biaya.

BAB II

LANDASAN TEORI

American Society of Photogrammetry mentafsirkan fotogrametri adalah seni, sains atau ilmu pengetahuan dan teknologi dalam pengumpulan informasi tentang objek fisik dan lingkungan melalui proses perekaman, pengukuran dan penginterpretasian gambar atau *image*, dimana pola dalam perekaman menggunakan tenaga dari sinar elektromagnetik (Wolf, 1983). Istilah *photogrammetry* atau fotogrametri berasal dari kata *photos* yang berarti sinar, *gramma* berarti sesuatu yang tergambar dan *metron* berarti mengukur. Secara sederhana maka fotogrametri dapat diartikan sebagai “pengukuran secara grafis dengan menggunakan sinar”. Dari definisi tersebut dapat dimengerti bahwa fotogrametri meliputi (Wolf, 1983) :

- perekaman objek (pemotretan),
- pengukuran gambar objek pada foto udara, dan
- pemotretan hasil ukuran untuk dijadikan bentuk yang bermanfaat (peta).

Pemetaan fotogrametri menggunakan foto udara sebagai sumber data utamanya. Kualitas peta atau informasi yang dihasilkan sangat tergantung dari kualitas metrik maupun kualitas gambar (*pictorial quality*) sumber data tersebut. Pengadaan foto udara biasanya bertitik tolak dari tujuan peruntukannya. Ditinjau dari data yang dapat diperoleh dari foto udara, maka fotogrametri dapat dibagi menjadi dua yaitu:

a. Fotogrametri Metrik

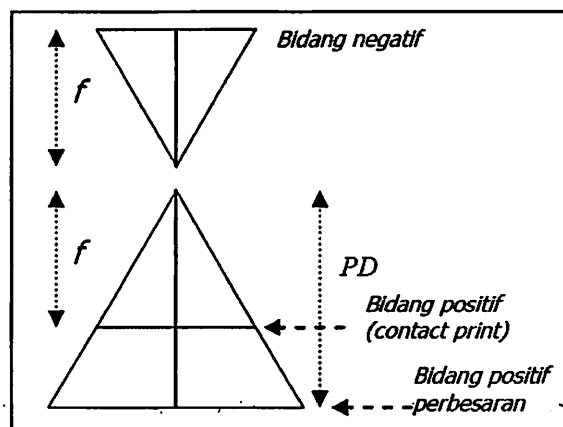
Fotogrametri Metrik atau *metric photogrammetry* merupakan pengukuran teliti dari foto udara dan sumber informasi lain untuk menentukan kedudukan relatif titik-titik atau objek-objek di atas permukaan bumi.

b. Fotogrametri Interpretatif

Fotogrametri Interpretatif atau *interpretative photogrammetry* merupakan kajian terhadap gambar atau *image* untuk memperoleh data kualitatif dengan cara pengenalan, identifikasi dan interpretasi foto udara.

2.1. *Small Format Aerial Photogrammetry*

Aerial photogrammetry merupakan pemotretan udara dimana kamera berada pada posisi vertikal, objek di bumi direkam dengan posisi kamera di udara berbeda dengan fotogrametri jarak dekat yang merekam objek di bumi dengan posisi kamera di bumi (Atkinson, 1996 dalam Prastyo 2010).

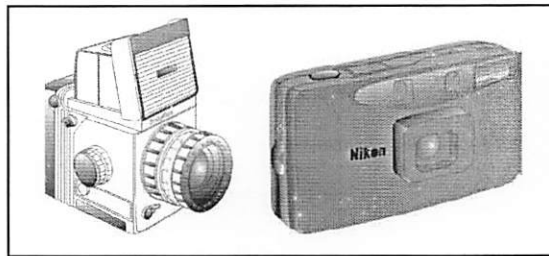


Gambar 2.1 *Aerial Photogrammetry*

Foto udara dianggap merupakan proyeksi sentral dengan kamera sebagai pusat proyeksi. Oleh karena itu, setiap titik objek selalu dihubungkan oleh garis

sinar ke titik yang bersesuaian pada foto melalui kamera. Keadaan segaris antara titik objek yang diamati foto dan kamera diwujudkan oleh persamaan yang disebut dengan persamaan kolinier (*collinearity equation*) (Soeta'at, 1994 dalam Prastyo 2010).

Small Format Aerial Photogrammetry merupakan pemotretan udara dengan format kecil dengan jenis kamera berukuran 6 cm x 6 cm atau 24 mm x 35 mm (Bobby, 2004).



Gambar 2.2 *Small Format Cameras*

2.2. *Unmanned Aerial Vehicle*

Unmanned aerial vehicle (UAV) adalah teknologi pesawat tanpa awak yang dibangun oleh tentara untuk tujuan pengawasan dan pengintaian misi dalam Perang Dunia Pertama. UAV digunakan dalam bentuk model percobaan (*prototype*) pada waktu itu. UAV berkembang pada tahun 1960-an hingga 1980-an, dimana banyak penyelidikan dalam pembangunan UAV oleh Amerika Serikat dan tentara Israel (Srinivasan et al., 2004 dalam Wan 2012).

UAV merupakan pesawat ringan tanpa awak yang menggunakan tenaga aerodinamik untuk mengudara, mampu terbang berdasarkan perencanaan rute penerbangan yang telah diprogramkan dalam sistem (UAV Forum, 2008). Kategori UAV dibagi menjadi beberapa kategori (Eisenbeiss, 2004) :

Tabel 2.1. Kategori UAV (Eisenbeiss, 2004)

Kategori	Berat (kg)	Cakupan area (km)	Ketinggian Terbang Maksimum (m)	Durasi Daya (jam)
Mikro	<5	<10	250	1
Mini	<25/30/150	<10	150/250/300	<2
Jarak Dekat	25-150	10 s/d 30	3000	2 s/d 4
Jarak Menengah	50-250	30-70	3000	3 s/d 6
Jarak Jauh (Altitude Tinggi)	>250	>70	>3000	>6

Sistem UAV dilengkapi dengan perancangan penerbangan yang diprogramkan, dikontrol dari titik kontrol bumi dimana operator melakukan penerbangan secara manual. Sebuah sistem UAV melibatkan pesawat ringan, *autopilot*, sistem navigasi GPS dan kamera *digital*. Pembangunan teknologi perolehan *image* foto udara menggunakan UAV merupakan penambahan pada sistem perolehan data penginderaan jauh (*remote sensing*) dari satelit dan pesawat dengan awak pada altitude (ketinggian) lebih rendah (100 – 4000 meter). Kemampuan UAV dalam melakukan penerbangan pada altitude rendah memberikan kelebihan dibanding pesawat dengan awak. Hal ini didukung oleh kajian yang dilakukan oleh Lin (2008, dalam Wan 2012) yang menyatakan bahwa tujuan utama pembangunan teknologi UAV untuk pemetaan fotogrametri altitude rendah adalah seperti berikut:

- a. untuk menjalankan penggambaran udara altitude rendah pada hari yang mendung (*cloudy day*),
- b. untuk mendapatkan *image* (foto) utuh bagi sebuah bangunan di kawasan padat dari berbagai arah melalui penerbangan yang kompleks, dan
- c. untuk membekalkan sistem yang murah dan mudah untuk tujuan pemetaan.

2.3. *Self Calibration*

Kalibrasi adalah kegiatan untuk memastikan hubungan antara harga-harga yang ditunjukkan oleh suatu alat ukur dengan harga yang sebenarnya dari besaran yang diukur. Kalibrasi kamera dilakukan untuk menentukan parameter distorsi, meliputi distorsi radial dan distorsi tangensial (*decentering*), serta parameter-parameter lensa lainnya, termasuk juga *principal distance* (c), serta titik pusat fidusial foto. Pada *software* Austalis, model kalibrasi terdiri dari *element interior* orientasi (x_0 , y_0 , c), koefisien distorsi lensa (K_1 , K_2 , K_3 , P_1 dan P_2) serta koefisien untuk perbedaan penyekalaan dan ketidak-ortogonal antara sumbu X dan Y (b_1 , b_2). Distorsi lensa dapat menyebabkan bergesernya titik pada foto dari posisi yang sebenarnya.

Kalibrasi kamera dapat dilakukan dengan berbagai metode. Secara umum kalibrasi kamera biasa dilakukan dengan tiga metode, yaitu *laboratory calibration*, *onthejob calibration* dan *self calibration* (Atkinson, 1987 dalam Herianto 2013). Kalibrasi dengan teknik *self calibration* dilakukan dengan pengukuran titik-titik target pada objek pengamatan digunakan sebagai data untuk penentuan titik objek sekaligus untuk menentukan parameter kalibrasi kamera.

Parameter kalibrasi kamera memegang peranan penting kunci untuk mendapatkan tingkat keakurasian yang tinggi untuk titik-titik koordinat objek yang terekam / diukur melalui foto digital. Indikasi ketelitian adalah jarak dan bentuk yang benar antara hasil pengukuran di foto dibanding dengan data lapangan. Dengan demikian parameter kalibrasi beserta ketelitiannya yang harus didapatkan (Gruen and Fraser, dalam Herianto 2013) antara lain parameter x_0 , y_0 ,

dan fokus (c), parameter distorsi radial (K_1, K_2, K_3), parameter distorsi *decentering* (P_1, P_2), dan parameter distorsi *affinity* (b_1, b_2).

Untuk keperluan fotogrametri teliti, posisi tanda tepi, bersama-sama dengan titik tengah foto, panjang fokus, dan distorsi lensa harus ditentukan dengan cara kalibrasi kamera. Ada 2 jenis distorsi lensa, yaitu distorsi yang bersifat radial dan tangensial. Umumnya distorsi yang cukup signifikan pengaruhnya adalah distorsi radial (Δr) dan dimodelkan dengan persamaan polinomial orde ganjil sebagai berikut (Cooper dan Robson, 1996 dalam Liu 2010).

$$\Delta r = k_0 r^3 + k_1 r^5 + k_2 r^7 \dots\dots\dots (1)$$

dalam hal ini:

- r : distorsi radial
- k_0, k_1, k_2 : konstanta polinomial
- r : jarak radial dari pusat proyeksi foto

Dalam fotogrametri, parameter tersebut disebut parameter orientasi dalam (*interior orientation*) dan merupakan syarat utama untuk menghasilkan foto yang akurat. Foto yang dipotret menggunakan kamera *digital* mempunyai sistem koordinat piksel yang mempunyai *origin* di baris pertama dan kolom pertama untuk setiap foto. Dalam sistem proyeksi sentral, *origin* terletak ditengah foto, sehingga sistem koordinat piksel harus ditransformasi ke sistem koordinat foto. Transformasi dari sistem koordinat piksel ke sistem koordinat foto disebut sebagai orientasi dalam. Model matematis untuk orientasi dalam adalah Affine 2D (Schenk, 2000), yang dapat dinyatakan dengan notasi matrik :

Tabel 2.2. Persamaan orientasi dalam

$$\begin{vmatrix} X \\ Y \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & U & V & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & U & v \end{vmatrix} \begin{vmatrix} a1 \\ a2 \\ a3 \\ a4 \\ a5 \\ a6 \end{vmatrix}$$

dalam hal ini:

x, y : Sistem koordinat foto

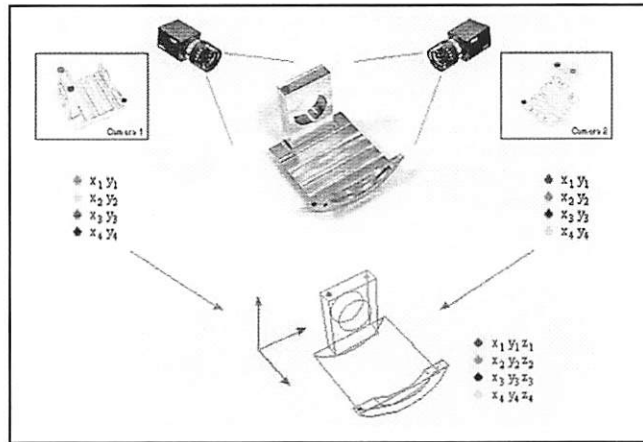
u, v : Sistem koordinat piksel

$a1, \dots, a6$: Parameter transformasi

Parameter transformasi $a1, \dots, a6$ terlebih dahulu ditentukan dengan menggunakan hasil pengukuran minimal 3 buah tanda tepi hasil kalibrasi kamera dengan posisinya dalam sistem koordinat piksel. Jika diketahui 4 atau lebih tanda tepi, maka dengan persamaan dapat dilakukan estimasi kuadrat terkecil untuk menentukan parameter transformasi.

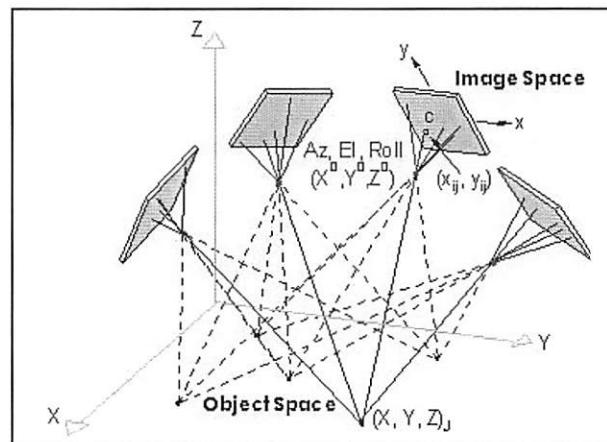
2.4. Prinsip Dasar Fotogrametri

Prinsip dasar fotogrametri dimana koordinat 3D didefinisikan sebagai lokasi dari titik-titik objek yang berada pada ruang 3D. Koordinat *image* mendefinisikan lokasi titik gambar objek pada film atau peralatan lainnya. Orientasi luar (*exterior orientation*) dari kamera mendefinisikan lokasi titik objek pada ruang (*translation*) dan tinjauan arah (*orientation*). *Inner orientation* (orientasi dalam) mendefinisikan parameter dari proses perekaman *image* dengan parameter utama adalah *focal length* (fokus) dari lensa beserta deskripsi distorsi lensa.



Gambar 2.3 Prinsip Fotogrametri

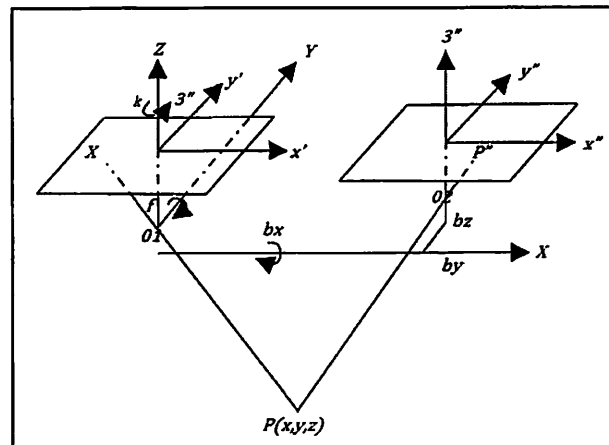
Photogrammetry menggunakan prinsip dasar dari triangulasi udara dimana perpotongan garis pada ruang digunakan untuk menghitung lokasi dari semua dimensi (3D). Tetapi dalam kajian triangulasi sebuah tempat titik objek harus diketahui posisi kamera dan arah sudut (*orientation*) untuk semua gambar atau foto. Proses *resection* dibutuhkan dalam menentukan parameter luar sehingga sebuah *image* dapat di *intersection* dan dioptimalkan dengan proses *bundle adjustment*.



Gambar 2.4 Triangulasi

2.4.1. Orientasi Relatif

Relatif orientasi merupakan proses untuk menentukan nilai perputaran sudut rotasi dan pergeseran posisi antara dua foto. Proses ini dilakukan dengan cara memberikan nilai posisi dan orientasi untuk foto pertama, kemudian dilakukan proses perhitungan nilai posisi dan orientasi pada foto kedua menggunakan parameter dari posisi kamera pertama dan koordinat foto dari kedua buah foto. Dalam proses relatif orientasi ini tidak menghasilkan nilai posisi dan orientasi dari foto yang sebenarnya, akan tetapi menghasilkan sebuah nilai relatif antara dua buah foto tersebut. Yaitu menetapkan beberapa parameter *exterior orientation* (EO) $\omega, \varphi, k, Y_L, Z_L$ dari foto kanan (2) dari pertemuan 5 berkas sinar dari koordinat obyek 3D (X_i, Y_i, Z_i) yang ada (Wolf and Dewitt 2000).



Gambar 2.5 Orientasi relatif

Orientasi relatif dapat menggunakan syarat kesejarisan (*colinearity condition*) atau syarat kesebidangan (*coplanarity condition*). Relatif orientasi analitik biasanya parameter EO ($\omega, \varphi, k, X_L, Y_L$) dari foto kiri sama dengan nol. Dan juga untuk Z_L pada foto kiri (Z_{L1}) ditetapkan secara sembarang pada harga bulat dan sebagai alternatif yang nyaman maka nilai dari Z_{L1} tepat pada angka nol,

dan X_L pada foto kanan (X_{L2}) ditetapkan pada harga mendekati basis foto (jarak difoto pada kedua foto) yang mendekati nol dan harus ditentukan 5 parameter *unknown* pada foto kanan. Hal ini akan mempermudah perhitungan koordinat objek X_i, Y_i, Z_i sehingga mendekati mendekati satuan koordinat foto yang terukur.

Bagi masing-masing titik yang digunakan dalam relatif orientasi, dapat ditulis empat buah persamaan kebersamaan garis yaitu sebuah persamaan x dan y dalam bentuk persamaan 2 bagi masing-masing foto pasangan foto stereo. Dengan menggunakan 5 buah titik objek, yang dapat dituliskan 20 persamaan dan satu pemecahan hasil yang unik karena jumlah yang belum diketahui juga 20, yaitu 5 buah parameter orientasi luar yang belum diketahui bagi 2 foto ditambah 15 koordinat titik objek yang belum diketahui. Metode yang digunakan sebagai solusi untuk mendapatkan parameter yang dicari adalah menggunakan teknik kuadrat terkecil (Wolf and Dewitt 2000).

$$b_{11}d\omega + b_{12}d\varphi + b_{13}d\kappa - b_{14}dX_L - b_{15}dY_L - b_{16}dZ_L + b_{14}dX_A + b_{15}dY_A + b_{16}dZ_A = J + v_{xa}$$

$$b_{21}d\omega + b_{22}d\varphi + b_{23}d\kappa - b_{24}dX_L - b_{25}dY_L - b_{26}dZ_L + b_{24}dX_A + b_{25}dY_A + b_{26}dZ_A = K + v_{ya} \dots (2)$$

Bentuk matriks A yaitu : (3)

$$A = \begin{bmatrix} (b_{a11})_1 & (b_{a12})_1 & (b_{a13})_1 & (-b_{a15})_1 & (-b_{a16})_1 & (b_{a14})_1 & (b_{a15})_1 & (b_{a16})_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ (b_{a21})_1 & (b_{a22})_1 & (b_{a23})_1 & (-b_{a25})_1 & (-b_{a26})_1 & (b_{a24})_1 & (b_{a25})_1 & (b_{a26})_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & 0 & 0 & 0 & \ddots & \ddots & \ddots & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & 0 & 0 & 0 & \ddots & \ddots & \ddots & 0 & 0 & 0 \\ (b_{n11})_1 & (b_{n12})_1 & (b_{n13})_1 & (-b_{n15})_1 & (-b_{n16})_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & (b_{n14})_1 & (b_{n15})_1 & (b_{n16})_1 \\ (b_{n21})_1 & (b_{n22})_1 & (b_{n23})_1 & (-b_{n25})_1 & (-b_{n26})_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & (b_{n24})_1 & (b_{n25})_1 & (b_{n26})_1 \\ (b_{a11})_2 & (b_{a12})_2 & (b_{a13})_2 & (-b_{a15})_2 & (-b_{a16})_2 & (b_{a14})_2 & (b_{a15})_2 & (b_{a16})_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ (b_{a21})_2 & (b_{a22})_2 & (b_{a23})_2 & (-b_{a25})_2 & (-b_{a26})_2 & (b_{a24})_2 & (b_{a25})_2 & (b_{a26})_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & 0 & 0 & 0 & \ddots & \ddots & \ddots & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & 0 & 0 & 0 & \ddots & \ddots & \ddots & 0 & 0 & 0 \\ (b_{n11})_2 & (b_{n12})_2 & (b_{n13})_2 & (-b_{n15})_2 & (-b_{n16})_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & (b_{n14})_2 & (b_{n15})_2 & (b_{n16})_2 \\ (b_{n21})_2 & (b_{n22})_2 & (b_{n23})_2 & (-b_{n25})_2 & (-b_{n26})_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & (b_{n24})_2 & (b_{n25})_2 & (b_{n26})_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix}$$

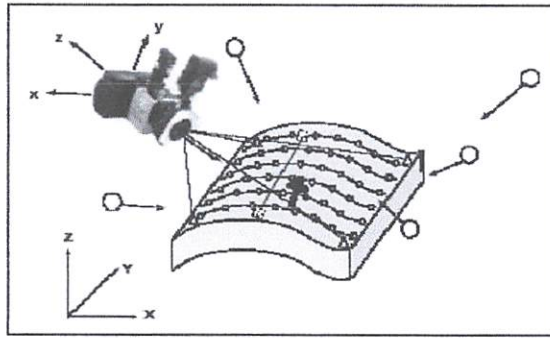
Bentuk matriks X, L, dan V sebagai berikut.

$$X = \begin{bmatrix} d\omega_2 \\ d\phi_2 \\ dK_2 \\ dY_2 \\ dZ_2 \\ dX_A \\ dY_A \\ dZ_A \\ \vdots \\ \vdots \\ dX_n \\ dY_n \\ dZ_n \end{bmatrix}, \quad L = \begin{bmatrix} (J_a)_1 \\ (K_a)_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ (J_n)_1 \\ (K_n)_1 \\ (J_a)_2 \\ (K_a)_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ (J_n)_2 \\ (K_n)_2 \end{bmatrix}, \quad V = \begin{bmatrix} (V_{xa})_1 \\ (V_{ya})_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ (V_{xn})_1 \\ (V_{yn})_1 \\ (V_{xa})_2 \\ (V_{ya})_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ (V_{xn})_2 \\ (V_{yn})_2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (4)$$

Untuk proses perhitungan dihitung dengan konsep persamaan pada rumus (2).

2.4.2. Space Resection

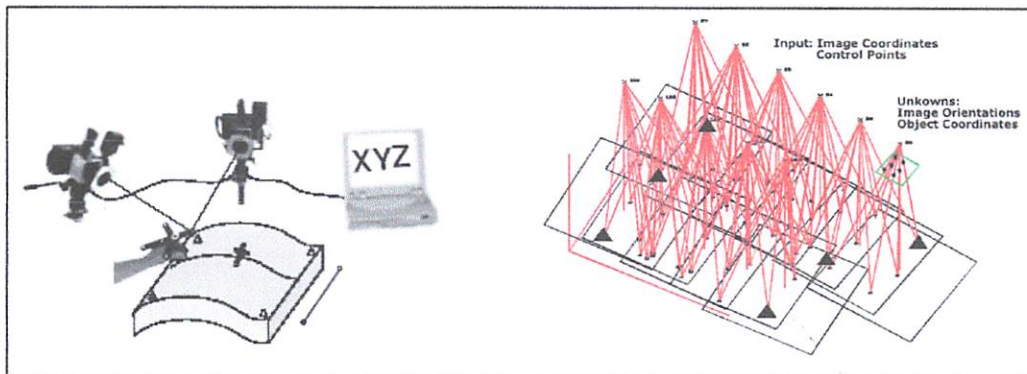
Space Resection merupakan suatu proses untuk menentukan elemen *exterior orientation* dan posisi sensor dari titik kontrol tanah dan koordinat *image*. Metode perhitungan yang paling biasa digunakan adalah persamaan kolineariti, dimana prinsip dari persamaan tersebut adalah titik kontrol, titik pada *image*, dan proyeksi pusat terletak pada satu garis lurus. Untuk setiap titik kontrol, dapat diperoleh dua persamaan. Karena terdapat 6 parameter EO, sedikitnya tiga titik kontrol dibutuhkan untuk memecahkan masalah *resection*. Metode perhitungan dengan menggunakan teknik *least square* akan diterapkan pada penelitian ini untuk menentukan nilai yang paling mungkin pada enam parameter EO (Yao Jianchao dan Chia Chern, 2001).



