

**PENENTUAN KOORDINAT *OBJECT SPACE* DARI HASIL PEMOTRETAN  
*UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV)* DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE *INTERSECTION* DARI *MULTI FOTO***

**(Studi Kasus : Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur)**

**Skripsi**

**Disusun oleh :**

**KHAIRUL MUKHLIS**

**14.25.916**

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

**MALANG**

**2016**

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARY  
ANN ARBOR, MICHIGAN 48106-1000  
SERIALS ACQUISITION DEPARTMENT

PLEASE CONTACT SERIALS ACQUISITION AT 734-763-5000  
FOR MORE INFORMATION

1997

1997

1997

1997

1997

1997

1997

1997

1997

## LEMBAR PERSETUJUAN

### **PENENTUAN KOORDINAT *OBJECT SPACE* DARI HASIL PEMOTRETAN UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV) DENGAN MENGGUNAKAN METODE INTERSECTION DARI MULTI FOTO**

*(Studi Kasus: Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur)*

### SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam mencapai  
Gelar Sarjana Teknik (ST) Strata Satu (S1) Teknik Geodesi  
Institut Teknologi Nasional Malang**

Oleh :

**KHAIRUL MUKHLIS**

**14.25.916**

Menyetujui :

**Dosen Pembimbing Utama**

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

**Dosen Pembimbing Pendamping**

**(Hery Purwanto S.T., M.Sc.)**

Mengetahui,

**Ketua Jurusan Teknik Geodesi**



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



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

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

NI (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 SEMINAR HASIL SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

NAMA : Khairul Mukhlis  
NIM : 14.25.916  
JURUSAN : Teknik Geodesi S-1  
JUDUL : Penentuan Koordinat *Object Space* dari Hasil Pemotretan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dengan Menggunakan Metode *Intersection* dari *Multi Foto*  
(Studi Kasus : Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur)

Telah Dipertahankan di Hadapan Panitia Penguji Ujian Skripsi Jenjang Strata 1 (S1)

Pada Hari : Kamis  
Tanggal : 18 Agustus 2016  
Dengan Nilai :

Panitia Ujian Skripsi

Ketua

(Ir. Jasmani., M.Kom.)

Penguji I

Dosen Pendamping

Penguji II

(Ir. Leo Pantimena, MSc.)

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

(Silvester Sari Sai, ST., MT.)

**PENENTUAN KOORDINAT *OBJECT SPACE* DARI HASIL PEMOTRETAN  
UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV) DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE *INTERSECTION* DARI *MULTI FOTO*  
(Studi Kasus: Kecamatan Lowokwaru Kota Malang, Jawa Timur)**

Khairul Mukhlis (14.25.916)

Dosen Pembimbing I : M. Edwin Tjahjadi, ST., M.Geom.,Sc.Ph.D  
Dosen Pembimbing II : Hery Purwanto S.T., M.Sc.

**ABSTRAK**

Fotogrametri rentang menengah (*aerial photogramety*) adalah salah satu cabang ilmu fotogrametri yang diaplikasikan dalam bidang survey dan pemetaan. Penelitian ini menyajikan tentang perhitungan sederhana untuk menghasilkan koordinat *object space* dengan metode *intersection*. Data yang digunakan dalam penelitian adalah data hasil pemotretan udara dengan menggunakan UAV (*Unmanned Aerial Photogrametry*) pada area kalibrasi. Untuk menghasilkan koordinat *object space* dengan menggunakan metode *intersection*, dibutuhkan data parameter EO (*Exterior Orientation*) dari masing-masing foto dan data koordinat *object space* pendekatan. Hasil parameter EO (*Exterior Orientation*) tersebut didapat dengan menggunakan metode *resection* melalui *software australis* dan koordinat *object space* pendekatan didapat dengan pengolahan dua foto melalui *software microsoft excel*. Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Lowokwaru Kota Malang.

Hasil akhir pada penelitian ini adalah koordinat *object space* dari proses iterasi yang terakhir dengan menggunakan metode *intersection* dengan menggunakan 4 foto dan 6 foto yang dinyatakan sebagai koordinat *object space* sebenarnya. Untuk mengetahui proses iterasi berhenti dapat di lihat pada hasil *standart deviasi* yang sudah seminimum mungkin atau  $\leq 1$  mm. Pada 4 foto berhenti di iterasi 2, dengan *nilai standart deviasinya* sudah memenuhi syarat yaitu 0.346243027 mm, sedangkan 6 foto berhenti di iterasi 2, dengan *nilai standart deviasinya* yang tidak memenuhi syarat yaitu 8.507949758 mm. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat membantu dalam bidang fotogrametri khususnya dalam penentuan koordinat *object space* dengan menggunakan metode *intersection*. Selain itu penelitian ini, dapat digunakan untuk mengetahui jumlah foto yang layak digunakan dengan menggunakan metode *intersection*.

**Kata kunci** : UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*), *Exterior Orientation*, *Object Space*, *Standart Deviasi*, *Intersection*

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Khairul Mukhlis  
NIM : 14.25.916  
Program Studi : Teknik Geodesi S-1  
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi saya yang berjudul :

**“ PENENTUAN KOORDINAT *OBJECT SPACE* DARI HASIL PEMOTRETAN  
*UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV)* DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
*INTERSECTION DARI MULTI FOTO* ”**

**(Studi Kasus : Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur)**

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

Malang, 18 Agustus 2016  
Yang membuat pernyataan



Khairul Mukhlis  
NIM: 14.25.916

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Segala puji syukur kehadirat ALLAH SWT, Tuhan yang maha segala – galanya  
Dengan rahmat dan hidayahnya Skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik  
Shalawat serta salam dihaturkan kepada baginda Nabi besar Muhammad SAW  
Yang dinanti syafa'atnya kelak*

*Skripsi ini Saya Persembahkan*

*Kepada*

*Ayahku, Bapak H.Hadi Muhammad dan Ibuku, Ibu Emiliati Hadi  
Yang menjadi inspirasi hidupku, yang selalu memberi semangat, perhatian dan  
doa terus menerus kepadaku setiap saat, kakakku Solihin fajry dan Sutriyani  
Dandi Andi, Keluarga Besarku, Sahabat – sahabatku, Para pembimbing dan  
Pendidikku*

*Terima kasih atas doa, perhatian, dan semangatnya yang telah diberikan  
dalam menyelesaikan Skripsi ini, Tanpa doa dan dukungan dari kalian tidak akan  
berjalan sesuai dengan yang ku harapkan*

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas segala karunia dan nikmat-Nya. Sholawat dan salam penulis sampaikan kepada Rosulullah Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Skripsi ini disusun sebagai rencana penulisan skripsi untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam mencapai gelar sarjana Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang.

Penulis sangat menyadari bahwa skripsi ini tidak akan selesai tanpa adanya dorongan dan motivasi dari beberapa pihak, baik bantuan moril maupun spiritual. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak M. Edwin Tjahjadi, ST., M.Geo.,Sc.Ph.D, selaku dosen pembimbing yang senantiasa sabar dan meluangkan waktu bagi penulis dalam memberikan motivasi dan masukan selama pengolahan skripsi ini.
2. Bapak Hery Purwanto S.T., M.Sc, selaku dosen pendamping yang selalu memberikan masukan dan saran bagi penulis selama penulisan skripsi ini.
3. Orang Tua yang senantiasa memberikan doa, restu, kasih sayang, kepercayaan, dan dukungan moral dan spiritual sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan ini.
4. Teman-teman yang telah memberikan motivasi dan semangat, serta semua pihak yang turut membantu kegiatan penelitian yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa didalam penulisan skripsi ini mungkin masih banyak kekurangan. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati dan lapang dada, penulis akan sangat terbuka dalam menerima kritik dan saran yang membangun bagi perbaikan proposal ini. Akhir kata penulis mengucapkan banyak terima kasih.

