

(SKRIPSI)

**PENGGABUNGAN MODEL DAN EKSTRAKSI
DENGAN TEKNIK CLOSE RANGE
FOTOGRAMETRY MENGGUNAKAN KAMERA IP**



Oleh :

HABIBI FARIDH

09.25.902

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEODESI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2012**

021012

COMMUNIST PARTY UNITED STATES OF AMERICA
INTERNAL SECURITY - COMMUNIST
RE: [REDACTED]

CONFIDENTIAL

COMMUNIST PARTY UNITED STATES OF AMERICA
INTERNAL SECURITY - COMMUNIST
RE: [REDACTED]

**LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI**

Judul Skripsi:

**“Penggabungan model dan ekstraksi dengan teknik close range fotogrametry
menggunakan kamera IP”**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Geodesi S1
Institut Teknologi Nasional Malang

Disusun Oleh :

**Habibi Faridh
09.25.902**

Meyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Edwin Cahjadi, ST, M.Geom.Sc

Hery Purwanto, ST, M.Sc

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Geodesi S-1

Ir. Agus Darpono, MT



LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**PENGGABUNGAN MODEL DAN EKSTRAKSI
DENGAN TEKNIK CLOSE RANGE FOTOGRAMETRY
MENGUNAKAN KAMERA IP**

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

Pada Hari : Kamis
Tanggal : 09 Agustus 2012

Dan diterima untuk memenuhi persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST)

Oleh:

Habibi Faridh

09.25.902

Panitia Ujian Skripsi,

Ketua

Sekretaris

(Ir. Agus Darpono, MT)

(Silvester Sari Sai, ST., MT)

Anggota Penguji,

Penguji I

Penguji II

Penguji III

(Silvester Sari Sai, ST., MT) (Ir. D.K. Sunaryo, M.Tis) (Edwin Tjahjadi, ST, M.Geo.Sc., Ph.D)

PENGGABUNGAN MODEL DAN EKSTRAKSI DENGAN TEKNIK CLOSE RANGE FOTOGRAMETRY MENGUNAKAN KAMERA IP

Oleh : Habibi Faridh (0925902)

Dosen Pembimbing I : Dr. Edwin Tjahjadi, ST. M.GeoM.Sc

Dosen Pembimbing II : Hery Purwanto, ST, M.Sc

ABSTRAKSI

Dalam proses rekonstruksi objek tiga-dimensi menggunakan teknik fotogrametri saat ini telah mengalami perkembangan yang cukup pesat. Sehingga pada tulisan kali ini akan diuraikan teknik untuk mendapatkan nilai *Object Space Point* dengan teknik *Close Range Fotogrametry*. Untuk mendapatkan nilai koordinat 3D lokal diperlukan beberapa tahapan proses yang berurutan dimulai dari pengambilan data dilapangan menggunakan kamera IP (*Internet Protokol*), *convert video to jpg*, sampai proses pengolahan data foto menggunakan software *Australis* versi 6.0. Tujuan penelitian ini yaitu untuk ekstraksi foto menjadi koordinat 3D lokal dan penggabungan model 3 Dimensi menjadi satu kesatuan model. Hasil yang didapat setelah melewati proses yang sesuai prosedur teknik *Close Range Fotogrametry* memiliki akurasi yang kurang bagus, dikarenakan beberapa faktor salah satunya adalah belum terkalibrasinya kamera IP.

Kata kunci : Kamera IP, Koordinat 3D, Close Range Fotogrametry

PERNYATAAN KEASLIAN
SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini.

Nama : **Habibi Faridh**
NIM : **09.25.902**
Program Studi : **Teknik Geodesi S-1**
Fakultas : **Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi saya dengan judul :

“Penggabungan model dan ekstraksi dengan teknik close range fotogrametry menggunakan kamera IP”

adalah hasil karya saya sendiri, bukan merupakan duplikat, copy, salinan maupun saduran, kecuali beberapa kalimat kutipan dan gambar yang telah disebutkan sumbernya.

Malang, Agustus 2012
Yang membuat pernyataan

Habibi Faridh
09.25.902

LEMBAR PERSEMBAHAN

Definisi lembar persembahan secara harfiah menurut saya sebagai seorang penulis skripsi amatir adalah sebuah lembaran kertas non-formalitas yang bertujuan untuk menyampaikan rasa terimakasih dari pihak pertama (penulis skripsi) kepada pihak yang turut membantu hingga terselesaikannya skripsi ini sampai tetes darah penghabisan. Dan tentu saja lembar persembahan ini penulis dedikasikan bagi mereka yang selalu mensupport baik segala usaha dan do'anya yang sengaja maupun tidak disengaja.

Pada kesempatan ini penulis berusaha memilih dan memilah siapa saja yang pantas mendapatkan apresiasi sederhana nan puitis berupa ucapan " **terimakasih banyak-banyak-banyak banget** ". Jika nama anda tidak tercantum, saya akan memberikan satu baris paragraf kosong yang bisa ditulis nama anda secara manual (baik kan sayal!).

Senin 13 Agustus 2012 saya atas nama Habibi Faridh (0925902) seorang mantan mahasiswa ITN mengucapkan terimakasih yang sebesar-besar dan sedalam-dalamnya kepada:

1. Allah SWT, sumber dari segala energy dunia dan akhirat.
2. Mama Abah, yang gak capek-capeknya berusaha dan berdoa demi anak bungsunya, semoga saya bisa membalas semua kebaikan mereka sepuluh kali lipat (Amin ya rabb).
3. Kakak Yuni dan kakak Upik, brother yang juga sangat mendukung dan meneror penulis, tapi thanks a lot atas semuanya kakak.
4. Intan Mentari Ananda, ehmm.. terlalu gombal jika saya harus berterimakasih kepada gadis yang satu ini. Makasih ya atas segala dukungannya ☺
5. Yudho si Mad, Dito Giembulz, Ucay, Wandric, thanks bro salam Q-th*I buat kita semua
6. Mina, Nisa, Tyaz, Dilla, Emma, Ika, Riza, Heridian, Tommy, Paska, Kenthuz, Patitit, Ndamok, Piston (Joyogrand fans Club).
7. Seluruh anak-anak Geodesi ITN

8. Bu kantin, mas parkir dan siapa aja yang mendukung saya menjadi orang sukses
(amiiinnn)
9. Penghuni terakhir asrama Balanai, herdy, Muhajir, Beruang, Ikin, Ando Bispak.
Printernya Zamroni.
10. Seluruh Mahasiswa/i ITN Malang teknik Geodesi.

"Jika kamu menyerah hanya karena kata-kata orang lain yang ingin menjatuhkanmu,
berarti kamu gagal dan orang itu berhasil"

Mario Teguh

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah S.W.T atas limpahan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga dapat terselesaikannya penulisan skripsi dengan judul “Penggabungan model dan ekstraksi dengan teknik close range fotogrametry menggunakan kamera IP”.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelas Sarjana Teknik Geodesi (S1) di Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam kesempatan ini pula, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas dukungan dan bantuan kepada yang terhormat :

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. Agus Darpono, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi Institut Teknologi Nasional Malang
4. Bapak Dr. Edwin Tjahjadi, ST., MGeom.Sc. selaku Dosen Pembimbing I dan penguji III
5. Bapak Heri Purwanto, ST., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II
6. Bapak Silvester Sari Sai, ST, MT, selaku penguji I
7. Bapak Ir D.K. Sunaryo, MT, selaku penguji II

8. Segenap dosen, staff pengajar dan rekording Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang.
9. Rekan-rekan Mahasiswa/i dan alumni Teknik Geodesi.
10. Semua pihak yang langsung maupun tidak langsung turut membantu dalam proses penelitian maupun penyusunan laporan Tugas Akhir ini.

Penulis sadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, sehingga penulis sangat mengharapkan berbagai saran dan kritik dalam perbaikan skripsi ini.

Malang, Agustus 2012

Penulis

DAFTAR ISI

Lembar Persetujuan	ii
Lembar Pengesahan	iii
Abstraksi	iv
Pernyataan Keaslian	v
Abstraksi	vi
Kata Pengantar	viii
Daftar Isi	x
Daftar Tabel	xiii
Daftar Gambar	xiv

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Manfaat Penelitian	3
1.4 Perumusan Masalah	3
1.5 Batasan Masalah.....	3

BAB II DASAR TEORI

2.1 Fotogrametri.....	4
2.2 Sistem koordinat dalam fotogrametri	5
2.3 Sistem persamaan dalam fotogrametri.....	6
2.3.1 Persamaan kolinier	6
2.3.2 Least square adjustment	7
2.4 Ekstraksi data foto	11

2.5 Relatif Orientasi	14
2.6 Intersection	17
2.7 Resection	18
2.8 Bundle adjustment	21
2.9 Absolute Orientasi	23
2.10 Ekstraksi video ke format JPG	25

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Persiapan	26
3.1.1 Materi Penelitian.....	26
3.1.2 Alat Penelitian	26
3.1.2.1. Perangkat Keras (Hardware)	27
3.1.2.2. Perangkat Lunak (Software)	29
3.1.3 Diagram Alir	30
3.2 Pelaksanaan Penelitian	32
3.2.1 Recording data	32
3.2.2 Conversi video hasil recording kedalam format *.AVI	37
3.2.3 Ekstraksi video menjadi format foto *.JPG	39
3.2.4 Pengolahan data	42
3.2.4.1. Relatif Orientasi	47
3.2.4.2. Intersection	49
3.2.4.3. Resection	47
3.2.4.4. Bundle	51

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Recording	52
4.2 Hasil convert format video to jpg	53
4.3 Hasil Identifikasi foto	54
4.4 Relatif Orientation	55
4.5 Resection	57
4.6 Intersection	58
4.7 Bundle	60

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran	65

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Koordinat foto Relatif Orientation.....	56
Tabel 4.2 Nilai RMS dari hasil Bundle.....	59
Tabel 4.3 Koordinat foto Bundle adjustment.....	62
Tabel 4.4 Nilai koordinat lapangan dan koodinat foto	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem koordinat pixel vs system koordinat foto.....	13
Gambar 2.2 Relatif Orientasi secara Analitik.....	14
Gambar 2.3 Ilustrasi Proses Intersection	17
Gambar 2.4 Kondisi Kolinearitasi	19
Gambar 2.5 Tampilan awal Converter Video to JPG 1.8.7	25
Gambar 3.1 Kamera IP GV-BX320D 3M H.264	27
Gambar 3.2 Dome kamera.....	27
Gambar 3.3 HUB D-LINK 8 port.....	27
Gambar 3.4 Kabel Lan	28
Gambar 3.5 Inverter 700 Watt.....	28
Gambar 3.6 Aki	28
Gambar 3.7 Laptop Toshiba core i5	29
Gambar 3.8 Posisi kamera	32
Gambar 3.9 Window IP Device setup.....	33
Gambar 3.10 Window scan camera.....	34
Gambar 3.11 Kamera yang terdeteksi	34
Gambar 3.12 Query pada kamera IP.....	34
Gambar 3.13 IP Device Setup.....	35
Gambar 3.14 Mengubah Status Koneksi Kamera.....	35
Gambar 3.15 Monitoring Kamera.....	36
Gambar 3.16 Melihat Hasil Monitoring.....	36

Gambar 3.17 GV-NVR system untuk melihat dan menyimpan hasil monitoring	37
Gambar 3.18 Save Video	37
Gambar 3.19 Window Save as Avi.....	38
Gambar 3.20 Window Save Avi File.....	38
Gambar 3.21 Proses Window Merging List	39
Gambar 3.22 Free video to JPG converter	39
Gambar 3.23 Browse Files Video	40
Gambar 3.24 Browse Save Video	40
Gambar 3.25 Windows Converter	41
Gambar 3.26 Ekstraksi Progress	41
Gambar 3.27 Hasil Ekstraksi Video (*.Jpg)	42
Gambar 3.28 Hasil foto kamera kiri: File201203281428442496	43
Gambar 3.29 Hasil foto kamera kanan: File201203281428442462	43
Gambar 3.30 Membuka aplikasi Australis 6.05.....	44
Gambar 3.31 Define Project Units.....	44
Gambar 3.32 Australis Preferences.....	45
Gambar 3.33 Camera DataBase.....	45
Gambar 3.34 Camera DataBase Project.....	46
Gambar 3.35 Save As Project.....	46
Gambar 3.36 Set Image File Directory	47
Gambar 3.37 Target	48
Gambar 3.38 Relatif Orientation	48
Gambar 3.39 Triangulate	49
Gambar 3.40 Hasil Triangulate	49

Gambar 3.41 Resection Summary	50
Gambar 3.42 Hasil Resection seluruh foto	50
Gambar 3.43 Simulate Bundle.....	51
Gambar 3.44 Hasil Bundle.....	51
Gambar 4.1 Window pengaturan sebelum merging	52
Gambar 4.2 Hasil video yang sudah di marging.....	52
Gambar 4.3 Convert format video to Jpg.....	53
Gambar 4.4 Hasil Convert format video to Jpg.....	53
Gambar 4.5 Pemilihan foto berdasarkan waktu yang sama.....	54
Gambar 4.6 Foto yang sudah dipilih.....	55
Gambar 4.7 Titik-titik centroid.....	56
Gambar 4.8 Nilai RMS Relatife Orientation	56
Gambar 4.9 Output Relatife Orientation.....	57
Gambar 4.10 Output Resection.....	58
Gambar 4.11 RMS of Residuals Triangulate.....	59
Gambar 4.12 Visualisasi koordinat object.....	60
Gambar 4.13 Simulate Bundle.....	60
Gambar 4.14 Output Simulate Bundle.....	61
Gambar 4.14 Visualisasi koordinat object 3D Bundle.....	61

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam proses rekonstruksi objek tiga-dimensi menggunakan teknik fotogrametri saat ini telah mengalami perkembangan yang cukup pesat. Berbagai perkembangan tersebut tidak terlepas dari teknologi fotografi yang sudah sangat maju dan perangkat komputer yang semakin canggih, sehingga memungkinkan diterapkannya sistem perhitungan dengan cara atomisasi pengukuran dalam waktu singkat.

Sehingga, untuk segala kegiatan rekayasa dan aplikasi dilapangan yang lebih cepat dalam penyajian data informasi. Salah satu metode yang yang digunakan untuki mengetahui posisi titik koordinat saat ini adalah dengan menggunakan metode *close range fotogrametri* yang merupakan cabang dari ilmu fotogrametry.

Dalam beberapa tahun terakhir kita dapat melihat sebuah perkembangan dalam penggunaan methode *close range photogrammetry* dalam berbagai aplikasi teknik. Dengan menggunakan kamera resolusi rendah yang digabungkan dengan beberapa persyaratan antara lain *network design, camera calibration dan bundle adjustment* akan menghasilkan tingkat pengukuran dengan akurasi tinggi (Shirkhani et al., 2006).

Beberapa kelebihan yang dimiliki oleh *close range photogrammetry* yang dirangkum oleh (Hanifa, 2007) sebagai berikut :

- a. *Close range photogrammetry* merupakan metode yang tidak memerlukan kontak langsung dengan objek, sehingga pengukuran dapat dilakukan walaupun akses langsung tidak memungkinkan. Cakupan dapat berupa keseluruhan objek maupun sebagian objek yang diteliti (Jiang, 2005; Leitch, 2002; Atkinson, 1980)
- b. Akuisisi data dengan menggunakan fotografi dapat dilakukan dengan cepat dan sesuai (Leitch, 2002; Atkinson, 1980).
- c. Deformasi 3D dan pergeseran titik-titik dapat disimpan dan diukur secara simultan (Albert et al, 2002 dalam Jiang 2005; Leitch, 2002).
- d. Dimungkinkan melakukan pengukuran statik maupun dinamik (Woodhouse et al, 1999 dalam Jiang, 2005).
- e. Gambar foto merupakan dokumentasi visual yang memberikan informasi lokal secara teliti dan dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut (Cooper & Robson, 1990 dalam Jiang 2005).
- f. Automatisasi penuh dapat dilakukan dan akuisisi data dapat dilakukan dengan cukup cepat untuk melakukan proses *real time processing* (Albert et al, 2002 dalam Jiang, 2005).

Selain kelebihan-kelebihan yang dijabarkan diatas ada beberapa kekurangan yang dimiliki oleh *close range photogrammetry* antara lain (Leitch, 2002) :

- a. Hasil ukuran tidak dapat diperoleh secara langsung mengingat perlu dilakukan pengolahan dan evaluasi.
- b. Kebutuhan akan spesialisasi dan peralatan pendukung yang mahal dapat mengakibatkan harga yang tinggi dalam implementasi.

- c. Kesalahan selama pengambilan dan pengolahan foto dapat menyulitkan pekerjaan.

1.2 Tujuan penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu untuk ekstraksi foto menjadi koordinat 3D lokal dan penggabungan model 3 Dimensi menjadi satu kesatuan model.

1.3 Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai acuan atau referensi untuk pemetaan photogrametry menggunakan kamera IP dengan teknik Close Range Photogrametry.

1.4 Perumusan Masalah

Kajian berkenaan penggunaan Internet Protocol camera (IP kamera) dapat diaplikasikan untuk keperluan pembuatan model 3D untuk pemetaan.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini antara lain:

- a. Kamera yang digunakan adalah kamera non metrik yang terdiri dari dua buah kamera IP dengan resolusi (3,1 MP) yang sama untuk membuat model 3D lokal.
- b. Menggabungkan model 3D lokal menjadi model yang *uniform*.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Fotogrametri

Dalam bahasa Yunani, fotogrametri berarti pengukuran grafik atau gambar dengan cahaya atau menganalisis foto.

Pengertian Fotogrametri dapat disimpulkan dari kata - kata yang membentuknya, yaitu (*Thompson, 1980 dalam Sutanto, 1983*):

1. *photo*, yang artinya cahaya
2. *gram*, yang berarti sesuatu yang dilukiskan atau digambarkan.
3. *metry*, yang artinya mengukur.

Fotogrametri dapat didefinisikan sebagai suatu seni, pengetahuan dan teknologi untuk memperoleh informasi yang dapat dipercaya tentang suatu obyek fisik dan keadaan di sekitarnya melalui proses perekaman, pengamatan/pengukuran dan interpretasi citra fotografis atau rekaman gambar gelombang elektromagnetik (*keifer, 1993*). Salah satu karakteristik fotogrametri adalah pengukuran terhadap objek yang dilakukan tanpa perlu berhubungan ataupun bersentuhan secara langsung dengannya. Pengukuran terhadap objek tersebut dilakukan melalui data yang diperoleh pada sistem sensor yang digunakan. (*keifer, 1993*).

Terminologi Close Range atau Rentang Dekat muncul pada saat teknik ini digunakan untuk objek dengan jarak kurang dari 100 meter dari posisi kamera. Pada teknik CRP pengukuran terhadap suatu objek biasanya dilakukan terhadap hasil perekaman dari beberapa alat sensor. Kamera dan prosedur analisis fotogrametri terestris

ini dimulai pada akhir abad ke 19 oleh seorang kolonel Perancis, Laussedat (Atkinson, 1980). Konsep fundamental fotogrametri tetap sama. Perkembangan pada dunia fotogrametri seiring majunya teknologi kamera dan komputasi meningkatkan efektivitas waktu dan tingkat akurasi (Leitch, 2002).