Gambar 2.6 *Space Resection*

2.4.3. *Space Intersection Method*

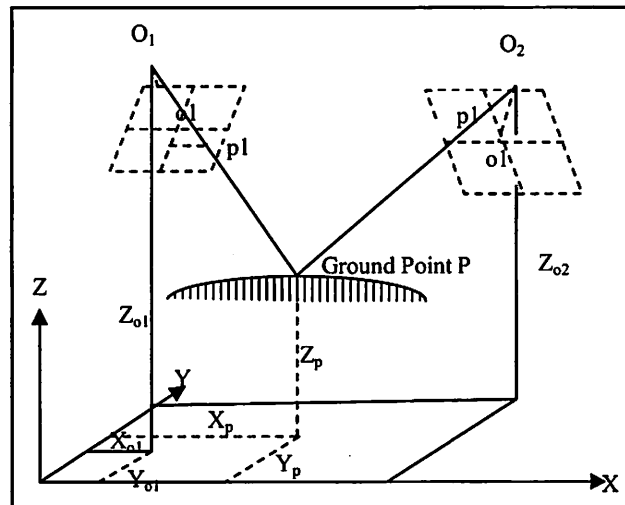
Intersection merupakan suatu teknik menentukan koordinat titik-titik objek pada dua gambar atau lebih yang saling bertampalan sehingga diketahui posisi secara 3D (X_i, Y_i, Z_i). Proses ini membutuhkan enam parameter orientasi luar yang diketahui ($\omega, \phi, \kappa, X_L, Y_L, Z_L$) untuk dua foto yang bertampalan. Nilai koordinat objek dalam ruang tiga dimensi ini dapat dihitung menggunakan persamaan kolinier yang telah dilinierisasi.



Gambar 2.7 *Space Intersection Method*

Intersection mengacu kepada determinasi posisi titik pada ruang objek dengan dua persamaan untuk setiap titik pada foto. Jika terdapat dua foto, total ada empat persamaan yang terdiri dari tiga persamaan yang tidak diketahui, titik koordinat ruang objek yang diperoleh. Ada satu derajat bebas, dan satuan persamaan linier dimana dapat dipecahkan dengan metode *least square*. Dengan

menambahkan beberapa foto, meningkatkan jumlah derajat kebebasan dengan demikian akan meningkatkan solusinya (Mikhail, Bethel et al.2001).



Gambar 2.8 Proses Intersection

Enam unsur orientasi diketahui, yang tidak diketahui pada persamaan ialah dX_A , dY_A , dan dZ_A . Ini merupakan koreksi yang harus diterapkan bagi pendekatan awal untuk masing-masing koordinat *object space* X_A , Y_A , Z_A , untuk titik A. Bentuk persamaan *intersection* yang diliniearkan sebagai berikut (Wolf and Dewitt 2000).

$$b_{14}dX_A + b_{15}dY_A + b_{16}dZ_A = J + V_{xa} \dots \dots \dots (5)$$

$$b_{24}dX_A + b_{25}dY_A + b_{26}dZ_A = K + V_{ya} \dots \dots \dots (6)$$

Pada gambar 2.8 dapat ditulis o_1 pada foto kiri dan foto kanan dapat ditulis o_2 , dengan demikian dapat dibuat empat persamaan seperti persamaan di atas dan nilai dX_A , dY_A , dan dZ_A dapat diselesaikan melalui perhitungan *least square*. Koreksi ini diterapkan bagi pendekatan awal untuk memperoleh nilai revisi untuk X_A , Y_A , Z_A . Penyelesaian ini kemudian diulang lagi atau proses

iterasi hingga nilai residu sesuai. Dalam bentuk matriks dapat dinyatakan sebagai berikut (Wolf and Dewitt 2000):

$$L = \begin{bmatrix} (b14_a)_1 & (b15_a)_1 & (b16_a)_1 & \dots & \dots & \dots \\ (b24_a)_1 & (b25_a)_1 & (b26_a)_1 & \dots & \dots & \dots \\ (b14_a)_2 & (b15_a)_2 & (b16_a)_2 & \dots & \dots & \dots \\ (b24_a)_2 & (b25_a)_2 & (b26_a)_2 & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & (b14_b)_1 & (b15_b)_1 & (b16_b)_1 \\ \dots & \dots & \dots & (b24_b)_1 & (b25_b)_1 & (b26_b)_1 \\ \dots & \dots & \dots & (b14_b)_2 & (b15_b)_2 & (b16_b)_2 \\ \dots & \dots & \dots & (b24_b)_2 & (b25_b)_2 & (b26_b)_2 \end{bmatrix} \dots \dots \dots (7)$$

$$L = \begin{bmatrix} J_a \\ K_a \\ J_b \\ K_b \\ J_c \\ K_c \\ J_d \\ K_d \end{bmatrix}, X = \begin{bmatrix} dX_A \\ dY_A \\ dZ_A \end{bmatrix}, V = \begin{bmatrix} Vx_a \\ Vy_a \\ Vx_b \\ Vy_b \\ Vx_c \\ Vy_c \\ Vx_d \\ Vy_d \end{bmatrix} \dots \dots \dots (8)$$

Proses perhitungan dari *intersection* dapat dilihat pada pembahasan sebelumnya (sistem persamaan dalam fotogrametri), dimana iterasi berhenti apabila nilai residu sudah sesuai. Jadi nilai akhir untuk proses *intersection* menggunakan metode *least square* adalah nilai (3) parameter (X_A, Y_A, Z_A), yang sudah diiterasi berulang kali dengan nilai residu yang sesuai dan seminimal mungkin.

Proses *bundle adjustment* dari tahapan spasial *intersection* dihitung dengan model matematis $v = A_1\delta_1 + A_2\delta_2 + w \dots \dots \dots (9)$

Nilai *Exterior Orientation (EO)* diketahui dari dua atau lebih foto/*image*, i.e. $\delta_1 = 0$, dimana $v = A_2\delta_2 + w \dots \dots \dots (10)$

Karena nilai $A_2^T P A_2$ merupakan diagonal blok maka koordinat 3D (XYZ) dapat ditentukan secara terpisah tiap titiknya.

$$\delta_{2j} = \frac{dX_j}{dZ_j} \dots\dots\dots (11)$$

$$\delta_{2j} = -(A_2^T P A_2)^{-1} (A_2^T P W)_j \dots\dots\dots (12)$$

$$(A_2^T P A_2)_j = \sum_{i=1}^m (A_2^T P A_2)_{i,j}$$

$$A_2^T P W = \sum_{i=1}^m (A_2^T P W)_{i,j} \dots\dots\dots (13)$$

2.4.4. Bundle Adjustment

Bundle adjustment adalah proses penentuan atau perhitungan parameter IO, EO dan koordinat objek secara serempak bersamaan dengan menggunakan teknik hitung kuadrat terkecil (Brown, 1974; Heindl, 1981; Schut, 1980 and Triggs, McLauchlan, Hartley and Fitzgibbon, 2000). Teknik ini menjadi cara yang paling efisien untuk memproses data pemotretan seperti yang dilaporkan oleh Trigs et al. (2000) dalam Liu (2010). Jika kesalahan sistematis dan defisiensi datum untuk sementara diabaikan, maka dengan metode Helmert Blocking (Wolf, 1978) maka persamaan normalnya dapat dituliskan.

$$\begin{pmatrix} A_1^T P A_1 & A_1^T P A_2 \\ A_2^T P A_1 & A_2^T P A_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} A_1^T P W \\ A_2^T P W \end{pmatrix} = 0 \dots\dots\dots (14)$$

P adalah matrik bobot dari ketelitian pengukuran koordinat foto *digital*.

$$P_{ij} = \begin{pmatrix} 1/\sigma_x^2 & 0 \\ 0 & 1/\sigma_y^2 \end{pmatrix}_{ij} \dots\dots\dots (15)$$

Dimana σ_x dan σ_y adalah *standard error (so)* dari ukuran titik objek ke-j pada foto ke-i dari total n titik objek dan beberapa jumlah (m) buah foto.

Persamaan (II.11) ditulis menurut notasi Brown (Brown, 1974 dalam Liu 2010) sebagai :

$$\begin{pmatrix} \dot{N}_{ij} & \bar{N}_{ij} \\ \bar{N}_{ij}^T & \dot{N}_{ij} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \dot{C}_i \\ \ddot{C}_j \end{pmatrix} = 0 \quad \text{or} \quad N\delta + C = 0 \quad \dots\dots\dots (16)$$

Persamaan ini merupakan pengembangan dari persamaan kolinier dan setiap elemen didalamnya didefinisikan sebagai :

$$\begin{aligned} \dot{N}_{ij} &= \sum_{j=1}^n A_{1ij}^T P_{ij} A_{1ij} & ; & & \dot{C}_{ij} &= \sum_{j=1}^n A_{1ij}^T P_{ij} w_{ij} \\ \ddot{N}_{ij} &= \sum_{i=1}^n A_{2ij}^T P_{ij} A_{2ij} & ; & & \ddot{C}_{ij} &= \sum_{i=1}^n A_{2ij}^T P_{ij} w_{ij} \\ \bar{N}_{ij} &= A_{1ij}^T P_{ij} A_{2ij} & \dots\dots\dots & & & \end{aligned} \quad (17)$$

Dimana N' dan N'' adalah sub-matrik dari matrik blok-diagonal, dimana blok N' merujuk pada parameter EO and N'' mengacu pada koordinat titik-titik objek seperti yang tersaji pada rumus (17).

$$N \begin{matrix} (6m+3n) \\ (6m+3n) \end{matrix} = \begin{bmatrix} \dot{N}_{1j} & 0 & \dots & 0 & \bar{N}_{11} & \bar{N}_{12} & \dots & \bar{N}_{1n} \\ 0 & \dot{N}_{2j} & \dots & 0 & \bar{N}_{21} & \bar{N}_{22} & \dots & \bar{N}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \dot{N}_{mj} & \bar{N}_{m1} & \bar{N}_{m2} & \dots & \bar{N}_{mn} \\ \hline \bar{N}_{11}^T & \bar{N}_{21}^T & \dots & \bar{N}_{m1}^T & \dot{N}_{i1} & 0 & \dots & 0 \\ \bar{N}_{12}^T & \bar{N}_{22}^T & \dots & \bar{N}_{m2}^T & 0 & \dot{N}_{i2} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{N}_{1n}^T & \bar{N}_{2n}^T & \dots & \bar{N}_{mn}^T & 0 & 0 & \dots & \dot{N}_{in} \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots (18)$$

Dimana :

$$\delta \begin{matrix} \delta_{11} \\ \delta_{12} \\ \vdots \\ \delta_{1m} \\ \delta_{21} \\ \delta_{22} \\ \vdots \\ \delta_{2n} \end{matrix}, \quad C \begin{matrix} \sum_{j=1}^n \dot{C}_{1j} \\ \sum_{j=1}^n \dot{C}_{2j} \\ \vdots \\ \sum_{j=1}^n \dot{C}_{mj} \\ \sum_{i=1}^m \ddot{C}_{i1} \\ \sum_{i=1}^m \ddot{C}_{i2} \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^m \ddot{C}_{in} \end{matrix} \quad \dots\dots\dots (19)$$

Persamaan (19) adalah teknik *bundle adjustment* untuk mendapatkan nilai parameter EO dan koordinat titik objek didalam sistem koordinat kartesian

3D. Nilai kesalahan sistematis di dalam kamera harus dimodelkan jika titik-titik pada objek dihitung dengan ketelitian yang tinggi.

2.5. Target

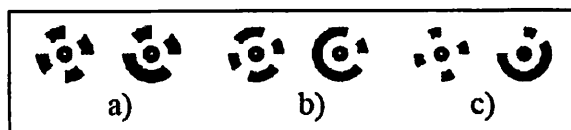
Penentuan orientasi antara foto satu dengan yang lainnya membutuhkan titik sekutu yang dapat dikenali oleh sistem komputer di beberapa foto. Proses *referencing* untuk semua titik membutuhkan sebuah pola dari objek tertentu yang digunakan sebagai *point target*. Metode yang digunakan adalah metode *centroid* dibagi menjadi dua target dalam pengambilan data dan proses pengolahan data.

- a. Target tanpa kode, mengidentifikasi dan mengindikasikan keadaan titik baik kenampakan detil pada lapangan, target ini diidentifikasi secara manual hal ini dikarenakan *software* Australis tidak dapat melakukan identifikasi terhadap target ini.



Gambar 2.9 Retro tanpa kode

- b. Target dengan kode, merupakan target yang dapat diidentifikasi perangkat lunak Australis secara *automatis*. Target ini dibagi beberapa jenis berdasarkan jumlah nilai bitnya (8-bit, 10-bit dan 12-bit).



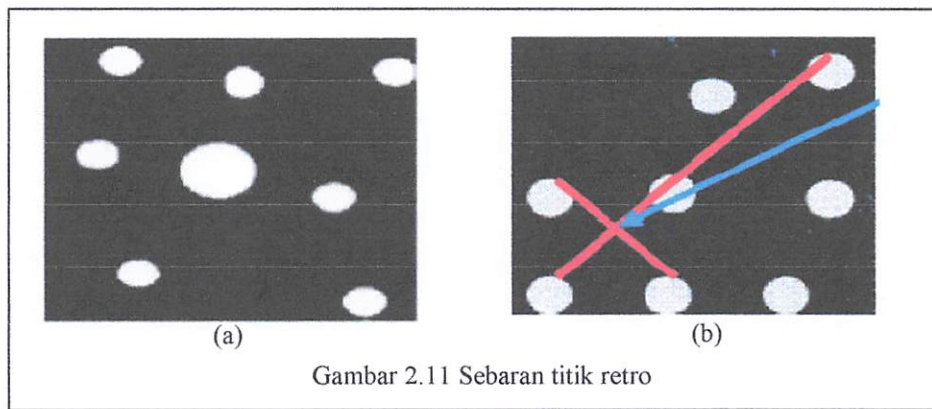
Gambar 2.10 Retro berkode

(a) 8-bit

(b) 10-bit

(c) 12-bit

Pada *software* Australis digunakan kode target dengan bentuk sebaran titik pada gambar dibawah. Pembacaan target berkode ini membutuhkan algoritma yang lebih rumit tetapi dapat memberikan jumlah kode yang lebih banyak (Hattori, Akimoto, Fraser dan Inomoto, 2002 dalam Danurwendi 2012). Proses pembacaannya untuk setiap target berkode memiliki 5 titik terletak sebagai garis merah dimana perpotongan garis merah tersebut dianggap sebagai pusat dari *cotarget* (Moe et al, 2010 dalam Danurwendi 2012).



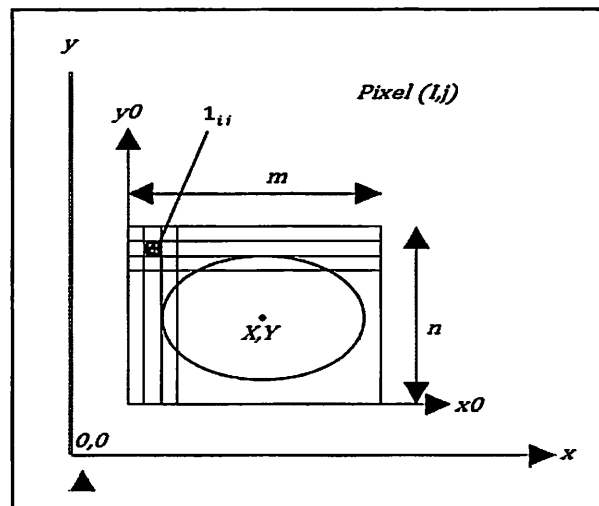
(a) Sebaran retro target berkode (b) Pembacaan retro target sebaran titik

2.5.1. Metode *Centroid*

Centroid adalah pusat massa suatu objek. Dalam fotogrametri terutama pada *close-range photogrammetry* menggunakan *retro-reflektif target* sebagai sasaran. *Centroid* dapat didefinisikan sebagai titik tengah dari *retro-reflektif target* yang dipasang pada objek yang diteliti. (Clarke et al, 1993). Target retro yang terekam pada gambar yang dihasilkan dari pemotretan setelah diperbesar tidak hanya terdiri dari satu piksel saja melainkan banyak piksel dan target tidak memiliki tepi yang jelas biasanya tepinya halus dan sedikit *blur*. Oleh karena itu,

titik tengah dari target harus berupa koordinat atau posisi yang dapat ditentukan dengan metode *centroid*.

Penentuan titik *centroid* yang bisa digunakan yaitu dengan mengambil bentuk persegi dari gambar yang mencakup suatu target yang terlihat sangat dekat (Trinder, 1989). Pada gambar dibawah memperlihatkan perpotongan persegi yang diambil pada gambar dimana pada gambar tersebut terdapat data-data yaitu koordinat piksel, koordinat lokal (x_0, y_0) dan nilai intensitas cahaya.



Gambar 2.12 Retro perspektif

Keterangan :

- (i,j) = Koordinat piksel
- (x_0, y_0) = Koordinat lokal
- (X,Y) = Koordinat Pendekatan
- m = Garis yang mewakili jumlah pixel pada sumbu x
- n = Garis yang mewakili jumlah pixel pada sumbu y

Untuk mendapatkan koordinat *centroid* yang mencapai ketelitian tinggi dan dapat memenuhi bentuk Gaussian tidaklah mudah, karena terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kurangnya ketelitian antara lain:

1. Ada *noise* yang terjadi kerana sedikitnya jumlah foto pada target.
2. Gelombang elektromagnetik yang dapat mereduksi arus gelap setiap 80C.
Oleh karena itu dengan pendingin dapat mengurangi *noise* ini.
3. Metode perhitungan yang digunakan tidak tepat.

Penentuan *centroid* pada dasarnya dilakukan dengan beberapa metode yang digunakan antara lain *Avirange of perimeter*, metode ini sangat sederhana yaitu dengan merata-ratakan koordinat garis keliling target pada gambar yang direferensikan dari hasil praproses *threshold*. *Binary Centroid* menggunakan intensitas cahaya dan direferensikan dari hasil praproses *threshold*. *Gray Scale Centroid*, metode ini hampir sama dengan metode *Binary Centroid* tetapi tanpa batasan *threshold* dan tidak menggunakan nilai intensitas cahaya. *Squared Grey Scale Centroid*, metode ini hampir sama dengan metode *Grayscale Centroid* tetapi menggunakan nilai intensitas cahaya yang dikuadratkan.

2.6. RMSE (*Root Mean Square Error*)

RMSE (*Root Mean Square Error*) adalah nilai atau frekuensi yang digunakan untuk menghitung perbedaan (selisih) prediksi atau estimasi nilai oleh suatu model dengan nilai pengukuran lapangan yang aktual (Wikipedia, 2013). RMSE (*Root Mean Square Error*) adalah suatu nilai yang digunakan untuk menunjukkan ketelitian dengan melibatkan semua faktor kesalahan yang terjadi selama proses pengukuran atau produksi data (Nugroho, 2003). Definisi matematis dari RMSE mirip dengan kesalahan baku, yaitu akar pangkat dua dari rata-rata kuadrat kesalahan.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \mu)^2}{n}}, \dots\dots\dots (20)$$

dengan

σ = kesalahan baku

x_i = nilai hasil ukuran

μ = nilai sebenarnya

n = jumlah pengukuran

Penelitian yang telah dilakukan oleh Wihasti (2013), ketelitian koordinat titik target dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$RMSe X = \sqrt{\frac{\sum(x_{foto} - x_{TS})^2}{n}},$$

$$RMSe Y = \sqrt{\frac{\sum(y_{foto} - y_{TS})^2}{n}},$$

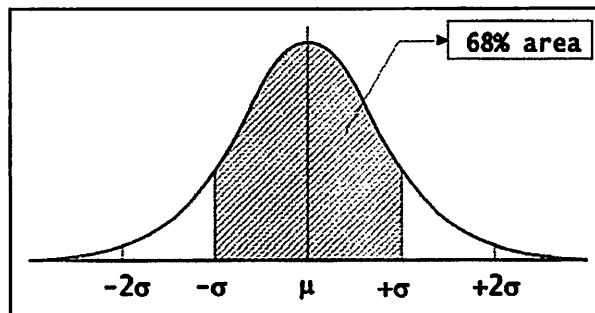
$$RMSe Z = \sqrt{\frac{\sum(z_{foto} - z_{TS})^2}{n}} \dots\dots\dots (21)$$

Dimana;

X, Y, Z_{foto} = nilai posisi pada hasil pengolahan foto

X, Y, Z_{TS} = nilai posisi pada hasil pengukuran Total Station

Kurva distribusi normal menunjukkan distribusi kesalahan untuk suatu pengukuran dengan μ sebagai nilai sebenarnya. Daerah dibawah kurva yang meliputi $-\sigma$ sampai $+\sigma$ mempunyai luas 68% dari keseluruhan luas daerah dibawah kurva, atau dapat dikatakan bahwa 68% nilai data akan berada diantara $-\sigma$ dan $+\sigma$, dengan σ sebagai kesalahan baku (*standard error*).



Gambar 2.13 Kurva distribusi normal

Ketelitian pengukuran meliputi beberapa tingkat kepercayaan, menurut Wolf (1997 dalam Nugroho 2003), faktor pengali untuk berbagai tingkat kepercayaan di bagi ke dalam tabel berikut :

Tabel 2.3. Faktor pengali σ untuk berbagai tingkat kepercayaan.

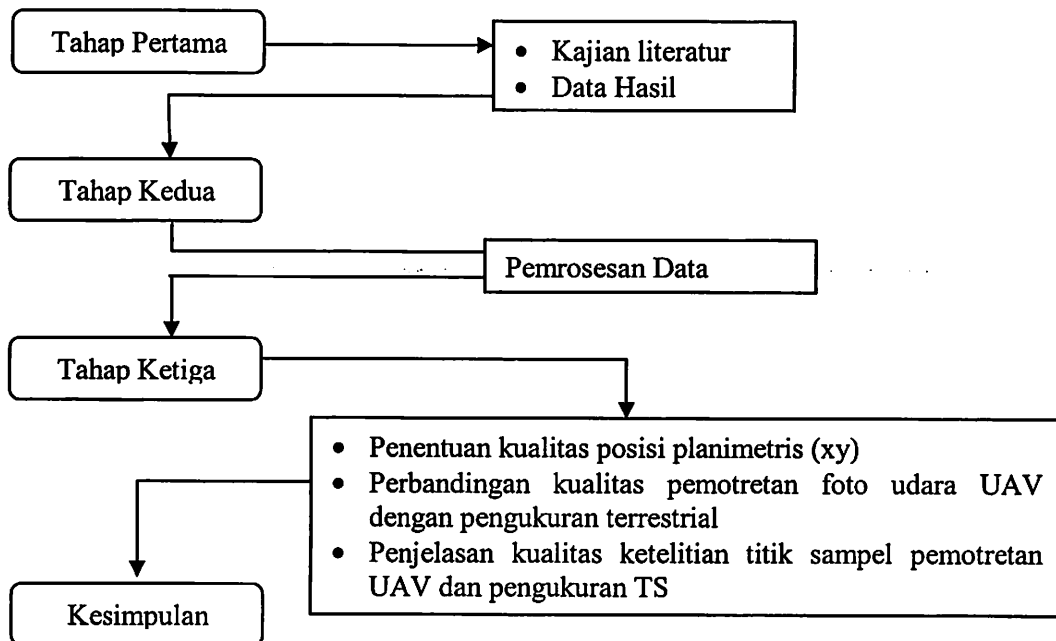
Tingkat kepercayaan	Faktor pengali σ
50%	0.6745
90%	1.6449
95%	1.96
99%	2.576
99.7%	2.965
99.9%	3.29



BAB III

METODELOGI PELAKSANAAN

Metodelogi pelaksanaan dilaksanakan berdasarkan studi literatur umum dalam skema berikut.