Malang, Agustus 2016

Penyusun



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>LEMBAR JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI</b> .....	v
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii

### BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	2
1.5 Batasan Masalah .....	2
1.6 Sistematika Penulisan .....	3

### BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Fotogrametri .....	4
2.2 <i>Unmanned Aerial Vehicle</i> (UAV) .....	4
2.3 Kalibrasi Kamera .....	5
2.4 Geometri Kamera .....	7

2.4.1 <i>Interior Orientation</i> (IO) .....	8
2.4.2 <i>Exterior Orientation</i> (EO) .....	8
2.4 <i>Space Resection</i> .....	12
2.4.1 Persamaan Kolinear Pada <i>Resection</i> .....	12
2.4.2 Proses Linearisasi Pada <i>resection</i> .....	15
2.5 <i>Intersection</i> .....	19

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1 Lokasi Penelitian .....	30
3.2 Data dan Peralatan Penelitian .....	31
3.3 <i>Flow Chart</i> Penelitian.....	33
3.4 Proses Penelitian.....	35
3.4.1 Tahap Persiapan.....	35
3.4.1.1 Peralatan Penelitian .....	35
3.4.1.2 Bahan Penelitian .....	35
3.4.2 Tahap Pengumpulan Data Parameter EO ( $\omega, \varphi, \kappa, X_L, Y_L, Z_L$ ).....	36
3.4.3 Tahap Pengumpulan Data <i>Object Space</i> Pendekatan .....	36
3.4.4 Tahap Pengimputan Data Parameter EO ( $\omega, \varphi, \kappa, X_L, Y_L, Z_L$ ).....	38
3.4.5 Tahap Perhitungan Koordinat X, Y, Z Menggunakan Metode <i>Intersection</i> .....	38
3.4.6 Tahap Proses Iterasi.....	41

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Hasil Koordinat Foto 15 Titik pada 4 Buah Foto dan 10 Titik pada 6 Buah
---

Foto .....	42
4.2 Hasil Parameter EO ( $\omega, \varphi, \kappa, X_L, Y_L, Z_L$ ) .....	44
4.3 Hasil Koordinat <i>Object Space</i> Pendekatan .....	45
4.4 Hasil Perhitungan dengan Menggunakan Metode <i>Intersection</i> .....	46
4.4.1 Hasil Perhitungan Nilai Matriks $m$ .....	46
4.4.2 Hasil Perhitungan Nilai $r, s,$ dan $q$ .....	48
4.4.3 Hasil Perhitungan Nilai Matriks $A$ .....	50
4.4.4 Hasil Perhitungan Nilai Matriks $A^T$ .....	52
4.4.5 Hasil Perhitungan Nilai Matriks $(A^T.A)$ .....	53
4.4.6 Hasil Perhitungan Nilai Matriks $(A^T.A)^{-1}$ .....	53
4.4.7 Hasil Perhitungan Nilai Matriks $L$ .....	54
4.4.8 Hasil Perhitungan Nilai Matriks $(A^T.L)$ .....	54
4.4.9 Hasil Perhitungan Nilai Matriks $X$ .....	55
4.4.10 Hasil Perhitungan Nilai Matriks $(A.X)$ .....	57
4.4.11 Hasil Perhitungan Nilai Matriks $V$ .....	58
4.4.12 Hasil Perhitungan Nilai Matriks $V^T$ .....	58
4.4.13 Hasil Perhitungan Nilai $S$ ( <i>Standart Deviasi</i> ) .....	59
4.4.14 Hasil Proses Perhitungan Nilai Iterasi .....	60

## **BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	65
5.2 Saran .....	65

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	66
-----------------------------	----

## **DAFTAR LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Proyeksi Perspektif.....	7
Gambar 2.2 Kondisi Kesegarisan.....	8
Gambar 2.3 Rotasi <i>Omega, Phi, Kappa</i> .....	9
Gambar 2.4 Rotasi Pertama <i>Omega</i> terhadap sumbu x.....	9
Gambar 2.5 Rotasi Kedua <i>Phi</i> terhadap sumbu y .....	10
Gambar 2.6 Rotasi Ketiga <i>Kappa</i> terhadap sumbu z .....	10
Gambar 2.7 Kondisi Kolinearisasi .....	14
Gambar 2.8 Interseksi Ruang dengan Pasangan Foto Stereo.....	19
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian .....	30
Gambar 3.2 Lokasi Area Kalibrasi.....	30
Gambar 3.3 <i>Flow Chart</i> Penelitian .....	33

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Parameter EO ( $\omega, \varphi, \kappa, X_L, Y_L, Z_L$ ) dari 4 buah foto.....	36
Tabel 3.2 Parameter EO ( $\omega, \varphi, \kappa, X_L, Y_L, Z_L$ ) dari 6 buah foto.....	36
Tabel 3.3 Koordinat <i>object space</i> pendekatan 2 buah foto dengan 15 titik .....	37
Tabel 3.3 Koordinat <i>object space</i> pendekatan 2 buah foto dengan 10 titik .....	37
Tabel 4.1 Koordinat Foto 15 Titik pada 4 Foto .....	42
Tabel 4.2 Koordinat Foto 10 Titik pada 6 Foto .....	43
Tabel 4.3 Parameter EO ( $\omega, \varphi, \kappa, X_L, Y_L, Z_L$ ) 4 Buah Foto .....	44
Tabel 4.4 Parameter EO ( $\omega, \varphi, \kappa, X_L, Y_L, Z_L$ ) 6 Buah Foto .....	45
Tabel 4.5 Koordinat <i>Object Space</i> Pendekatan dengan 2 Buah Foto dan 15 Titik.....	45
Tabel 4.6 Koordinat <i>Object Space</i> Pendekatan dengan 2 Buah Foto dan 10 Titik.....	46
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Matriks $m$ 4 Buah Foto.....	47
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Matriks $m$ 6 Buah Foto.....	47
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Sebagian nilai $r, s, q$ 4 Foto pada Foto 1 dan Foto 2.....	48
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Sebagian nilai $r, s, q$ 4 Foto pada Foto 3 dan Foto 4....	48
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Sebagian nilai $r, s, q$ 6 Foto pada Foto 1 dan Foto 2....	49
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Sebagian nilai $r, s, q$ 6 Foto pada Foto 3 dan Foto 4....	50
Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Sebagian nilai $r, s, q$ 6 Foto pada Foto 5 dan Foto 6....	50
Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Nilai S (Standart Deviasi) dari 15 Titik dan 4 Buah Foto .....	59
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Nilai S (Standart Deviasi) dari 10 Titik dan 6 Buah Foto .....	60
Tabel 4.16 Hasil Proses Perhitungan Nilai Iterasi 1 dari 4 Buah Foto .....	61

Tabel 4.17 Hasil Proses Perhitungan Nilai Iterasi 2 dari 4 Buah Foto .....	61
Tabel 4.18 Hasil Proses Perhitungan Nilai Iterasi 1 dari 6 Buah Foto .....	62
Tabel 4.19 Hasil Proses Perhitungan Nilai Iterasi 2 dari 6 Buah Foto .....	63
Tabel 4.20 Hasil Proses Perhitungan Nilai Iterasi 3 dari 6 Buah Foto .....	63

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada era pembangunan dewasa ini, kebutuhan akan informasi mengenai posisi suatu obyek di muka bumi semakin diperlukan. Posisi suatu objek terkait langsung dengan kualitas penyajian informasi spasial yang umumnya dipresentasikan dalam bentuk peta. Sebagaimana kemajuan di bidang ilmu dan teknologi yang semakin pesat, teknologi pemetaan pun sudah sedemikian berkembang, baik dalam teknik akuisisi data maupun proses pengolahan dan penyajiannya. Metode akuisisi data dapat dipilih dengan mempertimbangkan berbagai aspek, salah satunya terkait dengan obyek atau daerah yang akan dipetakan (Zulkarnaen Agung, 2015). Dalam perkembangan fotogrametri mengalami banyak perubahan, bila pada awalnya peralatan fotogrametri menggunakan kamera analog dan pengolahannya datanya menggunakan *stereo plotter* maka sekarang fotogrametri menggunakan teknologi digital dan pengolahannya datanya menggunakan *software-software* yang mendukung

Fotogrametri rentang menengah (*aerial photogrametry*) adalah salah satu cabang ilmu fotogrametri yang diaplikasikan dalam bidang survey dan pemetaan. *Aerial photogrametry* berkembang pesat seiring dengan perkembangan zaman terutama pada wahana pembawa kamera. *Aerial photogrametry* secara tradisional menggunakan wahana balon udara, burung layang-layang dan berbagai wahana lainnya. Dewasa ini dikembangkannya salah satu wahana *aerial photogrametry* dengan menggunakan pesawat tanpa awak dengan kontrol seperti layaknya pesawat mainan, wahana ini dinamai *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) (Ryian, 2014).

*Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) menghasilkan satu foto atau lebih yang tergeoreferensing dari titik-titik yang diketahui posisi koordinatnya di lapangan. Dalam pengolahan data fotogrametri dikenal metode penentuan koordinat *object space*. Koordinat *object space* merupakan koordinat objek pada sistem datum

sembarang (sistem kartesian 3D) (Atkinson, 2001). Dalam penelitian ini proses yang dilakukan adalah penentuan koordinat *object space* dengan menggunakan metode *intersection*, hal ini memungkinkan dalam determinasi ketelitian posisi titik dari dua buah foto atau lebih. *Intersection* merupakan teknik penentuan titik-titik koordinat objek dari dua foto atau lebih yang saling bertampalan. Metode ini digunakan untuk menghasilkan koordinat *object space* sebenarnya dari proses iterasi. Hasil koordinat *object space* ini akan digunakan sebagai data inputan untuk proses dengan metode DLT atau *bundle adjustment*. Program aplikasi pengolahan data foto dalam penelitian ini menggunakan *software Ms Excel 2007* dan *software Australis 6.0*, sedangkan daerah pemotretan adalah di Kecamatan Lowokwaru, Kabupaten Malang.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian diatas, maka permasalahan yang timbul dalam pengerjaan penelitian ini adalah : Bagaimana cara menghasilkan koordinat *object space* dari hasil pemotretan udara dengan menggunakan metode *intersection* dari titik-titik retro yang terdapat pada *multi* foto?.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah Menghasilkan koordinat *object space* dari *multi* foto atau banyak foto untuk pengolahan data pengukuran hasil pemotretan udara dengan menggunakan metode *intersection*.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Mempermudah dalam pengolahan data pengukuran hasil pemotretan udara dengan menggunakan metode *intersection*.
2. Adapun hasil dari penelitian ini digunakan sebagai data input untuk proses dengan metode DLT atau *bundle adjustment*.