Pada tahun 1976, Torlegard (Leitch, 2002) menulis bahwa pendekatan analitik seperti hitung perataan secara digital serta penggunaan kamera non-metrik akan berkembang penggunaannya di dunia industri dan teknik sipil. Kamera non-metrik bukan didesain untuk keperluan fotogrametri, namun memiliki harga yang jauh lebih murah dan jangkauan pasar yang lebih luas. (Leitch, 2002)

2.2 Sistem Koordinat Dalam Fotogrametri

a. Sistem Koordinat foto.

Sistem koordinat foto adalah sistem koordinat dua dimensi sebuah foto dengan titik originnya adalah titik perpotongan garis tanda tepi (*fiducial mark*). Foto yang diperoleh dari pemotretan udara, baik yang menggunakan kamera digital maupun analog yang kemudian disiam, mempunyai sistem koordinat *pixel*, sehingga perlu ditransformasikan ke sistem koordinat foto. Ini merupakan bagian orientasi dalam dan menggunakan Affine 2D.

Dimana :

x, y : sistem koordinat foto

u, v : sistem koordinat *pixel*



b. Sistem Koordinat model.

Sistem koordinat model dapat juga disebut sebagai sistem koordinat lokal, yaitu suatu sistem yang memiliki nilai koordinatnya sendiri. Jika penetapan titik acuan tersebut secara asumsi, maka sistem koordinat tersebut bersifat Lokal atau disebut Koordinat Lokal dan jika ditetapkan sebagai kesepakatan berdasar matematis maka koordinat itu disebut koordinat yang mempunyai sistem kesepakatan dasar matematisnya.

c. Sistem Koordinat peta.

Koordinat peta adalah perpotongan antara garis lintang dan garis bujur. Saat ini terdapat 2 sistem koordinat peta yang biasa digunakan di Indonesia, yakni Sistem Koordinat Bujur-Lintang dan UTM (*Universal Transverse Mercator*).

2.3 Sistem Persamaan Dalam Fotogrametri

2.3.1 Persamaan Kolinier

Dalam fotogrametri sistem persamaan yang digunakan adalah sistem persamaan kolinier, yang merupakan suatu sistem persamaan yang bersifat nonlinier dan dilinierkan dengan menggunakan *Teorema Taylor*. Penggunaan *teorema Taylor* untuk menyelesaikan kolinearitas memerlukan pendekatan awal bagi semua unsur orientasi luar yang tidak diketahui. Dua persamaan menunjukkan kondisi kolinearitas untuk setiap titik pada foto, satu persamaan untuk koordinat foto x dan persamaan yang lain untuk koordinat foto y (*Wolf, 2000*).

$$\begin{aligned} x_a &= x_0 - f \left[\frac{m_{11}(X_A - X_L) + m_{12}(Z_A - Z_L) + m_{13}(Y_A - Y_L)}{m_{31}(X_A - X_L) + m_{32}(Z_A - Z_L) + m_{33}(Y_A - Y_L)} \right] \\ y_a &= y_0 - f \left[\frac{m_{21}(X_A - X_L) + m_{22}(Z_A - Z_L) + m_{23}(Y_A - Y_L)}{m_{31}(X_A - X_L) + m_{32}(Z_A - Z_L) + m_{33}(Y_A - Y_L)} \right] \end{aligned} \quad (2.1)$$

Dimana :

x_0, y_0 : Koordinat foto titik a

- xa, ya : Koordinat foto yang diukur
- XA, YA, ZA : Koordinat *Object Space* untuk titik A
- X1, Y1, Z1 : Koordinat stasiun pemotretan
- f : Panjang fokus kamera
- m : 3 sudut matrik rotasi ortogonal (ω, φ, κ)

2.3.2 *Least square Adjustment*

Least square Adjustment adalah sebuah teknik statistik yang digunakan untuk mengestimasi parameter *unknown* disatukan dengan sebuah solusi dimana teknik tersebut dapat juga meminimalisir nilai kesalahan dari solusi itu sendiri. Dalam teknik fotogrametri metode *least square adjustment* digunakan untuk proses antara lain :

1. Mengestimasi atau meratakan nilai parameter *exterior orientation*.
2. Mengestimasi nilai *object space point* (X, Y, dan Z) beserta nilai keakurasinya.
3. Mengestimasi dan meratakan nilai parameter *interior orientation*.
4. Meminimalisir dan mendistribusikan errors data melalui jaringan pengamatan.

Pendekatan *least square* dibutuhkan untuk proses iterasi sampai sebuah solusi didapat. Sebuah solusi diperoleh saat residual atau nilai kesalahan yang terdapat dalam sebuah data diminimalisir.

Bagi sekelompok data pengamatan berbobot sama, persyaratan utama yang harus dikenakan bagi penyesuaian *least square* ialah bahwa jumlah kuadrat residual diminimalisir. Selanjutnya didalam bentuk persamaan maka persyaratan utama *least square adjustment* dinyatakan sebagai :

$$\sum (V_i)^2 = (V_1)^2 + (V_2)^2 + (V_3)^2 + \dots + (V_{mi})^2 = \textit{minimum} \quad (2.2)$$

Untuk matrik rotasi yang berfungsi untuk mencari perputaran pada foto, maka persamaannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 m_{11} &= \cos \phi \cos K \\
 m_{12} &= \sin \omega \sin \phi \cos K + \cos \omega \sin K \\
 m_{13} &= -\cos \omega \sin \phi \cos K + \sin \omega \sin K \\
 m_{21} &= -\cos \phi \sin K \\
 m_{22} &= -\sin \omega \sin \phi \sin K + \cos \omega \cos K \quad (2.3) \\
 m_{23} &= \cos \omega \sin \phi \sin K + \sin \omega \sin K \\
 m_{31} &= \sin \phi \\
 m_{32} &= -\sin \omega \cos \phi \\
 m_{33} &= \cos \omega \cos \phi
 \end{aligned}$$

Elemen matriks pada persamaan (2.3) ini merupakan fungsi rotasi terhadap sumbu X, Y, Z.

Metode yang digunakan sebagai solusi untuk mendapatkan parameter yang dicari adalah menggunakan teknik kuadrat terkecil (*Wolf, 2000*).

$$b_{11}d\omega + b_{12}d\phi + b_{13}k - b_{14}dXL - b_{15}YL - b_{16}ZL = J + v_{xa} \quad (2.4)$$

$$b_{21}d\omega + b_{22}d\phi + b_{23}k - b_{24}dXL - b_{25}YL - b_{26}ZL = K + v_{ya} \quad (2.5)$$

Turunan dari persamaan tersebut yaitu :

$$b_{11} = \frac{f}{q^2} [r(-m_{33}\Delta Y + m_{32}\Delta Z) - q(-m_{13}\Delta Y + m_{12}\Delta Z)]$$

$$b_{12} = \frac{f}{q^2} [r(\cos \phi \Delta X + \sin \omega \sin \phi \Delta Y - \cos \omega \sin \phi \Delta Z)$$

$$- q(-\sin \phi \cos \kappa \Delta X + \sin \omega \cos \phi \cos \kappa \Delta Y - \cos \omega \cos \phi \cos \kappa \Delta Z)]$$

$$b_{13} = \frac{-f}{q^2} (m_{21}\Delta X + m_{22}\Delta Y + m_{23}\Delta Z)$$

$$b_{14} = \frac{f}{q^2} (rm_{31} - qm_{11})$$

$$b_{15} = \frac{f}{q^2} (rm_{32} - qm_{12})$$

$$b_{16} = \frac{f}{q^2} (rm_{33} - qm_{13})$$

$$b_{21} = \frac{f}{q^2} [s(-m_{33}\Delta Y + m_{32}\Delta Z) - q(-m_{23}\Delta Y + m_{22}\Delta Z)]$$

$$b_{22} = \frac{f}{q^2} [s(\cos \varphi \Delta X + \sin \omega \sin \varphi \Delta Y - \cos \omega \sin \varphi \Delta Z) \\ - q(\sin \varphi \cos \kappa \Delta X - \sin \omega \cos \varphi \sin \kappa \Delta Y - \cos \omega \cos \varphi \sin \kappa \Delta Z)]$$

$$b_{23} = \frac{f}{q^2} (m_{11}\Delta X + m_{12}\Delta Y + m_{13}\Delta Z)$$

$$b_{24} = \frac{f}{q^2} (sm_{31} - qm_{21})$$

$$b_{25} = \frac{f}{q^2} (sm_{32} - qm_{22})$$

$$b_{26} = \frac{f}{q^2} (sm_{33} - qm_{23})$$

$$J = x_a - x_o + f\frac{r}{q}$$

$$K = y_a - y_o + f\frac{s}{q}$$

Dimana perhitungan syarat – syarat q, r, s sebagai berikut :

$$q = m_{31}(X_A - X_L) + m_{32}(Y_A - Y_L) + m_{33}(Z_A - Z_L)$$

$$r = m_{11}(X_A - X_L) + m_{12}(Y_A - Y_L) + m_{13}(Z_A - Z_L) \quad (2.6)$$

$$s = m_{21}(X_A - X_L) + m_{22}(Y_A - Y_L) + m_{23}(Z_A - Z_L)$$

Dalam metode persamaan pengamatan bagi penyesuaian *least square*, ditulis persamaan pengamatan yang berkaitan dengan nilai terukur terhadap kesalahan residual dan parameter *unknown*. Untuk pemecahan yang unik maka jumlah persamaan harus sama besar dengan jumlah *unknown*. Bila dilakukan pengamatan berulang, maka dapat ditulis persamaan pengamatan yang lebih banyak dari yang diperlukan untuk pemecahan yang unik. Dan nilai yang paling mungkin dapat ditentukan dengan metode *least square*.

Bentuk sederhana dari persamaan *least square* yang dilakukan dengan pendekatan aljabar dalam bentuk matrik dapat dituliskan sebagai berikut (*Wolf, 2000*) :

$$\begin{aligned} {}_m A_n X_1 &= {}_m L_1 + {}_m V_1 \\ \text{atau} & \\ {}_m V_1 &= {}_m A_n X_1 - {}_m L_1 \end{aligned} \quad (2.7)$$

Dengan mempelajari penyajian matriks, akan terlihat bahwa persamaan normal dapat diperoleh sebagai berikut (*Wolf, 2000*) :

$$A^T A X = A^T L \quad (2.8)$$

Pada persamaan diatas, $A^T A$ adalah matriks koefisien persamaan normal dari bilangan *unknown*. Dengan mengalikan persamaan diatas dengan $A^T A$ dan kurangkan, hasilnya adalah (*Wolf, 2000*) :

$$\begin{aligned} (A^T A)^{-1} (A^T A) X &= (A^T A)^{-1} A^T L \\ IX &= (A^T A)^{-1} A^T L \\ X &= (A^T A)^{-1} A^T L \end{aligned} \quad (2.9)$$

Bagi suatu sistem pengamatan terbobot, persamaan matriks berikut menyajikan matriks X bagi nilai paling mungkin untuk nilai yang tidak dikenal (*Wolf, 2000*).

$$X = (A^T P A)^{-1} A^T P L \quad (2.10)$$

Dimana :

- X : Matriks koreksi parameter yang dicari
- A : Matriks koefisien atau matriks Jacobian
- L : Matriks Pengamatan / Observasi
- P : Matriks bobot

Didalam persamaan matriks identik terhadap persamaan bobot, kecuali bahwa matriks P merupakan matriks diagonal bobot.

Langkah-langkah solusi dari proses linierisasi matriks X adalah sebagai berikut :

1. Menyusun matriks A
2. Menyusun matriks L
3. Mencari matriks X

Susunan matrik yang digunakan adalah metode *Least square* Adjustment.

Melakukan proses iterasi apabila nilai residu belum selesai. Adapun persamaan matrik untuk menghitung nilai residu setelah penyesuaian, sebagai berikut:

$$V=AX-L \tag{2.11}$$

Rumus standar deviasinya adalah:

$$So = \sqrt{\frac{v^T \cdot v}{r}} \tag{2.12}$$

Iterasi berhenti apabila besarnya nilai koreksi nilai koreksi yang di dapat paling kecil. dengan menggunakan metode *least square*.

2.4 Ekstraksi Data Foto

Suatu foto dalam format digital merupakan kuantitas nilai-nilai tingkat keabuan (*greyscale*) yang ditampilkan dalam sebuah susunan matrik atau array, dimana nilai baris dan kolom dari matrik tersebut merupakan koordinat tiap piksel. Dengan kelebihan yang

dimiliki oleh foto dalam format digital ini, maka dapat dengan mudah menentukan nilai suatu koordinat obyek dalam suatu sistem koordinat foto. Secara umum metode penentuan nilai koordinat obyek pada foto digital yang sering digunakan dalam proses fotogrametri antara lain sebagai berikut :

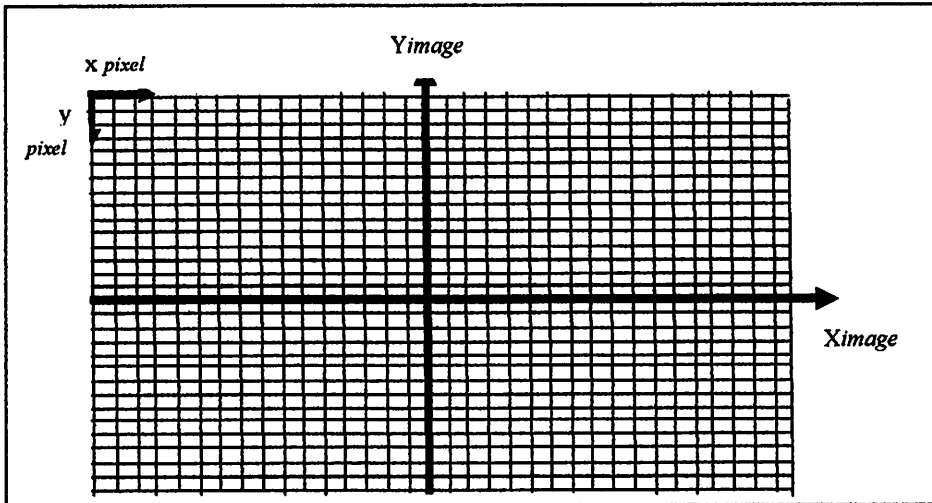
a. Metode Centroid

Dalam penentuan koordinat foto menggunakan teknik ini, hanya terbatas pada target atau obyek yang berbentuk lingkaran atau elips. Hal ini dikarenakan, pada metode ini bertujuan menghitung nilai tengah (*center of gravity*) atau pusat sentroid pada sebuah target dengan memperhitungkan nilai tingkat keabuan pada tiap piksel. Seperti dikemukakan oleh *Ganci* dan *Shortis* dalam *Ahmad*, metode ini dapat digunakan untuk menentukan sentroid hingga ketepatan $\pm 0,03$ piksel (*Shortis, et al, 1994*).

$$\begin{aligned} x &= \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m j \times l_y}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m l_y} \\ y &= \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m i \times l_x}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m l_y} \end{aligned} \tag{2.13}$$

b. Konversi Koordinat *Pixel* Ke Koordinat Foto

Gambaran sistem kordianat ini dipusatkan pada gambaran asal koordinat *pixel* pada bagian kanan atas, puncak *pixel* dengan + y' ke arah bawah.



Gambar 2.1 Sistem koordinat pixel vs system koordinat foto

Keterangan Gambar :

X, Y (*image*) : koordinat foto

x, y (*pixel*) : koordinat *pixel*

Dan persamaan yang digunakan (*Photometric, 2004*) adalah :

$$x = (x' - xc') \cdot \text{PixelSize}$$

$$y = (yc' - y') \cdot \text{PixelSize}$$

Keterangan :

x, y : Koordinat foto

x', y' : Koordinat *pixel*

xc, yc : Principle point dalam *pixel*

PixelSize : Ukuran *image*/ukuran CCD

Dimana :

$$xc' = \left(\frac{nx'}{2} \right) - 0,5$$

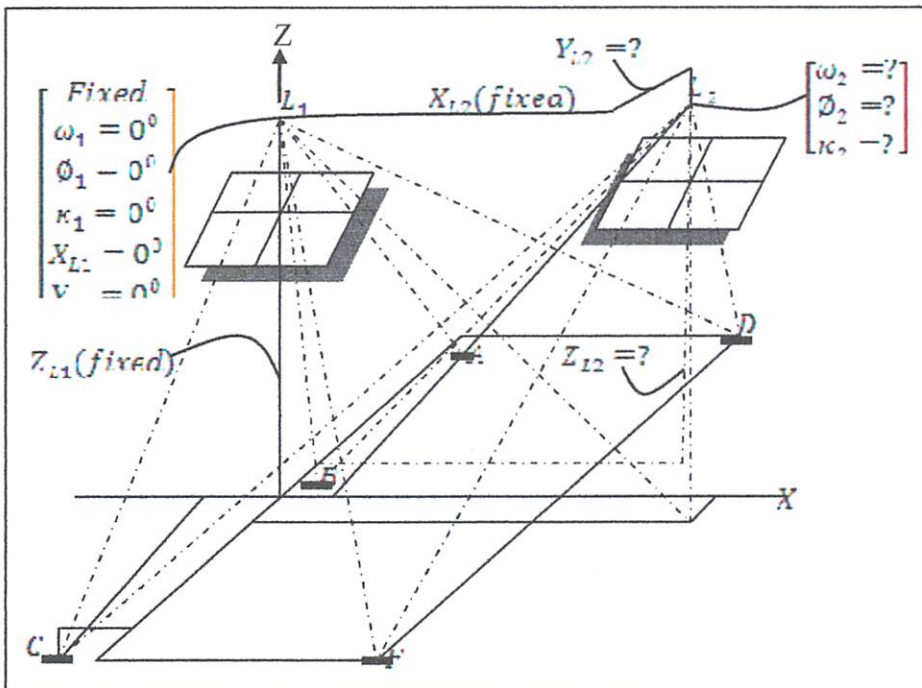
$$yc' = \left(\frac{ny'}{2}\right) - 0,5$$

Keterangan :

n : Jumlah *pixel*

2.5 Relatif Orientasi

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 eksterior orientasi (EO) ω , ϕ , κ , 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.



Gambar 2.2 Relatif Orientasi secara Analitik

Dengan cara digital, relatif orientasi dapat menggunakan syarat kesejarisan (*colinearity condition*) atau syarat kesebidangan (*coplanarity condition*). Adapun persamaan kolinier yang akan digunakan adalah persamaan yang menggunakan metode *Least square Adjustment* yang akan dibahas pada subbab *Resection*

Sehingga dapat dituliskan persamaan-persamaan kebersamaan garis untuk kedua foto, dan minimal untuk lima buah titik objek. Persamaan dari kedua foto tersebut mengandung koordinat keruangan yang sama dan sistem persamaan kebersamaan garis yang dirumuskan terdapat lima buah parameter orientasi luar foto kanan (2) ($\omega_2, \phi_2, \kappa_2, Y_{L2},$ dan Z_{L2}) yang belum diketahui dan ditambah bentuk 3D koordinat objek yang belum diketahui (X_i, Y_i, Z_i) untuk masing-masing titik yang digunakan dalam pemecahan masalah sehingga parameter orientasi luar yang diperoleh nantinya akan dikoreksi pada relatif antara kedua foto.