3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dalam studi kasus penelitian ilmiah ini bertempat di lingkungan persawahan Kampus II ITN Malang.

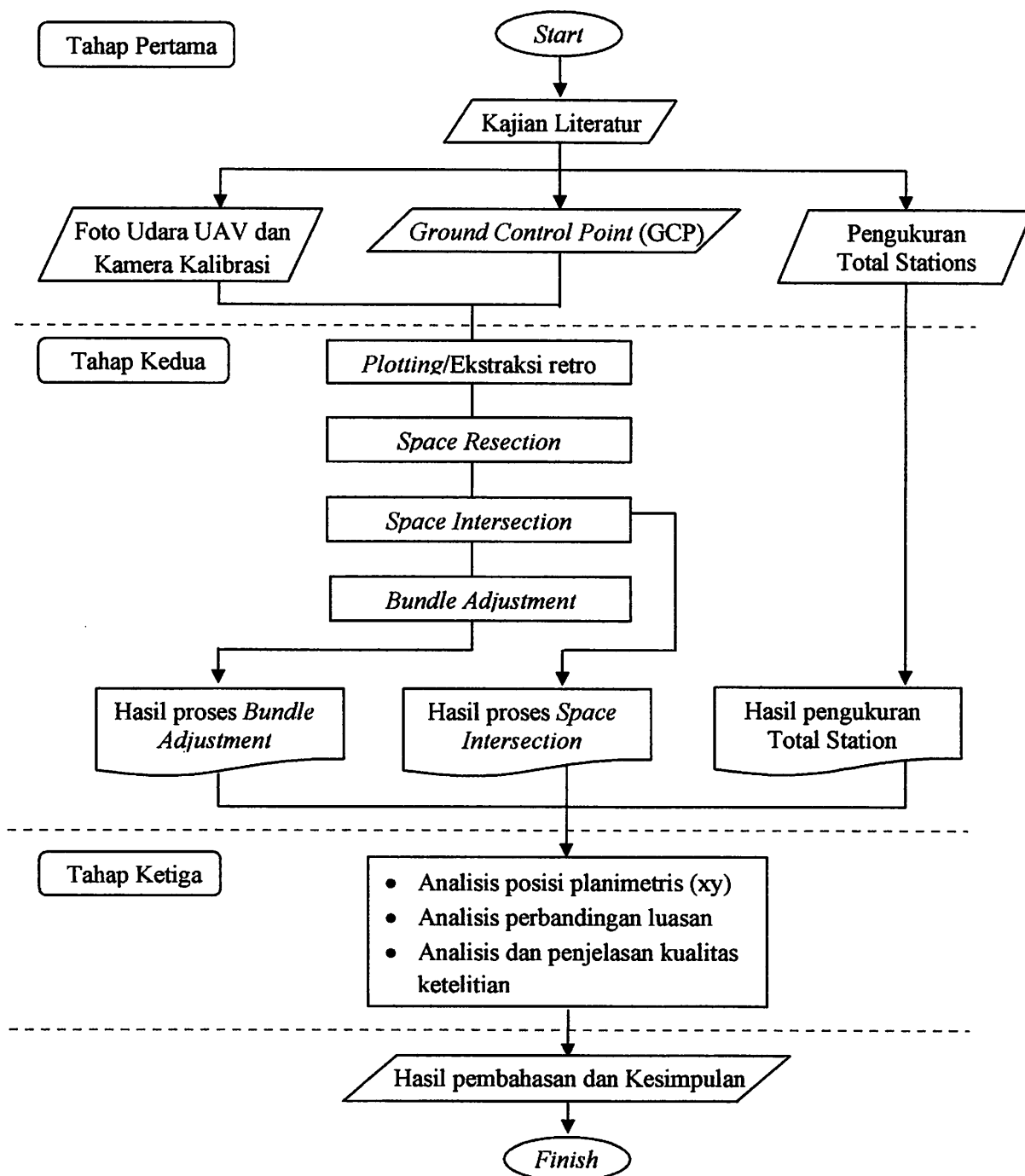
3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari perangkat lunak (*software*) adalah Australis v6.2, AutoCAD 2004 dan perangkat Ms. Office lain. Bahan yang digunakan sebagai data dalam penelitian ini merupakan data digital dan data pengukuran lapangan. Berikut data yang dibutuhkan antara lain :

Tabel 3.1. Data penelitian

No.	Data	Sumber Data	Jenis Data
1	Data kalibrasi kamera	Pengaturan kamera	Digital, text
2	Data sebaran titik retro/GCP	Survei lapangan	Text
3	Data hasil pemotretan UAV	Survei lapangan	Digital, text
4	Data pengukuran Total Station	Survei lapangan	Digital, text

3.3. Diaram Alir Penelitian



3.4. Tahap Pertama

Tahapan pertama merupakan tahap pengumpulan berkas data dari hasil pekerjaan lapangan, berkas data yang dikumpulkan berupa data yang disebutkan pada tabel 3.1. Data Penelitian.

3.4.1. Data Kalibrasi Kamera

Data kalibrasi kamera merupakan data yang berisikan parameter-parameter interior kamera yang diperlukan untuk mengrekonstruksi ulang berkas sinar saat pemotretan dan mengetahui nilai kesalahan sistematis dari sebuah kamera. Data kalibrasi yang didapatkan adalah data hasil kalibrasi dengan menggunakan teknik *self calibration bundle adjustment*. Berikut adalah nilai data kalibrasi kamera yang telah didapat (Moe, 2010).

Tabel 3.2. Data kalibrasi kamera

Camera Type Nikon Coolpix P300				Camera Initial	
				Variable	Value
Lens Type Nikon 4-18 mm				C	3.7989
				XP	0.1268
				YP	1.2120
Sensor Size (mm)				K1	3.16578e-003
				K2	-3.65428e-004
				K3	2.43473e-005
Piksel Size (mm)				P1	-1.69306e-003
				P2	1.41007e-003
				B1	-2.18260e-001
H =	4000	H =	0.001	B2	1.07795e-002
V =	3000	V =	0.001		

Nilai parameter-parameter pada tabel 3.2. digunakan dalam *camera database project* dalam *software* Australis.

3.4.2. Data Sebaran Titik Retro/GCP

Data sebaran titik retro/GCP merupakan data sketsa lokasi titik-titik retro dilapangan yang menjadi sampel dari penelitian. Data ini didigitalkan dalam bentuk format (*.*dwg*) yang tersinkronasi dengan hasil pengukuran Total Station dilengkapi dengan data koordinat.

3.4.3. Data Hasil Pemotretan UAV

Hasil pemotretan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) berupa data foto dari survei pemotretan lapangan yang diambil menggunakan pesawat tanpa awak (UAV) jenis Heksacopter dengan ketinggian ± 50 m dengan kamera saku jenis Nikon Coolpix P300 dengan ukuran sensor 6,17 x 4.55 mm (www.dpreview.com). Data hasil pemotretan terdiri dari banyak foto hasil pemotretan, dalam penelitian ini diambil beberapa foto yang dianggap baik dan dapat digunakan untuk proses selanjutnya. Kualitas foto dianggap baik dilihat dari hasil kenampakan foto, cakupan area pemotretan, tingkat ketajaman foto (*bluring*) dan ketajaman foto dalam menpresentasikan titik retro.



Gambar 3.1 Foto hasil pemotretan UAV

3.4.4. Data Hasil Pengukuran Total Station

Pengukuran yang dilakukan dengan Total Station digunakan sebagai data pembanding yang diukur dengan satu titik sebagai tempat berdirinya Total Stations. Objek yang menjadi kajian adalah jarak dan luasan yang dibentuk oleh titik retro yang menjadi sampel penelitian. Data *input* kajian dalam penelitian ini berupa persebaran titik retro dan koordinat titik retro dalam format digital (*.dwg).

3.5. Tahap Kedua

Processing data dalam penelitian dilakukan pada tahapan ini dimana semua data yang diperoleh, diproses dengan menggunakan *software* Australis (semua proses dilakukan diatas foto). Berikut adalah tahapan yang dilakukan dalam *data processing*.

3.5.1. *Project, Scalling and Camera Identity*

Langkah awal dari serangkaian proses yang dijalankan adalah membuat *project database, scallingbar database* dan meng-*inputkan* nilai data parameter-parameter kamera serta foto yang diolah. *Scalling database* dilakukan untuk mendefinisikan skala berdasarkan pengukuran Total Station, dimana definisi skala adalah nilai jarak titik ID 1 ke 5 dengan jarak 4.8863 m (Photometric, 2007).

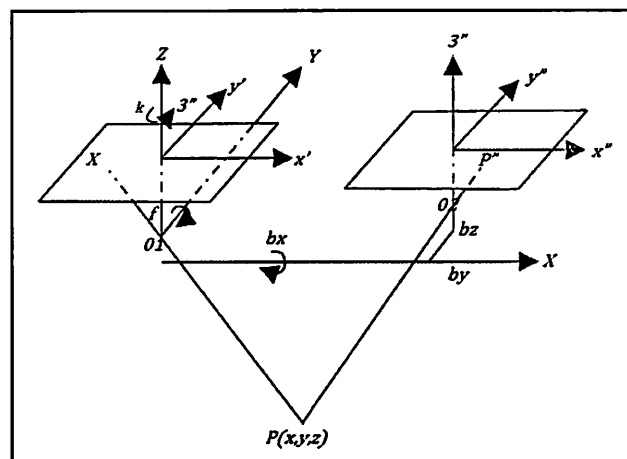
3.5.2. *Plotting/Ekstraksi Titik Retro (GCP)*

Plotting/ekstraksi titik retro dengan Australis menggunakan warna sasaran dalam bentuk *grayscale* untuk mengenal pasti ukur lilit sasaran dalam piksel. *Grayscale* menggunakan nilai dari 0 hingga 256 yaitu warna keabuan,

setiap piksel yang berada dalam bentuk ini mempunyai nilai kecerahan bermula dari nilai 0 (hitam) ke 255 (putih). Prinsip ini untuk mengenal pasti sasaran berdasarkan perbesaran nilai *grayscale* antara sasaran dengan warna latarnya.

Bahan *retro-reflektif* selalu digunakan dalam rangkaian proses fotogrametri kerana bahan ini dapat memantulkan cahaya lebih terang dari latar belakangnya. Secara teorinya bahan ini boleh memantulkan cahaya 2000 kali lebih terang dari bahan putih yang beryala (Clarke & Wang, 1999). *Plotting* dilakukan dengan menempatkan *point* pada pusat masa bidang objek (*retro*).

Titik *retro* yang diekstraksi dilakukan proses orientasi relatif, merupakan proses mencari hubungan posisi relatif antara perpotogan sinar yang diperoleh foto kiri dan kanan yang biasanya disebut model stereo, diperoleh secara analitis dengan mentransformasikan sistem koordinat foto ke sistem koordinat model.



Gambar 3.2 Orientasi relatif

3.5.3. Space Resection

Space resection adalah tahap menentukan elemen *Exterior Orientation* (*EO*) dan posisi sensor dari titik kontrol tanah dan koordinat *image*. Elemen *EO* terdiri dari nilai rotasi ω, ϕ, κ dan koordinat (X_L, Y_L, Z_L) pada *perspective center*.

3.5.4. *Space Intersection*

Tahap proses ini adalah proses untuk menentukan koordinat titik-titik objek pada dua gambar atau lebih yang saling bertampalan sehingga diketahui posisi secara 3D (X_i, Y_i, Z_i). Proses ini membutuhkan enam parameter EO yang diketahui ($\omega, \varphi, \kappa, X_L, Y_L, Z_L$) untuk dua foto yang bertampalan.

3.5.5. *Bundle Adjustment*

Bundle adjustment adalah proses penentuan atau perhitungan parameter IO, EO dan koordinat objek secara serempak bersamaan dengan menggunakan teknik hitung kuadrat terkecil. Teknik *bundle adjustment* untuk mendapatkan nilai parameter EO dan koordinat titik objek didalam sistem koordinat kartesian 3D. Nilai kesalahan sistematis di dalam kamera harus dimodelkan jika titik-titik pada objek dihitung dengan ketelitian yang tinggi.

3.6. Tahap Ketiga

Tahapan ketiga merupakan analisis hasil dari proses pemrosesan dan pengolahan data. Secara umum, hasil yang didapatkan merupakan hasil proses diantaranya adalah hasil *intersection* dan *bundle adjustment*. Kedua hasil tersebut dibandingkan dengan menganalisis dan mengamati posisi koordinat planimetris (xy), jarak antar titik retro, luasan bidang yang dibentuk. Pengamatan nilai dan kualitas kepresisian adalah dengan memperhatikan nilai piksel residual terhadap proses pengolahan foto dalam bentuk RMSE (*Root Means Square Error*) dari titik-titik retro sampel pada hasil pemrosesan internal dan pengolahan data foto.

Nilai RMSE memenuhi syarat apabila nilai berkisar < 1 mm ukuran piksel residual dalam pengolahan *software* Australis (Photometric, 2007).

Pengamatan nilai akurasi dan kualitas akurasi dilakukan dengan perbandingan antara hasil proses metode *intersection* dengan *software* Australis dan hasil pengukuran titik-titik retro target di lapangan dengan Total Station. Kepresisian dan akurasi posisi, jarak dan luasan dilakukan dengan uji statistik setelah koordinat hasil pengolahan foto didapat dengan menggunakan standar deviasi masing-masing proses pengolahan (σ). Uji statistik dilakukan dengan memperhatikan nilai selisih data proses pengolahan *software* Australis (*intersection* dan *bundle adjustment*) terhadap pengukuran Total Station berada pada rentang kepercayaan 95% ($\pm 2\sigma$).

3.6.1. Jarak

Jarak yang dibentuk dalam kajian penelitian ini adalah panjang bentangan titik-titik retro. Jarak yang diamati adalah 44 sampel jarak dari bentukan titik retro. Jarak dihitung dengan metode berikut.

$$S_{AB} = \sqrt{\{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2 + (Z_B - Z_A)^2\}} \dots\dots\dots (22)$$

3.6.2. Luasan

Nilai luasan diketahui dengan mengaplikasikan *software* AutoCAD. Sampel bidang luasan yang dikaji ialah 10 bidang yang dibentuk oleh *retro point*.

3.7. Hasil Pembahasan dan Kesimpulan

Tahapan ini merupakan tahapan akhir hasil dan pembahasan yang dirangkum dalam kesimpulan, dibagi beberapa poin penting dari hasil pemrosesan dan analisis data. Pembahasan akan dibahas dalam bab IV serta kesimpulan secara keseluruhan ada pada bab V.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hal yang telah dilakukan dari serangkaian proses pengolahan data menghasilkan data-data yang digunakan dalam pembahasan dan analisis dalam penelitian ini, hasil yang diperoleh (terlampir) adalah sebagai berikut.

1. Koordinat titik retro hasil *proses intersection*.
2. Koordinat titik retro hasil *bundle adjustment*.
3. Koordinat titik retro pengukuran Total Station.

4.1. Hasil Proses *Intersection*

Hasil proses *intersection* adalah koordinat objek (titik retro) dalam bentuk koordinat kartesian 3D dimana sistem koordinat adalah sistem koordinat model atau keruangan, berikut hasil yang diperoleh.

Tabel 4.1. Koordinat titik retro hasil proses *intersection* dalam sistem koordinat model

Point ID	Point Coordinat (mm)			Standart Error (mm)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	62230.249	46489.679	37408.980	0.023	0.033	0.038
2	61861.721	46608.647	15598.458	0.050	0.119	0.053
3	62296.721	46714.755	8737.442	0.095	0.226	0.096
4	62089.479	46718.303	1874.339	0.057	0.120	0.064
5	57347.094	46490.186	37587.043	0.037	0.055	0.050
6	52022.077	46572.183	1541.139	0.054	0.094	0.060
7	40411.064	46577.178	37047.915	0.044	0.073	0.056
8	39905.370	46557.859	25346.852	0.083	0.131	0.101
9	39276.387	46457.869	15310.141	0.045	0.081	0.046
10	39086.942	46549.417	8231.273	0.046	0.083	0.047
11	39179.037	46519.532	1649.568	0.033	0.054	0.036
12	34949.845	46567.898	15428.688	0.035	0.062	0.036

Lanjutan Tabel 4.1. Koordinat titik retro hasil proses *intersection* dalam sistem koordinat model

Point ID	Point Coordinat (mm)			Standart Error (mm)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
13	30575.581	46540.603	37123.686	0.014	0.019	0.017
14	27509.545	46524.627	15467.688	0.042	0.072	0.043
15	19327.917	46493.752	36880.679	0.044	0.064	0.054
16	19150.171	46319.262	31157.653	0.070	0.102	0.091
17	19030.385	46463.764	15374.852	0.057	0.084	0.059
18	17944.837	46420.009	1160.453	0.049	0.074	0.052
19	9177.987	46409.697	30778.386	0.058	0.080	0.074
20	610.543	46398.682	30752.831	0.044	0.057	0.047
21	-219.563	46523.488	10939.594	0.025	0.036	0.025
22	840.988	46400.976	1185.908	0.039	0.053	0.041
23	-4146.746	46359.508	30822.746	0.041	0.052	0.044
24	-6048.001	46348.558	37394.868	0.052	0.059	0.051
25	-6973.649	46653.586	30836.380	0.017	0.021	0.019
26	-7526.985	47102.607	28315.237	0.021	0.026	0.022
27	-5928.659	47005.153	13992.623	0.027	0.039	0.027
28	-5412.627	46960.095	5566.903	0.030	0.042	0.031
29	-5115.188	46839.672	1015.483	0.024	0.032	0.025
30	-9851.596	48837.439	28863.444	0.034	0.042	0.036
31	-8532.265	47376.281	12996.263	0.025	0.034	0.025
32	-8714.362	47318.629	8574.231	0.019	0.027	0.019
33	-8663.505	47290.795	5136.150	0.024	0.032	0.024
34	-8104.775	47267.190	1731.975	0.021	0.028	0.022
35	-11231.013	48362.731	13282.687	0.027	0.039	0.027
36	-10143.247	48452.587	1328.937	0.025	0.034	0.026
37	-12472.148	47594.339	30988.013	0.023	0.029	0.025
38	-14739.296	48835.975	28057.590	0.021	0.027	0.022
39	-14396.756	48743.992	21365.437	0.034	0.047	0.035
40	-14696.601	48735.436	14754.823	0.030	0.045	0.031
41	-13860.331	48791.880	768.685	0.038	0.054	0.039
Total RMS is				0.042	0.072	0.047
Minimum is				0.014	0.019	0.017
at point				13	13	13
Maximum is				0.095	0.226	0.101
at point				3	3	8

Nilai hasil koordinat proses *intersection* pada tabel (4.1) memiliki nilai simpangan rerata yang ditunjukkan oleh nilai Total RMS masing-masing parameter dimana σ_X sebesar 0.042 mm, σ_Y sebesar 0.072 mm, dan σ_Z sebesar 0.047 mm. Nilai simpangan terendah dan tertinggi ditunjukkan dengan keterangan *minimum* dan *maximum* pada masing-masing parameter (lihat tabel 4.1). Nilai terendah dan tertinggi ditunjukkan pada ID dengan keterangan *at point* (lihat tabel 4.1).

Tabel 4.2. Rentang kepercayaan (2σ) *standart error* hasil *intersection*

Parameter (mm)	Nilai Rentang Kepercayaan (2σ)
X	'- < -2σ , 2σ > 0.095
Y	'- < -2σ , 2σ > 0.226
Z	'- < -2σ , 2σ > 0.101

Nilai yang ditunjukkan tabel (4.2) menjelaskan bahwa nilai kepercayaan yang diberikan sebesar 2σ adalah 95% dimana dari 41 titik retro sampel maka maksimal kesalahan retro yang diperbolehkan berada diluar 95% adalah 3 (tiga) titik retro untuk masing-masing parameter, sedangkan pada masing-masing parameter terdapat satu nilai yang melebihi nilai rentang kepercayaan (2σ) untuk rentang tertinggi sedangkan rentang terendah tidak ada. ID titik yang melebihi rentang kepercayaan (2σ) adalah ID 3 untuk parameter X sebesar 0.095 mm dan Y sebesar 0.226 mm serta ID 8 untuk parameter Z sebesar 0.101 mm. Hal ini menunjukkan bahwa presisi kualitas untuk pengolahan proses *space intersection* mencapai simpangan rata-rata adalah millimeter (mm) dan memenuhi rentang kepercayaan 95% (2σ).

4.2. Hasil Proses *Bundle Adjustment*

Hasil yang diperoleh dari proses *bundle adjustment* adalah posisi objek 3D yang dilakukan secara serempak dengan menggunakan metode *least square*. Bentuk koordinat kartesian 3D sama dengan *proses intersection* yaitu sistem koordinat model atau keruangan. Berikut hasil proses *bundle adjustment*.

Tabel 4.3. Koordinat retro hasil proses *bundle adjustment* dalam sistem koordinat model

Point ID	Point Coordinat (mm)			Total Sigma Estimation (mm)		
	X	Y	Z	sX	sY	sZ
1	62230.248	46489.678	37408.979	26.436	45.581	25.957
2	61861.720	46608.646	15598.458	22.018	46.177	13.112
3	62296.720	46714.754	8737.442	20.182	34.827	14.803
4	62089.479	46718.302	1874.340	20.437	32.052	19.015
5	57347.093	46490.185	37587.043	17.947	23.505	18.773
6	52022.076	46572.182	1541.139	13.069	18.168	15.160
7	40411.064	46577.177	37047.914	14.260	24.462	13.454
8	39905.370	46557.859	25346.851	9.749	19.817	8.061
9	39276.387	46457.868	15310.141	7.206	16.141	5.349
10	39086.941	46549.417	8231.273	8.060	15.461	8.249
11	39179.036	46519.531	1649.568	10.085	14.458	12.382
12	34949.844	46567.897	15428.688	7.178	16.740	5.253
13	30575.580	46540.603	37123.686	16.263	21.235	12.615
14	27509.544	46524.626	15467.688	7.003	16.481	5.388
15	19327.917	46493.751	36880.678	14.471	18.078	10.036
16	19150.171	46319.261	31157.652	11.111	16.786	8.578
17	19030.385	46463.763	15374.852	6.958	16.294	5.920
18	17944.836	46420.009	1160.453	8.269	13.055	11.123
19	9177.987	46409.696	30778.386	10.181	15.884	7.859
20	610.544	46398.681	30752.831	9.289	7.949	5.947
21	-219.563	46523.488	10939.594	3.620	6.946	4.282
22	840.988	46400.975	1185.909	7.567	6.927	9.270
23	-4146.746	46359.508	30822.746	9.219	6.227	6.409
24	-6048.001	46348.557	37394.868	13.408	8.630	8.793
25	-6973.648	46653.585	30836.380	9.129	6.024	7.062
26	-7526.985	47102.607	28315.237	7.500	5.259	6.525
27	-5928.659	47005.152	13992.623	3.649	4.784	2.781
28	-5412.627	46960.094	5566.903	6.774	5.144	6.165

Lanjutan Tabel 4.3. Koordinat titik retro hasil proses *bundle adjustment* dalam kordinat model

Point ID	Point Coordinat (mm)			Total Sigma Estimation (mm)		
	X	Y	Z	sX	sY	sZ
29	-5115.188	46839.671	1015.483	8.754	6.265	8.781
30	-9851.596	48837.438	28863.444	8.431	6.329	9.022
31	-8532.265	47376.280	12996.263	4.979	4.186	3.370
32	-8714.362	47318.628	8574.231	6.705	5.011	4.709
33	-8663.505	47290.794	5136.150	8.165	5.851	6.327
34	-8104.775	47267.189	1731.975	9.497	6.902	8.258
35	-11231.013	48362.730	13282.687	6.950	5.712	4.994
36	-10143.247	48452.586	1328.937	11.225	8.155	9.056
37	-12472.148	47594.338	30988.013	9.938	9.117	9.512
38	-14739.296	48835.974	28057.589	9.528	9.811	10.589
39	-14396.756	48743.991	21365.437	7.813	8.060	8.064
40	-14696.601	48735.435	14754.822	8.711	8.187	6.609
41	-13860.332	48791.879	768.684	13.582	11.207	9.817
Total RMS is				11.704	17.431	10.272
Minimum is				3.620	4.186	2.781
at point				21	31	27
Maximum is				26.436	46.177	25.957
at point				1	2	1

Hasil proses *bundle adjustment* berdasarkan nilai Total RMS yang ditunjukkan oleh kolom *sigma estimation* memiliki nilai simpangan masing-masing parameter yaitu $sX = 11.704$ mm, $sY = 17.431$ mm, dan $sZ = 10.272$ mm. Nilai kepercayaan yang diberikan sebesar 2σ adalah 95% dari 41 retro sampel maka maksimal kesalahan retro yang diperbolehkan diluar 95% adalah 3 (tiga) retro.