## **1.5 Batasan Masalah**

Agar pembahasan dapat lebih terarah dan fokus, maka sangatlah perlu adanya batasan masalah. Adapun hal yang membatasi penelitian ini antara lain :



1. Pemotretan udara pada *aerial photogrametry* menggunakan wahana UAV di daerah kecamatan Lowokwaru, Kota Malang.
2. Data foto pada area kalibrasi
3. Data foto yang digunakan adalah 4 buah foto dan 6 foto.
4. Proses Perhitungan dalam penentuan koordinat *object space* dari data pemotretan udara dengan metode *intersection* dari *multi* foto.
5. Parameter EO (*Exterior Orientation*) yang diasumsikan sudah diketahui.
6. Koordinat *object space* pendekatan yang diasumsikan sudah diketahui.

## 1.6 Sistematika Penulisan

**BAB I PENDAHULUAN**, berisi tentang latar belakang yang merupakan alasan mengapa kita mengambil judul tersebut, tujuan penelitian berisi tentang tujuan dari penelitian yang diambil, rumusan yang dimaksud adalah apa yang akan dilakukan pada penelitian tersebut, batasan masalah merupakan ruang lingkup yang akan diambil pada penelitian tersebut. Dan terakhir sistematika penulisan yaitu merupakan tatacara dalam pelaksanaan penelitian.

**BAB II DASAR TEORI**, berisi tentang dasar teori atau jurnal yang berkaitan dengan penelitian.

**BAB III METODELOGI PENELITIAN**, berisi tentang metodologi penelitian yaitu pelaksanaan/tahapan dalam penelitian.

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**, berisi tentang hasil dan pembahasan mengenai proses pengolahan data dalam penelitian.

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**, berisis tentang kesimpulan dan saran yaitu uraian singkat tentang kesimpulan hasil pembahasan yang mencakup isi dari penelitian penelitian, serta saran-saran untuk memperbaiki kegiatan ilmiah selanjutnya.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Fotogrametri**

Fotogrametri dapat didefinisikan sebagai suatu seni, pengetahuan dan teknologi untuk memperoleh informasi yang dapat dipercaya tentang suatu objek fisik dan keadaan disekitarnya melalui proses perekaman, pengamatan/pengukuran dan interpretasi citra fotografi satau rekaman gambar gelombang elektromagnetik (Santoso, 2004a). 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.

#### **2.2 *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)***

UAV merupakan wahana udara tak berawak yang salah satu pengoperasiannya dengan cara dikendalikan dari jarak jauh. UAV dapat berupa pesawat atau helikopter yang menggunakan *system* navigasi mandiri. Pada dasarnya pesawat, atau helikopter dapat dipertimbangkan untuk menjadi kendaraan udara yang dapat melakukan misi yang berguna dan dapat dikendalikan dari jauh atau memiliki kemampuan terbang secara otomatis (Ayu, 2015).

UAV merupakan kendaraan udara tanpa awak yang dikendalikan atau tanpa seorang pilot (*autopilot*). *Autopilot* merupakan suatu sistem yang dapat memandu gerak terbang pesawat tanpa adanya campur tangan manusia agar pesawat tetap berada pada jalur yang sudah ditentukan sehingga pesawat dapat bergerak dari suatu tempat ke tempat lain dengan aman secara otomatis. Dengan *autopilot* gerakan pesawat yang dilakukan secara otomatis mulai dari *take-off (autotake-off)* sampai landing (*autolanding*) pada ketinggian tertentu. Akan tetapi, *autopilot* tergantung dari

jenis pesawat dan sistem pengaturannya. Sistem *autolanding* merupakan sistem pengaturan yang kompleks.

Teknologi UAV pada prinsipnya menggunakan sistem enam derajat kebebasan (*degree of freedom*) yang menggambarkan pergerakan UAV dalam arah *linier* dan anguler. Untuk arah *linier*, posisi dan pergerakan UAV dinotasikan dengan  $x$ ,  $y$ , dan  $z$  yang menunjukkan posisi UAV, serta  $u$ ,  $v$ , dan  $w$  yang menunjukkan kecepatan terhadap sumbu  $X$ ,  $Y$ , dan  $Z$ . Untuk arah anguler, posisi dan pergerakan UAV dinotasikan dengan  $\phi$ ,  $\theta$ , dan  $\psi$  yang menunjukkan besar sudut, serta  $p$ ,  $q$ , dan  $r$  yang menunjukkan kecepatan sudut terhadap sumbu  $X$ ,  $Y$ , dan  $Z$ . Setiap pergerakan UAV dipengaruhi oleh perubahan kecepatan rotornya. Untuk mengatur ketinggian terbang (*altitude*), gerakan UAV didapat dengan menaikkan kecepatan rotornya secara bersamaan. Gerakan *roll* (rotasi sumbu  $X$ ) didapat dengan menaikkan kecepatan rotor pada lengan sebelah kanan maupun kiri, gerakan *pitch* (rotasi sumbu  $Y$ ) didapat dengan menaikkan kecepatan rotor belakang, sedangkan gerakan *yaw* (rotasi sumbu  $Z$ ) didapat dengan mengubah sudut  $\alpha$  pada rotor belakang (Saputra, 2013).

### 2.3 Kalibrasi Kamera

Kalibrasi adalah kegiatan untuk memastikan hubungan antara harga-harga yang ditunjukkan oleh suatu alat ukur dengan harga yang sebenarnya dari besaran yang di ukur. Kalibrasi kamera dilakukan untuk menentukan parameter distorsi *tangensial* (*decentering*), serta parameter-parameter lensa lainnya termasuk juga *principal distance* ( $c$ ), serta titik pusat fidusial foto. Pada *software Australis*, model kalibrasi terdiri dari *element interior orientation* ( $x_0, y_0$ ), koefisien distorsi lensa ( $K_1, K_2, K_3, P_1$  dan  $P_2$ ), serta distorsi perbedaan penyekalaan ketidak *orthogonal* antara sumbu  $X$  dan  $Y$  ( $b_1, b_2$ ) (Fraser, 1997 dalam Hanifan 2007).

Distorsi radial adalah pergeseran linier titik foto dalam arah radial terdapat titik utama dari posisi idealnya. (ASP, 1980 1031 dalam Hanifan 2007). Distorsi lensa biasa diekspresikan sebagai fungsi *polynomial* dari jarak radial ( $\delta r$ ) terhadap titik utama foto (Atkinson, 2000 dalam Hanifan) adalah sebagai berikut :

$$\delta r = K_1 r^3 + K_2 r^5 + K_3 r^7 \cdot r^2 - (x - x_c)^2 + (y - y_c)^2 \dots\dots\dots [2.1]$$

Distorsi *tangensial* atau distorsi *desentric* adalah pergeseran *linier* titik di foto pada arah normal (tegak lurus) garis radial melalui foto tersebut. (ASP, 1980 hal 1041 dalam Hanifan 2007). Distorsi *tangensial* disebabkan kesalahan sentering elemen-elemen lensa dalam satu gabungan lensa dimana titik pusat elemen-elemen lensa dalam gabungan lensa tersebut tidak terletak pada satu garis lurus. Pergeseran ini biasa dideskripsikan dengan 2 persamaan *polynomial* untuk pergeseran pada arah x ( $\delta x$ ) dan y ( $\delta y$ ) (Atkinson, 1996 dalam Hanifan 2007).

$$\delta x = P_1[r^2 + 2(x - x_c)^2] + 2P_2(x - x_c)(y - y_c) \dots\dots\dots [2.2]$$

$$\delta y = P_2[r^2 + 2(x - x_c)^2] + 2P_2(x - x_c)(y - y_c) \dots\dots\dots [2.3]$$

Secara umum kalibrasi kamera biasa dilakukan berdasarkan tiga hal (Soemarto, 2007) seperti : Lokasi, Waktu dan Jenis Target.