Pada relatif orientasi analitik, biasanya parameter EO ($\omega, \phi, \kappa, X_L, Y_L$) 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 di foto pada kedua foto) yang mendekati nol dan harus ditentukan 5 parameter *unknown* pada foto kanan. Hal ini akan mempermudah dalam perhitungan koordinat objek X_i, Y_i, Z_i sehingga 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 *least square adjustment*.

Persamaan matrik yang digunakan adalah :

$$X = (A^T A)^{-1} (A^T L) \quad (2.14)$$

$$V = AX - L \quad (2.15)$$

Bentuk matrik A sebagai berikut :

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

Bentuk matriks X, L, dan V sebagai berikut :

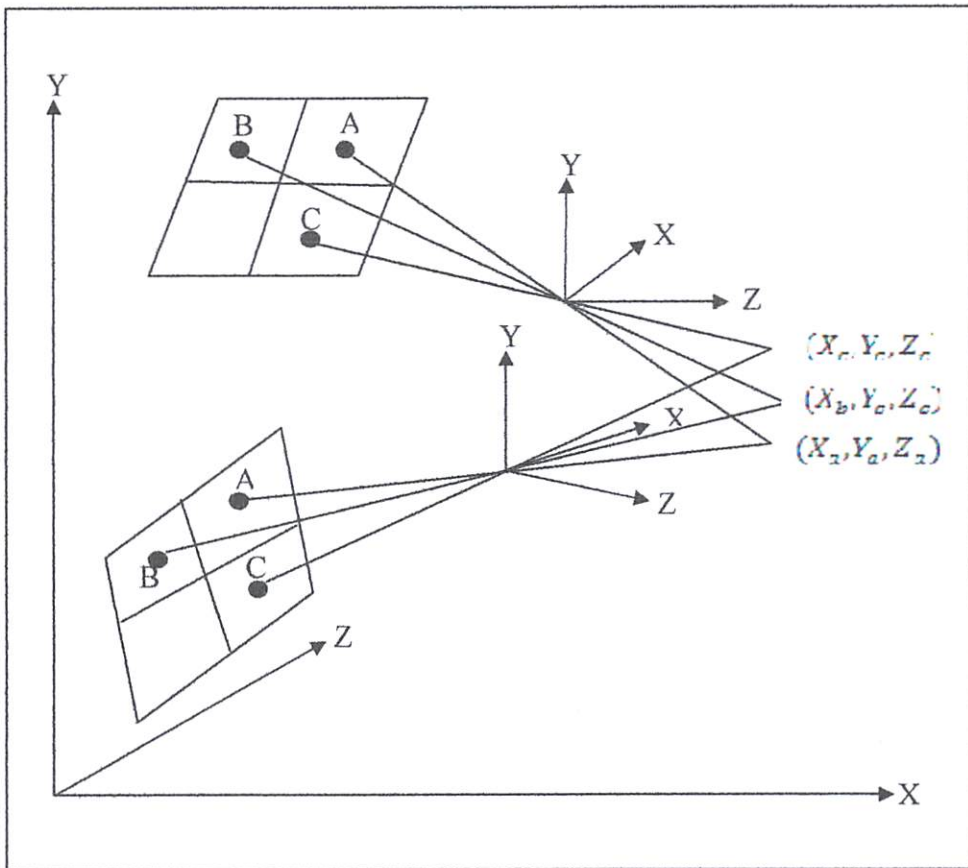
$$X = \begin{bmatrix} d\omega_2 \\ d\varphi_2 \\ dk_2 \\ dY_2 \\ dZ_2 \\ dX_A \\ dY_A \\ dZ_A \\ \vdots \\ dX_n \\ dY_n \\ dZ_n \end{bmatrix} \quad L = \begin{bmatrix} (J_a)_1 \\ (K_a)_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ (J_n)_1 \\ (K_n)_1 \\ (J_a)_2 \\ (K_a)_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ (J_n)_2 \\ (K_n)_2 \end{bmatrix} \quad V = \begin{bmatrix} (V_{xa})_1 \\ (V_{ya})_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ (V_{xn})_1 \\ (V_{yn})_1 \\ (V_{xa})_2 \\ (V_{ya})_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ (V_{xn})_2 \\ (V_{yn})_2 \end{bmatrix}$$

Penyelesaian terhadap matrik di atas yaitu dengan menggunakan persamaan Kolinier dan *least square*.

2.6 Intersection

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 (ω , ϕ , κ , 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 2.3 Ilustrasi Proses Intersection

Untuk mengetahui parameter nilai koreksi dari posisi 3D yang dicari dalam teknik *Intersection* adalah menggunakan metode *least square adjustment* dengan persamaan berikut.

$$X = (A^T A)^{-1} (A^T L) \quad (2.16)$$

$$V = AX - L \quad (2.17)$$

$$A = \begin{bmatrix} (b14_a)_1 & (b15_a)_1 & (b16_a)_1 & \dots & \dots & \dots \\ (b24_a)_1 & (b25_a)_1 & (b26_a)_1 & \dots & \dots & \dots \\ (b14_a)_2 & (b15_a)_2 & (b16_a)_2 & \dots & \dots & \dots \\ (b24_a)_2 & (b25_a)_2 & (b26_a)_2 & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & (b14_b)_1 & (b15_b)_1 & (b26_b)_1 \\ \dots & \dots & \dots & (b24_b)_1 & (b25_b)_1 & (b26_b)_1 \\ \dots & \dots & \dots & (b14_b)_2 & (b15_b)_2 & (b26_b)_2 \\ \dots & \dots & \dots & (b24_b)_2 & (b25_b)_2 & (b26_b)_2 \end{bmatrix} X = \begin{bmatrix} dX_A \\ dY_A \\ dZ_A \end{bmatrix}$$

$$L = \begin{bmatrix} J_a \\ K_a \\ J_b \\ K_b \\ J_c \\ K_c \\ J_d \\ K_d \end{bmatrix} \quad v = \begin{bmatrix} Vx_a \\ Vy_a \\ Vx_b \\ Vy_b \\ Vx_c \\ Vy_c \\ Vx_d \\ Vy_d \end{bmatrix}$$

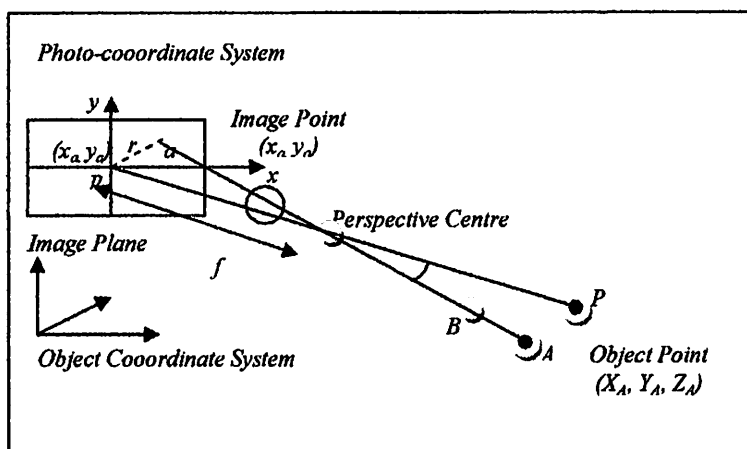
Penyelesaian terhadap matrik di atas yaitu dengan menggunakan persamaan Koliner dan *least square*.

2.7 Resection

Space Resection atau reseksi ruang dengan kolinearitas merupakan metode numerik murni yang secara serentak menghasilkan enam unsur orientasi luar (EO). Biasanya nilai sudut $X1, Y1, Z1, \omega, \phi, \kappa$, diperoleh dengan penyelesaian itu. *Space Resection* dengan kolinearitas memungkinkan penggunaan ulang sejumlah titik kontrol medan. Oleh karena itu dapat digunakan cara perhitungan kuadrat terkecil untuk

menentukan nilai yang paling mungkin bagi keenam unsur itu. Meskipun perhitungannya panjang dapat dilakukan secara rutin. *Space Resection* dengan kolinearitas merupakan metode yang lebih disukai untuk menentukan unsur orientasi luar (Wolf, 2000).

Space Resection dengan kolinearitas meliputi formulasi yang disebut dengan Persamaan Kolinearitas (*Collinearity equation*) untuk sejumlah titik kontrol yang koordinat medannya X , Y dan Z diketahui dan yang gambarnya tampak pada foto. Kemudian persamaan itu diselesaikan untuk enam unsur orientasi luar yang belum diketahui dan tampak pada foto. Kolinearitas di deskripsikan sebagai kondisi dimana stasiun pemotretan, beberapa titik objek, dan *image* foto berada pada satu garis lurus pada *space* 3D. Kondisi kolinearitas di ilustrasikan seperti gambar di bawah ini dimana A , O dan a terletak pada satu garis lurus :



Gambar 2.4 Kondisi Kolinearitasi

Keterangan Gambar :

- x_a, y_a : Koordinat foto
- X_A, Y_A, Z_A : Koordinat titik *object space*
- X, Y, Z : Koordinat Kamera

f : Panjang Fokus Kamera

x_p, y_p : Koordinat dari *Principal Point*

Persamaan dasar dari kondisi kolinearitas bersifat nonlinier dan dilinierkan dengan menggunakan *Teorema Taylor*. Penggunaan *Teorema Taylor* untuk menyelesaikan kolinearitas memerlukan pendekatan awal bagi semua unsur orientasi luar yang tidak diketahui. Dua persamaan menunjukkan kondisi kolinearitas untuk setiap titik pada foto, satu persamaan untuk koordinat foto x dan persamaan yang lain untuk koordinat foto y . Persamaan yang digunakan yaitu 2.1 pada pembahasan sub – bab sistem persamaan.

Persamaan 2.1 merupakan persamaan non linier dan sembilan unsur yang belum diketahui, 3 sudut perputaran yang berhubungan dengan m , 3 koordinat stasiun pemotretan $X_L, Y_L,$ dan Z_L . 3 koordinat titik object $X_A, Y_A,$ dan Z_A . Persamaan non linear dapat dilinearisasikan dengan menggunakan *Teorema Taylor* (Wolf, 2000).

$$X = (A^T A)^{-1} (A^T L) \quad (2.18)$$

$$V = AX - L \quad (2.19)$$

Dengan bentuk matriknya sebagai berikut :

$$A = \begin{bmatrix} b_{11a} & b_{12a} & b_{13a} & -b_{14a} & -b_{15a} & -b_{16a} \\ b_{21a} & b_{22a} & b_{23a} & -b_{24a} & -b_{25a} & -b_{26a} \\ b_{11b} & b_{12b} & b_{13b} & -b_{14b} & -b_{15b} & -b_{16b} \\ b_{21b} & b_{22b} & b_{23b} & -b_{24b} & -b_{25b} & -b_{26b} \\ b_{11c} & b_{12c} & b_{13c} & -b_{14c} & -b_{15c} & -b_{16c} \\ b_{21c} & b_{22c} & b_{23c} & -b_{24c} & -b_{25c} & -b_{26c} \\ b_{11d} & b_{12d} & b_{13d} & -b_{14d} & -b_{15d} & -b_{16d} \\ b_{21d} & b_{22d} & b_{23d} & -b_{24d} & -b_{25d} & -b_{26d} \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} d\omega \\ d\phi \\ dk \\ dX_L \\ dY_L \\ dZ_L \end{bmatrix}$$



Penyelesaian terhadap matrik di atas yaitu dengan menggunakan persamaan Kolinier dan *least square*.

2.8 Bundle adjustment

Bundle adjustment adalah proses penentuan atau perhitungan parameter IO, EO dan koordinat obyek secara serempak bersamaan dengan menggunakan teknik hitung kuadrat terkecil (*Brown, 1974; Heindl, 1981; Schut, 1980 and Triggs, McLauchlan, Hartley and Fitzgibbon, 2000*). Dalam dekade sepuluh tahun terakhir teknik ini menjadi cara yang paling efisien untuk memproses data pemotretan seperti yang dilaporkan oleh *Trigs et al. (2000)*. Maka dengan metode Helmert Blocking (*Wolf, 1978*), maka persamaan normalnya dapat dituliskan sebagai:

$$\begin{pmatrix} \mathbf{A}_1^T \mathbf{P} \mathbf{A}_1 & \mathbf{A}_1^T \mathbf{P} \mathbf{A}_2 \\ \mathbf{A}_2^T \mathbf{P} \mathbf{A}_1 & \mathbf{A}_2^T \mathbf{P} \mathbf{A}_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \mathbf{A}_1^T \mathbf{P} \mathbf{w} \\ \mathbf{A}_2^T \mathbf{P} \mathbf{w} \end{pmatrix} = (2.20)$$

Dimana \mathbf{P} disini adalah matrik bobot dari ketelitian pengukuran koordinat foto dijital:

$$\mathbf{P}_{ij} = \begin{pmatrix} 1/\sigma_x^2 & 0 \\ 0 & 1/\sigma_y^2 \end{pmatrix}_{ij} \quad (2.21)$$

Disini s_x dan s_y adalah standard error dari ukuran titik obyek ke- j pada foto ke- i dari total n titik obyek dan m buah foto. Persamaan (2.22) dapat ditulis menurut notasi *Brown* (*Brown, 1974*) sebagai:

$$\begin{pmatrix} \dot{N}_{ij} & \bar{N}_{ij} \\ \bar{N}_{ij}^T & \dot{N}_{ij} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \dot{C}_i \\ \dot{C}_j \end{pmatrix} = 0 \quad \text{or} \quad N\delta + (2.22)$$

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

$$\begin{aligned} \dot{N}_{ij} &= \sum_{j=1}^n A_{1ij}^T P_{ij} A_{1ij} & : & & \dot{C}_i &= \sum_{j=1}^n A_{1ij}^T P_{ij} w_{ij} \\ \bar{N}_{ij} &= \sum_{i=1}^m A_{2ij}^T P_{ij} A_{2ij} & : & & \dot{C}_j &= \sum_{i=1}^m A_{2ij}^T P_{ij} w_{ij} \\ \bar{N}_{ij} &= A_{1ij}^T P_{ij} A_{2ij} \end{aligned} \quad (2.7.4)$$

Dimana \dot{N} dan \bar{N} adalah sub-matrik dari matrik blok-diagonal, dimana blok \dot{N} merujuk pada parameter EO and \bar{N} mengacu pada koordinat titik-titik obyek seperti yang tersaji pada Rumus (2.23).

$$N_{(6m+3n) \times (6m+3n)} = \begin{bmatrix} \dot{N}_{1j} & 0 & \dots & 0 & \bar{N}_{11} & \bar{N}_{12} & \dots & \bar{N}_{1n} \\ 0 & \dot{N}_{2j} & \dots & 0 & \bar{N}_{21} & \bar{N}_{22} & \dots & \bar{N}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \dot{N}_{mj} & \bar{N}_{m1} & \bar{N}_{m2} & \dots & \bar{N}_{mn} \\ \hline \bar{N}_{11}^T & \bar{N}_{12}^T & \dots & \bar{N}_{m1}^T & \dot{N}_{i1} & 0 & \dots & 0 \\ \bar{N}_{12}^T & \bar{N}_{22}^T & \dots & \bar{N}_{m2}^T & 0 & \dot{N}_{i2} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{N}_{1n}^T & \bar{N}_{2n}^T & \dots & \bar{N}_{mn}^T & 0 & 0 & \dots & \dot{N}_{in} \end{bmatrix} \quad (2.23)$$

$$\underset{(6m+3n).1}{\delta} = \begin{bmatrix} \delta_{11} \\ \delta_{12} \\ \vdots \\ \delta_{1m} \\ \delta_{21} \\ \delta_{22} \\ \vdots \\ \delta_{2n} \end{bmatrix} : \underset{(6m+3n).1}{C} = \begin{bmatrix} \sum_{j=1}^n \dot{c}_{1j} \\ \sum_{j=1}^n \dot{c}_{2j} \\ \vdots \\ \sum_{j=1}^n \dot{c}_{mj} \\ \sum_{i=1}^m \ddot{c}_{i1} \\ \sum_{i=1}^m \ddot{c}_{i2} \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^m \ddot{c}_{in} \end{bmatrix} \quad (2.24)$$

Dimana:

Persamaan (2.7.6) adalah teknik *Bundle adjustment* untuk mendapatkan nilai parameter EO dan koordinat titik obyek didalam sistem kartesian 3D. Jika titik-titik obyek ini hendak dihitung dengan tingkat kekurasian yang lebih tinggi lagi, maka kesalahan sistematis didalam kamera harus dimodelkan.

2.9 Absolut Orientasi

Absolut orientasi merupakan proses menstabilkan hubungan antara sistem koordinat foto dan objek. Terdapat 7 parameter yang dicari yaitu : faktor skala (s), tiga sudut rotasi *omega* (ω), *phi* (ϕ), *kappa* (κ), dan tiga faktor penerjemah Tx, Ty, dan Tz. Untuk melakukan proses absolut orientasi minimal diperlukan 3 koordinat 3D titik kontrol, tetapi agar diperoleh parameter *unknown* lebih baik nilainya maka dalam metode penyelesaian *least square* diperlukan koordinat titik objek lebih dari minimal data koordinat titik objek yang diperlukan. Penyelesaian untuk persamaan transformasi koordinat 3D dapat dilakukan dengan dua tahap dasar, yaitu :

a. Tahapan 1 : Rotasi

Sistem koordinat x',y',z' sejajar dengan sistem objek XYZ dengan sistem sumbu salib xyz . Didalam mengembangkan formula rotasi, biasanya dipertimbangkan bahwa tiga rotasi dapat diperoleh dengan dilakukan konversi dari sistem $x'y'z'$ ke sistem xyz . Persamaan rotasi dikembangkan di dalam suatu rangkaian tiga rotasi 2D yang bebas.

b. Tahapan 2 : skala dan penterjemahan

Proses *absolute orientation* dalam fotogrametri tidak jauh berbeda dengan proses transformasi koordinat tiga dimensi antara dua buah system koordinat. Dimana system persamaan yang digunakan dalam absolute orientasi berdasarkan atas persamaan transformasi similarity tiga dimensi sebagai berikut :

$$Y = sM^T X + T \quad (2.25)$$

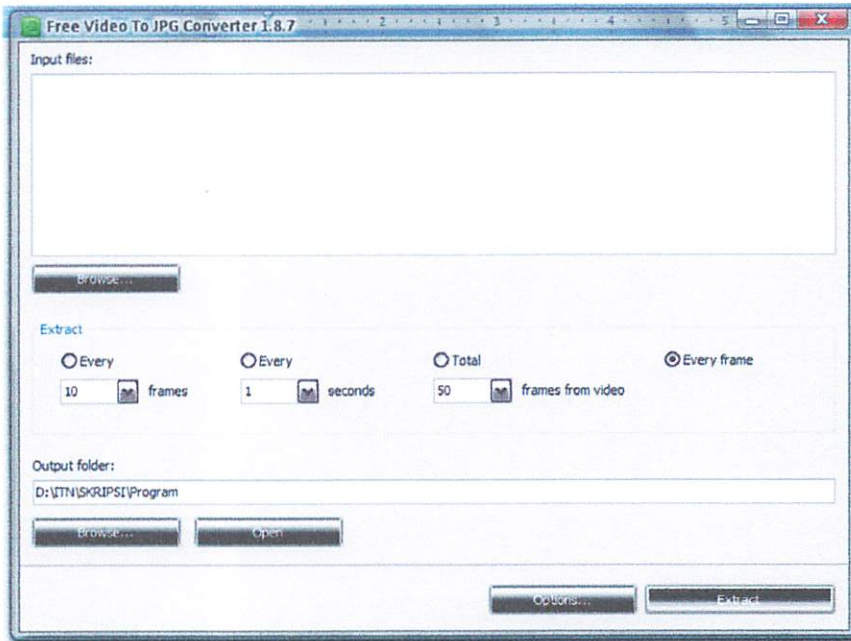
Dari persamaan diatas Y adalah vektor koordinat sistem referensi yang diketahui, s merupakan faktor skala, M adalah matrik rotasi yang merupakan komponen dari sudut rotasi koordinat model terhadap sumbu koordinat referensi, X vektor koordinat yang akan ditransformasikan, dan T parameter translasi antara kedua sistem koordinat. Dengan demikian terdapat tujuh parameter yang harus ditentukan yaitu satu parameter skala, tiga parameter orientasi, dan tiga parameter translasi.