Tabel 4.4. Rentang kepercayaan (2σ) *total sigma estimation*

Parameter (mm)	Nilai Rentang Kepercayaan (2σ)
X	'- $< -2\sigma, 2\sigma > 26.436$
Y	'- $< -2\sigma, 2\sigma > 45.581, 46.177$
Z	'- $< -2\sigma, 2\sigma > 25.957$

Nilai yang ditunjukkan tabel (4.4) menjelaskan bahwa pada masing-masing parameter terdapat nilai yang melebihi nilai rentang kepercayaan (2σ) untuk rentang tertinggi sedangkan rentang terendah tidak ada. ID titik yang melebihi rentang kepercayaan (2σ) adalah ID 1 untuk parameter X sebesar 26.436 mm, ID 2 dan 3 untuk parameter Y sebesar 45.581, 46.177 mm serta ID 1 untuk parameter Z sebesar 25.957 mm. Hal ini menunjukkan bahwa presisi kualitas untuk pengolahan proses *bundle adjustment* mencapai estimasi simpangan rata-rata adalah centimeter (cm) dan memenuhi kualitas kepercayaan 95% untuk masing-masing parameter.

Nilai presisi kualitas proses pengolahan *bundle adjustment* berbeda dengan proses *space intersection* yang mencapai hasil presisi hingga milimeter. Hal ini disebabkan karena pengolahan *bundle adjustment* dilakukan secara serempak untuk semua parameter pengolahan data foto yaitu parameter *interior orientation* (IO), *exterior orientation* (EO) dan koordinat *space* objek yang memungkinkan estimasi simpangan yang lebih besar. Sedangkan proses *space intersection* parameter yang diolah adalah parameter EO yang diperoleh dari proses *space resection*, untuk itu proses *space intersection* hanya menggunakan satu parameter. Keterkaitan proses *bundle adjustment* dan *space intersection* adalah koordinat *space* objek. Jadi *space intersection* merupakan tahapan yang diperlukan dalam proses *bundle adjustment* untuk menunjukkan nilai estimasi kesalahan presisi yang lebih besar terhadap posisi titik yang lebih teliti. Hal ini ditunjukkan dengan tabel (4.4) yakni adanya tambahan ID untuk *total RMS* pada parameter Y diluar rentang kepercayaan (2σ).

4. 3. Hasil Pengukuran Total Station

Hasil pengukuran Total Station yang digunakan adalah jenis Topcon 235N merupakan data pembanding yang dianggap benar, berdasarkan nilai spesifikasi alat yaitu dengan nilai ketelitian sudut sebesar 5", ketelitian jarak sebesar $\pm -(2\text{mm} + 2\text{ppmxD})$, dan bacaan sudut 1" / 5" (*manual book Topcon 235N Series*). Hasil pengukuran Total Station ini telah disinkronasikan dengan data persebaran *retro point* (GCP).

Tabel 4.5. Koordinat titik retro hasil pengukuran Total Station dalam koordinat grid sistem proyeksi UTM zona 49S dengan datum WGS' 84

Point ID	Koordinat Pengukuran Total Station		
	E	N	Elev
1	679978.365	9124600	101.345
2	679995.895	9124587.027	101.043
3	680001.746	9124583.413	100.879
4	680007.163	9124579.193	100.851
5	679975.323	9124596.176	101.337
7	679965.952	9124582.065	101.185
9	679982.902	9124568.457	101.083
10	679988.599	9124564.31	100.921
11	679993.923	9124560.424	100.937
15	679953.834	9124564.915	101.093
16	679958.317	9124561.357	101.235
17	679970.961	9124552.043	100.96
18	679981.887	9124542.885	100.91
19	679952.815	9124552.991	101.039
20	679947.858	9124546.072	101.054
21	679963.339	9124533.886	100.792
22	679971.863	9124529.079	100.872
23	679945.097	9124542.295	101.071
24	679938.597	9124544.591	101.123
25	679943.394	9124540.017	100.761
26	679945.126	9124538.065	100.296
27	679957.641	9124531.094	100.308
28	679964.716	9124526.651	100.311
29	679968.528	9124524.147	100.414

Lanjutan Tabel 4.5. Koordinat titik retro hasil pengukuran Total Station dalam koordinat grid sistem proyeksi UTM zona 49S dengan datum WGS' 84

Point ID	Koordinat Pengukuran Total Station		
	E	N	Elev
30	679943.403	9124536.589	98.564
31	679956.832	9124528.365	99.908
32	679960.268	9124525.642	99.95
33	679963.099	9124523.693	99.963
34	679966.243	9124522.114	100
35	679955.127	9124526.318	98.91
36	679965.287	9124520.101	98.759
37	679940.147	9124535.69	99.812
38	679941.175	9124532.172	98.541
39	679946.733	9124528.524	98.593
40	679951.83	9124524.419	98.54
41	679963.718	9124516.992	98.421

Tabel (4.5) memberikan hasil pengukuran Total Station dalam bentuk koordinat grid dengan sistem koordinat UTM (*Universal Traverse Mercator*) datum WGS'84. Pengukuran Total Station yang dilakukan adalah menggunakan metode *single point* (sekali berdiri alat) dimana titik utama adalah titik nomor 34, maka berikut adalah validasi data terhadap ketelitian pengukuran untuk nilai jarak.

Tabel 4.6. Validasi data jarak Total Station terhadap ketelitian pengukuran

Base ID	Target ID	Koordinat Target (m)		Jarak (m)		D°-D (m)
		X	Y	Pendekatan (D°)	Pengukuran (D)	
34	1	679978.365	9124600	78.824	78.852	-0.028
Koordinat Base (m)	2	679995.895	9124587.027	71.365	71.388	-0.023
X = 679966.24	3	680001.746	9124583.413	70.838	70.857	-0.019
Y = 9124522.1	4	680007.163	9124579.193	70.231	70.25	-0.019
	5	679975.323	9124596.176	74.617	74.646	-0.029
	7	679965.952	9124582.065	59.952	59.983	-0.031
	9	679982.902	9124568.457	49.246	49.281	-0.035
	10	679988.599	9124564.31	47.752	47.782	-0.030
	11	679993.923	9124560.424	47.264	47.294	-0.030

Lanjutan Tabel 4.6. Validasi data jarak Total Station terhadap ketelitian pengukuran

Base ID	Target ID	Koordinat Target (m)		Target ID		D°-D (m)
		X	Y	Pendekatan (D°)	Pengukuran (D)	
34	15	679953.834	9124564.915	44.564	44.602	-0.038
Koordinat Base (m)	16	679958.317	9124561.357	40.035	40.085	-0.050
X = 679966.24	17	679970.961	9124552.043	30.299	30.347	-0.048
Y = 9124522.1	18	679981.887	9124542.885	26.003	26.057	-0.054
	19	679952.815	9124552.991	33.670	33.718	-0.048
	20	679947.858	9124546.072	30.199	30.254	-0.055
	21	679963.339	9124533.886	12.125	12.224	-0.099
	22	679971.863	9124529.079	8.950	9.097	-0.147
	23	679945.097	9124542.295	29.231	29.288	-0.057
	24	679938.597	9124544.591	35.630	35.68	-0.050
	25	679943.394	9124540.017	29.027	29.067	-0.040
	26	679945.126	9124538.065	26.464	26.486	-0.022
	27	679957.641	9124531.094	12.435	12.481	-0.046
	28	679964.716	9124526.651	4.787	4.906	-0.119
	29	679968.528	9124524.147	3.058	3.276	-0.218
	30	679943.403	9124536.589	27.041	27.049	-0.008
	31	679956.832	9124528.365	11.298	11.318	-0.020
	32	679960.268	9124525.642	6.939	6.975	-0.036
	33	679963.099	9124523.693	3.518	3.592	-0.074
	35	679955.127	9124526.318	11.884	11.889	-0.005
	36	679965.569	9124518.021	4.148	4.237	-0.089
	37	679940.147	9124535.69	29.416	29.422	-0.006
	38	679941.175	9124532.172	27.011	27.02	-0.009
	39	679946.733	9124528.524	20.536	20.546	-0.010
	40	679951.83	9124524.419	14.596	14.613	-0.017
	41	679963.718	9124516.992	5.711	5.769	-0.058
	Jumlah					-1.6667
	σ					0.0248
	σ_x					0.0234
	σ_y					0.0212
	σ_{jarak}					0.0316

Hasil ketelitian yang dilakukan terhadap ketelitian pengukuran pada tabel (4.6) adalah simpangan (σ) sebesar 0.0234 m dan simpangan untuk nilai jarak terhadap ketelitian pengukuran (σ_{jarak}) adalah 0.0316 m.

4.4. Perbandingan Posisi Titik Retro

Pembahasan yang dilakukan pada sub-bab ini adalah hasil dari proses pengolahan *intersection* dengan *bundle adjustment* berdasarkan posisi titik retro.

Tabel 4.7. Perbandingan posisi planimetris titik retro

Point ID	Point Coordinat (mm) Intersecton		Point Coordinat (mm) Bundle Adjustment		Selisih Koordinat (mm)	
	X	Y	X	Y	X	Y
1	62230.249	37408.980	62230.248	37408.979	-0.001240	-0.000568
2	61861.721	15598.458	61861.720	15598.458	-0.000993	-0.000113
3	62296.721	8737.442	62296.720	8737.442	-0.000945	0.000134
4	62089.479	1874.339	62089.479	1874.340	-0.000671	0.000308
5	57347.094	37587.043	57347.093	37587.043	-0.000955	-0.000427
6	52022.077	1541.139	52022.076	1541.139	-0.000652	0.000113
7	40411.064	37047.915	40411.064	37047.914	-0.000490	-0.000790
8	39905.370	25346.852	39905.370	25346.851	-0.000606	-0.000488
9	39276.387	15310.141	39276.387	15310.141	-0.000685	-0.000317
10	39086.942	8231.273	39086.941	8231.273	-0.000632	-0.000187
11	39179.037	1649.568	39179.036	1649.568	-0.000563	-0.000049
12	34949.845	15428.688	34949.844	15428.688	-0.000633	-0.000380
13	30575.581	37123.686	30575.580	37123.686	-0.000376	-0.000640
14	27509.545	15467.688	27509.544	15467.688	-0.000498	-0.000402
15	19327.917	36880.679	19327.917	36880.678	-0.000129	-0.000754
16	19150.171	31157.653	19150.171	31157.652	-0.000172	-0.000617
17	19030.385	15374.852	19030.385	15374.852	-0.000274	-0.000274
18	17944.837	1160.453	17944.836	1160.453	-0.000310	-0.000107
19	9177.987	30778.386	9177.987	30778.386	-0.000088	-0.000469
20	610.543	30752.831	610.544	30752.831	0.000101	-0.000429
21	-219.563	10939.594	-219.563	10939.594	-0.000026	-0.000120
22	840.988	1185.908	840.988	1185.909	-0.000083	0.000104
23	-4146.746	30822.746	-4146.746	30822.746	0.000215	-0.000368
24	-6048.001	37394.868	-6048.001	37394.868	0.000238	-0.000448
25	-6973.649	30836.380	-6973.648	30836.380	0.000260	-0.000363
26	-7526.985	28315.237	-7526.985	28315.237	0.000225	-0.000353
27	-5928.659	13992.623	-5928.659	13992.623	0.000068	-0.000164
28	-5412.627	5566.903	-5412.627	5566.903	0.000005	-0.000041
29	-5115.188	1015.483	-5115.188	1015.483	-0.000018	0.000072
30	-9851.596	28863.444	-9851.596	28863.444	0.000179	-0.000545
31	-8532.265	12996.263	-8532.265	12996.263	0.000088	-0.000164

Lanjutan Tabel 4.7. Perbandingan posisi planimetris titik retro

Point ID	Point Coordinat (mm) Intersecton		Point Coordinat (mm) Bundle Adjustment		Selisih Koordinat (mm)	
	X	Y	X	Y	X	Y
32	-8714.362	8574.231	-8714.362	8574.231	0.000057	-0.000106
33	-8663.505	5136.150	-8663.505	5136.150	0.000034	-0.000047
34	-8104.775	1731.975	-8104.775	1731.975	0.000006	0.000020
35	-11231.013	13282.687	-11231.013	13282.687	0.000074	-0.000283
36	-10143.247	1328.937	-10143.247	1328.937	-0.000050	-0.000152
37	-12472.148	30988.013	-12472.148	30988.013	0.000356	-0.000464
38	-14739.296	28057.590	-14739.296	28057.589	0.000298	-0.000522
39	-14396.756	21365.437	-14396.756	21365.437	0.000224	-0.000384
40	-14696.601	14754.823	-14696.601	14754.822	0.000130	-0.000307
41	-13860.331	768.685	-13860.332	768.684	-0.000037	-0.000156
Total RMS					0.000458	0.000371
Minimum is					0.000006	0.000020
at point					34	34
Maximum is					0.001240	0.000790
at point					1	7

Nilai selisih koordinat pada tabel (4.7) adalah perbandingan hasil koordinat planimetris *intersection* dengan *bundle adjustment*, dimana nilai yang dipaparkan bervariasi dengan nilai selisih X dan Y paling besar adalah 0.001240 mm dan 0.000790 mm, sedangkan nilai terkecil adalah 0.000006 mm dan 0.000020 mm. Jika nilai total RMS masing-masing posisi planimetris (XY) memiliki rentang kepercayaan 95% (2σ), maka ada empat titik yang berada di luar kepercayaan untuk posisi X yaitu titik ID 1,2,3,5 serta posisi Y yaitu ID 7 dan 15.

Tabel 4.8. Rentang kepercayaan (2σ) selisih nilai posisi planimetris

Parameter (mm)	Nilai Rentang Kepercayaan (2σ)
X	-0.00124, -0.00099, -0.00096, 0.00095, 0.00067 < $-2\sigma, 2\sigma$ > -
Y	-0.000790, -0.000754 < $-2\sigma, 2\sigma$ > -

Tabel (4.8) memberikan nilai-nilai yang berada pada di luar rentang kepercayaan terdapat pada nilai terendah, sedangkan untuk nilai tertinggi tidak ada. Nilai rentang kepercayaan 95% (2σ) yang diberikan memenuhi syarat apabila maksimal kesalahan selisih koordinat *space intersection* dan *bundle adjustment* diluar 95% adalah 3 (tiga) titik. Tabel (4.8) menunjukkan parameter X tidak memenuhi persyaratan 95% (2σ) sedangkan parameter Y memenuhi persyaratan, tetapi nilai tersebut dapat ditoleransi karena variasi nilai yang ditunjukkan tabel (4.7) dan tabel (4.8) memiliki kisaran nilai rerata adalah millimeter. Perbedaan yang ditunjukkan oleh nilai selisih pada proses *space intersection* dengan *bundle adjustment* untuk posisi planimetri tersebut memiliki akurasi yang baik (nilai mendekati nol). Hal ini membuktikan bahwa walaupun akurasi tidak memenuhi 95% (2σ) tetapi ditopang oleh presisi yang sangat baik dan *space intersection* bisa berdiri sendiri tanpa harus melanjutkan proses *bundle adjustment*.

4.5. Perbandingan Jarak

Poin pembahasan tentang nilai jarak dilakukan terhadap pengolahan *intersection*, *bundle adjustment*, dan hasil pengukuran Total Station yang dibentuk antar sampel titik retro. Berikut hasil yang diperoleh.

Tabel 4.9. Jarak antar titik retro

No. ID	Point Building	Length (meter)		
		Intersection	Bundle Adjustment	Total Station
1	1-2	21.81395933	21.81395887	21.81033775
2	1-5	4.886400279	4.8864	4.886389669
3	2-3	6.875611391	6.875611148	6.879105538
4	2-9	22.58767671	22.5876764	22.66416884
5	3-4	6.866231513	6.866231331	6.866809522

Lanjutan Tabel 4.9. Jarak antar titik retro

No. ID	Point Building	Length (meter)		
		Intersection	Bundle Adjustment	Total Station
6	4-11	22.91240729	22.91240718	22.96911746
7	5-7	16.94483211	16.94483165	16.93986618
8	7-9	21.76769441	21.76769394	21.73684816
9	7-15	21.08397546	21.0839751	20.99944971
10	9-10	7.081994407	7.081994277	7.048380098
11	9-17	20.24610627	20.24610586	20.2983252
12	10-11	6.58241688	6.582416743	6.591375274
13	11-18	21.24006577	21.24006551	21.27163713
14	15-16	5.728443607	5.728443468	5.725104103
15	15-24	25.38154245	25.38154209	25.40141817
16	16-17	15.78391677	15.78391643	15.70658961
17	16-19	9.979804159	9.979804069	10.01500754
18	17-18	14.25585762	14.25585746	14.25654025
19	18-22	17.10387856	17.10387834	17.06129116
20	19-20	8.567488377	8.567488188	8.511441417
21	20-21	19.83101175	19.83101145	19.70351748
22	20-23	4.757964654	4.757964542	4.678583013
23	21-22	9.811939713	9.811939485	9.786328474
24	22-29	5.974741222	5.974741156	5.971315852
25	23-24	6.841613479	6.841613395	6.893788509
26	23-25	2.842190209	2.842190162	2.861047535
27	25-26	2.619916212	2.619916213	2.650726883
28	26-27	8.567488377	8.567488188	8.511441417
29	26-30	2.951946476	2.951946506	2.854317607
30	27-28	8.441627059	8.441626932	8.354393036
31	27-31	2.812335558	2.812335534	2.874355928
32	28-29	4.562718282	4.56271817	4.5620137
33	29-34	3.103829934	3.103829896	3.086374896
34	30-38	4.953686695	4.953686573	4.947161004
35	31-32	4.426155659	4.426155603	4.384357307
36	31-35	2.887622448	2.887622453	2.844861684
37	32-33	3.438569856	3.438569797	3.437052662
38	33-34	3.449803068	3.449802998	3.518429479
39	34-36	2.392273628	2.392273721	2.550722643
40	35-40	3.783700665	3.7837006	3.822735931
41	36-41	3.774350448	3.774350432	3.498840664
42	38-39	6.701544602	6.701544461	6.648456362
43	39-40	6.617417062	6.617416989	6.544711071
44	40-41	14.0112308	14.01123063	14.01781131

Nilai jarak yang tertera pada tabel (4.9) adalah hasil perhitungan jarak dengan rumusan no.(19), jarak terpanjang adalah jarak 15-24 sebesar 25,3815 m dan jarak terpendek adalah 34-36 sebesar 2,3923 m. Nilai masing-masing jarak yang terbentuk dihitung nilai selisih dengan perbandingan hasil pengolahan data *retro point* terhadap data pengukuran Total Station sebagai *true value*. Berikut adalah hasil selisih jarak yang ditunjukkan pada tabel (4.10).

Tabel 4.10. Perbandingan jarak antar titik retro

No. ID	Point Building	Odds Value (meter)		
		Intersection-TotalStation	Intersection-BundleAdjustment	BundleAdjustment-TotalStation
1	1-2	-0.0036	0.0000	-0.0036
2	1-5	0.0000	0.0000	0.0000
3	2-3	0.0035	0.0000	0.0035
4	2-9	0.0765	0.0000	0.0765
5	3-4	0.0006	0.0000	0.0006
6	4-11	0.0567	0.0000	0.0567
7	5-7	-0.0050	0.0000	-0.0050
8	7-9	-0.0308	0.0000	-0.0308
9	7-15	-0.0845	0.0000	-0.0845
10	9-10	-0.0336	0.0000	-0.0336
11	9-17	0.0522	0.0000	0.0522
12	10-11	0.0090	0.0000	0.0090
13	11-18	0.0316	0.0000	0.0316
14	15-16	-0.0033	0.0000	-0.0033
15	15-24	0.0199	0.0000	0.0199
16	16-17	-0.0773	0.0000	-0.0773
17	16-19	0.0352	0.0000	0.0352
18	17-18	0.0007	0.0000	0.0007
19	18-22	-0.0426	0.0000	-0.0426
20	19-20	-0.0560	0.0000	-0.0560
21	20-21	-0.1275	0.0000	-0.1275
22	20-23	-0.0794	0.0000	-0.0794
23	21-22	-0.0256	0.0000	-0.0256
24	22-29	-0.0034	0.0000	-0.0034
25	23-24	0.0522	0.0000	0.0522
26	23-25	0.0189	0.0000	0.0189

Lanjutan Tabel 4.10. Perbandingan jarak antar titik retro

No. ID	Point Building	Odds Value (meter)		
		Intersection-TotalStation	Intersection-BundleAdjustment	BundleAdjustment-TotalStation
27	25-26	0.0308	0.0000	0.0308
28	26-27	-0.0560	0.0000	-0.0560
29	26-30	-0.0976	0.0000	-0.0976
30	27-28	-0.0872	0.0000	-0.0872
31	27-31	0.0620	0.0000	0.0620
32	28-29	-0.0007	0.0000	-0.0007
33	29-34	-0.0175	0.0000	-0.0175
34	30-38	-0.0065	0.0000	-0.0065
35	31-32	-0.0418	0.0000	-0.0418
36	31-35	-0.0428	0.0000	-0.0428
37	32-33	-0.0015	0.0000	-0.0015
38	33-34	0.0686	0.0000	0.0686
39	34-36	0.1584	0.0000	0.1584
40	35-40	0.0390	0.0000	0.0390
41	36-41	-0.2755	0.0000	-0.2755
42	38-39	-0.0531	0.0000	-0.0531
43	39-40	-0.0727	0.0000	-0.0727
44	40-41	0.0066	0.0000	0.0066
Total RMSE		0.0683	0	0.0683

Tabel (4.10) memberikan nilai hasil selisih jarak dengan perbandingan pengolahan *retro point* secara *space intersection*, *bundle adjustment*, dan Total Station. Selisih jarak proses *space intersection* dengan *bundle adjustment* adalah nol (sama), dijelaskan pada sub-bab (4.4). Nilai selisih jarak terkecil terdapat pada jarak 1-5 sebesar 0 m. Sedangkan nilai selisih jarak terbesar adalah jarak 36-41 sebesar 0.2755 m untuk perbandingan *intersection* dengan Total Station dan perbandingan *bundle adjustment* dengan Total Station. Jika nilai simpangan (σ) selisih nilai jarak adalah 0.0683 m, maka nilai selisih jarak pengolahan data dengan Total Station pada rentang kepercayaan 95% (2σ) ditunjukkan tabel berikut.