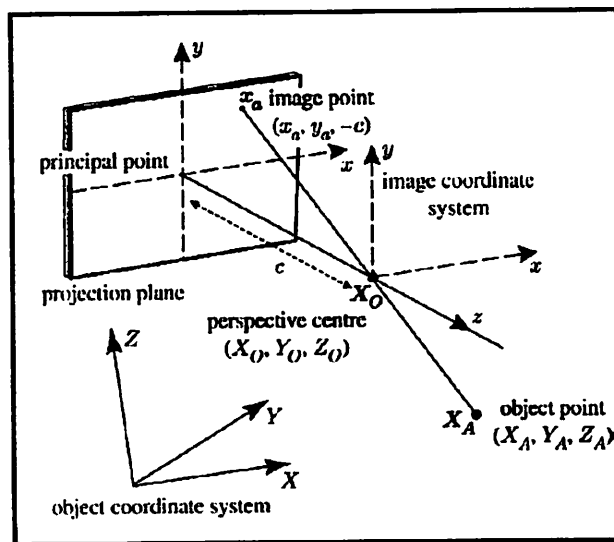
Berdasarkan lokasi, kalibrasi kamera dapat dilakukan dengan metode *on laboratory calibration* serta *in the flight calibration*. *On laboratory calibration* dilakukan di laboratorium, terpisah dengan proses pemotretan objek. Metode yang termasuk di dalamnya adalah antara lain *optical laboratory* dan *test range calibration*. Secara umum metode ini sesuai untuk kamera jenis *metric*. *In the flight calibration* merupakan teknik penentuan parameter *calibration* lensa dan kamera yang dilakukan bersamaan dengan pelaksanaan pemotretan objek.

Berdasarkan waktu, kalibrasi kamera dapat dilakukan sebelum pemotretan, pada saat pemotretan, maupun sesudah pemotretan. Kalibrasi sebelum maupun sesudah pemotretan, biasa dilakukan di laboratorium atau di lokasi pemotretan. Kalibrasi pada saat pemotretan dikenal dengan *self-calibration*, yakni mengkalibrasikan kamera sekaligus pada objek amat dan data diambil bersamaan dengan data observasi. Pada *self-calibration* pengukuran titik-titik target pada objek pengamatan digunakan sebagai data untuk penentuan titik objek sekaligus untuk menentukan parameter kalibrasi kamera.

Berdasarkan jenis target, metode kalibrasi antara lain dengan *analytical plumb-line calibration* dan *stellar calibration* (Fryer, 1989 dalam Hanifan 2007).

## 2.4 Geometri Kamera

Untuk membangun model fungsional untuk fotogrametri rentang dekat dimulai dari *proyeksi perspektif*, seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2.1 Proyeksi perspektif (Atkinson, 1996)

Keterangan gambar :

- Titik A pada sistem koordinat ruang diproyeksikan ke bidang proyeksi oleh garis  $A0a$  dari A melewati  $0$  dan jatuh pada titik  $a$  dibidang proyeksi.
- Sumbu perspektif  $z$  *orthogonal* terhadap bidang proyeksi dan berpotongan di titik  $p$ , yaitu *principal point*, dan jarak  $Op$  dari pusat proyeksi  $0$  ke bidang proyeksi adalah *principal distance*, yang dinotasikan  $c$ .
- Kondisi diatas nantinya diturunkan menjadi persamaan linear.

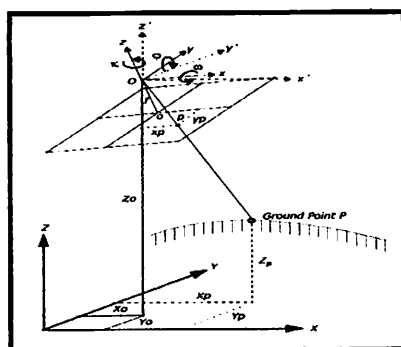
### 2.4.1 Interior Orientation (IO)

Orientasi dalam mendefinisikan karakteristik dari kamera atau sensor yang dibutuhkan untuk merekonstruksi berkas sinar dari titik citra yang sesuai. Karakteristik tersebut setidaknya mendefinisikan panjang fokus atau jarak utama lensa, lokasi dari titik utama dibidang gambar dan deskripsi dari distorsi lensa (Mikhail, et, al., 2001).

Parameter orientasi dalam terdiri atas, koordinat *principal point* (PP):  $x_p$ ,  $y_p$  atau  $x_0$ ,  $y_0$  dan jarak *perspective center* (PC) atau pusat perspektif ke bidang foto:  $c$  atau  $f$ .

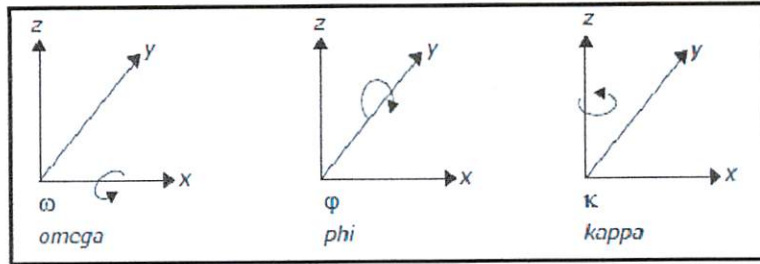
### 2.4.2 Exterior Orientation (EO)

Orientasi luar dari foto merupakan salah satu tugas terpenting dalam fotogrametri. Parameter orientasi luar terdiri dari 3 parameter kamera ( $X_L$ ,  $Y_L$ ,  $Z_L$ ) dan 3 parameter rotasi  $\omega$ ,  $\varphi$ ,  $\kappa$  (*omega*, *phi kappa*). Elemen sudut rotasi dari parameter orientasi luar menggambarkan hubungan antara *sistem* koordinat objek ( $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ) dengan sistem koordinat foto ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ). untuk ilustrasi dari parameter orientasi luar dapat dilihat dibawah ini :



Gambar 2.2 Kondisi Kesegarisan (Wolf, 1993)

Dengan arah rotasi *omega*, *phi* dan *kappa* pada masing-masing sumbu sebagai berikut :

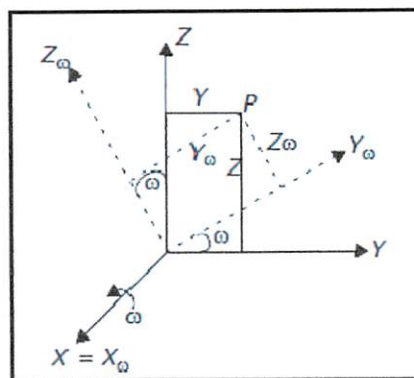


Gambar 2.3 Rotasi *Omega, Phi, Kappa* (Atkinson, 1996)

Menggunakan tiga sudut rotasi, hubungan antar sistem koordinat foto ( $x, y, z$ ) dan sistem koordinat objek ( $X, Y, Z$ ) dapat ditentukan. Sebuah matrik dengan dimensi 3x3 dapat mendefinisikan hubungan antara dua sistem yang digunakan. Adapun matrik rotasi dapat didefinisikan sebagai berikut (Atkinson, 1996) :

$$M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{bmatrix} \dots\dots\dots [2.4]$$

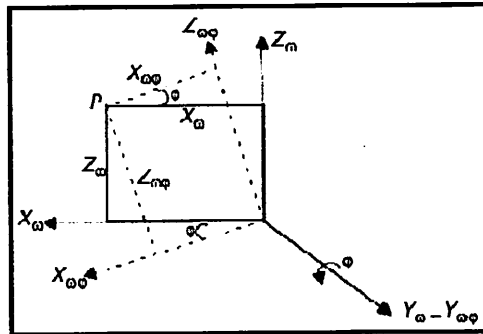
Untuk mendapatkan persamaan diatas, tiga sudut rotasi harus dilakukan secara bergantian. Rotasi pertama dilakukan terhadap sumbu x (*omega*), rotasi yang kedua dilakukan terhadap y (*phi*), dan rotasi yang terakhir dilakukan terhadap sumbu z (*kappa*).



Gambar 2.4 Rotasi pertama *omega* terhadap sumbu x (Atkinson, 1996)

Dari gambar diatas didapat persamaan sebagai berikut :

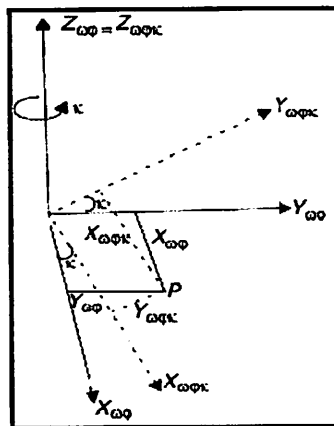
$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\omega & -\sin\omega \\ 0 & \sin\omega & \cos\omega \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X\omega \\ Y\omega \\ Z\omega \end{bmatrix} = M\omega \begin{bmatrix} X\omega \\ Y\omega \\ Z\omega \end{bmatrix} \dots\dots\dots [2.5]$$



Gambar 2.5 Rotasi kedua *phi* terhadap sumbu y (Atkinson, 1996)

Dari sistem rotasi kedua terhadap sumbu y di dapat persamaan sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} X\omega \\ Y\omega \\ Z\omega \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\phi & 0 & \sin\phi \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \cos\phi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X\omega\phi \\ Y\omega\phi \\ Z\omega\phi \end{bmatrix} = M\phi \begin{bmatrix} X\omega\phi \\ Y\omega\phi \\ Z\omega\phi \end{bmatrix} \dots\dots\dots [2.6]$$



Gambar 2.6 Rotasi ketiga *kappa* terhadap sumbu z (Atkinson, 1996)