Untuk melakukan perhitungan ketujuh parameter transformasi tersebut dapat digunakan persamaan transformasi yang telah dilinierisasi dengan persamaan *Least square Adjustment*.

2.2 Ekstrasi video ke format JPG

Karena penelitian ini menggunakan IP kamera maka output dari hasil recording berupa video dalam format *Flash Video file*. Untuk dapat menentukan koordinat obyek dengan Interseksi format video harus dijadikan foto (*.JPG).

Foto yang digunakan adalah hasil ekstraksi video menggunakan software Converter Video to JPG 1.8.7.



Gambar 2.5 Tampilan awal Converter Video to JPG 1.8.7

Pada pengaturan extract foto, user bias memilih beberapa option yang telah disediakan pada kotak dialog Extract, pilihannya adalah:

1. Every frames
2. Every second
3. Total frames from video
4. Every frame

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Persiapan

Sebelum melakukan sebuah penelitian diperlukan suatu persiapan yang matang guna kelancaran selama proses penelitian sampai penyajian hasil. Agar diperoleh hasil yang optimal maka ada beberapa hal yang harus dipersiapkan terlebih dahulu, yaitu :

3.1.1. Materi Penelitian

Parameter data lapangan berupa:

1. Video hasil record dari IP kamera

Parameter pemrosesan data:

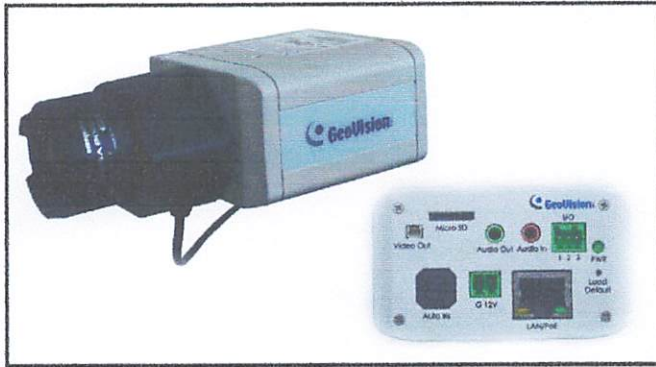
1. Hasil Convert video dari IP kamera menjadi foto

3.1.2. Alat Penelitian

Untuk mendukung pelaksanaan kegiatan penelitian ini, maka diperlukan beberapa perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) antara lain:

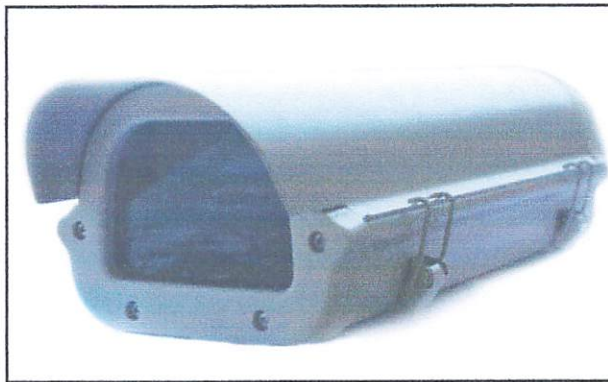
3.1.2.1. Perangkat keras (hardware)

1. Kamera IP GV-BX320D 3M H.264



Gambar 3.1 Kamera IP GV-BX320D 3M H.264

2. Dome kamera



Gambar 3.2 Dome kamera

3. HUB D-LINK 8 port



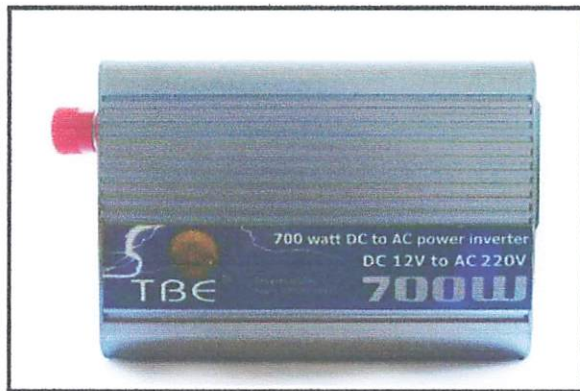
Gambar 3.3 HUB D-LINK 8 port

4. Kabel Lan



Gambar 3.4 Kabel Lan

5. Inverter 700 Watt



Gambar 3.5 Inverter 700 Watt

6. Aki



Gambar 3.6 Aki

7. Laptop



Gambar 3.7 Laptop Toshiba core i5

3.1.2.2. Perangkat lunak (software)

1. *GV-NVR*

adalah sebuah perangkat lunak (*software*) bawaan kamera IP yang digunakan untuk mengambil data video objek yang akan disurvei sehingga dapat disimpan dalam komputer.

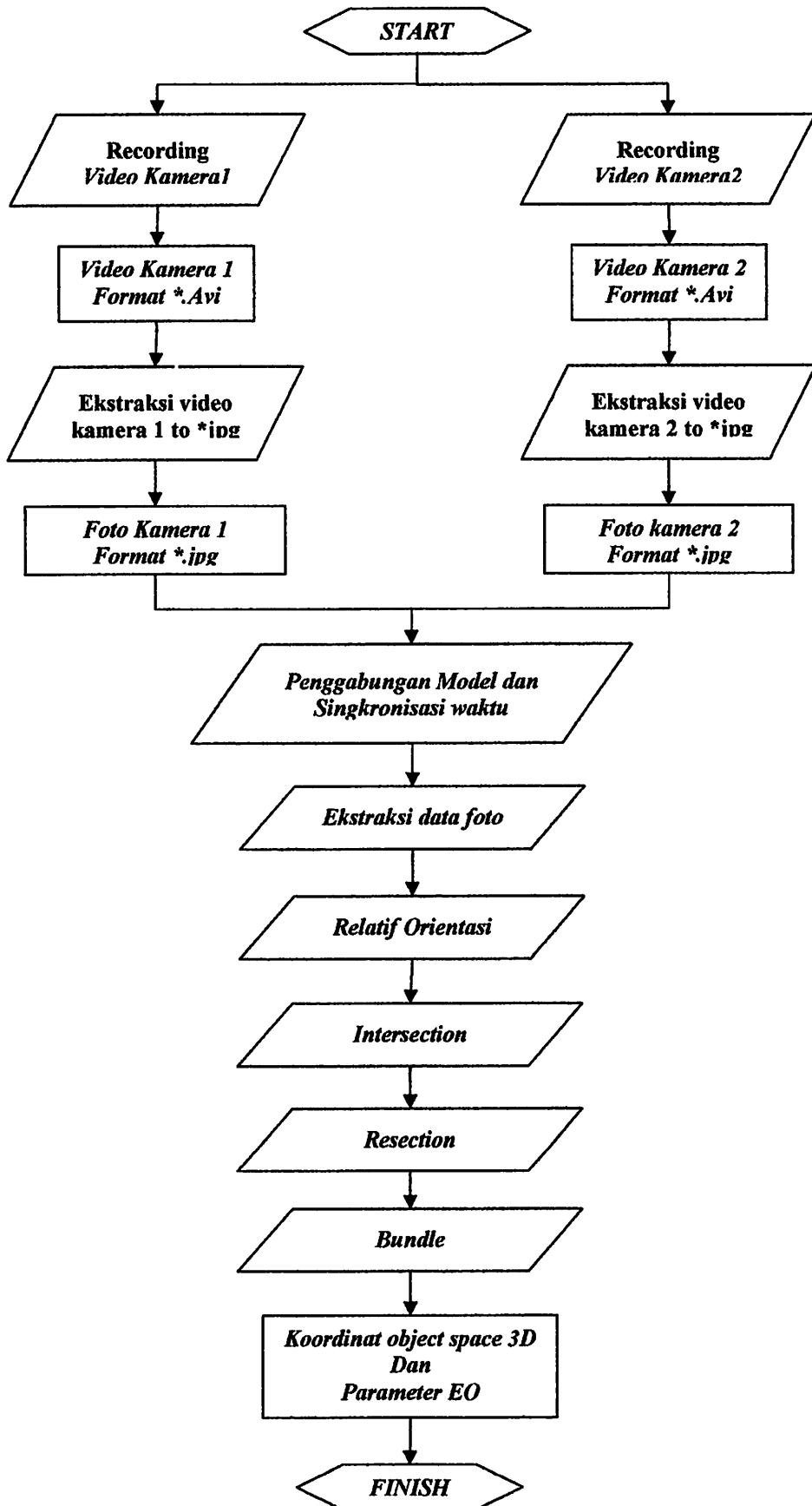
2. *Converter Video to JPG 1.8.7.*

Merupakan perangkat lunak (*software*) yang digunakan untuk mengkonversi data video menjadi sebuah image agar dapat diproses.

3. *Australis versi 6.0*

adalah perangkat lunak (*software*) yang digunakan untuk mengekstrak image menjadi koordianat foto.

3.1.3. Diagram alir



Keterangan Bagan Diagram Alir (*FlowChart*) :

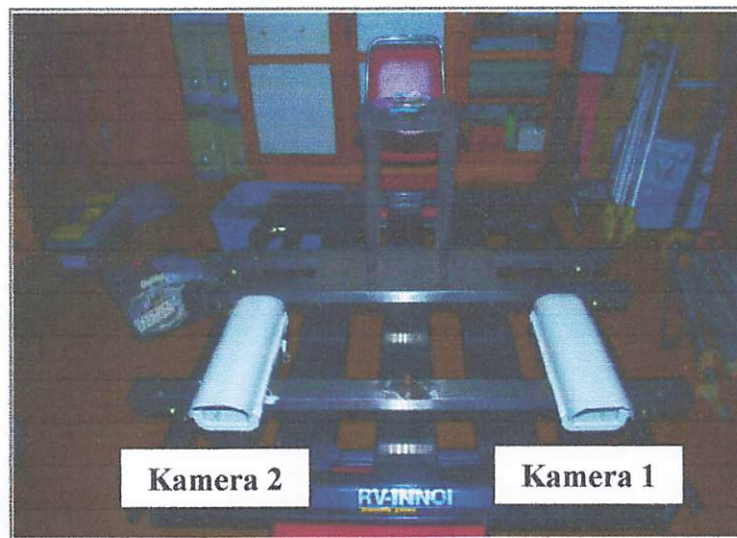
1. Recording lapangan, output file video.
2. Konversi format video dari IP kamera kedalam format *.AVI
3. Proses konversi dari data video menjadi foto dalam format *.jpg menggunakan *software converter video to JPG*.
4. Pemilihan foto dari masing-masing kamera berdasarkan identifikasi waktu yang sama, dan melakukan penggabungan model
5. Ekstraksi data foto, penentuan koordinat foto menggunakan Metode Centroid hanya terbatas pada target atau obyek yang berbentuk lingkaran atau elips. Menggunakan *Australis 6.0*.
6. Proses Relatif Orientasi untuk menentukan nilai perputaran sudut rotasi dan pergeseran posisi antara dua foto. Menggunakan *Australis 6.0*.
7. *Intersection*, 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). Menggunakan *Australis 6.0*.
8. *Resection*, merupakan metode numerik murni yang secara serentak menghasilkan enam unsur orientasi luar (EO). Menggunakan *Australis 6.0*.
9. Proses *Bundle*, proses penentuan atau perhitungan parameter IO, EO dan koordinat obyek secara serempak bersamaan dengan menggunakan teknik hitung kuadrat terkecil (*Brown, 1974; Heindl, 1981; Schut, 1980 and Triggs, McLauchlan, Hartley and Fitzgibbon, 2000*). Menggunakan *Australis 6.0*.
10. Output berupa nilai koordinat object space (x, y, z) dan parameter EO ($X_L, Y_L, Z_L, \omega, \phi, k$)
11. Proses Selesai.

3.2. Pelaksanaan Penelitian

3.2.1. Recording data

Dalam proses recording data kamera IP terdapat langkah-langkah pelaksanaan pengambilan datanya. Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan untuk pengambilan data kamera IP yaitu :

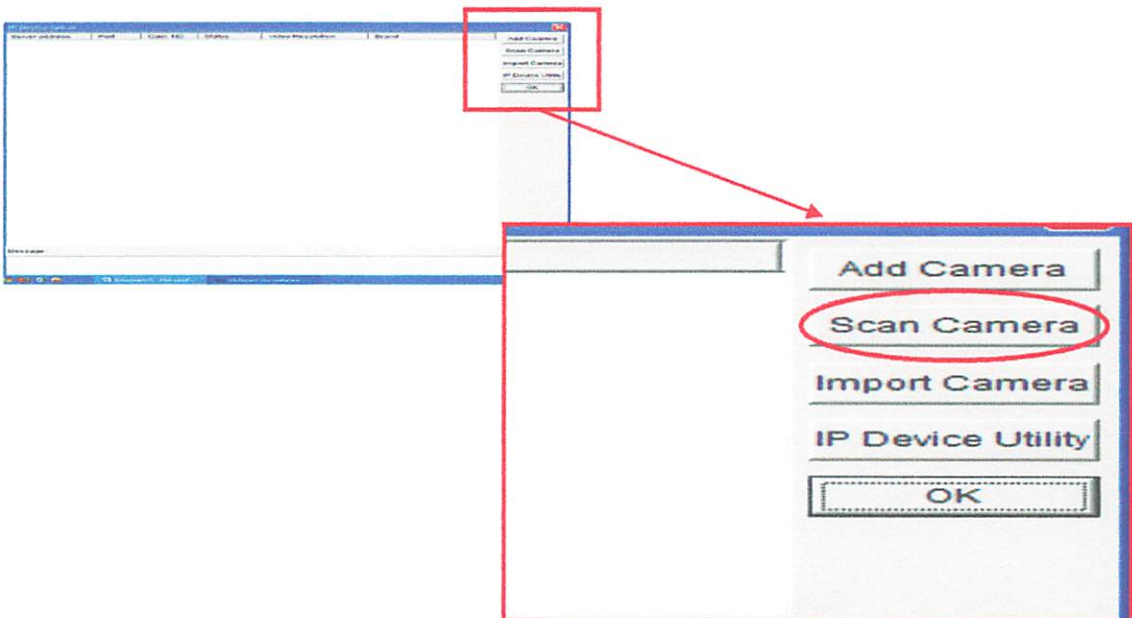
1. Persiapan, untuk melakukan pekerjaan pengambilan data, harus dipersiapkan secara maksimal semua peralatan yang dibutuhkan dengan maksud tujuan untuk meminimalisir kesalahan pada saat pengambilan data. Persiapan ini juga merupakan langkah melakukan rangkaian pada kamera IP, yaitu :
 - a. Pasang *bar* pada kapal melintang antar 2 tiang, lalu pasang dome yang berisi kamera IP di *bar* pada posisi yang telah diatur.



Gambar 3.8 Posisi kamera

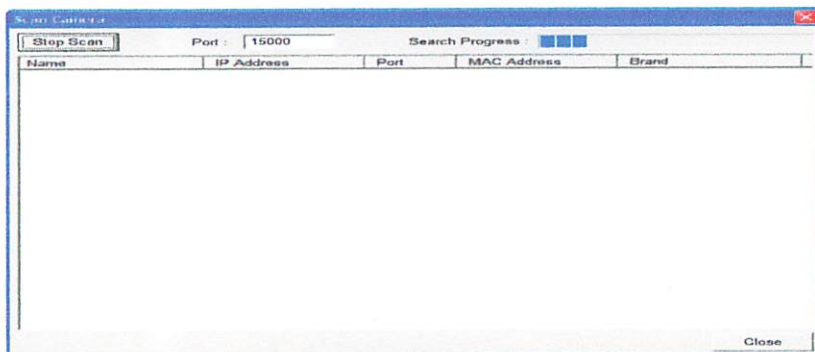
- b. Pasang kabel power dan kabel LAN ke kamera IP.
 - c. Gunakan Inverter untuk mengatur power dari sumber Aki untuk power kamera IP, Laptop, USB HUB D-LINK ,GPS dan tranduser.

- d. Pasang 2 kabel LAN pada kamera IP dan disambungkan ke USB HUB D-LINK sebagai terminal. Dan kabel LAN yang 1 (satu) disambungkan ke laptop.
 - e. Maka selesai sudah persiapan untuk menggunakan kamera IP.
2. Integrasikan kamera IP pada laptop yang telah diinstal perangkat lunak *GV-NVR* untuk melakukan settingan pada kamera IP. Langkah untuk melakukan settingan pada kamera IP yaitu :
- a. Untuk memulai program *GV-NVR*, tekan *start GV-NVR GeoVision GV-NVR System*.
 - b. Untuk penggunaan pertama kali, akan diminta untuk memasukkan ID dan *Password*.
 - c. Akan muncul *window IP Device Setup* yang berfungsi untuk mencari kamera yang akan digunakan. Pilih *Scan Camera*.

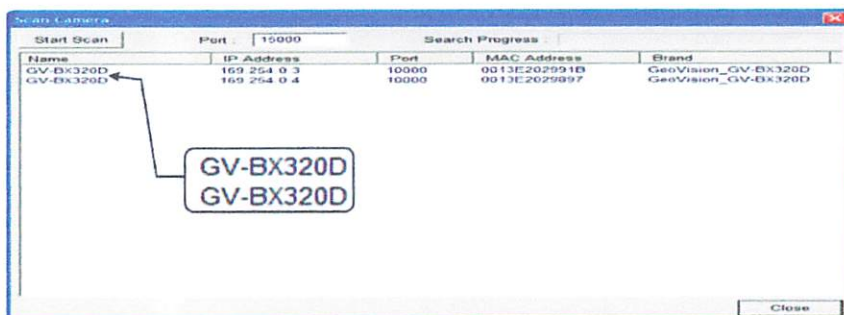


Gambar 3.9 Window IP Device setup

- d. Lalu pada *window* selanjutnya tekan *Scan Camera* dan program ini akan secara otomatis mencari kamera yang sudah dihubungkan.