Tabel 4.11. Rentang kepercayaan (2σ) selisih nilai jarak

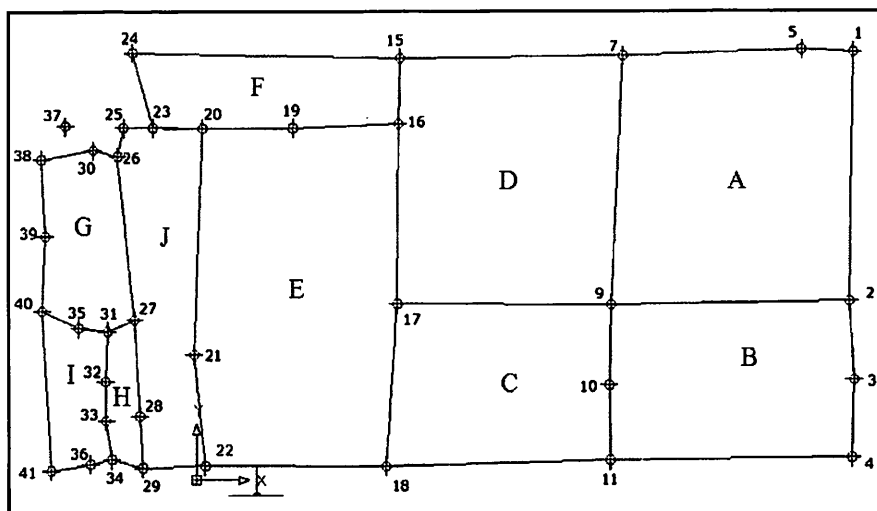
Parameter	Nilai Rentang Kepercayaan (2σ)
Jarak (m)	$-0.2755 < -2\sigma, 2\sigma > 0.1584$

Tabel (4.11) menunjukkan nilai kepercayaan terhadap nilai jarak, nilai jarak yang tidak termasuk dalam rentang kepercayaan adalah jarak 36-41 dengan nilai -0.2775 untuk selisih terendah (*lower*) dan jarak 34-36 dengan nilai 0.1584 untuk selisih tertinggi (*upper*). Selisih jarak yang ditunjukkan tabel (4.10) dan tabel (4.11) menjelaskan bahwa dari 44 sampel jarak terdapat dua jarak yang berada di luar rentang kepercayaan 95% (2σ). Selisih ini memenuhi persyaratan 95% karena dari 44 sampel jarak, maksimal kesalahan jarak diluar rentang kepercayaan 95% (2σ) adalah 3 (tiga) sampel jarak.

Nilai selisih jarak yang dihasilkan antara proses pengolahan data *space intersection* dan *bundle adjustment* terhadap pengukuran Total Station mencapai simpangan dengan satuan centimeter hingga desimeter, hal ini dipengaruhi oleh simpangan hasil pengukuran Total Station yang memiliki nilai satuan centimeter pada tabel (4.6). Selisih jarak tersebut merupakan parameter dalam nilai akurasi kualitas terhadap nilai *true value* (dianggap benar) dimana nilai yang dianggap benar adalah jarak yang dihasilkan oleh perhitungan dari koordinat pengukuran Total Station. Sehingga dari 44 sampel jarak proses *space intersection* dan *bundle adjustment* terhadap *true value* memiliki akurasi kualitas sebesar 95,46 %.

4.6. Perbandingan Luasan

Nilai luasan dari bentukan titik-titik retro yang ada dilapangan merupakan detil dari persil sawah. Berikut adalah sketsa bidang luasan.



Gambar 4.1. Bidang luasan bentukan *retro point*

Gambar (4.1) menunjukkan area bidang luasan bentukan *retro point*, sehingga nilai luasan dihitung pada tabel (4.12) baik luasan hasil proses pengolahan *space intersection* dan *bundle adjustment* dan pengukuran Total Station.

Tabel 4.12. Luasan bentukan *retro point*

ID	Point Building	Luasan (meter ²)		
		Intersection	Bundle Adjustment	Total Station
A	1-5-7-9-2-1	486.0153911	486.0153911	487.0469
B	2-9-10-11-4-3-2	314.6417468	314.6417468	314.6484
C	9-17-18-11-9	287.9899618	287.9899618	289.3691
D	7-15-16-17-9-7	447.8284825	447.8284825	446.8281
E	16-19-20-21-22-18-17-16	551.4483218	551.4483218	547.6484
F	15-24-23-20-19-16-15	152.6409572	152.6409572	152.8359
G	26-30-38-39-40-35-31-27-26	117.1494222	117.1494222	115.7656
H	27-28-29-34-33-32-31-27	36.7495389	36.7495389	37.6680
I	40-41-36-34-33-32-31-35-40	70.83751853	70.83751853	69.4609
J	20-23-25-26-27-28-29-22-21-20	192.716841	192.716841	189.1211

Luasan yang tertera pada tabel (4.12) memiliki nilai luasan paling besar adalah pada ID E sebesar 551.4483 m² dan luasan paling kecil adalah ID H sebesar 36.7495 m². Nilai jarak yang tertera dilakukan perbandingan terhadap pengukuran Total Station sebagai *true value*. Berikut hasil perbandingan luasan.

Tabel 4.13. Perbandingan luasan bentukan *retro point*

ID	Selisih Luasan (meter ²)		
	Intersection-BundleAdjustment	Intersection-TotalStation	BundleAdjustment-TotalStation
A	0.0000	1.0315	1.0315
B	0.0000	0.0067	0.0067
C	0.0000	1.3792	1.3792
D	0.0000	-1.0004	-1.0004
E	0.0000	-3.7999	-3.7999
F	0.0000	0.1950	0.1950
G	0.0000	-1.3838	-1.3838
H	0.0000	0.9184	0.9184
I	0.0000	-1.3766	-1.3766
J	0.0000	-3.5957	-3.5957
RMSE	0	1.898072	1.898072

Perbandingan luasan pada tabel (4.13) untuk proses *space intersection* dan *bundle adjustment* adalah sama. Nilai selisih terbesar adalah ID E dengan luas 3,7999 m² untuk *intersection* – Total Station dan hasil yang sama untuk *bundle adjustment* – Total Station. Sedangkan nilai selisih terkecil adalah ID B dengan luas 0.0067 m². Nilai luasan yang tertera memiliki nilai selisih yang besar terutama pada luasan bidang E dan J dengan selisih lebih dari 3 m². Nilai simpangan dari total luasan ditunjukkan dengan nilai RMSE sebesar 1.898 m², maka luasan bidang E berada di luar nilai kepercayaan dipaparkan tabel berikut (4.14).

Tabel 4.14. Rentang kepercayaan (2σ) selisih nilai luasan

Parameter (m)	Nilai Rentang Kepercayaan (2σ)
Luasan	$-3.7999 < -2\sigma, 2\sigma > -$

Tabel (4.14) menjelaskan bahwa nilai yang berada di luar rentang kepercayaan (2σ) adalah nilai dibawah rentang terendah sebesar -3.7999 pada selisih nilai luasan bidang E. Nilai rentang kepercayaan (2σ) sebesar 95% terhadap 10 sampel luasan, maskimal kesalahan diluar 95% adalah 1 (satu) area luasan. Tabel (4.14) membuktikan bahwa area luasan yang dikaji memenuhi persyaratan.

Nilai selisih luasan tersebut memberikan nilai akurasi kualitas luasan yang dibentuk dari proses *space intersection* terhadap luasan bentukan pengukuran Total Station sebagai *true value* sebesar 90% dari 10 bidang luasan yang diamati. Nilai akurasi 90% memberikan kualitas yang baik dimana mendekati sama dengan pengukuran aktual di lapangan.

4.7. Analisa Luasan

Luasan dari tabel (4.13) memberikan nilai yang selisih yang relatif besar yakni $1 \text{ m}^2 - 3,7 \text{ m}^2$ yakni tertera pada ID A, C, D, E, G, H, I maka selisih ini sekaligus menjadi kendala dalam penelitian ini. Luasan yang dihitung dan dibandingkan dengan jarak pembentuk luasan sangat signifikan. Hal ini menyebabkan area-area luasan berdasarkan ID perlu dilakukan penelitian ulang untuk mendapatkan hasil perbandingan dari penelitian ini. Berikut adalah perbandingan area luasan dengan jarak pembentuk luasan.

Tabel 4.15. Perbandingan luasan dengan jarak pembentukan

ID	Luasan (Inters) (m ²)	Selisih TS (m ²)	Pembentuk Luasan (Intersection-Total Station)								
			Selisih Nilai Jarak (m)								
A	486.0154	1.0315	1-5	5-7	7-9	9-2	2-1				
			0.0000	0.0050	0.0308	0.0765	0.0036				
C	287.9900	1.3792	9-17	17-18	18-11	11-10	10-9				
			0.0522	0.0007	0.0316	0.0090	0.0336				
D	447.8285	-1.0004	7-15	15-16	16-17	17-9	9-7				
			0.0845	0.0033	0.0773	0.0522	0.0308				
E	551.4483	-3.7999	16-19	19-20	20-21	21-22	22-18	18-17	17-16		
			0.0352	0.0560	0.1275	0.0256	0.0426	0.0007	0.0773		
G	117.1494	-1.3838	26-30	30-38	38-39	39-40	40-35	35-31	31-27	27-26	
			0.0976	0.0065	0.0531	0.0727	0.0390	0.0428	0.0620	0.0560	
H	36.7495	0.9184	27-28	28-29	29-34	34-33	33-32	32-31	31-27		
			0.0872	0.0007	0.0175	0.0686	0.0015	0.0418	0.0620		
I	70.8375	-1.3766	40-41	41-36	36-34	34-33	33-32	32-31	31-35	35-40	
			0.0066	0.2755	0.1584	0.0686	0.0015	0.0418	0.0428	0.0390	
J	192.7168	-3.5957	20-23	23-25	25-26	26-27	27-28	28-29	29-22	22-21	21-20
			0.0794	0.0189	0.0308	0.0560	0.0872	0.0007	0.0034	0.0256	0.1275

Tabel (4.15) mengindikasikan bahwa area luasan yang dibentuk oleh titik-titik retro di lapangan. Nilai yang tertera pada tabel (4.15) memiliki nilai yang berkisar antara mm hingga cm, jika dibandingkan dengan nilai selisih luasan terbesar terhadap nilai aktual hasilnya adalah m². Hal ini menunjukkan selisih luasan yang tidak mungkin untuk sebuah selisih jarak pembentukan luasan yang relatif kecil. Maka analisa lain tertuju pada titik-titik penghubung dengan memperhatikan nilai RMS hasil proses *space intersection*. Berikut adalah titik penghubung antar bidang yang tertera pada tabel (4.15).

Tabel 4.16. Titik retro pembentuk luasan

Titik	Standart Error			RMS	Luasan bentukan
	X	Y	Z		
7	0.0437	0.0726	0.0557	0.4	A-D
9	0.0448	0.0814	0.0457	0.5	A-D , C-D
16	0.0700	0.1020	0.0907	0.7	D-E
17	0.0571	0.0844	0.0594	0.7	D-E , C-E , C-D
18	0.0486	0.0739	0.0524	0.7	C-E
20	0.0442	0.0566	0.0471	0.6	E-J
21	0.0253	0.0359	0.0253	0.4	E-J
22	0.0388	0.0529	0.0407	0.6	E-J
26	0.0208	0.0256	0.0221	0.3	G-J
27	0.0272	0.0387	0.0271	0.4	G-J , G-H , H-J
28	0.0304	0.0420	0.0310	0.5	H-J
29	0.0235	0.0318	0.0248	0.4	H-J
31	0.0249	0.0342	0.0249	0.4	I-G , I-H , G-H
32	0.0192	0.0267	0.0193	0.3	I-H
33	0.0238	0.0324	0.0242	0.4	I-H
34	0.0210	0.0284	0.0219	0.3	I-H
35	0.0270	0.0391	0.0272	0.4	I-G
36	0.0248	0.0343	0.0260	0.4	I
41	0.0375	0.0536	0.0393	0.6	I
Total RMS Error				0.5	-

Titik-titik retro yang membentuk bidang dan menghubungkan bidang satu dengan yang lain tertera tabel (4.16) memiliki nilai RMS memenuhi persyaratan $RMSE < 1$ piksel (Photometric, 2007). Nilai RMS terbesar yang ditunjukkan tabel (4.16) adalah 0.7 yang dimiliki oleh titik retro nomor 16, 17, 18, 19. Sedangkan RMS dengan nilai 0.6 adalah titik nomor 20, 22, 41.

Selain itu, indikasi juga terdapat pada titik nomor 20, 21, 34, 36 dan 41 yang ditunjukkan dengan nilai selisih jarak dengan Total Station. Penjelasan dari tabel (4.15) dan (4.16) dapat dirangkum bahwa titik-titik yang bermasalah adalah pada titik nomor 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 dan 41 dimana indikasi kesalahan

atau masalah ditunjukkan oleh nilai RMS hasil proses dan selisih jarak *space intersection*. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya kesalahan yang terjadi pada saat pemotretan dan pengukuran lapangan baik itu akibat adanya kesalahan kasar, kesalahan sistematik maupun kesalahan acak. Kemungkinan lainnya adalah nilai pembandingan (*true value*) yakni pengukuran Total Station yang tidak cukup baik dibandingkan dengan pengolahan *software* Australis mengingat presisi pengolahan data internal yang sangat baik.



BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Rangkuman dalam penelitian ini disimpulkan dalam beberapa poin yang menjelaskan seluruh rangkaian pelaksanaan penelitian ini. Berikut adalah kesimpulan yang dapat penulis kemukakan.

1. Kualitas hasil pemotretan foto udara dari UAV dapat diuji dengan metode *space intersection*, hal ini diuji dengan membandingkan objek kajian berupa nilai posisi, jarak dan luasan dengan *bundle adjustment* dan pengukuran Total Station.
 - a. Nilai posisi perbandingan metode *space intersection* dengan *bundle adjustment* berkisar (X) = 0.001240 mm dan 0.000790 mm, sedangkan untuk nilai (Y) = 0.000006 mm dan 0.00002 mm.
 - b. Nilai jarak perbandingan metode *space intersection* dengan nilai pengukuran Total Station berkisar 0.000 m – 0.2755 m dengan selisih 0.0 adalah jarak *scalling* titik retro dari pengukuran Total Station.
 - c. Nilai luasan berkisar antara metode *space intersection* dengan pengukuran Total Station berkisar $0.0067 \text{ m}^2 - 3.799 \text{ m}^2$.
 - d. Perbedaan nilai luasan yang signifikan antara nilai selisih luasan antara hasil proses *space intersection* dengan Total Station dipengaruhi oleh adanya kesalahan baik kesalahan *blunder*, sistematis dan acak dalam pekerjaan lapangan. Indikasi kesalahan karena perubahan *retro point*

akibat adanya kesalahan (*human error*) dan metode pengukuran Total Station yang relatif kurang baik.

- e. Selisih nilai luasan yang signifikan terletak pada bidang E dan J dimana pengaruh terbesar berada pada titik 20, 21 dan 22.
- f. Presentase untuk perbandingan luasan terhadap selisih luasan hasil pengolahan metode *space intersection* dengan pengukuran Total Station sebagai *true value* dalam tabel (5.1) dengan nilai presentase < 2%, sedangkan bidang H > 2% dikarenakan titik retro nomor 34.

Tabel 5.1. Presentase luasan terhadap selisih luasan

ID	Luasan Rerata (m ²)	Selisih Luasan dengan Total Station (m ²)	Presentase Kepercayaan (%)
A	486.5311	1.0315	0.2120
B	314.6451	0.0055	0.0017
C	288.6796	1.3792	0.4778
D	447.3283	-1.0004	0.2236
E	549.5484	-3.7999	0.6915
F	152.7384	0.2006	0.1314
G	116.4575	-1.3838	1.1882
H	37.2088	0.9184	2.4683
I	70.1492	-1.3766	1.9624
J	190.9190	-3.5957	1.8834

2. Metode *space intersection* dapat digunakan dalam mengkaji kualitas pemotretan udara UAV. Hal ini ditunjang dengan nilai kepresisian hasil pengolahan internal proses tersebut dan *software* Australis yang baik yakni dengan simpangan rata-rata mencapai centimeter (cm) hingga millimeter (mm).

3. Kualitas terhadap nilai kepresisian dan akurasi hasil proses pengolahan *space intersection* adalah sangat baik dan dapat berdiri sendiri tanpa harus melalui proses *bundle adjustment*. Hal ini ditunjukkan dengan perbedaan selisih koordinat yang mendekati sama.
4. Kualitas nilai akurasi proses pengolahan *space intersection* terhadap nilai yang dianggap benar (*true value*) yakni pengukuran Total Station adalah sangat baik. Penunjang kualitas akurasi terhadap *true value* adalah nilai selisih akurasi jarak yang mencapai 95,46% dari 44 sampel jarak dan selisih akurasi luasan yang mencapai 90% dari 10 sampel luasan.
5. Metode *space intersection* dengan nilai kepresisian internal dan nilai akurasi yang baik terhadap *true value* memberikan solusi lain dalam pengolahan data pemotretan udara.
6. Metode *space intersection* dengan nilai kepresisian internal dan nilai akurasi yang baik terhadap *true value* memberikan solusi lain dalam penentuan jarak dan luasan bidang untuk pemetaan bidang kadastral hal ini dikuatkan dengan selisih panjang atau jarak < 10 cm dan luasan < 2 % (lihat tabel 5.1). Sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Standar Prosedur Operasi Pengaturan dan Pelayanan (SPOPP) dalam bidang pengukuran kadastral.
7. Metode *space intersection* dalam hasil pemotretan udara *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) pada *Small Format Aerial Photogrammetry* (SFAP) dapat dijadikan metode yang efektif dan efisien baik dalam pengambilan data lapangan, pengolahan data dan hasil atau keluaran data.

8. Pemotretan udara dengan UAV pada *small format aerial photogrammetry* dapat dijadikan solusi alternatif dalam bidang survei dan pemetaan terkhususnya dalam bidang kadastral.

5.2. Saran

Serangkaian hasil dan proses yang telah dilakukan serta kesimpulan yang didapat, penulis memberikan solusi berupa saran dalam kualitas pemotretan udara *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV), berikut adalah poin-poin yang penulis perhatikan.

1. Pemotretan udara UAV dapat dijadikan solusi dalam bidang survei dan pemetaan tetapi perlu diperhatikan dalam proses pengolahan Australis (diagram alir). Hal ini mempengaruhi nilai kualitas hasil jarak dan luasan bentukan *retro point*. Pengupayaan perlu dilakukan dengan meminimalkan nilai RMSE (< 1).
2. Nilai RMS pada setiap titik retro yang dilakukan *plotting*/ekstraksi baik dalam pengolahan *intersection* dan *bundle adjustment* mempengaruhi besarnya nilai selisih luasan area bentukan titik retro tersebut, maka usahakan ekstraksi titik tepat pada *center* dari pusat retro.
3. Posisi dan kondisi *retro point* di lapangan perlu diperhatikan karena mempengaruhi nilai posisi, jarak dan luasan bentukan *retro point* serta kualitasnya.
4. Pengupayaan penelitian lebih lanjut dalam hasil pemotretan udara *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) perlu diteliti lebih lanjut terutama dalam cakupan area yang luas dan perbedaan tinggi terbang pemotretan.

DAFTAR PUSTAKA

- Atkinson, K.B. 1996. *Close Range Photogrammetry and Machine Vision*. Whittles Publishing, Scotland, UK.
- Bashit, Nurhadi. 2012. *Pembuatan Program Bundle Adjustment Multi Photo Korvergen dengan Bahasa C#. Skripsi*. Institut Teknologi Nasional Malang.
- Bobby. 2004. Fotogrametri/GD-6101 Teknik Pengadaan Data dan Sistem Pemetaan. *Diktat Perkuliahan* (diakses pada tanggal 5 November 2013 www.teknikgeodesiitb.edu). Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Brown, D.C.. 1974. *Evolution, Aplication, and Potential of The Bundle Method of Photogrammetric Triangulation*. Geodetic Service Inc Melbourne. Florida.
- Cooper, M. A. R. and Robson S.. 2001. *Theory of Close Range Photogrammetry*. Wittles Publishing. London.
- Clarke, T.A., Cooper, M.A.R. and Fryer, J.G., 1993. *An estimator for the random error in subpixel target location and its use in the bundle adjustment. Optical three-dimensional Measurement Techniques II. Wichmann, Karlsruhe. 624 pages: 161-168.*
- Clarke, T. A.. 1995. *A Frame-Grabber Related Error in Subpixel Target Location* (diakses pada tanggal 1 Januari 2014). *Photogrammetric Record*. Vol XV. No. 86 pp. 315-322.
- Danurwendi, Cahaya. 2012. *Pemanfaatan Fotogrametri Rentang Dekat dalam Bidang Arsitektur Lansekap . Skripsi*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Eisenbeiss, H.. 2004. A Mini Unmanned Aerial Vehicle (UAV): System Overview and Image Acquisition. *International Workshop On "Processing*

and Visualization Using High-Resolution Imagery". 18-20 November 2004, Pitsanulok, Thailand. Diakses 10 November 2013.
http://www.photogrammetry.ethz.ch/pitsanulok_workshop/papers/11.pdf.

Faig, W. and T. Y. Shih. *A Solution for Space Resection in Closed Form (paper no 547_XXVII-part5 Department of Surveying Engineering, University of New Brunswick)*. Fredericton, N. B. Canada.

Hattori, S., K. Akimoto, C. Fraser and H. Inamoto. 2002. *Automated Procedure with Code Target in Industrial Vision Metrology. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 68(5) : 441-446* (Diakses pada tanggal 14 Januari 2014).

Herianto. 2013. *Pemodelan Model Tiga Dimensi (3D) Virtual dengan Teknik Close Range Photogrammetry. Skripsi*. Institut Teknologi Nasional. Malang.

H. Schultz, D. Slaymaker, C. Holmes, F. Stolle, A. Hanson, E. Riseman. *Integrating Small Format Aerial Photography, Videography, and a Laser Profiler for Environmental Monitoring (Paper by Grants from National Science Foundation and the National Fish and Wildlife Foundation)* diakses 17 November 2013.

Lin, Z.,. 2008. UAV for Mapping - Low Altitude Photogrammetric Survey. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Volume XXXVII. Part B1. Beijing 2, 1183-1186pp.

Liu, Albert S.. 2010. *Pembuatan Program untuk Penentuan Restitusi Bundle Adjustment dengan C# Visual Studio 2008. Skripsi*. Intitut Teknologi Nasional. Malang.

Manual Book Topcon 235. Instruction Manual Electronic Total Station (GTS-235N Series) diakses pada tanggal 13 Februari 2014 keywords *GTS230N_im.pdf. Japan Surveying Instrument Manufacture Association (JSIMA).*

Matthews, N. A. 2008. *Aerial and Close-Range Photogrammetric Technology: Providing Resource Documentation, Interpretation, and Preservation. Technical Note 428.* U.S. Department of the Interior, Bureau of Land Management, National Operations Center, Denver, Colorado. 42 pp.

Mikhail, E. M., Bethel, J. S. and McGlone, C. J. 2001. *Introduction to Modern Photogrammetry.* New York: John Wiley & Sons, Inc.

Moe, Donald and Aparajithan Sampath, Jon Christopherson, Mike Benson. *Self Calibration of Small and Medium Format Digital Camera (Papper ISPRS TC VII Symposium – 100 Years ISPRS, Vienna, Austria, July 5-7 2010, IAPRS, Vol. XXVIII, Part 7B)* diakses tanggal 17 November 2013.

Nugroho, Daniel Adi. 2003. *Pembuatan Model Permukaan Digital dari Sumber Citra Aster secara Semi Otomatis. Skripsi.* Universitas Gadjah Mada (UGM). Yogyakarta.

Photometric. 2007. *User Manual for Australis (Manual book by Photometric October 2007, www.photometric.com.au).* Australia.

Prastyo, Akhmad Didik. 2011. *Aplikasi Fotogrametri Jarak Dekat untuk Pemodelan 3D Candi Gedong Songo. Skripsi.* Universitas Diponegoro. Semarang.

Scheck, T.. 1999. *Digital Photogrammetry.* Terra Science Ohio. USA.