Dari gambar diatas sistem rotasi terdapat sumbu z didapat persamaan sebagai berikut:



$$\begin{bmatrix} X\omega\varphi \\ Y\omega\varphi \\ Z\omega\varphi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\kappa & -\sin\kappa & 0 \\ \sin\kappa & \cos\kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X\omega\varphi \\ Y\omega\varphi \\ Z\omega\varphi \end{bmatrix} = M\kappa \begin{bmatrix} X\omega\varphi\kappa \\ Y\omega\varphi\kappa \\ Z\omega\varphi\kappa \end{bmatrix} \dots\dots\dots [2.7]$$

Dengan mengkombinasikan ketiga persamaan [2.5], [2.6], dan [2.7] akan di dapat hubungan antara koordinat titik objek (*P*) relativ terhadap (*X, Y, Z*) dan (*Xωφκ, Yωφκ, Zωφκ*).

$$P = M\omega \times M\varphi \times M\kappa \times P\omega\varphi\kappa \dots\dots\dots [2.8]$$

Persamaan diatas diganti menjadi :

$$M\omega \times M\varphi \times M\kappa \dots\dots\dots [2.9]$$

Dimana *M* merupakan matrik 3 x 3, sehingga di dapat persamaan [2.4] dengan nilai masing-masing elemen matrik sebagai berikut :

$$\begin{aligned} m_{11} &= \cos \varphi \cos \kappa \\ m_{12} &= \sin \omega \sin \varphi \cos \kappa + \cos \omega \sin \kappa \\ m_{13} &= -\cos \omega \sin \varphi \cos \kappa + \sin \omega \sin \kappa \\ \\ m_{21} &= -\cos \varphi \sin \kappa \\ m_{22} &= -\sin \omega \sin \varphi \sin \kappa + \cos \omega \cos \kappa \dots\dots\dots [2.10] \\ m_{23} &= \cos \omega \sin \varphi \sin \kappa + \sin \omega \cos \kappa \\ \\ m_{31} &= \sin \varphi \\ m_{32} &= -\sin \omega \cos \varphi \\ m_{33} &= \cos \omega \cos \varphi \end{aligned}$$

dimana,

- $m_{11}$  : nilai m pada baris 1 kolom 1
- $m_{12}$  : nilai m pada baris 1 kolom 2
- $m_{13}$  : nilai m pada baris 1 kolom 3

- $m_{21}$  : nilai  $m$  pada baris 2 kolom 1  
 $m_{22}$  : nilai  $m$  pada baris 2 kolom 2  
 $m_{23}$  : nilai  $m$  pada baris 2 kolom 3  
 $m_{31}$  : nilai  $m$  pada baris 3 kolom 1  
 $m_{32}$  : nilai  $m$  pada baris 3 kolom 2  
 $m_{33}$  : nilai  $m$  pada baris 3 kolom 3

## 2.4 *Space Resection*

*Space Resection* atau reseksi ruang dengan kolinearitas merupakan metode numerik murni yang secara serentak menghasilkan enam unsur orientasi luar (EO). Biasanya sudut rotasi kamera ( $\omega$ ,  $\phi$ ,  $\kappa$ ) dan koordinat kamera ( $X_L$ ,  $Y_L$ ,  $Z_L$ ) 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 dan dapat dilakukan secara rutin. *Space resection* dengan kolinearitas merupakan metode yang lebih disukai untuk menentukan unsur orientasi luar. (Wolf, 1993, p308)

*Space resection* biasanya digunakan untuk orthorektifikasi pada satu foto, dimana proses perhitungannya dilakukan untuk setiap satu foto (Leica, 2006). Apabila menggunakan lebih dari 3 titik kontrol maka teknik perhitungan *least square adjustment* dapat diaplikasikan untuk menentukan nilai yang paling mungkin bagi keenam parameter tersebut.

### 2.4.1 Persamaan Kolinier Pada *Resection*

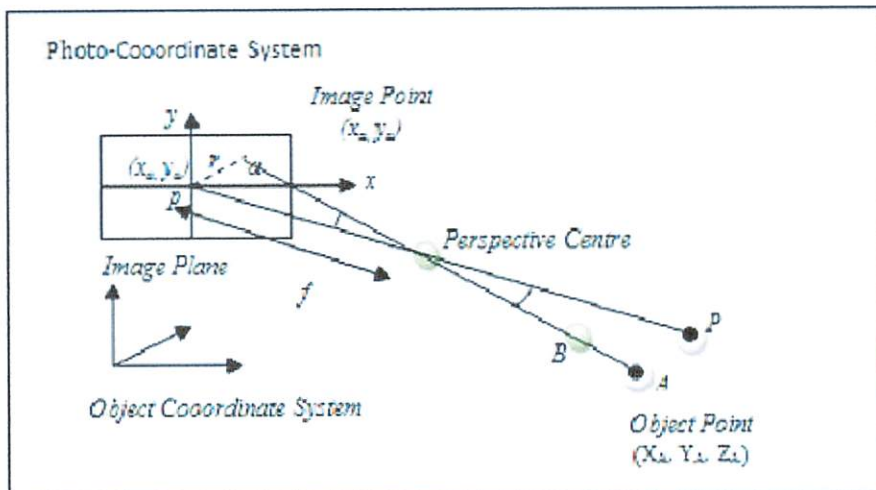
Kondisi kolinieritas dinyatakan bahwa titik foto, titik tengah kamera, dan yang berhubungan dengan titik objek terletak lurus pada garis yang sama atau disebut dengan kondisi kesejarisan (Masry, 1997). Hubungan matematis antara titik konjugasi pada objek dengan titik konjugasi pada foto yang dijelaskan dengan

transformasi projektif tiga dimensi disebut dengan persamaan kolinear. Disebut kolinear karena persamaan tersebut menunjukkan hubungan geometrik yang ideal antara sebuah titik objek, titik pada foto, dengan imaging *system perspective center*.

*Space Resection* atau reseksi ruang dengan kolinearitas merupakan metode *numeric* murni yang secara serentak menghasilkan enam unsur orientasi luar (EO). Reseksi ruang dengan kolinearitas. Kemungkinan penggunaan ulang sejumlah titik kontrol objek, biasanya parameter orientasi luar ( $\omega, \varphi, \kappa, X_L, Y_L, Z_L$ ) diperoleh dengan penyelesaian tersebut. Oleh karena itu dapat digunakan cara perhitungan kuadran terkecil untuk menentukan nilai yang memungkinkan bagi keenam parameter tersebut. Meskipun perhitungannya panjang, namun dapat dilakukan secara rutin. *Space Resection* dengan kolinearitas merupakan metode yang lebih sering digunakan untuk menentukan unsur orientasi luar (Wolf, 2000).

Dalam menghitung *space resection*, persamaan kesalahan didasarkan pada persamaan kolinear. Karena semua koordinat objek dan koordinat foto terdapat kesalahan. Metode *space resection* untuk aplikasi fotogrametri didasarkan pada persamaan kolinear, metode tersebut adalah penentuan dari orientasi luar. Dengan tiga titik kontrol, solusi unik dapat menghasilkan enam persamaan dari persamaan dari parameter yang belum diketahui (Yi & Jue, 2008).

Reseksi ruang dengan kolinearitas meliputi formulasi yang disebut dengan persamaan kolinear (*collinearity equation*) untuk sejumlah koordinat titik kontrol objek ( $X, Y, Z$ ) yang diketahui dan gambarnya tampak pada foto. Kemudian persamaan itu diselesaikan untuk enam parameter orientasi luar yang belum diketahui dan tampak pada foto. Kondisi kolinear dideskripsikan sebagai kondisi dimana kamera, titik objek dan foto berada pada satu garis lurus pada ruang 3D.



Gambar 2.7 Kondisi Kolinearitasi (Wolf, 2000)

Keterangan Gambar :

- $X_a, y_a$  : Koordinat foto pada titik a
- $X_A, Y_A, Z_A$  : Koordinat objek pada titik A
- $X_L, Y_L, Z_L$  : Koordinat pusat kamera atau posisi pusat proyeksi kamera
- $F$  : Panjang fokus kamera
- $X_p, y_p$  : *Principal point*

Persamaan dasar kondisi kolinear bersifat *non-linear* dan dapat dilierkan 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). Berikut ini merupakan persamaan non linear sebagai berikut :

$$x_a = x_o - f \frac{m_{11}(X_A - X_L) + m_{12}(Y_A - Y_L) + m_{13}(Z_A - Z_L)}{m_{31}(X_A - X_L) + m_{32}(Y_A - Y_L) + m_{33}(Z_A - Z_L)} \dots\dots\dots [2.11]$$

$$y_a = y_o - f \frac{m_{21}(X_A - X_L) + m_{22}(Y_A - Y_L) + m_{23}(Z_A - Z_L)}{m_{31}(X_A - X_L) + m_{32}(Y_A - Y_L) + m_{33}(Z_A - Z_L)} \dots\dots\dots [2.12]$$

dimana,

- $f$  : Panjang fokus kamera
- $x_o, y_o$  : *Principal point*
- $x_a, y_a$  : Koordinat foto pada titik a
- $X_L, Y_L, Z_L$  : Koordinat pusat kamera atau posisi pusat proyeksi kamera
- $X_A, Y_A, Z_A$  : Koordinat objek pada titik A
- $m_{11}-m_{33}$  : Matriks rotasi

Persamaan diatas merupakan persamaan *non linear* dan meliputi sembilan unsur yang belum diketahui, 3 sudut perputaran  $\omega, \phi, \kappa$  (*omega, phi, kappa*) yang berhubungan dengan matrik  $m$ , 3 koordinat pusat kamera ( $X_L, Y_L, Z_L$ ), 3 koordinat titik objek ( $X_A, Y_A, Z_A$ ) untuk titik A. Persamaan *non-linear* dapat dilinearisasikan dengan menggunakan *teorema Taylor* (Wolf, 2000).