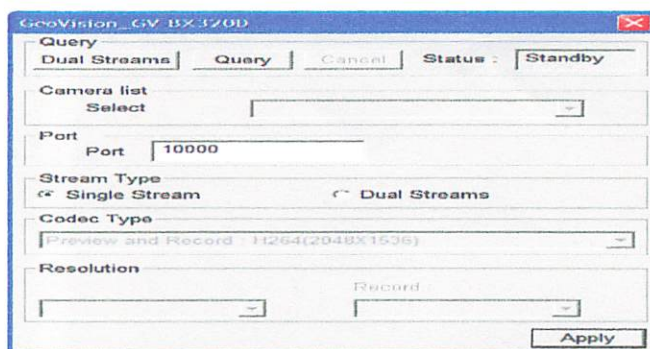


Gambar 3.10 Window scan camera



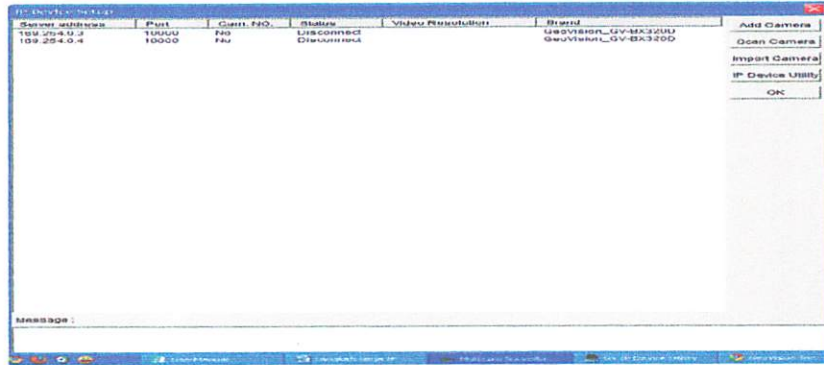
Gambar 3.11 Kamera yang terdeteksi

- e. Klik 2x pada GV-BX320D, maka akan otomatis melakukan *Query* pada masing-masing kamera.



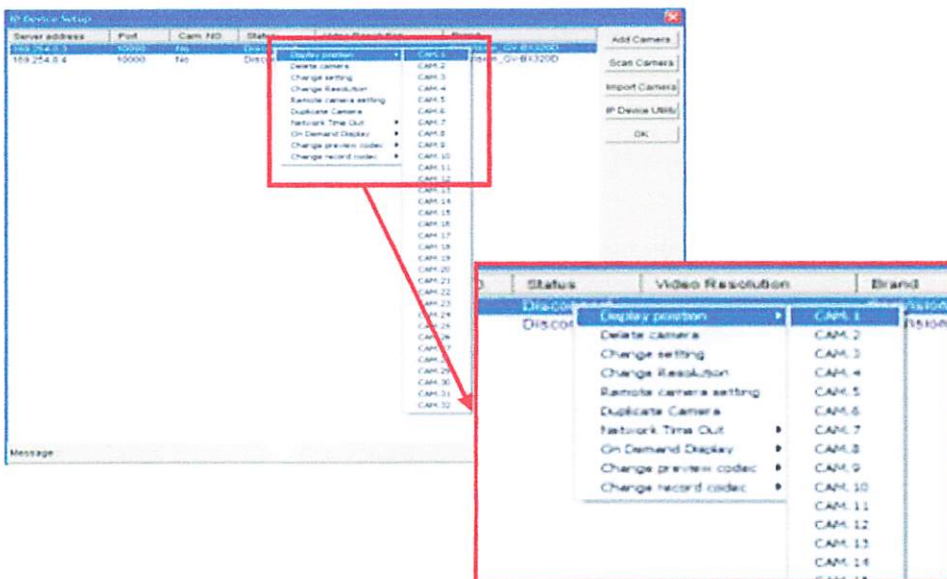
Gambar 3.12 Query pada kamera IP

- f. Setelah itu tekan *Apply*, maka kamera akan muncul pada *IP Device Setup*.



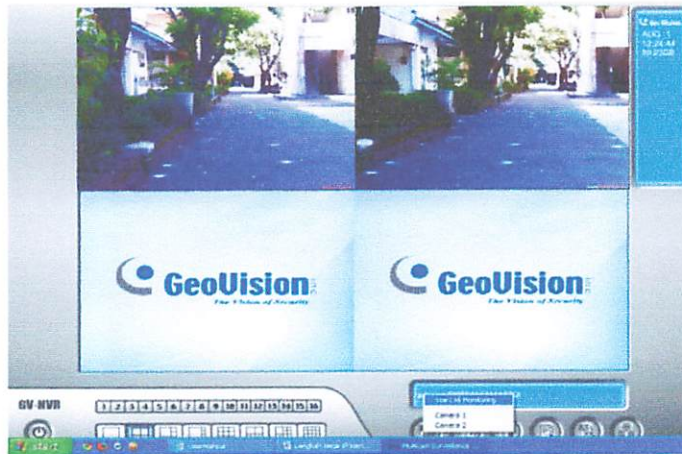
Gambar 3.13 IP Device Setup

- g. Klik kamera yang muncul, lalu klik kanan pada status *display* kamera pilih nomor kamera (CAM.1) untuk mengubah status kamera dari *disconnect* menjadi *connect*.



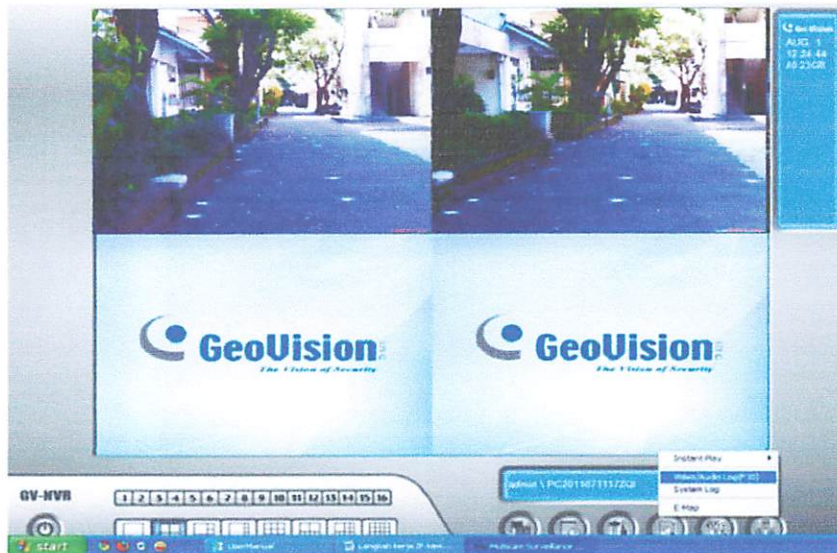
Gambar 3.14 Mengubah Status Koneksi Kamera

- h. Lakukan pada tiap status kamera, jika semua sudah *connect* klik OK dan kamera sudah siap untuk melakukan *monitoring*.
3. Untuk memulai *monitoring*, klik *Monitor* lalu pilih kamera yang akan melakukan *monitoring*. Jika sudah selesai, klik kembali *monitoring* untuk *record* video dan pilih *stop* untuk menghentikan *recording*.



Gambar 3.15 Memulai Monitoring Kamera

4. Untuk melihat hasil *monitoring*, klik pada *icon View Log*, lalu pilih *video/audio log*.



Gambar 3.16 Melihat Hasil Monitoring

5. Maka muncul program bagian dari *GV-NVR system* untuk melihat dan menyimpan hasil *monitoring*.



Gambar 3.17 GV-NVR system untuk melihat dan menyimpan hasil monitoring

3.2.2. **Conversi video hasil record kedalam format *.AVI**

Buka aplikasi GV-NVR untuk proses konversi



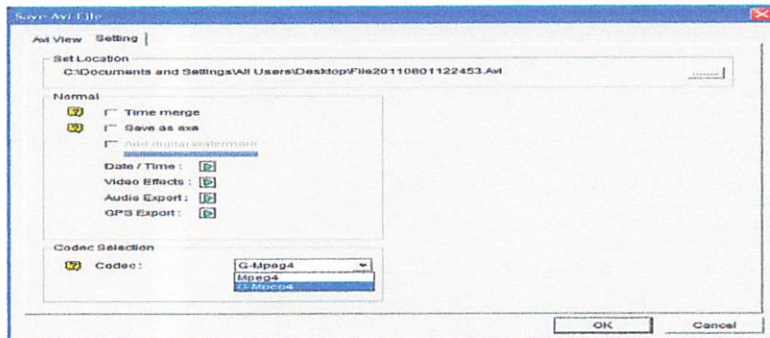
Gambar 3.18 Save Video

1. Pada *window Save avi File*, klik *tab setting* dan ganti *codec G-Mpeg4* menjadi *Mpeg4*. Ini bertujuan agar video Avi yang disimpan

kompatibel dengan program ekstrasi yang digunakan pada penelitian kali ini.



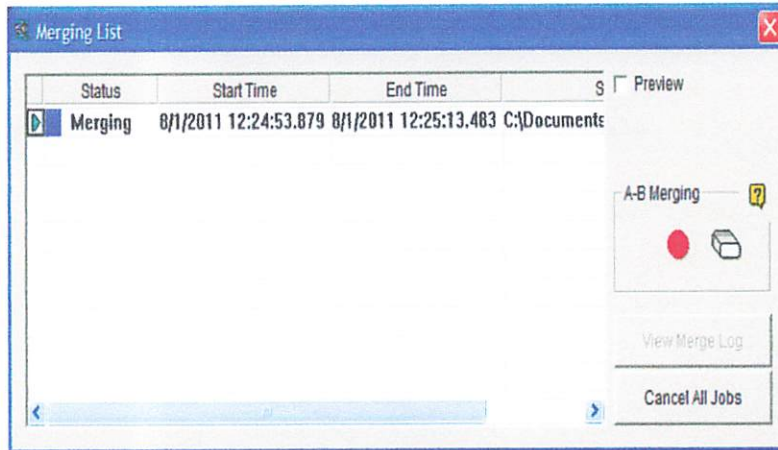
Gambar 3.19 Window Save as Avi



Gambar 3.20. Window Save Avi File

2. Klik OK jika sudah selesai maka akan muncul *window Merging List*, jika *Merging* sudah *Complete*, tutup *window* tersebut maka video hasil *monitoring* sudah berupa format *Avi*.



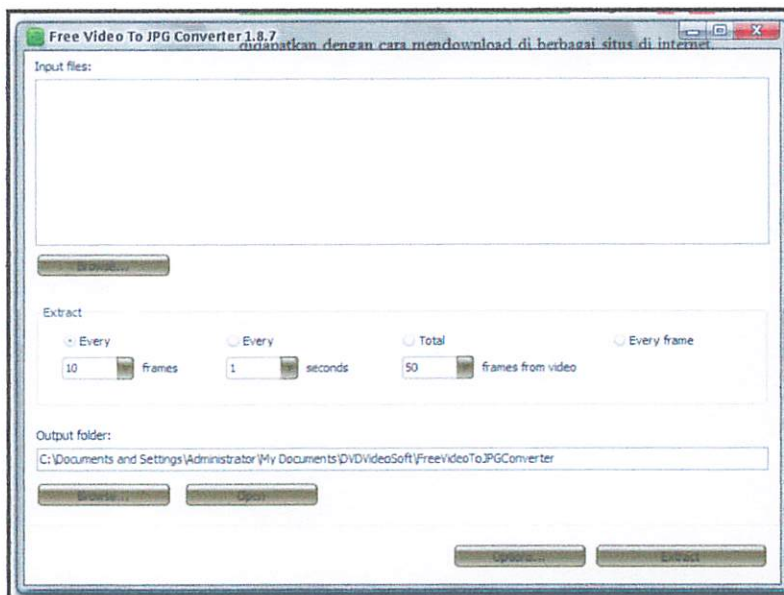


Gambar 3.21 Proses Window Merging List

3.2.3. Ekstraksi video menjadi format foto *.JPG

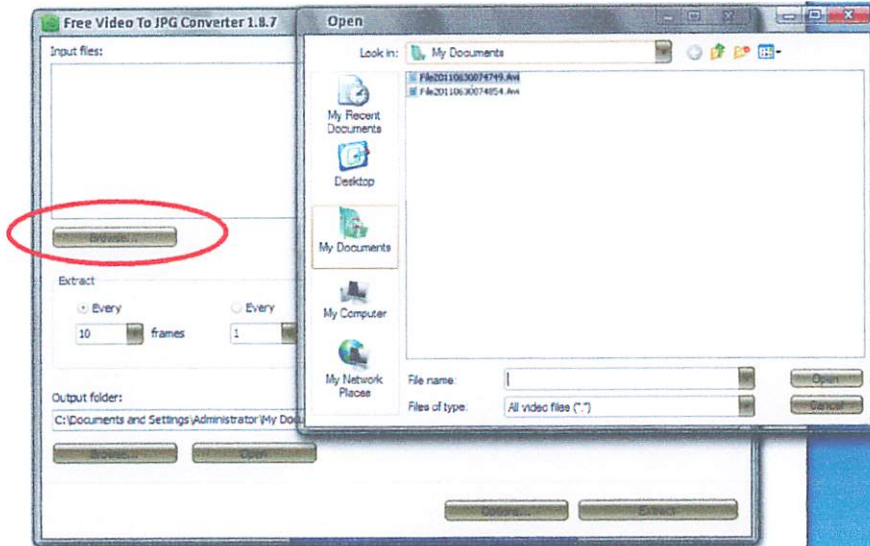
Untuk ekstraksi video, program yang digunakan adalah *Free Video to JPEG Converter Version 1.8.7*. Program ini bisa didapatkan dengan cara mendownload di berbagai situs di internet. *install* program ini pada komputer atau laptop untuk menggunakannya. Langkah-langkah ekstraksi video sebagai berikut:

1. Buka program *Free Video to JPG Converter 1.8.7*.



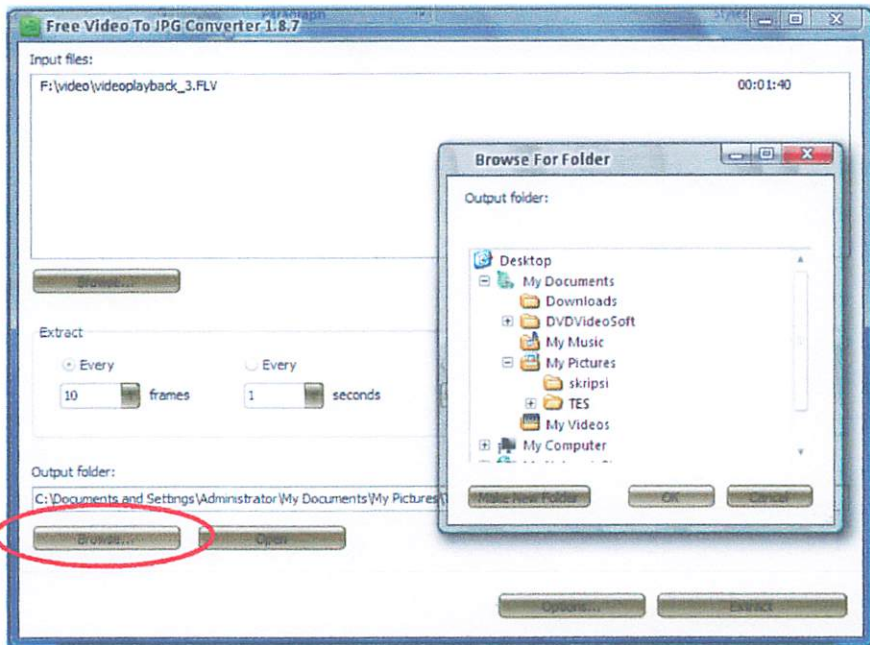
Gambar 3.22 Free Video to JPG Converter

2. Setelah itu klik *Browse* untuk memasukkan file video yang ingin di ekstrak. Pilih video yang ingin di ekstrak setelah itu klik *Open*.



Gambar 3.23 Browse Files Video

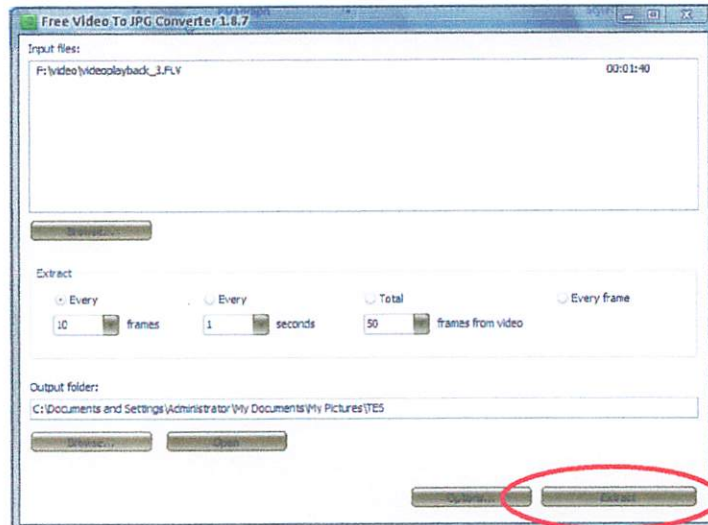
3. pilih posisi untuk menyimpan hasil ekstrak video terlebih dahulu.



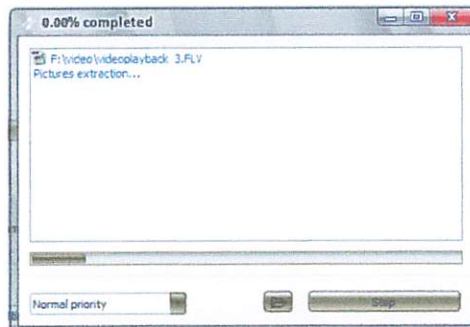
Gambar 3.24 Browse save video

4. Setelah itu pilih hasil ekstraksi video yang diinginkan pada kolom *Extract*. Untuk kali ini dipilih hasil untuk *every frame*.