- Snow, Walter L. and Mark R. Shortis. *Calibration of CCD Cameras for Field and Frame Capture Models (Conference on Digital Photogrammetry and Remote Sensing '95, St. Petersburg-Great Lakes, Russia, June 25-30 1995)*.
- Soeta'at. 1994. *Diktat Fotogrametri Analitik*. Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Srinivasan, S., Latchman, H., Shea J., Wong, T. dan McNair, J., (2004). Airborne Traffic Surveillance Systems-Video Surveillance of Highway Traffic. *International Multimedia Conference. Proceedings of the ACM 2nd International Workshop on Video Surveillance & Sensor Networks (VSSN '04)*. 15 October 2004. ACM New York, NY, USA: 131-135.
- Standar Prosedur Operasi Pengaturan dan Pelayanan (SPOPP). 2005. *Pelayanan Pengukuran dan Pendaftaran Tanah*. Badan Pertanahan Nasional. Jakarta.
- Trinder, J. C., 1989. *Precision of digital target location. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 55 (6) : 883-886.
- Trings, B., McLauchlan P. F., Hartley R. I, and Fitzgibbon A. W.. 2000a. *Bundle Adjustment – A Modern Synthesis*. Lecture Notes in Computer Science 1883: 298-372.
- Trings, B., McLauchlan P. F., Hartley R. I, and Fitzgibbon A. W.. 2000b. *Bundle Adjustment – A Modern Synthesis*. INRIA Rh^{one}-Alpes, Montbonnot. France.
- UAV Forum. 2008. *Librarian's Desk (FAQ)*. Diakses 11 November 2013. <http://www.uavforum.com/library/librarian.htm>.
- Wan Juliyana binti Wan Abd Razak. 2012. *Ketepatan Planimetris Foto Udara Digital Unmanned Aerial Vehicle untuk Menyokong Pemetaan Berskala*

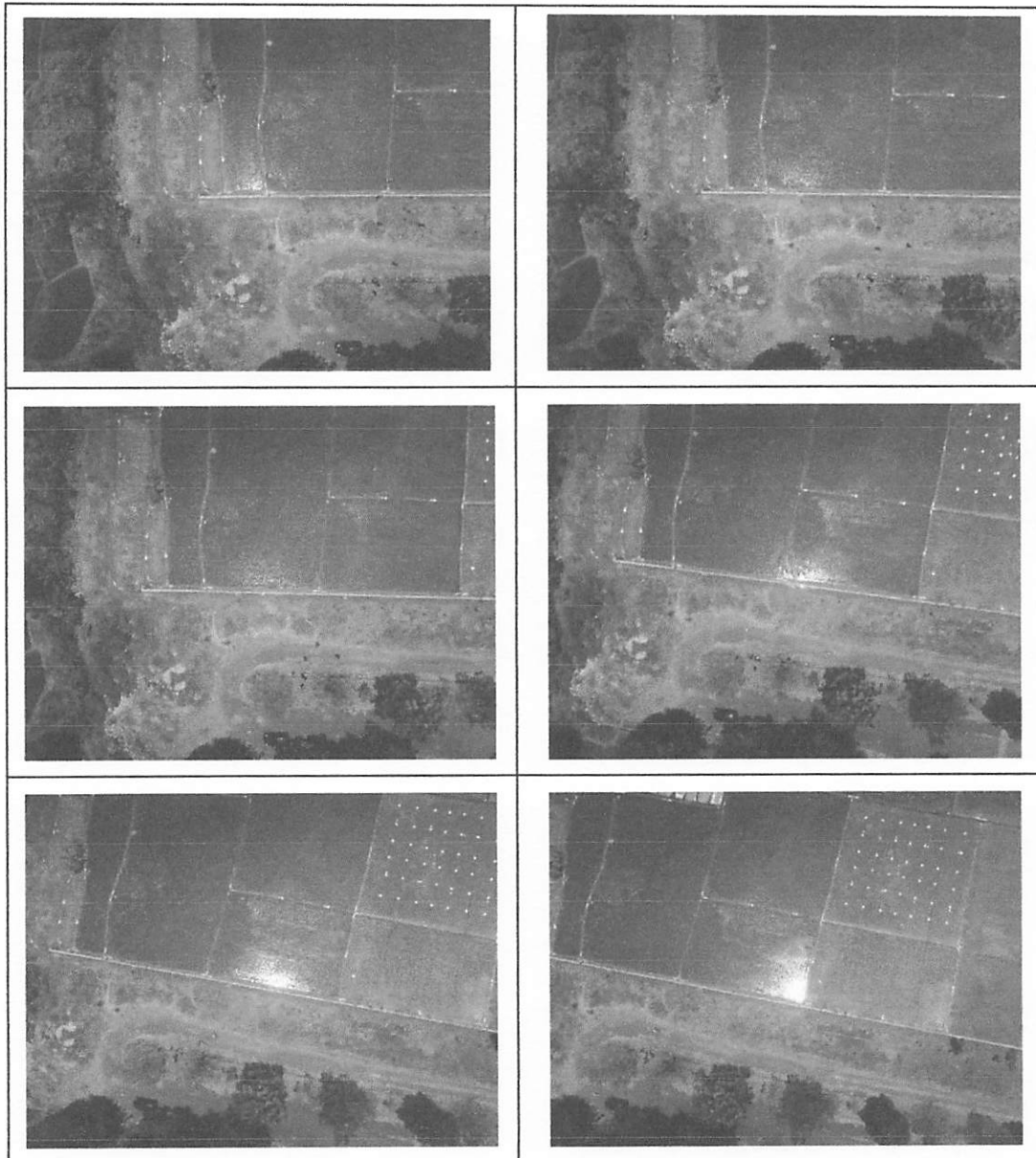
- Besar*. Tesis Sarjana Sains (Geoinformatika) Universiti Teknologi Malaysia (UTM).
- Wang, X. and Clarke T. A.. 1999. *Separate Adjustment of Close Range Photogrammetric Measurement*. City University. London.
- Wikipedia (www.wikipedia.com akses 17 November 2013 berkala 2014).
- Wihasti, Irene Septifa. 2013. *Pengaruh Jarak Pemotretan terhadap Ketelitian Koordinat Titik Cek pada Teknik Fotogrametri Jarak Dekat*. Skripsi Sarjana (S-1) Universitas Gadjah Mada (UGM).
- Wolf, P. R.. 1983. *Elements of Photogrammetry, with Air Photo Interpretation and Remote Sensing*. (3rd ed.). Japan: McGraw-Hill International Book Company.
- Wolf, P.R, 2000, *Element of Photogrammetry*, Edisi ke-2 McGraw-Hill Book Company, A Division of McGraw-Hill, Inc.
- Wolf, P. R. and Dewitt, B. A. 2000. *Elements of Photogrammetry: with Applications in GIS*. New York: Mc. Graw-Hill Companies Inc.
- Yao Jianchao and Chia Tien Chern. 2001. *Comparoson Of Newton-Gauss with Levenberg- Marquardt Algorithm for Space Resection. Singapore (Paper presented at the 22nd Asian Conference on Remote Sensing, 5-9 November 2001)*.



LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

DATA FOTO



Hasil pemotretan udara UAV area kampus II ITN Malang dengan kamera Coolpix P300

Data foto diatas berupa sampel dari beberapa foto yang dihasilkan oleh kamera pada *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV), untuk foto-foto lainnya telah didokumentasikan pada *file softcopy* yang tersimpan di *Compact Disk* (CD). Nilai-nilai spesifikasi kamera dan nilai parameter telah di bahas dan dapat dilihat pada tabel (3.1).

LAMPIRAN 2

DATA PROSES KAMERA KALIBRASI

Australis Bundle Adjustment Results: Camera Parameters

18 January, 2014 11:35:22

Project: E:\Materi Kuliah\ITN\Skrripsweet New Common\Data Penelitian UAV\
Kalibrasi3\KalibrasiProject1.aus

Adjustment: Free-Network

Number of Points: 42

Number of Images: 13

RMS of Image coords: 33.47 (um)

Results for Camera 1 NIKKON COOLPIX Lens NIKKON

Sensor	Size	Pixel	Size	(mm)
	H	4000	0.001	
	V	3000	0.001	

Camera Variable	Initial Value	Total Adjustment	Final Value	Initial Std.Error	Final Std.Error	
C	3.7989	0	3.7989	1.00E+03	0.00E+00	(mm)
XP	0.1268	0	0.1268	1.00E+03	0.00E+00	(mm)
YP	1.212	0	1.212	1.00E+03	0.00E+00	(mm)
K1	3.17E-03	0.00E+00	3.17E-03	1.00E+03	0.00E+00	
K2	-3.65E-04	0.00E+00	-3.65E-04	1.00E+03	0.00E+00	
K3	2.43E-05	0.00E+00	2.43E-05	1.00E+03	0.00E+00	
P1	-1.69E-03	0.00E+00	-1.69E-03	1.00E+03	0.00E+00	
P2	1.41E-03	0.00E+00	1.41E-03	1.00E+03	0.00E+00	
B1	-2.18E-01	0.00E+00	-2.18E-01	1.00E+03	0.00E+00	
B2	1.08E-02	0.00E+00	1.08E-02	1.00E+03	0.00E+00	

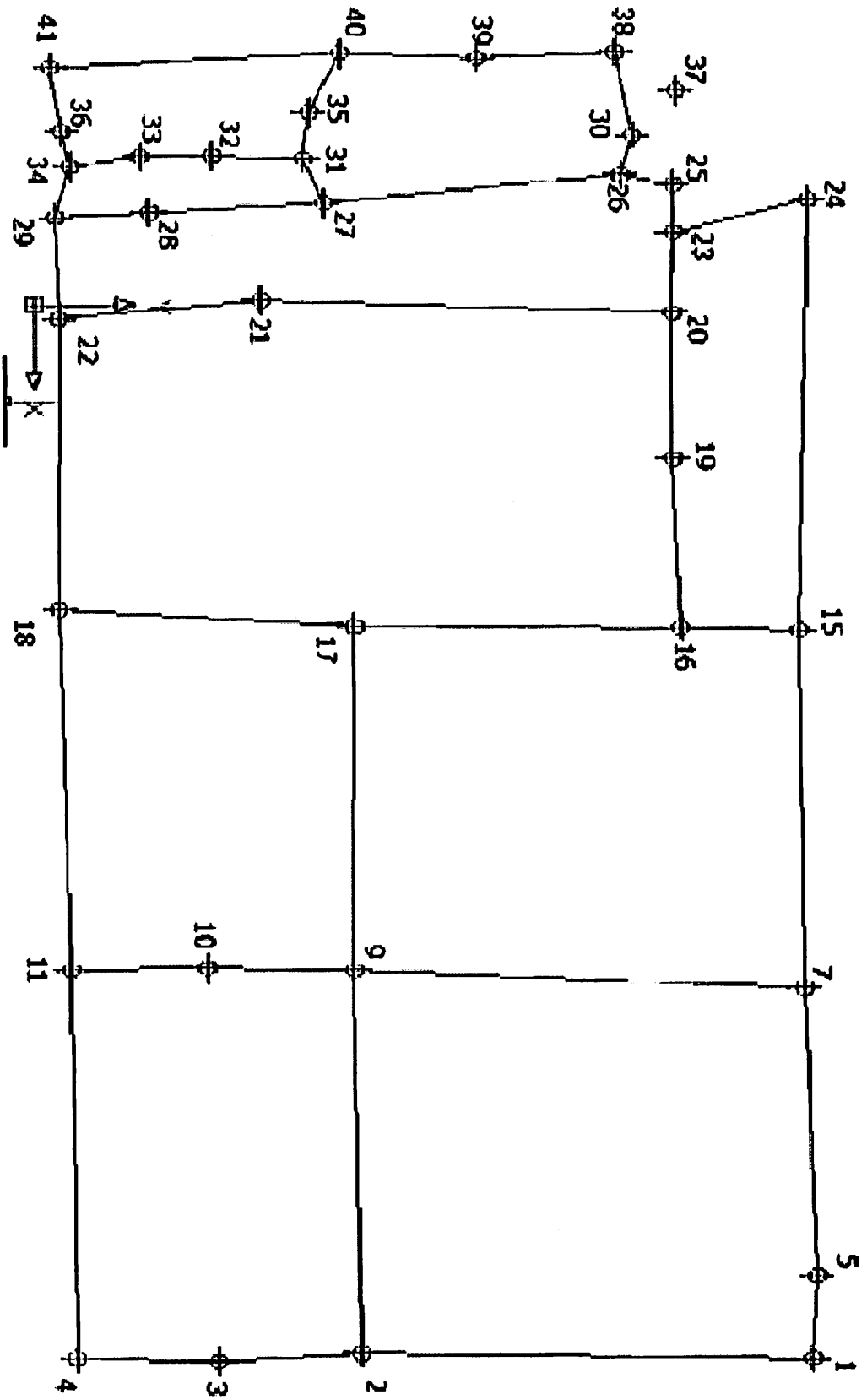
Maximum Observational Radial Distance Encountered: 3.8 mm

Exterior Orientation Summary (Xc, Yc, Zc are in project units, rotations are in decimal degrees)

Station	Image	Xc	Yc	Zc	Alpha	Elev.	Roll
1	Image001	21.58501	-221.641	221.5186	-1.45428	9.743712	0.286206
2	Image002	-617.139	-206.714	275.2472	-25.7255	6.007121	-17.3921
3	Image003	-812.793	-127.111	299.7019	-42.3598	-0.38822	-24.7177
4	Image004	-1104.23	104.0377	445.8447	-66.5235	-16.5287	-37.1583
5	Image005	-1181.24	310.833	584.5215	-67.7134	-17.253	-36.7959
6	Image006	-753.777	1714.807	1697.327	-149.766	-58.4118	-17.7595
7	Image007	-144.414	1982.604	1943.798	159.9851	-59.8476	14.09694
8	Image008	1789.333	390.9387	569.6834	72.26652	-16.4935	39.71534
9	Image009	1770.185	81.98321	347.3532	71.49556	-21.4535	41.10611
10	Image010	1453.172	-575.684	-170.316	22.78832	7.035094	17.56284
11	Image011	1101.455	-760.967	-293.158	20.39334	9.532098	13.74944
12	Image012	568.8906	-952.06	-410.487	8.053674	11.44114	6.475448
13	Image013	486.5634	-886.664	-471.111	10.11957	17.26622	7.353135

LAMPIRAN 3

SKETSA SEBARAN TITIK RETRO



LAMPIRAN 4

HASIL PROSES ORIENTASI RELATIF

Australis Relative Orientation

18 January, 2014 11:35:22

Label	Point Coordinates			Standart Errors		
	X	Y	Z	sX	sY	sZ
14	630.6057	1067.446	354.8932	0	0	0
18	410.4784	1066.628	26.53189	0	0	0
21	-5.30432	1068.227	251.3328	0	0	0
27	-136.083	1079.593	321.3311	0	0	0
28	-124.279	1079.047	128.5162	0	0	0
31	-195.686	1088.459	298.5736	0	0	0
32	-199.899	1087.261	197.2662	0	0	0
33	-198.778	1086.583	118.7363	0	0	0

LAMPIRAN 5
HASIL PROSES *RESECTION*

Australis Resection Results

27 January, 2014 12:41:40 AM

Results for Image001

Station Variable	Final Value	Computed Standard Error
X	130.0348	3.24E-02
Y	-218.168	5.42E-02
Z	318.4094	3.45E-02
AZ	0.1143	3.35E-02
EL	-0.3464	3.79E-02
ROLL	0.0379	1.59E-02

Results for Image002

Station Variable	Final Value	Computed Standard Error
X	5190.463	3.04E-02
Y	-2472.59	4.80E-02
Z	-163.621	3.19E-02
AZ	1.3274	3.29E-02
EL	0.1495	3.46E-02
ROLL	1.3623	1.39E-02

Resected residuals for Image001

POINT	X Residual(um)	Y Residual(um)
14	0.2	0.2
17	-0.2	-0.2
18	-0.4	-0.7
21	0.1	0.4
22	1	0.2
27	-0.2	-0.1
28	-0.3	1.2
29	-0.5	0.2
31	0.1	-0.4
32	0.1	0
33	0	0.8
34	-0.2	0
35	0.4	-0.8
36	-0.3	-0.5
39	-0.5	0.4
40	0.1	-0.3
41	0.4	-0.6
RMS	0.4	0.5
Total RMS	0.4	

Resected residuals for Image002

POINT	X Residual(um)	Y Residual(um)
12	-0.7	0.2
14	0.2	0.6
17	-0.1	-0.1
18	0.3	-0.6
21	-0.3	0.4
22	-0.7	-0.2
27	0	-0.1
28	-0.3	0.3
29	-0.5	-0.5
31	0.4	-0.1
32	0.2	0.2
33	-0.1	0.4
34	-0.1	-0.6
35	0.5	0.3
36	0.3	-0.6
39	0.3	0.8
40	0.5	0.3
41	0.3	-0.7
RMS	0.4	0.4
Total RMS	0.4	

////////////////////////////////////

Results for Image003

Station Variable	Final Value	Computed Standard Error
X	10575.13	2.72E-02
Y	-3622.05	3.59E-02
Z	102.1036	2.63E-02
AZ	1.0038	4.21E-02
EL	1.4816	2.42E-02
ROLL	2.2272	1.03E-02

Results for Image004

Station Variable	Final Value	Computed Standard Error
X	20781.19	3.83E-02
Y	-5286.79	5.35E-02
Z	603.725	3.80E-02
AZ	1.7074	4.34E-02
EL	-0.1935	3.66E-02
ROLL	8.3223	1.44E-02

Resected residuals for Image003

POINT	X Residual(um)	Y Residual(um)
9	-0.4	0.1
10	-0.1	0
11	0.5	-0.3
12	-0.1	0.2
14	-0.6	0.1
17	-0.7	-0.5
18	0.7	-0.2
21	-0.3	0.8
22	-0.8	0
26	0	0.6
27	0.1	0.3
28	-0.6	0.1
29	0	-0.2
30	0	0.4
31	0.2	0.2
32	0.2	0.2
33	0.7	0
34	0.1	-0.3
35	0.1	0
36	0.2	-0.7
38	0.3	0.2
39	0.3	0.1
40	0.1	-0.1
41	0.1	-0.8

Resected residuals for Image004

POINT	X Residual(um)	Y Residual(um)
6	0.4	-0.2
9	1	-0.5
10	-0.9	0.3
11	0	0.1
12	0.4	-0.5
14	0.3	-1.1
17	-0.2	-0.1
18	-0.4	1.4
21	0.4	0.6
22	0.7	1
27	-0.4	-0.1
28	0.3	-0.1
29	0.4	0.3
31	-0.7	-0.1
32	-0.3	0.2
33	-0.4	-0.2
34	0.5	0.4
35	-0.7	-0.4
36	0.4	-0.1
39	-0.4	-1.2
40	-0.4	-0.2
41	-0.1	0.2

RMS Total 0.4 0.4

RMS Total 0.5 0.6

RMS 0.4 RMS 0.5

////////////////////////////////////

Results for Image005

Station Variable	Final Value	Computed Standard Error
X	29508.51	2.95E-02
Y	-6676.53	3.64E-02
Z	1560.506	2.80E-02
AZ	2.4628	3.62E-02
EL	1.5277	2.32E-02
ROLL	11.1176	9.65E-03

Results for Image006

Station Variable	Final Value	Computed Standard Error
X	37771	4.05E-02
Y	-8246.36	5.24E-02
Z	3379.322	4.08E-02
AZ	1.9299	4.32E-02
EL	2.5107	2.87E-02
ROLL	11.609	1.39E-02

Resected residuals for Image005

POINT	X Residual(um)	Y Residual(um)
3	-0.2	0.2
4	0.5	0.6
5	0.2	0.5
6	0.9	0.3
8	-0.4	-0.6
9	-1	-0.3
10	0	0.1
11	0	-0.2
12	-0.4	-0.1
14	-0.1	-0.4
16	1	-0.2
17	-0.9	-0.6
18	-0.3	-0.8
21	0.4	0
22	0.5	-0.3
27	0.3	0.1
28	0.3	0.1
29	0	-0.1
31	0.5	0.3
32	-0.5	0.1
33	0.1	0.1
34	-0.2	0
35	0.1	0.1
36	0.4	0.8
39	-0.3	0.2
40	-0.3	0.3
41	-0.5	0

Resected residuals for Image006

POINT	X Residual(um)	Y Residual(um)
1	0.1	0
2	-0.3	0.1
3	1.1	-0.4
4	0.3	-0.8
5	-0.3	-0.4
6	-0.1	-0.1
7	-0.5	-0.1
8	-1.2	-0.7
9	0.2	0.5
10	1.1	0.4
11	0.2	-0.4
12	-0.4	0.5
14	-0.8	0.5
16	-0.2	-0.3
17	0	-0.4
18	0.8	0.1
21	0.2	0.5
22	0.4	0.6
26	-0.6	-0.3
27	0.7	0.3
30	-1.5	-0.1
31	0.7	0.6
RMS Total	0.7	0.4
RMS	0.6	

RMS	0.5	0.4
Total		
RMS	0.4	

////////////////////////////////////

Results for Image023

Station Variable	Final Value	Computed Standard Error
X	38491.89	4.25E-02
Y	-15274.4	5.98E-02
Z	21676.92	4.22E-02
AZ	2.2378	2.82E-02
EL	2.0664	2.99E-02
ROLL	13.8779	1.38E-02

Results for Image024

Station Variable	Final Value	Computed Standard Error
X	20663.13	4.40E-02
Y	-15512.8	6.46E-02
Z	18739.86	4.38E-02
AZ	3.0201	3.59E-02
EL	1.5959	3.80E-02
ROLL	10.4187	1.52E-02

Resected residuals for Image023

POINT	X Residual(um)	Y Residual(um)
1	-0.1	0.1
2	0.3	-0.1
3	-1	0.3
4	-0.4	0.3
5	0.5	-0.2
6	-0.3	-0.2
7	0.4	0.4
8	0.8	0.2
9	0.6	-0.3
10	0.2	0.2
11	-0.5	1.2
12	-0.6	-0.1
14	-0.9	-0.3
15	-0.5	-0.3
17	0	0.2
18	0	-0.5
19	-0.3	1.5
20	-0.6	0.7
21	0.1	-0.7
22	-1	-1.1
23	-0.4	1.2
24	0.2	0.1
25	0.9	0.1

Resected residuals for Image024

POINT	X Residual(um)	Y Residual(um)
4	-0.4	0
6	0.2	-0.7
7	-0.2	0.1
9	-0.6	-0.1
10	-0.1	0.3
11	0	0
12	0.2	-0.3
14	0.9	0.3
15	0.2	0.2
18	-1.1	1.2
20	1.1	0.3
21	0.4	0.6
22	-1.1	0.1
23	-1.7	1.3
25	0.1	-0.5
26	0.4	0.3
27	0.4	0.2
28	-0.1	0
29	0.8	-0.2
30	0.5	0.1
31	-1.3	-0.1
32	0.6	-0.4
33	-0.1	-0.9

26	0.6	0.1	34	-0.6	-0.6
27	1	-1.4	37	-0.1	0.2
28	-1	0	38	0.3	0
29	0.6	-0.8	39	0.6	-0.2
30	1.4	0.6	40	-0.3	0.3
31	-0.1	-1.1	41	1.2	-1.6
37	0.1	0.4			
38	0.2	-0.3			
			RMS	0.7	0.5
			Total		
			RMS	0.6	
RMS	0.6	0.6			
Total					
RMS	0.6				

////////////////////////////////////

Results for Image027

Results for Image028

Station Variable	Final Value	Computed Standard Error	Station Variable	Final Value	Computed Standard Error
X	-18294.8	3.84E-02	X	-37132.8	2.41E-02
Y	-15540.7	7.49E-02	Y	-6225.78	4.54E-02
Z	10485.16	4.08E-02	Z	13460.49	2.59E-02
AZ	0.7217	4.40E-02	AZ	0.6173	3.32E-02
EL	-1.3207	6.04E-02	EL	0.764	4.84E-02
ROLL	10.6186	2.16E-02	ROLL	14.1602	1.77E-02