**2.4.2 Proses Linearisasi Pada Resection**

Persamaan [2.11] dan [2.12] merupakan persamaan *non-linear*, dalam melinearisasikan persamaan kolinear, persamaan di atas dapat dituliskan lagi sebagai berikut (Jianchao and Chern, 2001) :

$$F = x_o - f \frac{r}{q} = x_a \dots\dots\dots [2.13]$$

$$G = y_o - f \frac{s}{q} = y_a \dots\dots\dots [2.14]$$

dimana,

$$\begin{aligned} q &= m_{31} (X_A - X_L) + m_{32} (Y_A - Y_L) + m_{33} (Z_A - Z_L) \\ r &= m_{11} (X_A - X_L) + m_{12} (Y_A - Y_L) + m_{13} (Z_A - Z_L) \dots\dots\dots [2.15] \\ s &= m_{21} (X_A - X_L) + m_{22} (Y_A - Y_L) + m_{23} (Z_A - Z_L) \end{aligned}$$

- $F$  : Nilai dari fungsi F
- $G$  : Nilai dari fungsi G
- $x_o, y_o$  : *Principal point*

- $x_a, y_a$  : Koordinat foto pada titik a
- $X_L, Y_L, Z_L$  : Koordinat pusat kamera atau posisi pusat proyeksi kamera
- $X_A, Y_A, Z_A$  : Koordinat objek pada titik A
- $m_{11}-m_{33}$  : Matriks rotasi

Menurut *teorema Taylor*, persamaan sebelumnya dapat dinyatakan dalam bentuk yang dilinearisasikan oleh turunan parsial sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 0 = & (F)_o + \left(\frac{\partial F}{\partial x_a}\right)_o dx_a + \left(\frac{\partial F}{\partial \omega}\right)_o d\omega + \left(\frac{\partial F}{\partial \varphi}\right)_o d\varphi + \left(\frac{\partial F}{\partial \kappa}\right)_o d\kappa + \left(\frac{\partial F}{\partial X_L}\right)_o dX_L \\
 & + \left(\frac{\partial F}{\partial Y_L}\right)_o dY_L + \left(\frac{\partial F}{\partial Z_L}\right)_o dZ_L + \left(\frac{\partial F}{\partial X_A}\right)_o dX_A + \left(\frac{\partial F}{\partial Y_A}\right)_o dY_A + \left(\frac{\partial F}{\partial Z_A}\right)_o dZ_A \\
 & \dots\dots\dots [2.16]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 0 = & (G)_o + \left(\frac{\partial G}{\partial y_a}\right)_o dy_a + \left(\frac{\partial G}{\partial \omega}\right)_o d\omega + \left(\frac{\partial G}{\partial \varphi}\right)_o d\varphi + \left(\frac{\partial G}{\partial \kappa}\right)_o d\kappa + \left(\frac{\partial G}{\partial X_L}\right)_o dX_L \\
 & + \left(\frac{\partial G}{\partial Y_L}\right)_o dY_L + \left(\frac{\partial G}{\partial Z_L}\right)_o dZ_L + \left(\frac{\partial G}{\partial X_A}\right)_o dX_A + \left(\frac{\partial G}{\partial Y_A}\right)_o dY_A + \left(\frac{\partial G}{\partial Z_A}\right)_o dZ_A \\
 & \dots\dots\dots [2.17]
 \end{aligned}$$

dimana,

- $F_o$  : Fungsi turunan F
- $G_o$  : Fungsi turunan G
- $\left(\frac{\partial F}{\partial \omega}\right)_{dst}$  : Turunan parsial dari fungsi F dan G
- $\partial\omega, \partial\varphi, \partial\kappa$  : Koreksi untuk nilai *omega, phi, kappa*
- $dx_a, dy_a$  : Koreksi koordinat terukur  $x_a, y_a$

Pada persamaan [2.16] dan [2.17],  $F_0$  dan  $G_0$  merupakan fungsi  $F$  dan  $G$ . Untuk persamaan [2.13] dan [2.14] dihitung pendekatan awal dari sembilan unsure yang tidak diketahui. Istilah  $(\partial F / \partial \omega)_0$ ,  $(\partial G / \partial \omega)_0$ ,  $(\partial F / \partial \varphi)_0$ ,  $(\partial G / \partial \varphi)_0$  dan seterusnya merupakan turunan parsial dari fungsi  $F$  dan  $G$  dengan mempertimbangkan parameter yang belum diketahui pada pendekatan awal. Unit  $\partial \omega$ ,  $\partial \varphi$ ,  $\partial \kappa$  adalah radian. Karena  $dx_a$ ,  $dy_a$  merupakan koreksi untuk koordinat terukur  $x_a$  dan  $y_a$  maka dapat diinterpretasi sebagai kesalahan residual didalam pengukuran.

Oleh karena itu dua istilah ini dapat diganti dengan  $Vx_a$  dan  $Vy_a$  yang merupakan *symbol* yang lazim digunakan untuk kesalahan residual. Perhatikan dari persamaan [2.13] dan [2.14] yang dijabarkan persialnya  $\partial F / \partial x_a$  dan  $\partial G / \partial y_a$ , keduanya sama dengan  $q$ , dengan substitusi  $q$  untuk istilah pada persamaan [2.16] dan [2.17] dengan memindahkan  $qdx_a$  dan  $qdy_a$  kesisi persamaan, membagi tiap persamaan, dengan  $q$ , dan mengganti  $dx_a$  dan  $dy_a$  masing-masing dengan  $Vx_a$  dan  $Vy_a$ . Sehingga apabila persamaan ini digunakan dalam penyelesaian *Least Square* maka diperoleh persamaan kolinear terlinearisasi dalam bentuk yang disederhanakan termasuk untuk nilai *residualnya* sebagai berikut (Wolf, 2000) :

$$b_{11}d\omega + b_{12}d\varphi + b_{13}d\kappa - b_{14}dX_L - b_{15}dY_L - b_{16}dZ_L = J + Vx_a \dots\dots\dots [2.18]$$

$$b_{21}d\omega + b_{22}d\varphi + b_{23}d\kappa - b_{24}dX_L - b_{25}dY_L - b_{26}dZ_L = K + Vy_a \dots\dots\dots [2.19]$$

dimana,

- $b_{11} - b_{16}$  : Persamaan untuk nilai  $x$
- $b_{21} - b_{26}$  : Persamaan untuk nilai  $y$
- $\partial \omega, \partial \varphi, \partial \kappa$  : Koreksi untuk nilai *omega, phi, kappa*
- $dX_L, dY_L, dZ_L$  : Koreksi koordinat pusat kamera
- $J$  : Parsial dari fungsi F
- $K$  : Parsial dari fungsi G

Dalam persamaan [2.18] dan [2.19]  $J$  dan  $K$  masing-masing sama dengan  $(F)_0/q$  dan  $(G)_0/q$ ,  $b$  merupakan koefisien yang sama dengan jabaran parsial tersebut. Untuk

memudahkannya maka koefisien tersebut dicantumkan dibawah ini (Wolf and Dewitt, 2000) :

dimana,

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$J = x_a - x_o + f \frac{r}{q} \dots \dots \dots [2.20]$$

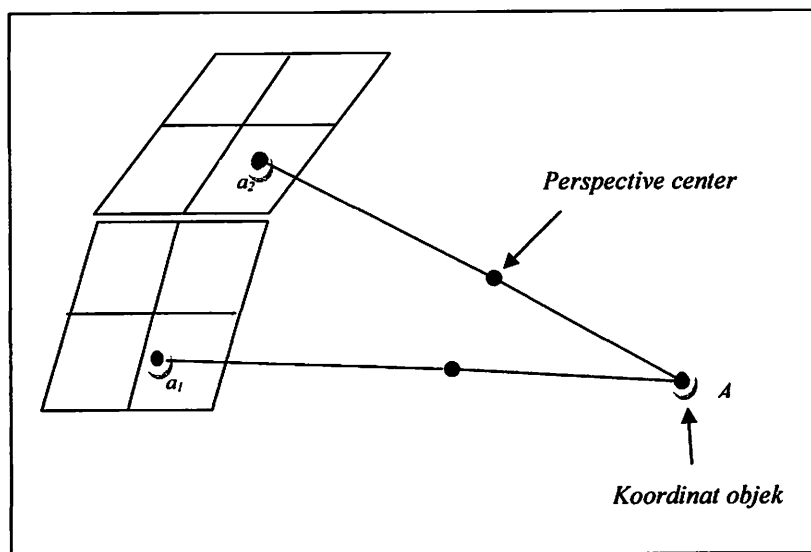
$$K = y_a - y_o + f \frac{s}{q} \dots \dots \dots [2.21]$$



Pada koefisien ini,  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ , dan  $\Delta Z$  masing-masing sama dengan  $(XA-XL)$ ,  $(YA-YL)$ , dan  $(ZA-ZL)$ . Nilai *numeric* untuk istilah koefisien ini diperoleh dengan menggunakan perkiraan awal untuk yang tidak diketahui (Wolf and Dewitt, 2000).