5. Jika sudah selesai langsung klik tombol *Extract* untuk memulai ekstraksi data foto.

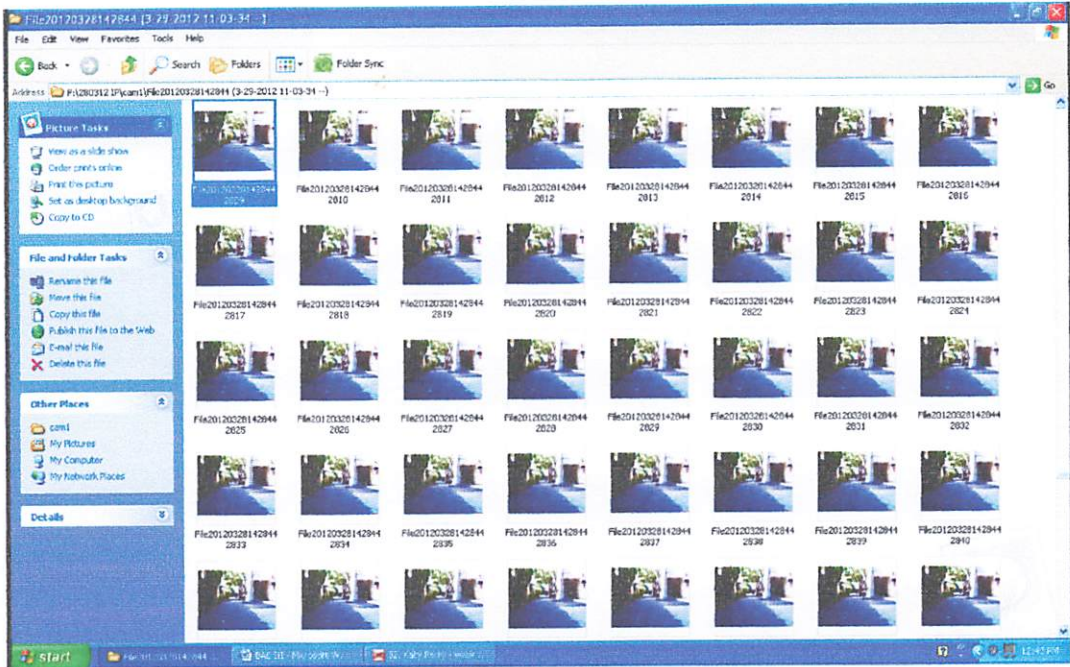


Gambar 3.25. Windows Converter



Gambar 3.26. Ekstraksi Progress

6. Setelah *Conversion Progress* selesai, maka akan didapatkan hasil ekstraksi video berupa data foto (*.Jpg).



Gambar 3.27 Hasil Ekstraksi Video (*.Jpg)

3.2.4. Pengolahan Data

Untuk proses pengolahan data foto ini, dipilih 2 (dua) foto yang bertampalan dengan waktu pengambilan yang sama. Dalam Model 1 terdapat 2 (dua) foto dengan waktu yang sama yaitu : File201203281428442496 (kamera sebelah kiri) dan File20120328142844 2462 (kamera sebelah kanan). Dengan waktu pemotretan 3/28/2012 14:30:07. Waktu tiap foto bias dilihat pada label foto yang sudah disetting pada saat save as avi, seperti pada gambar 3.20. Pada kasus ini saya meletakkan label pada kiri bawah dan dikasih warna merah dengan tujuan supaya bisa terlihat lebih jelas. Pengaturan ukuran font juga berpengaruh untuk besar kecilnya label.



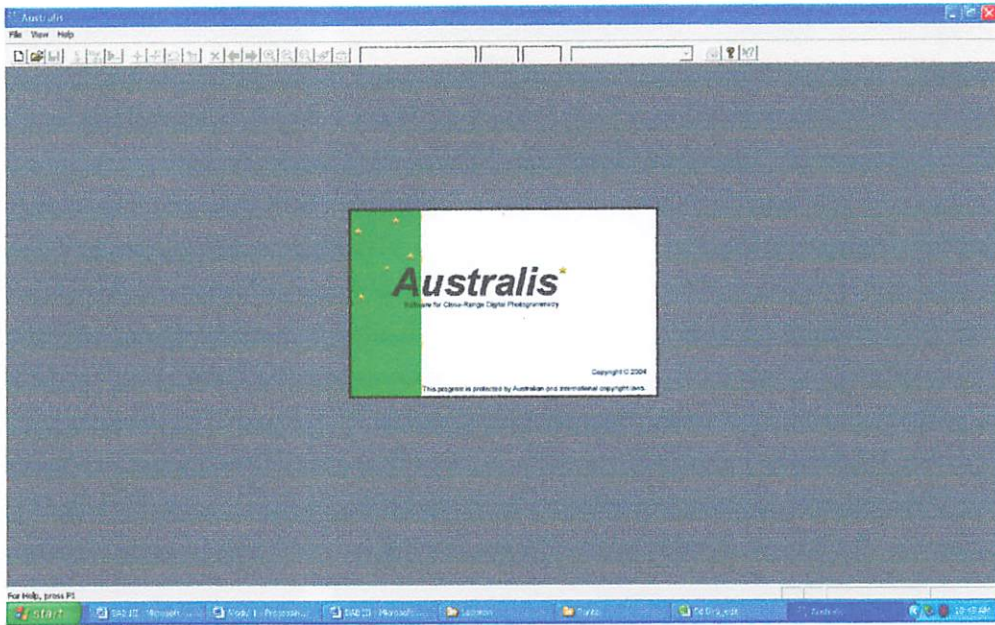
Gambar 3.28 Hasil foto kamera kiri: File201203281428442496




Gambar 3.29 Hasil foto kamera kanan: File201203281428442462

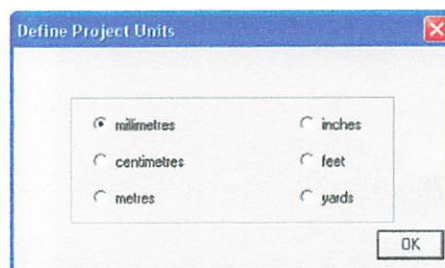
Proses pengolahan data foto ini menggunakan perangkat lunak *Australis 6.05*. Langkah pengolahan foto adalah sebagai berikut :

1. Buka aplikasi *Australis 6.05* dengan melakukan **double-click** pada **icon** *Australis 6.05* yang berada pada **desktop**. Sehingga, akan muncul sebuah tampilan awal aplikasi sebagai berikut. :



Gambar 3.30 Membuka aplikasi Australis 6.05

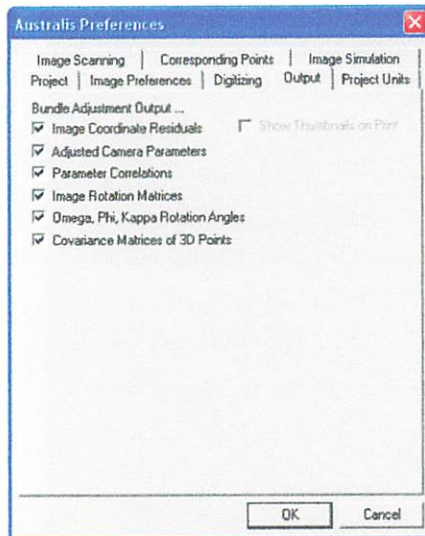
- Untuk memulai project baru, click  atau melalui menu **File** → **New**. Kemudian akan muncul sebuah jendela **Define Project Units** → **Cawang salah satu pilihan** → **OK** untuk menentukan jenis satuan ukuran yang akan digunakan (meter, centimeter, milimeter, dsb).



Gambar 3.31 Define Project Units

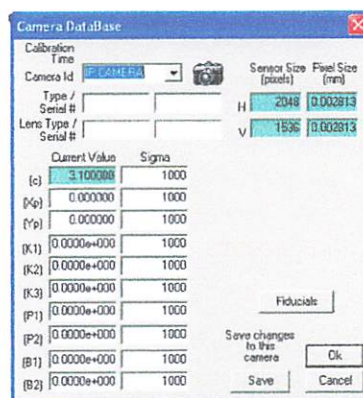
- Sebelum melakukan pengolahan foto, terlebih dahulu melakukan setting terhadap nilai parameter keluaran yang dibutuhkan dengan cara click pada menu **Project** → **Preference** → Muncul jendela **Australis Preference** → Tab

Output. Berikan tanda cawang pada tiap pilihan *Bundle Adjustment Output*, seperti pada gambar dibawah ini, kemudian click **OK**.






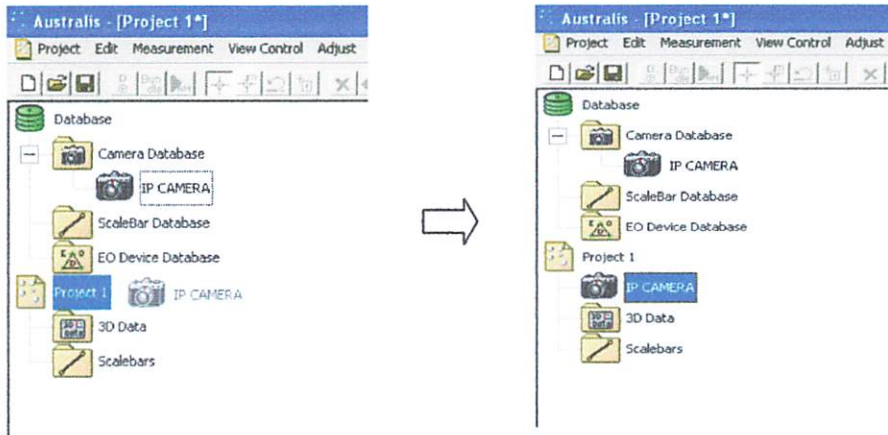
Gambar 3.32 Australis Preferences

Selanjutnya, *click-kanan* pada *Camera Database* → *Add Camera Database*. Masukkan 10 parameter kalibrasi kamera berupa panjang fokus, *principle point* (x,y), 3 parameter distorsi radial, 2 parameter distorsi decentring, dan 2 parameter distorsi affinity. Click **OK** untuk menyimpan data parameter kamera.



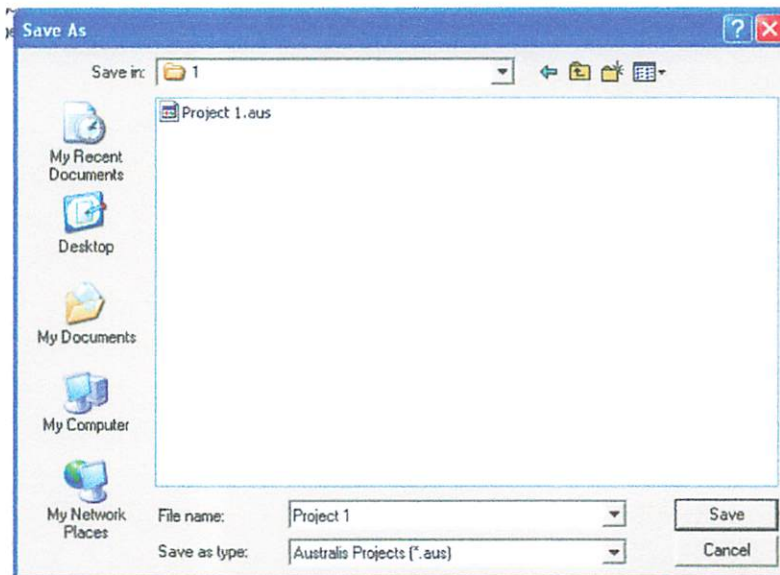
Gambar 3.33 Camera DataBase

4. Untuk memulai proses pengolahan data foto pada Project, *click-tahan*  pada *Camera Database* → arahkan / letakkan pada icon  (nama project) → sehingga akan muncul icon  yang sama dengan *Id Camera* pada *Camera Database*.




Gambar 3.34 Camera DataBase Project

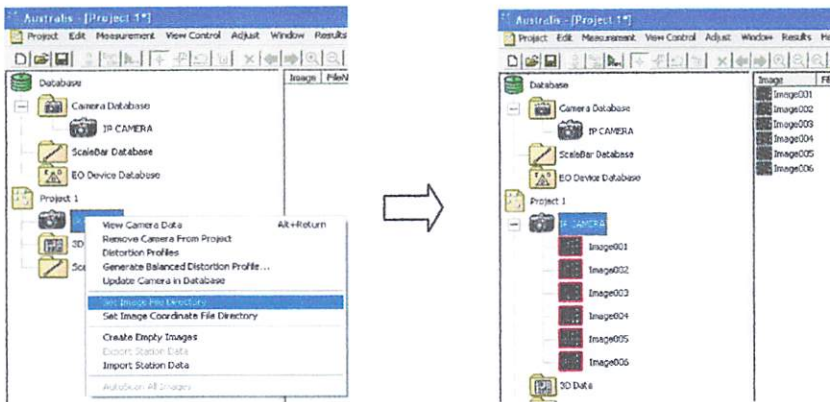
5. Simpan project untuk pertama kali, dan secara otomatis akan muncul jendela *Save As* seperti dibawah ini.



Gambar 3.35 Save As Project

Beri nama project sesuai keinginan anda kemudian click *Save*. Perlu di ingat *File project (*.aus)* harus disimpan satu folder bersama dengan file foto yang akan diolah.




- Setelah seluruh parameter kamera berada pada struktur *Project.aus*, langkah selanjutnya ialah melakukan input data foto dengan cara click-kanan pada  yang berada didalam *Project.aus* → *Set Image File Directory* → *Open*. Seluruh file foto akan secara otomatis masuk kedalam struktur *Project.aus*.



Gambar 3.36 Set Image File Directory

3.2.4.1 Relatif Orientasi

- Apabila seluruh data foto yang akan diolah telah masuk ke dalam project yang telah dibuat, proses selanjutnya ialah melakukan ekstraksi data koordinat foto menggunakan metode centroid dengan cara :

double-click pada  Image001 → *muncul sebuah jendela yang berisikan sebuah foto* → aktifkan icon  dan  pada toolbar → kemudian arahkan *pointer* ke tengah-tengah *cat retro-target* → *click target* → muncul *tanda silang dan nomor id* titik yang menandakan target telah ditandai.

-



Gambar 3.37 Target

- Selanjutnya ialah melakukan proses *Relative Orientation* untuk mengorientasikan data foto lain terhadap data foto image001. Proses ini dapat dilakukan dengan cara click *Adjust* → *Relative Orientation* sehingga akan muncul jendela relative orientasi sebagai berikut :



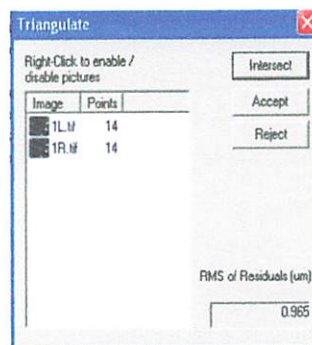
Gambar 3.38 Relative Orientation

Pada jendela *Relative Orientation* → set *Left Image* dengan *image001* yang telah diproses pada *point 9* → set *Right Image* dengan data foto yang

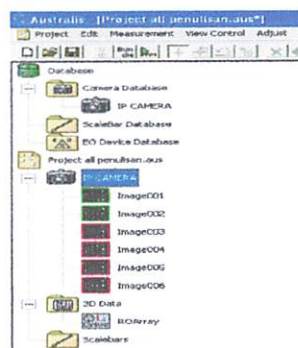
memiliki basis pemotretan yang lebih besar terhadap *image001* → ekstraksi data koordinat foto untuk data foto Right Image dengan cara yang sama sesuai dengan *point 9* → **Compute RO** → apabila nilai *Measured Points* memiliki nilai kurang dari sama dengan *1.00* click **Accept** → jika tidak, ulangi dengan konfigurasi foto dan titik yang lain.

3.2.4.2 Intersection

Setelah proses *Relative Orientasi* sukses dilakukan, proses selanjutnya ialah proses *Intersection*. Adapun prosedur pelaksanaan proses intersection dapat dilakukan dengan cara click **Adjust** → **Triangulate** → **Intersect** → apabila nilai *RMS of Residual* kurang dari sama dengan *1.00* → **Accept** → jika tidak → **Reject**.



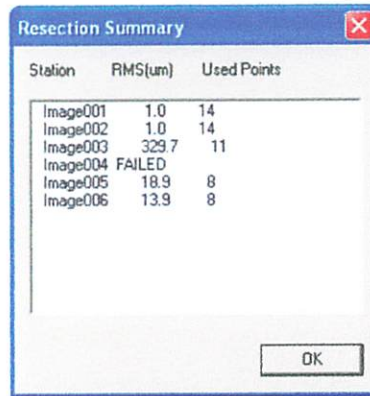
Gambar 3.39 Triangulate



Gambar 3.40 hasil Triangulate

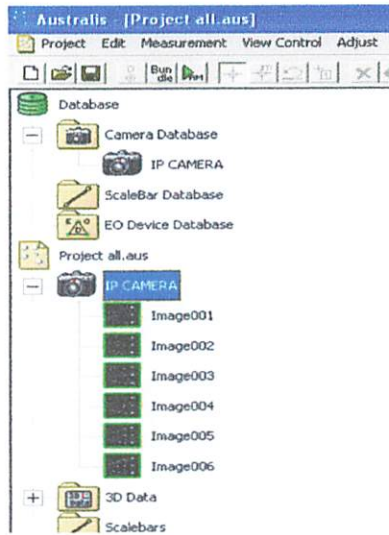
3.2.4.3 Resection

Setelah proses *Intersection* sukses dilakukan, proses selanjutnya ialah proses *Resection*. Adapun prosedur pelaksanaan proses Resection dapat dilakukan dengan cara click *Adjust* → *Resect All Project Images*.



Station	RMS(um)	Used Points
Image001	1.0	14
Image002	1.0	14
Image003	329.7	11
Image004	FAILED	
Image005	18.9	8
Image006	13.9	8

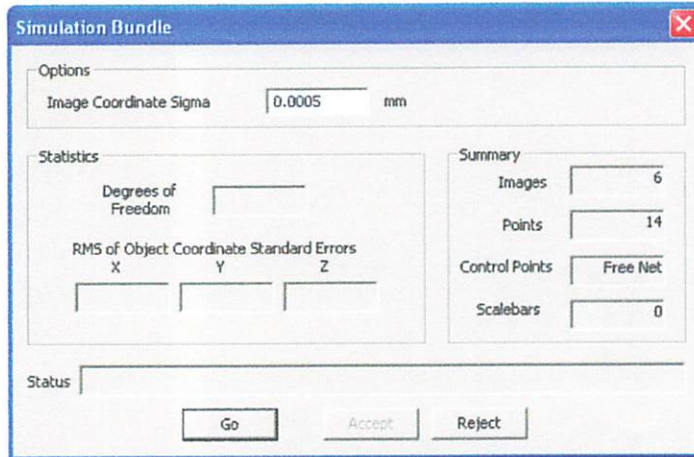
Gambar 3.41 Resection Summary



Gambar 3.42 Hasil Resection seluruh foto

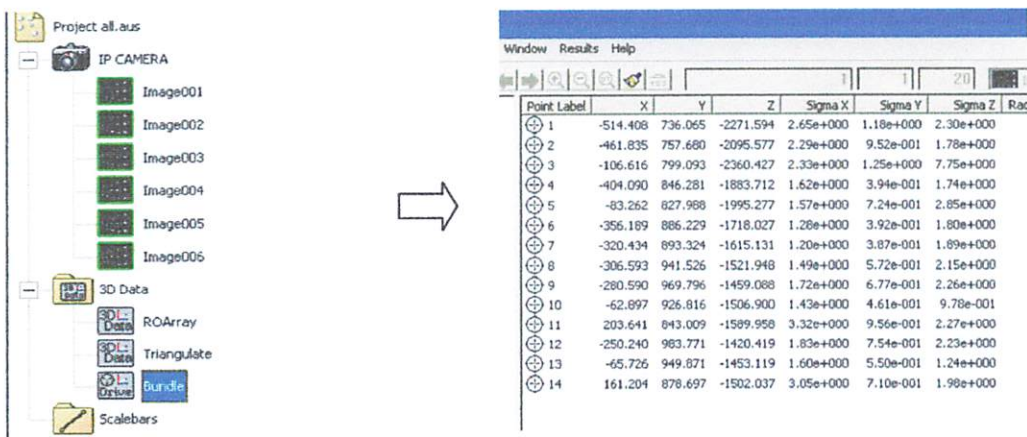
3.2.4.4 Bundle

Setelah proses *Resection*, proses selanjutnya ialah proses *Bundle*. Adapun prosedur pelaksanaan proses Bundle dapat dilakukan dengan cara click *Adjust* → *Simulate Bundle* → *Yes* → *Go*.