Resected residuals for Image027

Resected residuals for Image028

POINT	X Residual(um)	Y Residual(um)	POINT	X Residual(um)	Y Residual(um)
18	0.4	1	21	-0.4	-0.1
20	-0.4	0.9	22	0	0.1
21	-0.5	0.2	24	-0.2	-0.7
22	0	-0.1	25	0	0.3
23	0.1	0.2	26	0.4	0.2
24	0.7	-0.1	27	0	-0.3
25	0.1	-0.2	28	0.3	-0.3
26	-0.2	-0.3	29	0	0.2
27	-0.4	0.3	30	0.6	0.2
28	-1.7	0.1	31	0	-0.2
29	-0.1	-0.3	32	-0.3	0
30	-0.1	-0.2	33	0.2	-0.4
31	0.2	0.3	34	0.4	0.2

32	-0.9	0	35	-0.1	0
33	-0.1	-1	36	0.6	0.1
34	0.5	-0.5	37	0.1	0.2
35	0.1	0.6	38	-0.2	0.2
36	0	-0.5	39	-0.5	0.2
37	0.5	-0.6	40	-0.9	-0.1
38	0.3	-0.1	41	0.1	0.4
39	0.4	0.4			
40	0.8	0.5	RMS	0.4	0.3
			Total		
41	0.2	-0.6	RMS	0.3	
RMS	0.5	0.5			
Total					
RMS	0.5				

//

Results for Image031

Results for Image032

Station Variable	Final Value	Computed Standard Error	Station Variable	Final Value	Computed Standard Error
X	-32903.6	2.42E-02	X	-28829.7	1.23E-02
Y	8800.089	4.11E-02	Y	8890.865	2.04E-02
Z	10378.03	2.60E-02	Z	10973.92	1.35E-02
AZ	0.6942	3.78E-02	AZ	1.4171	1.96E-02
EL	1.8508	5.48E-02	EL	0.4661	2.91E-02
ROLL	1.6236	2.00E-02	ROLL	4.7634	9.29E-03

Resected residuals for Image031

Resected residuals for Image032

POINT	X Residual(um)	Y Residual(um)	POINT	X Residual(um)	Y Residual(um)
26	-0.4	0.5	25	0	0
30	-0.1	0	26	-0.2	0
31	0.3	0.3	27	0.2	0.2
32	0.1	-0.3	28	-0.3	-0.2
33	-0.4	-0.3	29	-0.4	0.1
34	-0.4	-0.3	30	0	0
35	0.7	0.2	31	0.1	0
36	-0.3	-0.2	32	-0.1	0.3
37	-0.5	-0.2	33	0.1	-0.1
38	0.3	0	34	0	-0.2
39	0.5	-0.2	35	-0.1	0.1

	40	0.3	0.1	36	0.4	-0.2
	41	0.1	0.4	37	0.1	-0.2
				38	0.1	0.1
RMS		0.4	0.3	39	0	-0.2
Total				40	-0.4	0
RMS		0.3		41	0.1	0.2
				RMS	0.2	0.2
				Total		
				RMS	0.2	

////////////////////////////////////

Results for Image033

Results for Image034

Station Variable	Final Value	Computed Standard Error	Station Variable	Final Value	Computed Standard Error
X	-23918	1.99E-02	X	-16686.2	1.80E-02
Y	8804.06	3.21E-02	Y	8550.246	2.98E-02
Z	11564.67	2.19E-02	Z	12130.03	1.95E-02
AZ	1.5905	3.04E-02	AZ	1.0774	2.35E-02
EL	-0.1778	4.57E-02	EL	0.6443	3.55E-02
ROLL	4.2509	1.32E-02	ROLL	3.8257	1.06E-02

Resected residuals for Image033

Resected residuals for Image034

POINT	X Residual(um)	Y Residual(um)	POINT	X Residual(um)	Y Residual(um)
21	0.3	-0.4	20	-0.2	-0.4
22	-0.7	0	21	-0.5	-0.3
23	0	-0.3	22	0.2	-0.5
25	-0.1	0.2	23	0.3	0
26	0	-0.2	25	0.1	0.4
27	0.3	0.1	26	0.1	0.1
28	0.4	-0.2	27	-0.5	0
29	0.8	-0.1	28	-0.2	-0.3
30	0.2	-0.2	29	0.4	-0.2
31	-0.3	0.1	30	-0.3	-0.1
32	0.2	0	31	-0.4	0
33	0	0.2	32	0	0.1
34	0.4	0	33	-0.1	-0.2
35	-0.7	0	34	0	0.2
36	-0.1	0.1	35	0.4	0

37	0.1	0.4	36	0.1	0.2
38	0.1	0.1	37	0	0.2
39	-0.4	-0.3	38	-0.5	-0.2
40	-0.4	0	39	-0.1	0.3
41	-0.1	0.5	40	0.7	0.3
			41	0.4	0.4
RMS	0.4	0.2			
Total			RMS	0.3	0.2
RMS	0.3		Totl		
			RMS	0.3	

////////////////////////////////////

Results for Image035

Station Variable	Final Value	Computed Standard Error
X	-8914.68	2.33E-02
Y	8631.859	3.79E-02
Z	12718.78	2.40E-02
AZ	0.8974	2.73E-02
EL	0.8144	3.07E-02
ROLL	3.3975	1.16E-02

Results for Image036

Station Variable	Final Value	Computed Standard Error
X	666.3615	3.46E-02
Y	8994.026	5.36E-02
Z	13522.67	3.47E-02
AZ	1.5335	3.27E-02
EL	1.2934	3.34E-02
ROLL	3.414	1.58E-02

Resected residuals for Image035

POINT	X Residual(um)	Y Residual(um)
19	0	0
20	0.6	0.1
21	-0.1	-0.2
22	0.1	-0.4
23	0.2	0
25	0	0
26	0	0
27	0.5	0.4
28	0.5	-0.2
29	0	0.4
30	0	-0.4
31	0.1	0.2
32	0.4	-0.8
33	0.2	-0.1
34	0.1	0.5

Resected residuals for Image036

POINT	X Residual(um)	Y Residual(um)
17	1.9	1.4
18	-0.9	-0.4
19	0.5	-0.5
20	0.4	-0.8
21	0.4	-0.6
22	0.8	1.3
23	0.1	-0.3
25	-0.1	0
26	0.1	-0.4
27	-1	-0.2
28	0.3	0.5
29	-0.1	0.4
30	-0.1	-0.5
31	-0.6	-0.4
32	0.1	0

35	-0.9	0	33	0	0.8
36	0.1	0.3	34	0	0.4
37	-0.2	-0.5	35	-0.1	-0.6
38	-0.2	-0.6	36	-0.4	0.2
39	-0.5	0.5	37	-0.1	0.5
40	-1.1	0.3	38	-0.6	0.3
41	-0.2	0.6	39	0.1	-0.2
			40	0.2	-0.7
RMS	0.4	0.4	41	-1	-0.4
Total					
RMS	0.4				
			RMS	0.6	0.6
			Total		
			RMS	0.6	
Total					

////////////////////////////////////

Results for Image037

Results for Image038

Station Variable	Final Value	Computed Standard Error	Station Variable	Final Value	Computed Standard Error
X	9990.585	1.74E-02	X	18425.2	2.59E-02
Y	9274.538	2.41E-02	Y	9583.261	3.29E-02
Z	14624.82	1.79E-02	Z	15429.3	2.59E-02
AZ	1.2111	1.43E-02	AZ	1.7188	1.68E-02
EL	1.9304	2.02E-02	EL	-0.1247	1.98E-02
ROLL	4.0126	7.39E-03	ROLL	2.5249	9.79E-03

Resected residuals for Image037

Resected residuals for Image038

POINT	X Residual(um)	Y Residual(um)	POINT	X Residual(um)	Y Residual(um)
13	0.1	-0.1	8	0.5	0.8
14	-0.4	0.1	9	0.3	0.6
15	0.4	-0.4	10	-0.4	-0.1
16	0.7	0.5	11	-0.2	0.1
18	0	0.2	12	0.3	0.1
19	-0.4	0.4	14	0	-0.3
20	-0.5	-0.5	16	-0.3	-0.9
21	0	0.3	18	0.9	-0.5
22	-0.2	0.3	19	0.2	-0.7
23	-0.3	-0.5	20	-0.3	-0.9
25	-0.2	-0.3	21	0.2	-0.2

26	0	0.3	22	0.2	-0.6
27	0.2	0.1	23	0.6	-0.8
28	0.6	-0.3	25	-0.4	-0.2
29	-0.1	0.1	26	-0.1	0.2
30	0	0.1	27	-0.5	0
31	0.6	0.1	28	0.2	-0.2
32	0	-0.2	29	-0.3	0
33	-0.2	-0.4	30	-0.6	0.9
34	-0.3	-0.2	31	-0.2	0.3
35	0.1	-0.1	32	0	0.6
36	-0.4	-0.2	33	0.2	0.2
37	0.3	-0.2	34	0	0.5
38	0	0.6	35	0	0.8
39	0	0.4	36	-0.3	0.7
40	0.2	-0.3			
41	0	0.2	RMS	0.4	0.5
			Total		
			RMS	0.5	
RMS	0.3	0.3			
Total					
RMS	0.3				

////////////////////////////////////

Results for Image071

Results for Image072

Station Variable	Final Value	Computed Standard Error	Station Variable	Final Value	Computed Standard Error
X	-30944.8	3.00E-02	X	32172.85	3.41E-02
Y	16800.63	3.29E-02	Y	11013.96	4.44E-02
Z	58651.34	5.38E-02	Z	26767.91	3.31E-02
AZ	-13.1464	3.29E-02	AZ	55.9662	2.69E-02
EL	-51.8639	2.05E-02	EL	1.7273	3.59E-02
ROLL	-162.058	1.78E-02	ROLL	90.2204	1.61E-02

Resected residuals for Image071

Resected residuals for Image072

POINT	X Residual(um)	Y Residual(um)	POINT	X Residual(um)	Y Residual(um)
17	0.7	-0.5	20	0.4	0.4
18	-1.2	0.4	21	-0.3	-0.5
20	-1	-0.4	22	0.1	-0.5
21	0.4	0.3	23	0.3	-0.1
22	0.4	0.5	24	-0.1	0.8

23	-0.4	-0.1	25	0.1	-0.1
24	0.4	0	26	-0.2	-0.5
25	0.1	0.2	27	-0.2	0
26	0.1	0.2	28	-0.4	0.1
28	0.4	-0.2	29	0.2	0.3
29	0.6	0.1	30	0.3	-0.2
30	0.5	-0.2	31	0	0
31	0.1	0.1	32	0	0.2
32	0	-0.3	33	0.2	0.2
33	-0.1	-0.3	34	0.1	0
34	0.5	-0.2	37	0.4	-0.2
35	-0.3	0.1	38	-0.2	-0.4
36	0.2	-0.1	39	-1.5	-0.3
37	0.3	0.6	41	0.8	0.6
38	0	0.1			
39	-0.7	-0.3	RMS	0.5	0.4
			Total		
40	-0.9	0.1	RMS	0.4	
RMS	0.5	0.3			
Total					
RMS	0.4				

////////////////////////////////////

Results for Image83

Station Variable	Final Value	Computed Standard Error
X	29434.4	3.66E-02
Y	-1281.62	4.55E-02
Z	32442.2	3.60E-02
AZ	2.2268	4.14E-02
EL	-7.0179	2.49E-02
ROLL	-8.0661	1.28E-02

Resected residuals for Image083

POINT	X Residual(um)	Y Residual(um)
5	-0.2	-0.1
6	-1.2	0.4
7	0.4	-0.2
9	-0.3	-0.3
10	0.9	-1

11	0.2	-0.2
12	1	0.2
13	-0.1	0.1
14	1	0.5
15	-0.4	0.6
16	-1.4	0.5
18	-0.4	0
20	-0.5	0.1
21	-0.6	-0.3
23	0	-0.1
24	0.2	1.1
25	0.1	-0.1
26	0.2	-0.7
27	-0.1	-0.4
28	0.4	0.3
30	0.9	-0.7
31	0.2	0
32	0.1	0
33	-0.5	0.3

RMS 0.6 0.5
Total
RMS 0.5



LAMPIRAN 6
HASIL PROSES *INTERSECTION*

Australis Triangulation Results

27 January, 2014 0:41:44

Quick Summary

Project E:\Materi
 Kuliah\ITN\SkripsweetNewCommon\DataPenelitianUAV\DataProses4\DataProject4.aus
 Number of Points: 41
 Number of Images: 21

Stations
 Used

FileName	X	Y	Z	Azimuth	Elevation	Roll
DSCN5753.tif	130.0348	-218.168	318.4094	0.1143	-0.3464	0.0379
DSCN5754.tif	5190.463	-2472.59	-163.621	1.3274	0.1495	1.3623
DSCN5755.tif	10575.13	-3622.05	102.1036	1.0038	1.4816	2.2272
DSCN5756.tif	20781.19	-5286.79	603.725	1.7074	-0.1935	8.3223
DSCN5757.tif	29508.51	-6676.53	1560.506	2.4628	1.5277	11.1176
DSCN5758.tif	37771	-8246.36	3379.322	1.9299	2.5107	11.609
DSCN5775.tif	38491.89	-15274.4	21676.92	2.2378	2.0664	13.8779
DSCN5777.tif	20663.13	-15512.8	18739.86	3.0201	1.5959	10.4187
DSCN5780.tif	-18294.8	-15540.7	10485.16	0.7217	-1.3207	10.6186
DSCN5781.tif	-37132.8	-6225.78	13460.49	0.6173	0.764	14.1602
DSCN5784.tif	-32903.6	8800.089	10378.03	0.6942	1.8508	1.6236
DSCN5785.tif	-28829.7	8890.865	10973.92	1.4171	0.4661	4.7634
DSCN5786.tif	-23918	8804.06	11564.67	1.5905	-0.1778	4.2509
DSCN5787.tif	-16686.2	8550.246	12130.03	1.0774	0.6443	3.8257
DSCN5788.tif	-8914.68	8631.859	12718.78	0.8974	0.8144	3.3975
DSCN5789.tif	666.3615	8994.026	13522.67	1.5335	1.2934	3.414
DSCN5790.tif	9990.585	9274.538	14624.82	1.2111	1.9304	4.0126
DSCN5791.tif	18425.2	9583.261	15429.3	1.7188	-0.1247	2.5249
DSCN5825.tif	-30944.8	16800.63	58651.34	-13.1464	-51.8639	-162.058
DSCN5826.tif	32172.85	11013.96	26767.91	55.9662	1.7273	90.2204
DSCN5874.tif	29434.4	-1281.62	32442.2	2.2268	-7.0179	-8.0661

Summary of Residuals

Filename	Station #	Station Residuals			Number of Points
		X	Y	Total	
DSCN5753.tif	1	0.38	0.51	0.45	17
DSCN5754.tif	2	0.38	0.45	0.42	18
DSCN5755.tif	3	0.4	0.35	0.38	24
DSCN5756.tif	4	0.49	0.57	0.53	22
DSCN5757.tif	5	0.47	0.35	0.42	27
DSCN5758.tif	6	0.65	0.43	0.55	22

DSCN5775.tif	7	0.6	0.64	0.62	31
DSCN5777.tif	8	0.7	0.55	0.63	29
DSCN5780.tif	9	0.53	0.48	0.51	23
DSCN5781.tif	10	0.36	0.27	0.32	20
DSCN5784.tif	11	0.37	0.26	0.32	13
DSCN5785.tif	12	0.2	0.16	0.18	17
DSCN5786.tif	13	0.37	0.23	0.31	20
DSCN5787.tif	14	0.33	0.24	0.29	21
DSCN5788.tif	15	0.4	0.37	0.39	22
DSCN5789.tif	16	0.6	0.59	0.6	24
DSCN5790.tif	17	0.31	0.31	0.31	27
DSCN5791.tif	18	0.36	0.54	0.46	25
DSCN5825.tif	19	0.52	0.29	0.42	22
DSCN5826.tif	20	0.45	0.36	0.41	19
DSCN5874.tif	21	0.61	0.45	0.54	24

Total
Residuals

X	Y	Total
0.48	0.43	0.46

Label	Point Coordinates			Standard Errors			RMS	# Rays
	X	Y	Z	X	Y	Z		
1	62230.25	46489.68	37408.98	0.022894	0.0332504	0.037853	0.1	2
2	61861.72	46608.65	15598.46	0.050114	0.1192722	0.053239	0.2	2
3	62296.72	46714.75	8737.442	0.094527	0.2258345	0.095966	0.6	3
4	62089.48	46718.3	1874.339	0.056968	0.1202043	0.064188	0.5	4
5	57347.09	46490.19	37587.04	0.037365	0.0547129	0.049841	0.3	4
6	52022.08	46572.18	1541.139	0.053812	0.0936051	0.060412	0.5	6
7	40411.06	46577.18	37047.91	0.043681	0.0726244	0.055736	0.4	4
8	39905.37	46557.86	25346.85	0.083292	0.1311056	0.101166	0.7	4
9	39276.39	46457.87	15310.14	0.044824	0.0813848	0.045728	0.5	8
10	39086.94	46549.42	8231.273	0.045866	0.0826562	0.046989	0.5	8
11	39179.04	46519.53	1649.568	0.032902	0.0542985	0.036479	0.4	8
12	34949.84	46567.9	15428.69	0.035202	0.0620929	0.036303	0.4	9
13	30575.58	46540.6	37123.69	0.014018	0.019294	0.017153	0.1	2
14	27509.54	46524.63	15467.69	0.041601	0.0718526	0.042936	0.5	11
15	19327.92	46493.75	36880.68	0.043928	0.0638539	0.05398	0.4	4
16	19150.17	46319.26	31157.65	0.07002	0.1020497	0.090742	0.7	5
17	19030.39	46463.76	15374.85	0.057103	0.084422	0.059438	0.7	9
18	17944.84	46420.01	1160.453	0.048644	0.0738658	0.052408	0.7	14
19	9177.987	46409.7	30778.39	0.05769	0.0796049	0.074434	0.6	5
20	610.5434	46398.68	30752.83	0.044187	0.0566016	0.047083	0.6	11
21	-219.563	46523.49	10939.59	0.025311	0.0359227	0.025273	0.4	19

22	840.9878	46400.98	1185.908	0.038764	0.0529273	0.040719	0.6	18
23	-4146.75	46359.51	30822.75	0.041335	0.051511	0.044312	0.6	12
24	-6048	46348.56	37394.87	0.051811	0.05894	0.050645	0.5	6
25	-6973.65	46653.59	30836.38	0.017442	0.021327	0.018741	0.3	14
26	-7526.98	47102.61	28315.24	0.02076	0.0255835	0.022102	0.3	17
27	-5928.66	47005.15	13992.62	0.02723	0.0386855	0.02713	0.4	19
28	-5412.63	46960.1	5566.903	0.030372	0.0419601	0.030967	0.5	19
29	-5115.19	46839.67	1015.483	0.023541	0.0318348	0.024781	0.4	18
30	-9851.6	48837.44	28863.44	0.033848	0.0423254	0.036085	0.5	17
31	-8532.27	47376.28	12996.26	0.024903	0.0341539	0.024854	0.4	21
32	-8714.36	47318.63	8574.231	0.01924	0.0266526	0.019309	0.3	19
33	-8663.51	47290.79	5136.15	0.023764	0.0324308	0.024235	0.4	19
34	-8104.77	47267.19	1731.975	0.021049	0.0284476	0.021942	0.3	18
35	-11231	48362.73	13282.69	0.027027	0.0390629	0.027209	0.4	16
36	-10143.2	48452.59	1328.937	0.024763	0.0343311	0.026027	0.4	16
37	-12472.1	47594.34	30988.01	0.022936	0.0287195	0.025166	0.3	13
38	-14739.3	48835.97	28057.59	0.020543	0.0268308	0.022153	0.3	14
39	-14396.8	48743.99	21365.44	0.033805	0.0467011	0.035413	0.5	17
40	-14696.6	48735.44	14754.82	0.030313	0.044956	0.030729	0.4	16
41	-13860.3	48791.88	768.6846	0.037545	0.0535884	0.039294	0.6	16

	X	Y	Z
RMS is	0.0422	0.0715	0.0471
Minimum is	0.014	0.0193	0.0172
at point	13	13	13
Maximum is	0.0945	0.2258	0.1012
at point	3	3	8



LAMPIRAN 7

HASIL PROSES *BUNDLE ADJUSTMENT*

Australis Bundle Adjustment Results File: Bundle.txt

27 January, 2014 00:41:47

Quick Summary

Project : E:\Materi Kuliah\ITN\Skripsweet New Common\Data
 Penelitian UAV\Data Proses 4\DataProject4.aus
 Adjustment : Free Network
 Simulated Network : No
 Folding Method : Reverse
 Scaling : Post Bundle
 Units : mm
 Number of Points : 41
 Number of Images : 21
 Number of Scale Bars : 1
 Number of Iterations : 2
 Elapsed CPU Time : 0.172 seconds

Post Bundle Scale Results

Label	#	Label	#	Input	Measured	Distance
				Distance	Distance	Difference
1	2	5	4	4886.4000	4886.4000	0.0000

Adjusted Exterior Orientation Parameters (angles are decimal degrees, XYZ are mm)

Results for Station Image001 FileName DSCN5753.tif Camera NIKKON COLLPIX Lens NIKKON

Station	Initial	Total	Final	Initial	Final
Variable	Value	Adjustment	Value	Standard Error	Standard Error
X	130.0348	0.0026	130.0374	1.0000E+003	7.5810E+001
Y	-218.1679	-0.0011	-218.1689	1.0000E+003	9.6394E+001
Z	318.4094	0.0070	318.4163	1.0000E+003	1.0887E+002
AZ	0.1143	0.0000	0.1143	1.0000E+003	1.0409E-001
EL	-0.3464	-0.0000	-0.3464	1.0000E+003	1.1875E-001
ROLL	0.0379	-0.0000	0.0378	1.0000E+003	2.3421E-002

Results for Station Image002 FileName DSCN5754.tif Camera NIKKON COLLPIX Lens NIKKON

Station	Initial	Total	Final	Initial	Final
Variable	Value	Adjustment	Value	Standard Error	Standard Error
X	5190.4624	0.0027	5190.4651	1.0000E+003	7.7370E+001
Y	-2472.5862	-0.0009	-2472.5870	1.0000E+003	1.0126E+002
Z	-163.6213	0.0063	-163.6150	1.0000E+003	1.1203E+002
AZ	1.3274	0.0000	1.3274	1.0000E+003	9.9727E-002
EL	0.1495	-0.0000	0.1495	1.0000E+003	1.1864E-001
ROLL	1.3623	-0.0000	1.3623	1.0000E+003	2.1397E-002

Results for Station Image003 FileName DSCN5755.tif Camera NIKKON COLLPIX Lens NIKKON

Station Variable	Initial Value	Total Adjustment	Final Value	Initial Standard Error	Final Standard Error
X	10575.1266	0.0025	10575.1291	1.0000E+003	7.5257E+001
Y	-3622.0478	-0.0012	-3622.0490	1.0000E+003	1.0613E+002
Z	102.1036	0.0068	102.1104	1.0000E+003	1.0333E+002
AZ	1.0038	0.0000	1.0038	1.0000E+003	9.5690E-002
EL	1.4816	-0.0000	1.4816	1.0000E+003	1.0633E-001
ROLL	2.2272	-0.0000	2.2272	1.0000E+003	1.8679E-002

Results for Station Image004 FileName DSCN5756.tif Camera NIKKON COLLPIX Lens NIKKON