## 2.5 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 ( $\omega$ ,  $\phi$ ,  $\kappa$ ,  $X_L$ ,  $Y_L$ ,  $Z_L$ ) untuk dua foto yang bertampalan. Nilai koordinat objek dalam ruang tiga dimensi ini dapat dihitung menggunakan persamaan kolinier yang telah dilinierisasi.



Gambar 2.8 Interseksi Ruang dengan Pasangan Foto Stereo (Sucofindo, 2013)

Persamaan kolinearitas dapat pula digunakan untuk menentukan koordinat medan,  $X$ ,  $Y$  dan  $Z$  titik-titik baru yang gambarnya tampak pada daerah tampalan foto sendeng. Cara kerja ini disebut interseksi ruang, di namakan demikian karena garis radial yang bersangkutan ke titik objek yang sama dari dua foto yang bertampalan harus memotong pada titik itu, seperti disajikan pada Gambar 2.8. Interseksi ruang menghendaki enam unsur orientasi luar bagi dua foto sendeng yang bertampalan

diketahui. Persamaan kolinearitas dalam bentuk dilinierkan dapat ditulis untuk tiap titik baru, seperti titik A pada Gambar 2.8. Akan tetapi, perlu diingat bahwa karena enam unsur orientasi luar diketahui, yang tidak diketahui pada persamaan [2.18] dan [2.19], tinggal  $dX_A$ ,  $dY_A$  dan  $dZ_A$ . Ini merupakan koreksi yang harus diterapkan bagi pendekatan awal untuk masing-masing koordinat ruang objek  $X_A$ ,  $Y_A$  dan  $Z_A$  bagi titik medan A. Bentuk persamaan interseksi ruang yang dilinierkan bagi titik A ialah:

$$V_{xa} = b_{14}dX_A + b_{15}dY_A + b_{16}dZ_A + J \dots\dots\dots [2.22]$$

$$V_{ya} = b_{24}dX_A + b_{25}dY_A + b_{26}dZ_A + K$$

dimana,

$V_{xa}$ ,  $V_{ya}$  : Kesalahan residual dalam pengukuran

$x_a$ ,  $y_a$  : Koordinat foto pada titik a

$dX_A$ ,  $dY_A$ ,  $dZ_A$  : Nilai koreksi awal koordinat objek pada titik A

$J$  dan  $K$  : Parsial dari fungsi F dan G

Pada Persamaan diatas, dapat ditulis bagi titik  $a_1$  pada foto kiri dan dua lagi bagi titik  $a_2$  pada foto kanan. Dengan demikian dapat dibuahkan empat persamaan, dan nilai  $dX_A$ ,  $dY_A$  dan  $dZ_A$  dapat diselesaikan melalui perhitungan dengan cara kuadrat terkecil. Koreksi ini diterapkan bagi pendekatan awal untuk memperoleh nilai  $X_A$ ,  $Y_A$ , dan  $Z_A$  yang direvisi. Penyelesaian ini kemudian diulang lagi hingga nilai koreksi dapat diabaikan. Penyelesaian Persamaan *non linier*, dan penggunaan teorema Taylor yang memerlukan pendekatan awal bagi  $X_A$ ,  $Y_A$  dan  $Z_A$  dapat dihindari dalam metode perhitungan lain. Persamaan dapat ditulis sebagai berikut :

Persamaan untuk foto 1 sebagai berikut :

$$X_A = \lambda_{a1}x'_{a1} + X_{L1}$$

$$Y_A = \lambda_{a1}y'_{a1} + Y_{L1} \dots\dots\dots [2.23]$$

$$Z_A = \lambda_{a1}z'_{a1} + Z_{L1}$$

Persamaan untuk foto 2 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} X_A &= \lambda_{a2}x'_{a2} + X_{L2} \\ Y_A &= \lambda_{a2}y'_{a2} + Y_{L2} \dots\dots\dots [2.24] \\ Z_A &= \lambda_{a2}z'_{a2} + Z_{L2} \end{aligned}$$

Persamaan di atas dapat disederhanakan sebagai berikut :

$$\lambda_{a2} = \frac{y'_{a1}(X_{L2}-X_{L1})-x'_{a1}(Y_{L2}-Y_{L1})}{x'_{a1}y'_{a2}-x'_{a2}y'_{a1}} \dots\dots\dots [2.25]$$

dimana,

- $\lambda_{a2}$  : Faktor skala atau  $s$
- $a_1$  dan  $a_2$  : Titik  $a$  pada foto 1 dan foto 2
- $X_A, Y_A, Z_A$  : Koordinat objek pada titik A
- $X_L, Y_L, Z_L$  : Koordinat pusat kamera atau posisi pusat proyeksi kamera
- $x', y', z'$  : Orientasi koordinat foto  $x, y$ , dan  $z$

Dari kedua persamaan di atas dapat dijabarkan kembali sebagai berikut :

Karena enam unsur orientasi luar bagi foto 1 dan foto 2 telah ditentukan dengan metode yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya, nilai bagi  $X_{L1}, Y_{L1}, Z_{L1}, X_{L2}, Y_{L2}$ , dan  $Z_{L2}$ , ditemukan, dan  $x'_{a1}, y'_{a1}, z'_{a1}, x'_{a2}, y'_{a2}$ , dan  $z'_{a2}$  dapat dihitung berdasarkan unsur orientasi sudut dan koordinat foto terukur titik  $a$  dengan persamaan di bawah ini:

$$\begin{aligned} x' &= m_{11}x + m_{12}y + m_{13}z \\ y' &= m_{21}x + m_{22}y + m_{23}z \dots\dots\dots [2.26] \\ z' &= m_{31}x + m_{32}y + m_{33}z \end{aligned}$$

dimana,

- $x, y, z$  : Koordinat foto
- $x', y', z'$  : Orientasi koordinat foto  $x, y$ , dan  $z$
- $m_{11} - m_{33}$  : Matriks rotasi

Dari persamaan diatas, dapat ditentukan koordinat *object space* pendekatan dari foto stereo, dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$X_A = s(m_{11}x + m_{21}y + m_{31}z) + X_L$$

$$Y_A = s(m_{21}x + m_{22}y + m_{32}z) + Y_L \dots\dots\dots [2.27]$$

$$Z_A = s(m_{13}x + m_{23}y + m_{33}z) + Z_L$$

dimana,

$X_A, Y_A, Z_A$  : Koordinat objek pada titik A

$X_L, Y_L, Z_L$  : Koordinat pusat kamera atau posisi pusat proyeksi kamera

$s$  : Faktor skala

$x, y, z$  : Koordinat foto

$m_{11} - m_{33}$  : Matriks rotasi

*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 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).. Berikut ini merupakan turunan pertama (rumus dasar) pada proses *intersection* adalah sebagai berikut :

$$x_a = x_o - f \frac{m_{11}(XA-YL)+m_{12}(YA-YL)+m_{13}(ZA-ZL)}{m_{31}(XA-YL)+m_{32}(YA-YL)+m_{33}(ZA-ZL)} \dots\dots\dots [2.28]$$

$$y_a = y_o - f \frac{m_{11}(XA-YL)+m_{12}(YA-YL)+m_{13}(ZA-ZL)}{m_{31}(XA-YL)+m_{32}(YA-YL)+m_{33}(ZA-ZL)} \dots\dots\dots [2.29]$$

dimana,

$f$  : Panjang fokus kamera

$x_o, y_o$  : *Principal point*

- $x_a, y_a$  : Koordinat foto pada titik a  
 $X_L, Y_L, Z_L$  : Koordinat pusat kamera atau posisi pusat proyeksi kamera  
 $X_A, Y_A, Z_A$  : Koordinat objek pada titik A  
 $m_{11}-m_{33}$  : Matrik rotasi

Persamaan [2.22] dan [2.23] merupakan persamaan garis lurus tidak *linier*. Dalam persamaan tersebut terdapat sembilan parameter yang tidak diketahui antara lain :  $\omega, \phi, \kappa$  (*omega, phi, kappa*) ini merupakan tiga parameter sudut rotasi dimana parameter ini berhubungan dengan  $m$ , tiga parameter koordinat pusat kamera ( $X_L, Y_L, Z_L$ ) dimana keenam parameter lainnya merupakan koordinat titik (orientasi luar). Sedangkan tiga parameter lainnya merupakan koordinat objek titik A ( $X_A, Y_A, Z_A$ ) dimana  $Z_A$  merupakan panjang fokus kamera ( $f$ ). ketiga parameter ini terdapat dalam *Interior Orientation* (orientasi dalam).