Gambar 3.43 Simulate Bundle

4. Setelah *Go*, Status akan menjadi Adjustment Successful, kemudian Accept jika berhasil, jika gagal maka langsung Reject.



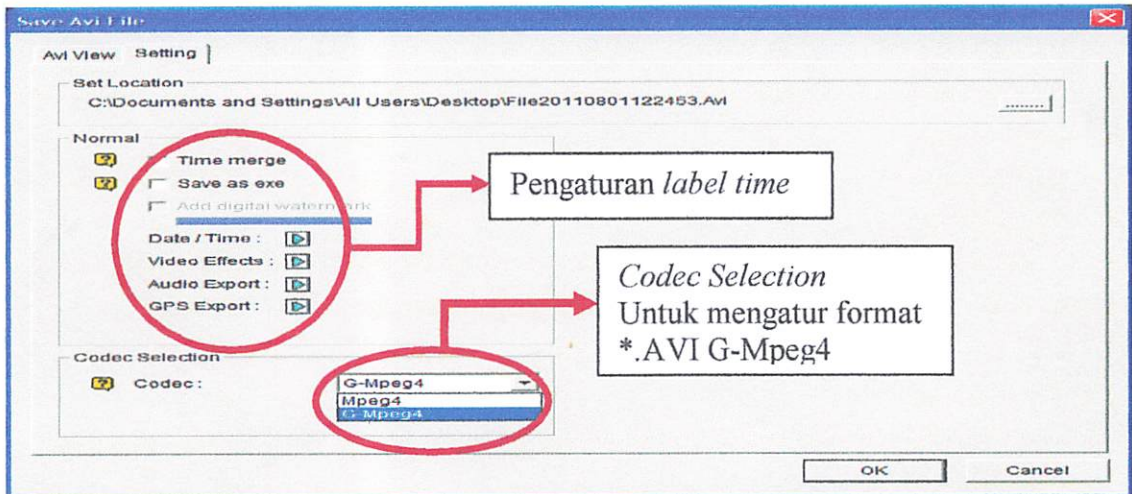
Gambar 3.44 Hasil Bundle

BAB IV

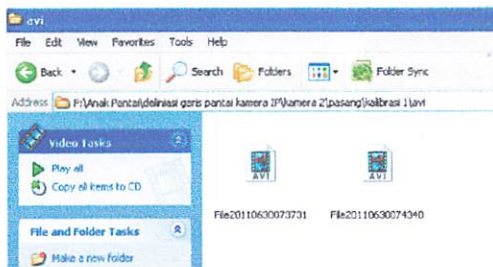
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Recording

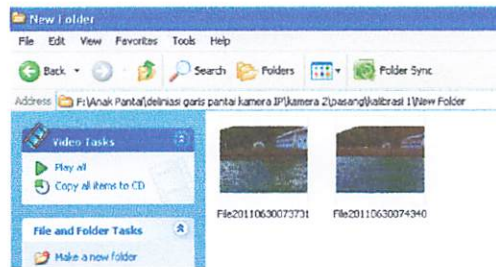
Hasil video *recording* lapangan dari 2 kamera IP formatnya adalah *.AVI. Untuk menghasilkan video yang siap untuk di *Convert* menjadi foto maka file video hasil recording tadi yang format *.AVI harus melewati proses *merging* terlebih dahulu menjadi format *.AVI G-mpeg4.



Gambar 4.1. window pengaturan sebelum merging



File video sebelum proses Merging

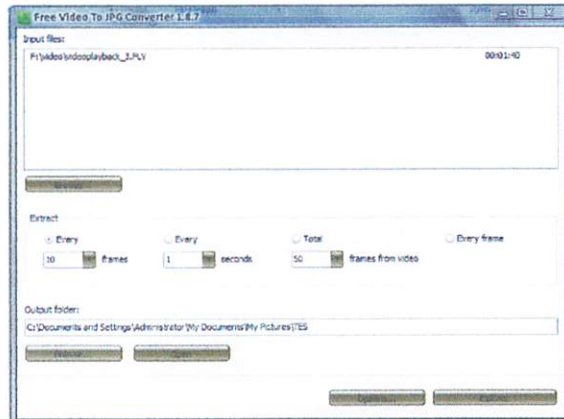


File video sesudah proses Merging

Gambar 4.2. hasil video yang sudah di merging

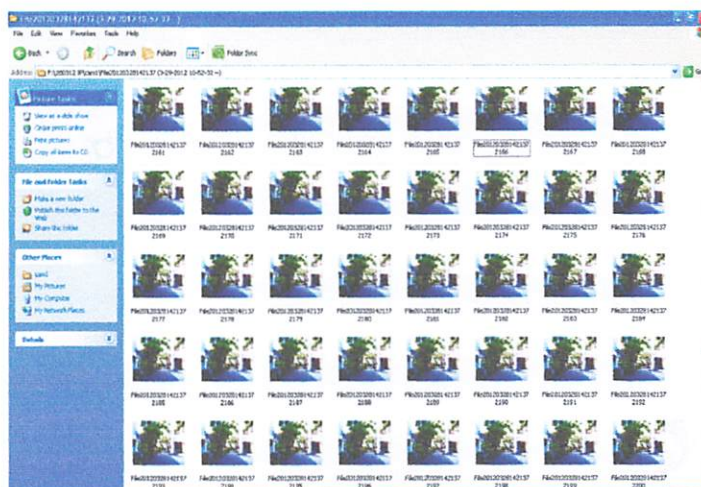
4.2. Hasil convert format video to Jpg

Setelah proses *merging* selesai, proses selanjutnya adalah mengconvert video yang sudah format *.AVI G-mpeg4 menjadi foto. Pada penelitian ini proses *convert video to Jpg* menggunakan software *Free Video to JPEG Converter Version 1.8.7*. Untuk pengaturan *Extract* di atur menjadi *every frame*.



Gambar 4.3. Convert format video to Jpg

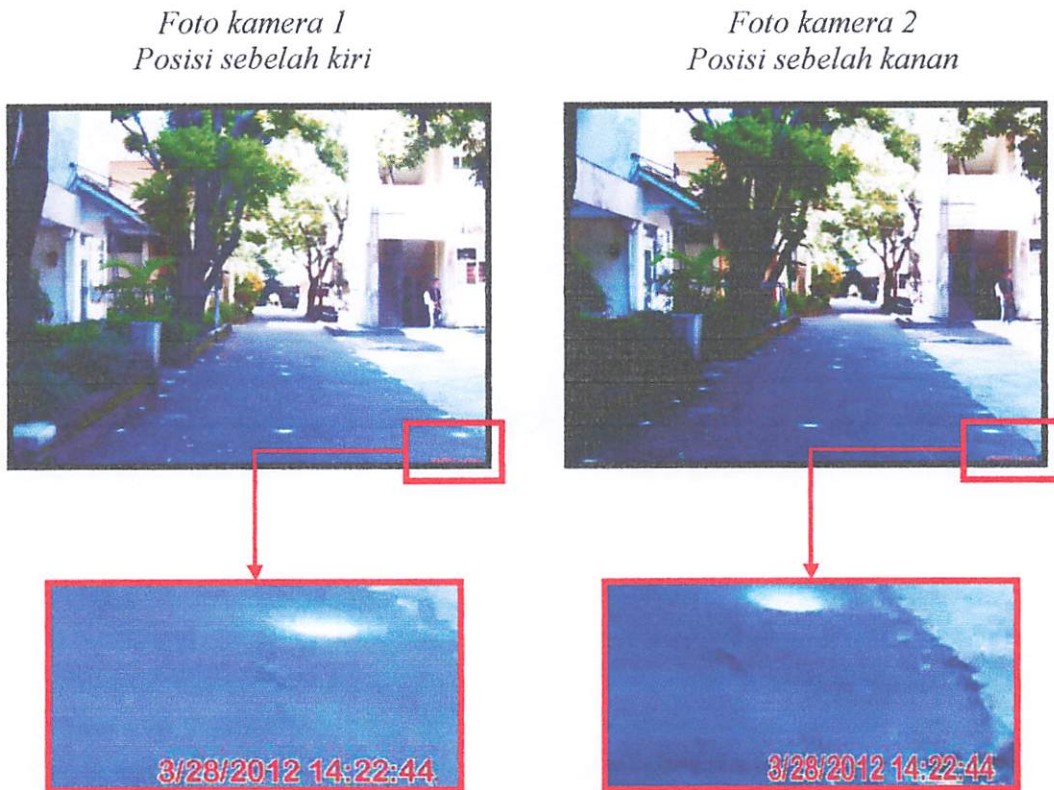
Kamera IP GV-BX320D 3M H.264 yang memiliki *spesifikasi recording* 30 *frame* per detik maka *output* fotonya per detik adalah 30 foto. Pada penelitian ini video hasil recording berdurasi 2 menit 11 detik tiap kamera IP. Jadi, jumlah foto hasil convert video to jpg ini adalah 3.930 foto untuk tiap kamera IP.



Gambar 4.4. Hasil Convert format video to Jpg

4.3. Hasil Identifikasi Foto

Proses selanjutnya setelah *convert video to Jpg* adalah pemilihan foto yang pas untuk proses pengolahan foto yang nantinya dikerjakan pada *software Australis 6.0*. Pemilihan foto ini dilakukan secara manual berdasarkan *identifikasi timing* yang pas, pemilihan foto ini berdasarkan acuan label waktu yang sudah ada di foto masing-masing kamera. Ini adalah contoh foto dari 2 kamera IP dengan waktu yang sama. Dikarenakan hasil *convert video* ini menghasilkan 30 foto dalam 1 detik dan yang terpakai hanya 1 buah foto, maka saya menetapkan foto pertama atau yang terakhir dari pembagian 30 foto tersebut untuk diambil.



Gambar 4.5. Pemilihan foto berdasarkan waktu yang sama

Setelah proses Identifikasi foto secara manual proses dilanjutkan dengan pengumpulan foto dalam sebuah folder project. Hal ini bertujuan agar semua proses dan data bisa terkumpul secara utuh dalam satu folder yang sudah disiapkan sebelumnya.



Gambar 4.6. Foto yang sudah dipilih

4.4 Relatif Orientation

Pada proses *Relatif Orientasi* dibutuhkan minimal dua buah foto, dimana salah satu fotonya sebagai acuan yang digunakan untuk proses perhitungan nilai posisi dan orientasi pada foto kedua menggunakan parameter dan posisi kamera pertama dan koordinat foto dari kedua buah foto. Dari data, setelah di ekstraksi dengan menggunakan *software australis* maka diperoleh parameter – parameter yang akan dicari dengan nilai RMS (*Root Mean Square*) menggunakan kamera IP hasilnya adalah Left $v_{xy} = 5,941$ mm dan Right $v_{xy} = 4,891$ mm.



Setelah proses film selesai, maka akan dihasilkan gambar
 pengulangan foto dalam suatu folder proses film. Kemudian akan
 proses dan data digital tersebut akan dapat diolah yang sudah
 dipaparkan sebelumnya.



Gambar 4.4. Hasil dari proses film

4.4. Hasil Orientation

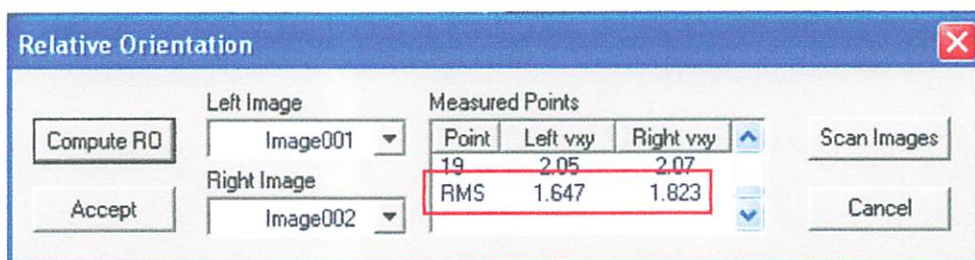
Proses ini bertujuan untuk menghasilkan gambar yang sudah
 diarahkan ke arah yang benar. Hal ini dilakukan dengan cara
 penempatan film yang sudah selesai proses film ke dalam
 pemrosesan dan hasil gambar tersebut akan diarahkan ke arah yang
 benar. Hal ini dilakukan dengan cara penempatan film yang
 sudah selesai proses film ke dalam pemrosesan dan hasil gambar
 tersebut akan diarahkan ke arah yang benar. Hal ini dilakukan
 dengan cara penempatan film yang sudah selesai proses film ke
 dalam pemrosesan dan hasil gambar tersebut akan diarahkan ke
 arah yang benar.

Gambar 4.5. Hasil dari proses orientation





Gambar 4.7. Titik-titik centroid



Gambar 4.8. Nilai RMS Relatife Orientation

Tabel 4.1 Koordinat foto Relatif Orientation

Point Label	X	Y	Z
1	-317.94769	544.016693	-988.558
2	-318.94525	607.351278	-1016.5921
3	-96.212254	681.024702	-1160.0359
4	-309.85558	728.948635	-1043.1207
5	-106.0158	804.791198	-1168.974
6	-301.48941	815.259641	-1055.223
7	-284.82828	873.406311	-1065.4636
8	-283.20356	937.693402	-1061.4686
9	-267.72629	992.861406	-1063.4188
10	-93.678116	1069.50274	-1164.9545
11	144.150478	1168.53687	-1307.0041



REVISIONS TO THE ORIGINAL DESIGN

NO.	DESCRIPTION	DATE	BY
1	REVISION	10/15/77	J. H. H.
2	REVISION	10/15/77	J. H. H.
3	REVISION	10/15/77	J. H. H.
4	REVISION	10/15/77	J. H. H.
5	REVISION	10/15/77	J. H. H.
6	REVISION	10/15/77	J. H. H.
7	REVISION	10/15/77	J. H. H.
8	REVISION	10/15/77	J. H. H.
9	REVISION	10/15/77	J. H. H.
10	REVISION	10/15/77	J. H. H.
11	REVISION	10/15/77	J. H. H.
12	REVISION	10/15/77	J. H. H.
13	REVISION	10/15/77	J. H. H.
14	REVISION	10/15/77	J. H. H.
15	REVISION	10/15/77	J. H. H.
16	REVISION	10/15/77	J. H. H.
17	REVISION	10/15/77	J. H. H.
18	REVISION	10/15/77	J. H. H.
19	REVISION	10/15/77	J. H. H.
20	REVISION	10/15/77	J. H. H.

12	-246.89792	1034.20433	-1069.8447
13	-95.176031	1107.43036	-1152.4234
14	114.054393	1211.84763	-1278.4358
15	-242.85466	1069.45092	-1064.7517
16	96.8038684	1234.45305	-1253.2231
17	-94.505591	1186.89535	-1136.0997
18	74.2120867	1262.35209	-1231.7087
19	-218.09473	1163.43292	-1055.3237

```

Camera Notepad
File Edit Format View Help

Australis Bundle Adjustment Results: Camera Parameters
14 July, 2012 13:09:39
Project: D:\ITN\SKRIPSI\project skripsi\5-6-2012\all\1\Project all2.aus
Adjustment: Free-Network
Number of Points: 19
Number of Images: 6
RMS of Image Coords: 19.80 (um)

Results for Camera 1 IP CAMERA Lens
Sensor Size Pixel Size (mm)
H 2048 0.003
V 1536 0.003

Camera Initial Total Final Initial Final
Variable Value Adjustment Value Std. Error Std. Error
C 3.0698 -1.22233 1.8475 1.0e+003 5.135e-002 (mm)
XP 0.0858 -0.64618 -0.5603 1.0e+003 2.305e-002 (mm)
YP 0.4265 1.06214 1.4886 1.0e+003 5.758e-002 (mm)
K1 1.95029e-003 -9.675e-004 9.82815e-004 1.0e+003 3.337e-004
K2 4.46264e-005 -2.946e-004 -2.49974e-004 1.0e+003 4.384e-005
K3 1.98380e-005 7.025e-007 2.05405e-005 1.0e+003 2.099e-006
P1 1.39069e-003 4.350e-003 5.74074e-003 1.0e+003 2.379e-004
P2 9.01230e-003 -9.835e-003 -8.22974e-004 1.0e+003 4.521e-004
B1 -3.63530e-001 -4.030e-001 -7.66493e-001 1.0e+003 7.730e-003
B2 1.13323e-001 1.857e-001 2.99054e-001 1.0e+003 1.076e-002

Maximum Observational Radial Distance Encountered: 4.1 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 -1790.21036-19641.57697 5533.34493 3.690737 27.845538 -1.395730
2 Image002 907.53863-19047.78756 5463.96576 7.499319 27.343109 -0.599671
3 Image003 -1217.94690-16804.60917 5480.57336 -1.622020 33.335095 -2.257970
4 Image004 1501.02740-16434.87146 5508.89382 3.284566 30.424029 -0.705545
5 Image005 -587.21360-12291.20231 5130.30835 -1.090279 36.383359 -1.120211
6 Image006 2123.32902-12882.65149 5532.24629 4.634357 34.221554 1.189422

```

Gambar 4.9. Output Relatife Orientation

4.5 Resection

Pada proses ini dibutuhkan data yang telah terlinierisasi, sehingga proses *Resection* untuk mencari 6 parameter orientasi luar bisa dilakukan. Jika menggunakan *software australis* syarat untuk mencari parameter – parameter EO harus memiliki RMS <1. Dimana, pada data dari kamera IP

yang diperoleh dengan menggunakan software australis diperoleh RMS yang tidak memenuhi syarat <1 .

```

Resection - Notepad
File Edit Format View Help
|
|           Australis Resection Results
|           14 July, 2012  13:47:07
|
| Results for Image001
|
| Station  Final      Computed
| Variable Value      Standard Error
|
|   X      -0.2790   3.2014E-002
|   Y      -0.0256   4.1885E-002
|   Z      -0.1314   2.9850E-002
|  AZ      -0.0055   1.5241E-001
|  EL       0.0043   8.9541E-002
|  ROLL     0.0090   8.0264E-002
|
| Resected residuals for Image001
|
|          POINT      X Residual(um)      Y Residual(um)
|
|           1           2.5           -0.4
|           2          -3.3           0.5
|           3           2.1           -0.3
|           4          -0.2           0.0
|           5          -3.3           0.5
|           6           1.1           -0.2
|           7          -1.2           0.2
|           8           2.0           -0.4
|           9           0.8           -0.2
|          10          -1.1           0.2
|          11           2.1           -0.1
|          12          -1.4           0.2
|          13          -2.4           0.3
|          14           1.4           -0.1
|          15           0.0           -0.0
|          16          -2.1           0.3
|          17           0.1           -0.0
|          18           0.7           -0.0
|          19           2.1           -0.4
|
|          RMS          1.8          0.3
| Total RMS          1.3
|
| ////////////////////////////////////////////////////////////////////
| Results for Image002
|
| Station  Final      Computed
| Variable Value      Standard Error
|
|   X      80.3788   3.3519E-002
|   Y     854.8162   4.7672E-002
|   Z     514.2402   3.1372E-002
|  AZ      23.1943   1.9389E-001

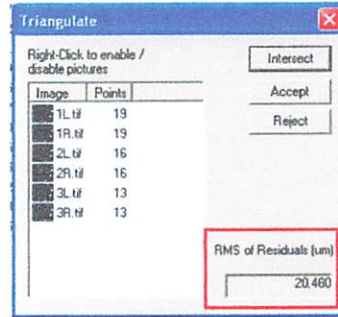
```

Gambar 4.10. Output Resection

4.6 Intersection

Pada proses *Intersection* dibutuhkan dua buah foto atau lebih yang saling bertampalan sehingga diketahui posisi 3D. Proses ini membutuhkan 6 parameter orientasi luar yang diketahui untuk dua foto yang bertampalan.