Station Variable	Initial Value	Total Adjustment	Final Value	Initial Standard Error	Final Standard Error
X	20781.1938	0.0021	20781.1958	1.0000E+003	7.0349E+001
Y	-5286.7941	-0.0010	-5286.7951	1.0000E+003	1.0838E+002
Z	603.7250	0.0074	603.7324	1.0000E+003	1.1480E+002
AZ	1.7074	0.0000	1.7074	1.0000E+003	9.0605E-002
EL	-0.1935	-0.0000	-0.1935	1.0000E+003	1.1264E-001
ROLL	8.3223	-0.0000	8.3223	1.0000E+003	1.6649E-002

Results for Station Image005 FileName DSCN5757.tif Camera NIKKON COLLPIX Lens NIKKON

Station Variable	Initial Value	Total Adjustment	Final Value	Initial Standard Error	Final Standard Error
X	29508.5117	0.0019	29508.5136	1.0000E+003	6.7264E+001
Y	-6676.5322	-0.0012	-6676.5333	1.0000E+003	1.1459E+002
Z	1560.5060	0.0076	1560.5136	1.0000E+003	1.0767E+002
AZ	2.4628	0.0000	2.4628	1.0000E+003	8.7895E-002
EL	1.5277	-0.0000	1.5277	1.0000E+003	1.0924E-001
ROLL	11.1176	-0.0000	11.1176	1.0000E+003	1.8791E-002

Results for Station Image006 FileName DSCN5758.tif Camera NIKKON COLLPIX Lens NIKKON

Station Variable	Initial Value	Total Adjustment	Final Value	Initial Standard Error	Final Standard Error
X	37771.0025	0.0015	37771.0040	1.0000E+003	6.9581E+001
Y	-8246.3567	-0.0014	-8246.3580	1.0000E+003	1.2168E+002
Z	3379.3221	0.0077	3379.3298	1.0000E+003	1.0684E+002
AZ	1.9299	0.0000	1.9299	1.0000E+003	9.0722E-002
EL	2.5107	-0.0000	2.5107	1.0000E+003	1.0787E-001
ROLL	11.6090	0.0000	11.6090	1.0000E+003	2.2450E-002

Results for Station Image023 FileName DSCN5775.tif Camera NIKKON COLLPPIX Lens NIKKON

Station Variable	Initial Value	Total Adjustment	Final Value	Initial Standard Error	Final Standard Error
X	38491.8869	0.0013	38491.8882	1.0000E+003	8.3388E+001
Y	-15274.3937	-0.0012	-15274.3950	1.0000E+003	1.4747E+002
Z	21676.9199	0.0076	21676.9275	1.0000E+003	1.1652E+002
AZ	2.2378	0.0000	2.2378	1.0000E+003	9.4948E-002
EL	2.0664	-0.0000	2.0664	1.0000E+003	1.0151E-001
ROLL	13.8779	0.0000	13.8779	1.0000E+003	1.4859E-002

Results for Station Image024 FileName DSCN5777.tif Camera NIKKON COLLPPIX Lens NIKKON

Station Variable	Initial Value	Total Adjustment	Final Value	Initial Standard Error	Final Standard Error
X	20663.1318	0.0021	20663.1339	1.0000E+003	8.6792E+001
Y	-15512.7623	-0.0012	-15512.7635	1.0000E+003	1.4264E+002
Z	18739.8576	0.0070	18739.8646	1.0000E+003	1.1430E+002
AZ	3.0201	0.0000	3.0201	1.0000E+003	9.3895E-002
EL	1.5959	-0.0000	1.5959	1.0000E+003	1.0563E-001
ROLL	10.4187	-0.0000	10.4187	1.0000E+003	8.0073E-003

Results for Station Image027 FileName DSCN5780.tif Camera NIKKON COLLPPIX Lens NIKKON

Station Variable	Initial Value	Total Adjustment	Final Value	Initial Standard Error	Final Standard Error
X	-18294.8279	0.0026	-18294.8253	1.0000E+003	1.3092E+002
Y	-15540.7242	-0.0010	-15540.7252	1.0000E+003	1.2531E+002
Z	10485.1638	0.0120	10485.1759	1.0000E+003	1.6221E+002
AZ	0.7217	0.0000	0.7217	1.0000E+003	1.3452E-001
EL	-1.3207	-0.0000	-1.3207	1.0000E+003	1.2286E-001
ROLL	10.6186	-0.0000	10.6186	1.0000E+003	3.5044E-002

Results for Station Image028 FileName DSCN5781.tif Camera NIKKON COLLPPIX Lens NIKKON

Station Variable	Initial Value	Total Adjustment	Final Value	Initial Standard Error	Final Standard Error
X	-37132.7618	0.0026	-37132.7592	1.0000E+003	1.3815E+002
Y	-6225.7751	-0.0020	-6225.7771	1.0000E+003	1.1351E+002
Z	13460.4910	0.0104	13460.5014	1.0000E+003	1.2446E+002
AZ	0.6173	0.0000	0.6173	1.0000E+003	1.5719E-001
EL	0.7640	-0.0000	0.7640	1.0000E+003	1.0585E-001
ROLL	14.1602	-0.0000	14.1602	1.0000E+003	5.3914E-002

Results for Station Image031 FileName DSCN5784.tif Camera NIKKON COLLPIX Lens NIKKON

Station Variable	Initial Value	Total Adjustment	Final Value	Initial Standard Error	Final Standard Error
X	-32903.5773	0.0038	-32903.5736	1.0000E+003	1.1852E+002
Y	8800.0893	-0.0022	8800.0870	1.0000E+003	9.1165E+001
Z	10378.0258	0.0060	10378.0319	1.0000E+003	8.4861E+001
AZ	0.6942	0.0000	0.6942	1.0000E+003	1.8515E-001
EL	1.8508	-0.0000	1.8508	1.0000E+003	1.0261E-001
ROLL	1.6236	-0.0000	1.6236	1.0000E+003	5.4564E-002

Results for Station Image032 FileName DSCN5785.tif Camera NIKKON COLLPIX Lens NIKKON

Station Variable	Initial Value	Total Adjustment	Final Value	Initial Standard Error	Final Standard Error
X	-28829.7057	0.0032	-28829.7025	1.0000E+003	1.0581E+002
Y	8890.8646	-0.0016	8890.8629	1.0000E+003	8.2654E+001
Z	10973.9196	0.0065	10973.9261	1.0000E+003	8.2807E+001
AZ	1.4171	0.0000	1.4171	1.0000E+003	1.6559E-001
EL	0.4661	-0.0000	0.4661	1.0000E+003	9.8239E-002
ROLL	4.7634	-0.0000	4.7634	1.0000E+003	4.9232E-002

Results for Station Image033 FileName DSCN5786.tif Camera NIKKON COLLPIX Lens NIKKON

Station Variable	Initial Value	Total Adjustment	Final Value	Initial Standard Error	Final Standard Error
X	-23917.9966	0.0027	-23917.9939	1.0000E+003	8.9501E+001
Y	8804.0602	-0.0011	8804.0590	1.0000E+003	7.6976E+001
Z	11564.6715	0.0066	11564.6780	1.0000E+003	8.1378E+001
AZ	1.5905	0.0000	1.5905	1.0000E+003	1.4177E-001
EL	-0.1778	-0.0000	-0.1778	1.0000E+003	9.5318E-002
ROLL	4.2509	-0.0000	4.2509	1.0000E+003	4.2644E-002

Results for Station Image034 FileName DSCN5787.tif Camera NIKKON COLLPIX Lens NIKKON

Station Variable	Initial Value	Total Adjustment	Final Value	Initial Standard Error	Final Standard Error
X	-16686.1769	0.0025	-16686.1744	1.0000E+003	8.1325E+001
Y	8550.2456	-0.0009	8550.2447	1.0000E+003	7.8820E+001
Z	12130.0341	0.0060	12130.0402	1.0000E+003	7.8737E+001
AZ	1.0774	0.0000	1.0774	1.0000E+003	1.2786E-001
EL	0.6443	-0.0000	0.6443	1.0000E+003	9.5606E-002
ROLL	3.8257	-0.0000	3.8257	1.0000E+003	3.3765E-002

Results for Station Image035 FileName DSCN5788.tif Camera NIKKON COLLPIX Lens NIKKON

Station Variable	Initial Value	Total Adjustment	Final Value	Initial Standard Error	Final Standard Error
X	-8914.6814	0.0025	-8914.6790	1.0000E+003	6.9899E+001
Y	8631.8588	-0.0006	8631.8582	1.0000E+003	8.1441E+001
Z	12718.7793	0.0054	12718.7847	1.0000E+003	7.7669E+001
AZ	0.8974	0.0000	0.8974	1.0000E+003	1.1116E-001
EL	0.8144	-0.0000	0.8144	1.0000E+003	9.5215E-002
ROLL	3.3975	-0.0000	3.3975	1.0000E+003	2.5545E-002

Results for Station Image036 FileName DSCN5789.tif Camera NIKKON COLLPIX Lens NIKKON

Station Variable	Initial Value	Total Adjustment	Final Value	Initial Standard Error	Final Standard Error
X	666.3615	0.0016	666.3631	1.0000E+003	5.9333E+001
Y	8994.0259	-0.0006	8994.0253	1.0000E+003	8.4875E+001
Z	13522.6693	0.0047	13522.6741	1.0000E+003	7.2945E+001
AZ	1.5335	0.0000	1.5335	1.0000E+003	9.4889E-002
EL	1.2934	-0.0000	1.2934	1.0000E+003	8.7011E-002
ROLL	3.4140	-0.0000	3.4140	1.0000E+003	1.7773E-002

Results for Station Image037 FileName DSCN5790.tif Camera NIKKON COLLPIX Lens NIKKON

Station Variable	Initial Value	Total Adjustment	Final Value	Initial Standard Error	Final Standard Error
X	9990.5850	0.0019	9990.5868	1.0000E+003	5.2446E+001
Y	9274.5375	-0.0006	9274.5368	1.0000E+003	8.8211E+001
Z	14624.8218	0.0045	14624.8263	1.0000E+003	7.2007E+001
AZ	1.2111	0.0000	1.2111	1.0000E+003	8.5542E-002
EL	1.9304	-0.0000	1.9304	1.0000E+003	8.4205E-002
ROLL	4.0126	-0.0000	4.0126	1.0000E+003	1.0607E-002

Results for Station Image038 FileName DSCN5791.tif Camera NIKKON COLLPIX Lens NIKKON

Station Variable	Initial Value	Total Adjustment	Final Value	Initial Standard Error	Final Standard Error
X	18425.2001	0.0016	18425.2016	1.0000E+003	5.1525E+001
Y	9583.2610	-0.0005	9583.2606	1.0000E+003	8.6723E+001
Z	15429.2972	0.0043	15429.3014	1.0000E+003	7.2769E+001
AZ	1.7188	0.0000	1.7188	1.0000E+003	8.0155E-002
EL	-0.1247	-0.0000	-0.1247	1.0000E+003	8.0733E-002
ROLL	2.5249	-0.0000	2.5249	1.0000E+003	6.5382E-003

Results for Station Image071 FileName DSCN5825.tif Camera NIKKON COLLPIX Lens NIKKON

Station Variable	Initial Value	Total Adjustment	Final Value	Initial Standard Error	Final Standard Error
X	-30944.7859	0.0003	-30944.7856	1.0000E+003	8.8966E+001
Y	16800.6269	-0.0038	16800.6231	1.0000E+003	8.4568E+001
Z	58651.3362	0.0023	58651.3384	1.0000E+003	8.0915E+001
AZ	-13.1464	0.0000	-13.1464	1.0000E+003	1.4835E-001
EL	-51.8639	-0.0000	-51.8639	1.0000E+003	1.2942E-001
ROLL	-162.0576	-0.0000	-162.0576	1.0000E+003	1.0021E-001

Results for Station Image072 FileName DSCN5826.tif Camera NIKKON COLLPIX Lens NIKKON

Station Variable	Initial Value	Total Adjustment	Final Value	Initial Standard Error	Final Standard Error
X	32172.8500	0.0031	32172.8531	1.0000E+003	9.0491E+001
Y	11013.9550	-0.0011	11013.9540	1.0000E+003	9.3841E+001
Z	26767.9129	-0.0001	26767.9128	1.0000E+003	5.1111E+001
AZ	55.9662	0.0000	55.9662	1.0000E+003	1.4633E-001
EL	1.7273	0.0000	1.7273	1.0000E+003	8.8735E-002
ROLL	90.2204	0.0000	90.2204	1.0000E+003	2.7531E-002

Results for Station Image083 FileName DSCN5874.tif Camera NIKKON COLLPIX Lens NIKKON

Station Variable	Initial Value	Total Adjustment	Final Value	Initial Standard Error	Final Standard Error
X	29434.3963	0.0038	29434.4001	1.0000E+003	8.2542E+001
Y	-1281.6156	0.0002	-1281.6154	1.0000E+003	1.0668E+002
Z	32442.1995	0.0044	32442.2039	1.0000E+003	9.7630E+001
AZ	2.2268	0.0000	2.2268	1.0000E+003	8.9056E-002
EL	-7.0179	-0.0000	-7.0179	1.0000E+003	7.4862E-002
ROLL	-8.0661	-0.0000	-8.0661	1.0000E+003	1.8201E-002

Summary of Image Coordinate Residuals (units are micrometres)

Sta #	RMS of Image Residuals			Number of non-rejected points
	x	y	xy	
Image001	0.38	0.51	0.45	17
Image002	0.38	0.45	0.42	18
Image003	0.40	0.35	0.38	24
Image004	0.49	0.57	0.53	22
Image005	0.47	0.35	0.42	27
Image006	0.65	0.43	0.55	22
Image023	0.60	0.64	0.62	31
Image024	0.70	0.55	0.63	29
Image027	0.53	0.48	0.51	23
Image028	0.36	0.27	0.32	20
Image031	0.37	0.26	0.32	13

Image032	0.20	0.16	0.18	17
Image033	0.37	0.23	0.31	20
Image034	0.33	0.24	0.29	21
Image035	0.40	0.37	0.39	22
Image036	0.60	0.59	0.60	24
Image037	0.31	0.31	0.31	27
Image038	0.36	0.54	0.46	25
Image071	0.52	0.29	0.42	22
Image072	0.45	0.36	0.41	19
Image083	0.61	0.45	0.54	24

Total Residuals (RMS)				Degrees of			
x	y	xy	Sigma0	Freedom	Observations	Parameters	Constraints
0.48	0.43	0.46	1.072	682	934	259	7

Standard Errors From Limiting Error and Total Error Propagation (XYZ are in mm)

Label	Total			RMS	#	Sightings	List	11111111112222222223																								
	sX	sY	sZ					1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5
1	26.435645	5.81425	9.9571	0.1	2	NNNNNY	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNN																									
2	22.018346	1.77313	1.1115	0.2	2	NNNNNY	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNN																									
3	20.182134	8.27314	8.8028	0.6	3	NNNNYY	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNN																									
4	20.436532	0.52219	0.149	0.5	4	NNNNYYY	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNN																									
5	17.946623	5.05018	7.729	0.3	4	NNNNYYY	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNY																									
6	13.069418	1.68215	1.603	0.5	6	NNNYYYY	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNY																									
7	14.259824	4.46201	3.4540	0.4	4	NNNNYYY	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNY																									
8	9.748619	8.169	8.0605	0.7	4	NNNNYYY	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNN																									
9	7.206416	1.1414	5.3487	0.5	8	NNYYYYY	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNY																									
10	8.059815	4.4607	8.2489	0.5	8	NNYYYYY	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNY																									
11	10.085214	4.45821	2.3816	0.4	8	NNYYYYY	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNY																									
12	7.178116	7.7400	5.2526	0.4	9	NYYYYYY	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNY																									
13	16.262621	2.23541	2.6153	0.1	2	NNNNNNN	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNY																									
14	7.003116	4.4807	5.3878	0.5	11	YYYYYYY	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNY																									
15	14.470618	0.77810	0.0356	0.4	4	NNNNNNY	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNY																									
16	11.111316	7.7857	8.5783	0.7	5	NNNNNY	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNY																									
17	6.958316	2.2936	5.9201	0.7	9	YYYYYYY	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNN																									
18	8.268813	0.55011	1.1225	0.7	14	YYYYYYY	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNY																									
19	10.181015	8.837	7.8594	0.6	5	NNNNNNY	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNN																									
20	9.2888	7.9491	5.9473	0.6	11	NNNNNNY	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNY																									
21	3.6203	6.9458	4.2815	0.4	19	YYYYYYY	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNY																									
22	7.5668	6.9273	9.2695	0.6	18	YYYYYYY	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNY																									
23	9.2188	6.2273	6.4093	0.6	12	NNNNNNY	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNY																									
24	13.4083	8.6296	8.7929	0.5	6	NNNNNNY	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNY																									
25	9.1287	6.0240	7.0617	0.3	14	NNNNNNY	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNY																									
26	7.4998	5.2589	6.5247	0.3	17	NNYNNYY	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNY																									
27	3.6494	4.7842	2.7807	0.4	19	YYYYYYY	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNY																									
28	6.7742	5.1437	6.1645	0.5	19	YYYYYNY	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNY																									
29	8.7540	6.2654	8.7812	0.4	18	YYYYYNY	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNY																									
30	8.4307	6.3292	9.0223	0.5	17	NNYNNYY	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNY																									
31	4.9794	4.1861	3.3704	0.4	21	YYYYYYY	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNY																									
32	6.7051	5.0106	4.7091	0.3	19	YYYYYNN	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNY																									
33	8.1645	5.8509	6.3270	0.4	19	YYYYYNN	NNNNNNNNNNNNNNNNNNNY																									

```

34 9.4968 6.9022 8.2579 0.3 18 YYYYYNYYYYYYYYYYYYYNN
35 6.9500 5.7124 4.9944 0.4 16 YYYYYNYYYYYYYYYYYYYNN
36 11.2245 8.1552 9.0559 0.4 16 YYYYYNYYYYYYYYYYYYYNN
37 9.9380 9.1173 9.5123 0.3 13 NNNNNNYYYYYYYYYYYYYNN
38 9.5281 9.8105 10.5889 0.3 14 NNYNNNYYYYYYYYYYYYYNN
39 7.8126 8.0599 8.0641 0.5 17 YYYYYNYYYYYYYYYYYYYNN
40 8.7113 8.1865 6.6086 0.4 16 YYYYYNYYYYYYYYYYYYYNN
41 13.5815 11.2066 9.8170 0.6 16 YYYYYNYYYYYYYYYYYYYNN

```

Summary of Total STD Error Estimates

	X	Y	Z
RMS is	11.7042	17.4314	10.2722
Minimum is	3.6203	4.1861	2.7807
at point	21	31	27
Maximum is	26.4356	46.1773	25.9571
at point	1	2	1

Triangulated Object Space Coordinates (XYZ are in mm)

Sightings

```

# List 111111111122222222223
Label X Y Z RMS Rays 123456789012345678901234567890
1 62230.2476 46489.6784 37408.9794 0.1 2 NNNNNYNNNNNNNNNNNNNNNN
2 61861.7195 46608.6460 15598.4581 0.2 2 NNNNNYNNNNNNNNNNNNNNNN
3 62296.7199 46714.7541 8737.4419 0.6 3 NNNNYNNNNNNNNNNNNNNNN
4 62089.4788 46718.3021 1874.3397 0.5 4 NNNNYNNNNNNNNNNNNNNNN
5 57347.0931 46490.1853 37587.0428 0.3 4 NNNNYNNNNNNNNNNNNNNNY
6 52022.0760 46572.1825 1541.1387 0.5 6 NNNNYNNNNNNNNNNNNNNNY
7 40411.0637 46577.1774 37047.9139 0.4 4 NNNNNYNNNNNNNNNNNNNNNY
8 39905.3697 46557.8586 25346.8511 0.7 4 NNNNYNNNNNNNNNNNNNNNY
9 39276.3866 46457.8678 15310.1410 0.5 8 NNNNNYNNNNNNNNNNNNNY
10 39086.9413 46549.4167 8231.2730 0.5 8 NNNNNYNNNNNNNNNNNNNY
11 39179.0364 46519.5312 1649.5684 0.4 8 NNNNNYNNNNNNNNNNNNNY
12 34949.8440 46567.8974 15428.6880 0.4 9 NNNNNYNNNNNNNNNNNNNY
13 30575.5804 46540.6025 37123.6857 0.1 2 NNNNNNNNNNNNNNNNNNNNY
14 27509.5440 46524.6259 15467.6877 0.5 11 YNNNNNNNNNNNNNNNNNY
15 19327.9169 46493.7511 36880.6782 0.4 4 NNNNNYNNNNNNNNNNNNNY
16 19150.1712 46319.2611 31157.6524 0.7 5 NNNNYNNNNNNNNNNNNNY
17 19030.3850 46463.7635 15374.8520 0.7 9 YNNNNNNNNNNNNNNNNNY
18 17944.8365 46420.0088 1160.4529 0.7 14 YNNNNNNNNNNNNNNNNNY
19 9177.9865 46409.6964 30778.3859 0.6 5 NNNNNYNNNNNNNNNNNNNY
20 610.5435 46398.6810 30752.8310 0.6 11 NNNNNYNNNNNNNNNNNNNY
21 -219.5629 46523.4876 10939.5939 0.4 19 YNNNNNNNNNNNNNNNNNY
22 840.9877 46400.9752 1185.9085 0.6 18 YNNNNNNNNNNNNNNNNNY
23 -4146.7460 46359.5078 30822.7461 0.6 12 NNNNNYNNNNNNNNNNNNNY
24 -6048.0009 46348.5569 37394.8678 0.5 6 NNNNNYNNNNNNNNNNNNNY
25 -6973.6485 46653.5851 30836.3796 0.3 14 NNNNNYNNNNNNNNNNNNNY
26 -7526.9845 47102.6067 28315.2371 0.3 17 NNNNNYNNNNNNNNNNNNNY
27 -5928.6594 47005.1522 13992.6227 0.4 19 YNNNNNNNNNNNNNNNNNY
28 -5412.6274 46960.0945 5566.9033 0.5 19 YNNNNYNNNNNNNNNNNNNY
29 -5115.1883 46839.6714 1015.4832 0.4 18 YNNNNYNNNNNNNNNNNNNY
30 -9851.5960 48837.4380 28863.4436 0.5 17 NNNNNYNNNNNNNNNNNNNY
31 -8532.2652 47376.2798 12996.2632 0.4 21 YNNNNNNNNNNNNNNNNNY

```

32	-8714.3618	47318.6281	8574.2308	0.3	19	YYYYYNNYYYYYYYYYYYYYYY
33	-8663.5052	47290.7937	5136.1498	0.4	19	YYYYYNNYYYYYYYYYYYYYYY
34	-8104.7749	47267.1891	1731.9753	0.3	18	YYYYYNNYYYYYYYYYYYYYYY
35	-11231.0131	48362.7304	13282.6868	0.4	16	YYYYYNNNNYYYYYYYYYYYYNN
36	-10143.2468	48452.5860	1328.9369	0.4	16	YYYYYNNNNYYYYYYYYYYYYNN
37	-12472.1481	47594.3381	30988.0128	0.3	13	NNNNNNYYYYYYYYYYYYYYNN
38	-14739.2956	48835.9740	28057.5894	0.3	14	NNYNNNNYYYYYYYYYYYYYYNN
39	-14396.7556	48743.9911	21365.4370	0.5	17	YYYYYNNYYYYYYYYYYYYYYNN
40	-14696.6009	48735.4352	14754.8223	0.4	16	YYYYYNNYYYYYYYYYYYYYYNN
41	-13860.3315	48791.8787	768.6844	0.6	16	YYYYYNNYYYYYYYYYYYYYYNN

Image Coordinate Rejections

Image Number Image001
 Image Number Image002
 Image Number Image003
 Image Number Image004
 Image Number Image005
 Image Number Image006
 Image Number Image023
 Image Number Image024
 Image Number Image027
 Image Number Image028
 Image Number Image031
 Image Number Image032
 Image Number Image033
 Image Number Image034
 Image Number Image035
 Image Number Image036
 Image Number Image037
 Image Number Image038
 Image Number Image071
 Image Number Image072
 Image Number Image083
 Total Rejections 0