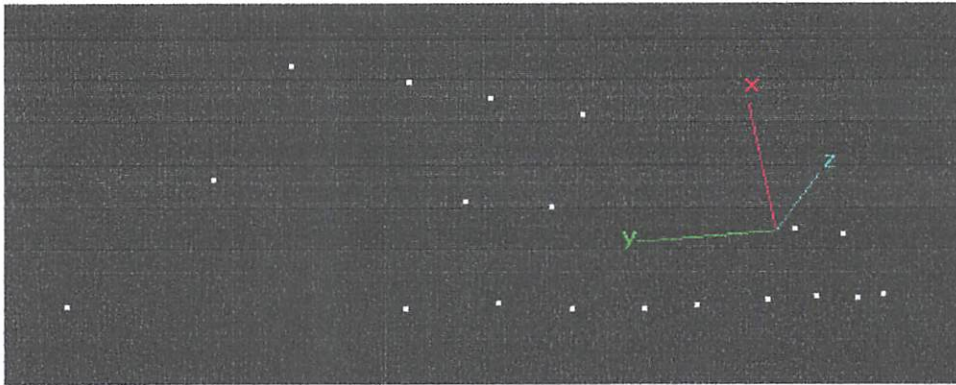
Nilai koordinat yang dicari dapat dihitung dengan menggunakan *software australis*. Nilai RMS yang didapat dari proses *Intersection* menggunakan data dari kamera IP ini adalah 20,480.



Gambar 4.11. RMS of Residuals Triangulate

Tabel 4.2 Nilai RMS dari hasil Bundle

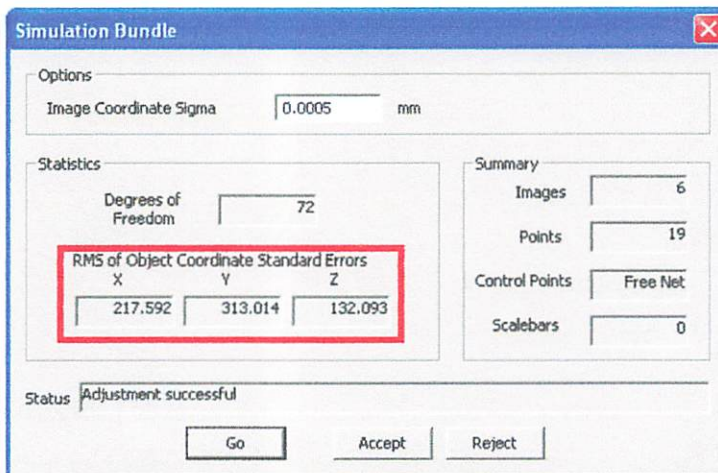
Point label	Coordinates			Standard error			RMS (mm)
	X	Y	Z	X	Y	Z	
1	-4497.83	-7774.66	-1868.58	1.9263	1.9686	4.8364	15.9
2	-4405.92	-5029.86	-2345.63	0.2331	0.2541	0.5955	1.7
3	-473.382	-8194.97	-903.305	1.2477	1.3263	2.895	9.8
4	-3846.67	-3603.56	-1304.93	2.3198	2.6382	5.214	32.6
5	-14.2808	-5336.64	-611.623	1.5397	1.706	3.2684	21.7
6	-3469.11	1625.139	-1779.56	0.895	1.139	2.0665	10.8
7	-3107.06	5276.374	-2154.25	2.1318	2.7246	5.2013	31.3
8	-2714.04	363.7891	-2115.54	1.1817	1.696	2.8604	15.4
9	-1945.15	5566.09	-2206.9	0.7221	1.1296	1.7341	8.5
10	3406.556	5921.456	-2487.9	0.935	1.4273	2.1558	10.8
11	8276.067	8459.958	-959.063	2.5205	3.6391	4.9307	31.3
12	-975.867	9004.02	-2091.83	0.6737	1.1171	1.5895	7.5
13	4254.894	990.9954	-2480.17	0.6417	1.0579	1.4743	6.8
14	10531.83	9057.836	-2056.27	1.0332	1.6747	2.1783	11
15	-476.999	2873.632	-1905.55	1.0049	1.7762	2.3311	10.6
16	11752.88	5191.413	-2253.82	1.1921	2.0773	2.5522	11.7
17	6155.888	1379.896	-1968.51	1.3816	2.6609	3.067	12.9
18	12861.9	2140.202	-2358.62	1.5415	2.8958	3.3356	14.1
19	1527.465	2601.405	-811.998	1.8207	3.8396	3.8965	16.9



Gambar 4.12. Visualisasi koordinat object

4.7 Bundle

Dari proses pengolahan data yang dilakukan dengan menggunakan *software australis*, *bundle adjustment* dapat dilakukan setelah melakukan *relatife orientation*, *close form space resection*, *intersection* dengan syarat $RMS < 1$. Dan untuk melakukan proses *Bundle adjustment* dibutuhkan minimal lima data foto.



Gambar 4.13. Simulate Bundle

Nilai RMS Koordinat Objek *Standard Errors*, sangat besar. Ini terlihat dari nilai RMS X = 217.592 mm, Y = 313,014 mm, Z = 132,093 mm.


```

Bundle - Notepad
File Edit Format View Help

Summary of Limiting STD Error Estimates
RMS 1s      X      Y      Z
0.1051     0.1479  0.2221
Minimum 1s  X      Y      Z
at point   0.0670  0.0652  0.1407
           7      4      7
Maximum 1s  X      Y      Z
at point   0.1386  0.2291  0.2967
           3      18     18

Summary of Total STD Error Estimates
RMS 1s      X      Y      Z
1.3115     1.6084  0.9017
0.3889     0.5443  0.2983
           6      10     10
2.3611     2.8815  1.4487
           3      3      11

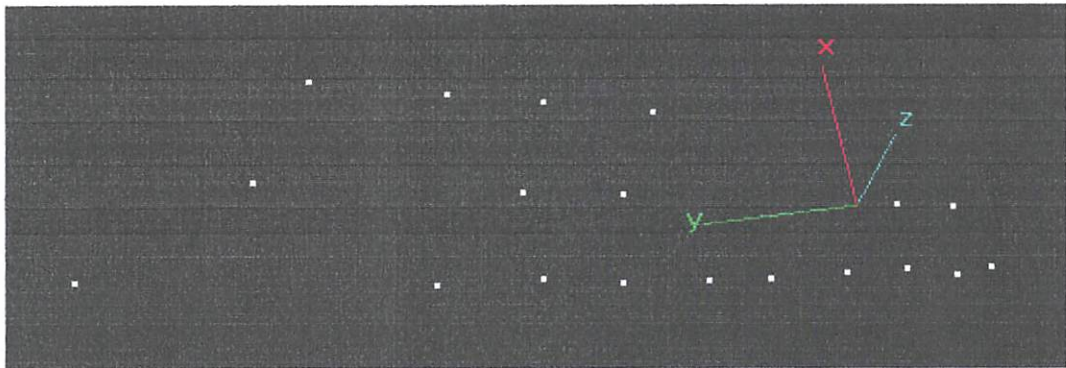
triangulated object space coordinates (xyz are in mm)

Label      X      Y      Z      RMS  #
1      -279.8456  563.3698  -1010.8472  1.6  2
2      -285.6990  608.7706  -1035.6844  2.0  2
3      -125.0328  636.4621  -1128.2402  1.3  2
4      -292.9405  716.7480  -1061.7005  5.0  4
5      -129.8394  745.6297  -1149.8219  14.3  4
6      -290.9819  805.7356  -1075.0747  6.1  4
7      -282.1772  866.4841  -1079.6178  12.3  6
8      -281.7363  943.6409  -1069.5456  6.3  6
9      -270.4564  1010.0958  -1069.5252  5.1  6
10     -110.5393  1054.0219  -1161.1316  12.6  6
11     132.7662  1130.2136  -1321.2652  25.7  6
12     -249.8654  1054.0948  -1065.1336  4.6  6
13     -107.3484  1109.4438  -1148.8044  10.5  6
14     108.9218  1195.9300  -1279.2108  5.4  6
15     -246.0031  1099.6929  -1037.1656  7.5  6
16     97.5572  1234.7552  -1246.3204  7.8  6
17     -98.0377  1217.1416  -1120.2496  7.2  6
18     80.1344  1280.6733  -1223.5543  10.0  6
19     -220.0792  1219.9832  -1034.2165  11.5  6

sightings
List 11111111112222222223
123456789012345678901234567890
YYNNNN
YYNNNN
YYNNNN
YYNNNN
YYNNNN
YYNNNN
YYYYYY
YYYYYY
YYYYYY
YYYYYY
YYYYYY
YYYYYY
YYYYYY
YYYYYY
YYYYYY
YYYYYY
YYYYYY
YYYYYY
YYYYYY
YYYYYY
Total Rejections 0

```

Gambar 4.14. Output Simulate Bundle



Gambar 4.15. Visualisasi koordinat object 3D Bundle

Tabel 4.3 Koordinat foto *Bundle adjustment*

PointLabel	X	Y	Z	Sigma X	Sigma Y	Sigma Z
1	-279.84558	563.369817	-1010.8472	1.38534986	2.11060788	0.86721892
2	-285.69901	608.77057	-1035.6844	1.04955924	1.57095445	0.70775076
3	-125.03283	636.462149	-1128.2402	2.36114801	2.88154473	1.16354767
4	-292.94046	716.748	-1061.7005	0.49688863	0.86211569	0.56342216
5	-129.83936	745.629673	-1149.8219	1.56277283	1.84035783	0.95890617
6	-290.98191	805.735612	-1075.0747	0.38887016	0.85898202	0.6761117
7	-282.17717	866.484099	-1079.6178	0.52795163	0.99084968	0.67099423
8	-281.73032	943.640915	-1069.5456	0.87760208	1.39455408	0.69793524
9	-270.4564	1010.0958	-1069.5252	1.11566722	1.62360841	0.78340662
10	-110.5393	1054.02195	-1161.1316	0.40882861	0.54431551	0.29828249
11	132.766172	1130.21359	-1321.2652	2.24450463	2.27296026	1.4486746
12	-249.86541	1054.09477	-1065.1336	1.24788171	1.68049869	0.83897348
13	-107.34841	1109.44376	-1148.8644	0.63281104	0.73810733	0.41606376
14	108.92184	1195.93003	-1279.2108	1.48917471	1.51366917	0.96678684
15	-246.00309	1099.69295	-1057.1656	1.45602554	1.88308423	0.98517808
16	97.5572124	1234.75524	-1246.3204	1.15155158	1.16472561	0.91734904
17	-98.03772	1217.14159	-1120.2496	1.1938363	1.21559669	0.9176952
18	80.1343585	1280.67331	-1223.5543	0.94095318	0.88139199	0.93480482
19	-220.07921	1219.98321	-1034.2165	1.95269127	2.28324751	1.4387253

Tabel 4.4 nilai koordinat lapangan dan koordinat foto

Koordinat lokal lapangan				koordinat foto				ΔX	ΔY	ΔZ
Point	X	Y	Z	Point	X	Y	Z			
1	677619.652	9119965.863	522.046	1	677619.6522	9119965.863	522.046	0.000	0.000	0.000
2	677619.684	9119967.006	522.040	2	677619.726	9119967.032	521.849	0.042	0.026	-0.191
3	677621.160	9119966.482	522.097	3	677621.118	9119966.516	522.693	-0.042	0.034	0.596
4	677619.769	9119967.835	522.057	4	677619.7693	9119967.835	522.057	0.000	0.000	0.000
5	677621.385	9119968.957	522.143	5	677621.183	9119967.325	522.757	-0.202	-1.632	0.614
6	677619.874	9119968.94	522.088	6	677619.8742	9119968.940	522.088	0.000	0.000	0.000
7	677620.018	9119969.948	522.089	7	677620.0181	9119969.948	522.089	0.000	0.000	0.000
8	677620.163	9119971.179	522.131	8	677619.759	9119970.875	521.933	-0.404	-0.304	-0.197
9	677620.239	9119972.389	522.140	9	677619.843	9119972.221	521.868	-0.396	-0.168	-0.272
10	677621.567	9119971.173	522.175	10	677621.552	9119971.941	522.100	-0.015	0.768	-0.075
11	677623.080	9119969.652	522.203	11	677623.004	9119970.075	523.064	-0.076	0.423	0.861

12	677620.351	9119973.412	522.138	12	677620.066	9119973.242	521.890	-0.285	-0.170	-0.248
13	677621.832	9119973.517	522.187	13	677621.687	9119973.292	522.044	-0.145	-0.225	-0.143
14	677623.273	9119971.639	522.244	14	677623.383	9119972.267	522.624	0.110	0.628	0.380
15	677620.424	9119974.481	522.154	15	677620.103	9119974.374	521.926	-0.321	-0.107	-0.228
16	677623.438	9119973.634	522.249	16	677623.672	9119973.854	522.473	0.234	0.220	0.224
17	677622.083	9119976.137	522.236	17	677622.0833	9119976.137	522.236	0.000	0.000	0.000
18	677623.610	9119975.983	522.269	18	677623.6096	9119975.983	522.269	0.000	0.000	0.000
19	677620.690	9119977.46	522.237	19	677620.6904	9119977.460	522.237	0.000	0.000	0.000

- Koordinat foto sudah ditransformasikan ke koordinat lokal lapangan menggunakan software 3DCONF.
- Titik 1, 4, 6, 7, 17, 18, dan 19 adalah titik ikat.
- Koordinat lapangan menggunakan koordinat lokal, dan diukur menggunakan Total Station.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Pada penelitian ini mempunyai beberapa hasil yang dapat disimpulkan, yaitu diantaranya :

1. Penentuan ekstraksi foto menggunakan kamera IP didapat akurasi yang tidak bagus. Faktor yang mempengaruhinya adalah:
 - Belum dilakukannya kalibrasi terhadap kamera IP yang mengeluarkan parameter kalibrasi kamera, parameter EO terkoreksi, akurasi parameter EO, parameter koordinat *object space point* terkoreksi, dan akurasi parameter koordinat .
 - Penelitian ini terbatas menggunakan kamera IP yang hanya memiliki resolusi 3,1 Megapixel, sensor size $H = 2048$, $V = 1536$ dan ukuran pixel sebesar 0,002813.
 - Proses ekstraksi data foto pada software *australis 6.0* dilakukan secara manual. Dimana, untuk proses ekstraksi data foto *australis 6.0* menggunakan metode *centroid* yang hanya terbatas pada target atau obyek yang berbentuk lingkaran atau elips yang bertujuan menghitung nilai tengah (*center of gravity*) atau pusat *centroid* pada sebuah target dengan memperhitungkan nilai tingkat keabuan pada tiap pixel.

2. Proses ekstraksi data foto dengan metode *centroid* hanya bisa dilakukan secara manual, maka untuk proses selanjutnya seperti *relative orientation*, *close form space resection*, *intersection* dan *Bundle adjustment* memiliki nilai akurasi yang kurang bagus.
3. Nilai RMS terendah dari 19 titik *centroid* untuk proses *Bundle* adalah 1,7 mm pada titik 2, dan RMS yang paling besar ada pada titik 4 dengan nilai 32,6 mm, ini terlihat pada tabel 4.1.
4. Dikarenakan hasil ekstraksi foto yang kurang akurat maka hasil penggabungan model juga tidak akurat. Ini terlihat dari hasil koordinat 3D foto yang di overlaykan dengan data hasil ukuran dilapangan pada tabel 4.4.

5.2. Saran

Pada penelitian ini mempunyai banyak kekurangan sehingga diperlukan saran untuk menyempurnakan penelitian ini untuk periode selanjutnya. Saran tersebut antara lain :

1. Perlunya pemahaman mengenai spesifikasi kamera beserta software pendukungnya.
2. Menggunakan kamera dengan resolusi yang lebih bagus, supaya dapat memenuhi syarat dalam setiap tahapan pemrosesan foto.
3. Perlunya kalibrasi kamera terhadap untuk menentukan parameter distorsi, meliputi distorsi radial dan distorsi tangensial (*decentring*), serta parameter-parameter lensa lainnya, termasuk juga *principal distance* (c), serta titik fiducial foto.

4. Proses pengambilan data sebaiknya dilakukan pada siang hari, karena proses pencahayaan sangat berpengaruh dengan kamera IP.

DAFTAR PUSTAKA

- Atkinson. 1980. **Developments in Close Range Photogrammetry-1**. Applied Science Publishers. London.
- Brown, D.C., 1974. ***Evolution, Application and Potential of The Bundle Method of Photogrammetric Triangulation***, Geodetic Services, Inc., Melbourne, Florida.
- Cooper, M.A.R. and Robson, S., 2001. ***Theory Of Close Range Photogrammetry***. Wittles Publishing, London
- Hanifa, N.R., 2007. ***Analisis Deformasi Menggunakan Teknik Close Range Photogrametry***, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Heindl, F.J., 1981. ***Direct Editing of Normal Equations of the Banded-Bordered Form***. Photogrammetric Engineering And Remote Sensing, 47(4): 489-493.
- Leitch, Kenneth. 2002. **Close Range Photogrammetric Measurement of Bridge Deformation**. New Mexico State University. Meksiko.
- Photometrix, 2004. Version 6.01. **User Manual Australis. Digital Close Range Photogrammetric Image Measurmet**. Australia.
- Schut, G., H., 1980. ***Block Adjustment of Bundles. The Canadian Surveyor***, 34(2): 139-152.
- Shirkhani, A., D. M. Varshosaz, et al. (2006). ***3D Coordinate Measurement of Dam by Close Range Photogrammetry***. Department of Photogrammetry and Remote Sensing. Tehran, K.N. Toosi University of Technology.
- Triggs, 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.
- Wolf, P. R. & Dewitt, B. A. 2000. ***Elements of Photogrammetry : with application in GIS 3rd Edition***. McGraw-Hill Companies. New York