Tiga sudut rotasi  $\omega, \phi, \kappa$  (*omega, phi, kappa*) yang berhubungan dengan  $m$ , tiga koordinat stasiun pemotretan  $X_L, Y_L, Z_L$ , dan tiga koordinat titik objek  $X_A, Y_A, Z_A$  dapat dilinierisasi menggunakan dalil *Taylor*. Koordinat foto  $x_a, y_a$  merupakan konstanta tetap  $x_o, y_o$  dan  $f$  merupakan bagian dari parameter kalibrasi. Persamaan garis lurus yang tidak linier dapat dilinearisasikan menggunakan dalil *Taylor*. Persamaan [2.20] dan [2.21] dapat dituliskan sebagai berikut :

$$F = x_o - f \frac{r}{q} = x_a \dots\dots\dots [2.30]$$

$$G = y_o - f \frac{s}{q} = y_a \dots\dots\dots [2.31]$$

dimana,

- $F$  : Nilai dari fungsi F  
 $G$  : Nilai dari fungsi G  
 $x_o, y_o$  : *Principal point*  
 $x_a, y_a$  : Koordinat foto pada titik a  
 $f$  : Panjang fokus kamera

Untuk menentukan suatu koordinat *object space* titik A dengan metode *intersection*, dengan enam elemen *exterior orientation* ( $\omega, \phi, \kappa, X_L, Y_L, Z_L$ ) yang telah diketahui dan tiga elemen koordinat *object space* ( $X_A, Y_A, Z_A$ ) yang belum diketahui maka persamaan di atas dapat di tuliskan dalam bentuk turunan persial berdasarkan *dalil Taylor* sebagai berikut :

$$F_o + \left(\frac{\partial F}{\partial X_A}\right)_o dX_A + \left(\frac{\partial F}{\partial Y_A}\right)_o dY_A + \left(\frac{\partial F}{\partial Z_A}\right)_o dZ_A = x_a \dots\dots\dots[2.32]$$

$$G_o + \left(\frac{\partial G}{\partial X_A}\right)_o dX_A + \left(\frac{\partial G}{\partial Y_A}\right)_o dY_A + \left(\frac{\partial G}{\partial Z_A}\right)_o dZ_A = y_a \dots\dots\dots[2.33]$$

dimana,

- $F_o, G_o$  : Fungsi turunan dari  $F$  dan  $G$
- Istilah  $(\partial F/\partial X_A)_o$  dst : Turunan parsial dari fungsi  $F$  dan  $G$  dengan mempertimbangkan unsur yang belum diketahui pada pendekatan awal
- $x_a, y_a$  : Koordinat foto pada titik a

karena enam unsur orientasi sudah 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 interseksi yang dilinearkan sebagai berikut (Wolf and Dewitt 2000) :

$$b_{14}dX_A + b_{15}dY_A + b_{16}dZ_A = J + V_{xa}$$

$$b_{24}dX_A + b_{25}dY_A + b_{26}dZ_A = K + V_{ya} \dots\dots\dots [2.34]$$

dimana,

- $V_{xa}, V_{ya}$  : Kesalahan residual dalam pengukuran
- $x_a, y_a$  : Koordinat foto pada titik a
- $dX_A, dY_A, dZ_A$  : Nilai koreksi awal koordinat objek pada titik A
- $J$  dan  $K$  : Parsial dari fungsi  $F$  dan  $G$

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 residu sesuai. Persamaan [2.28] kemudian dijabarkan kedalam matriks sebagai berikut:

$$AX = L + V \dots\dots\dots [2.35]$$

dimana,

$$A = \begin{bmatrix} b14_o & b15_o & b16_o \\ b24_o & b25_o & b26_o \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} dX_A \\ dY_A \\ dZ_A \end{bmatrix} \quad L = \begin{bmatrix} J_a \\ K_a \end{bmatrix} \quad V = \begin{bmatrix} Vx_a \\ Vy_a \end{bmatrix}$$

$A$  : Matriks koefisien berisi penurunan pertama persamaan terhadap parameter yang akan dicari

$X$  : Matriks koreksi parameter yang dicari (*unknown*)

$L$  : Matriks observasi yang berisi nilai fungsi J dan K

$V$  : Matriks residual berisi kesalahan pengukuran

Dengan penjabaran matriks sebagai berikut :

$$A^TAX = A^TL \dots\dots\dots [2.36]$$

Pada persamaan diatas,  $A^TA$  adalah matriks koefisien persamaan normal dari bilangan tak diketahui. Kalikan kedua bagian persamaan [2.23] dengan  $A^TA$  dan kurangkan hasilnya adalah :

$$(A^TA)^{-1}(A^TA)X = (A^TA)^{-1}A^TL$$

$$IX = (A^TA)^{-1}A^TL \dots\dots\dots [2.37]$$

$$X = (A^TA)^{-1}A^TL$$

dimana,

$(A^TA)^{-1}$  : Matrik A *transpose* dikali matrik A kemudian di *inversekan*

$(A^TA)$  : Matrik A *transpose* dikali matrik A

$A^TL$  : Matrik A *transpose* dikali matrik L

- $X$  : Matrik X
- $L$  : Matrik L

Dalam persamaan diatas,  $I$  merupakan identitas. Persamaan [2.37] merupakan persamaan matriks dasar kuadran terkecil bagi pengamatan sama bobot, matriks  $X$  terdiri atas nilai paling mungkin bagi nilai tak dikenal,  $A, B, C, \dots, N$ . Bagi suatu sistem pengamatan terbobot, persamaan di bawah ini menyajikan matriks  $X$  bagi nilai paling mungkin untuk nilai tak dikenal (Wolf, 1993).

$$X = (A^T P A)^{-1} A^T P L \dots\dots\dots [2.38]$$

Dalam persamaan [3.32], matriksnya identik terhadap persamaan sama bobot, kecuali bahwa matriks  $P$  merupakan matriks diagonal bobot dan diidentifikasi sebagai berikut :

$$P = \begin{matrix} & & & & & & & m \\ & & & & & & & \\ & P_1 & & & & & & \\ & & P_2 & & & & & \\ & & & P_3 & & & & \\ & & & & \cdot & & & \\ & & & & & \cdot & & \\ & & & & & & \cdot & \\ & & & & & & & P_m \\ m & & & & & & & \end{matrix}$$

Di dalam persamaan [3.36], matriks  $P$ , semua unsur luar diagonal ditunjukkan dengan nilai nol. Hal ini sesuai apabila pengamatan individual bersifat mandiri dan tidak terkait, misalnya pengamatan itu tidak tergantung satu terhadap yang lain, ini hampir selalu terjadi di dalam fotogrametri (Wolf, 1993).

Nilai  $b_{14}$ - $b_{26}$  pada matriks  $A$  didapatkan dengan menggunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned}
 b_{14} &= \frac{f}{q^2} (rm_{31} - qm_{11}) & b_{24} &= \frac{f}{q^2} (sm_{31} - qm_{21}) \\
 b_{15} &= \frac{f}{q^2} (rm_{32} - qm_{12}) & b_{25} &= \frac{f}{q^2} (sm_{32} - qm_{22}) \dots\dots\dots [2.39]
 \end{aligned}$$



$$b_{16} = \frac{f}{q^2} (rm_{33} - qm_{13}) \quad b_{26} = \frac{f}{q^2} (sm_{33} - qm_{23})$$

dimana,

$b_{14} - b_{16}$  : Persamaan untuk nilai  $x$

$b_{24} - b_{26}$  : Persamaan untuk nilai  $y$

$f$  : Panjang fokus kamera

$m_{11} - m_{33}$  : Matriks rotasi

Dimana nilai  $m$  pada rumus diatas didapatkan dari persamaan [2.10] dan nilai  $q$ ,  $r$ ,  $s$  didapat dari persamaan [2.35]. setelah matriks menyusun  $A$  dengan persamaan [2.33] selanjutnya matriks  $A$  tersebut di *transposekan*. *Transpose* matriks  $A$  adalah sebuah matriks baru disusun dengan cara menuliskan baris pertama matriks  $A$  menjadi kolom pertama matriks baru, baris kedua matriks  $A$  menjadi kolom kedua matriks baru, dan seterusnya. *Transpose* matriks  $A$  dinotasikan dengan  $A^T$ . Jika matriks  $A$  berordo  $m \times n$ , maka  $A^T$  berordo  $n \times m$ .

Setelah itu matriks  $A^T$  tersebut dikalikan dengan matriks  $A$  sehingga mendapatkan matriks  $A^T.A$  dimana matriks  $A^T.A$  ini memiliki ordo  $n \times n$ . Setelah itu matriks  $A^T.A$  tersebut diinverskan sehingga menjadi matriks  $(A^T.A)^{-1}$ . Matriks invers adalah apabila  $A$  dan  $B$  masing-masing adalah matriks persegi berordo sama dan berlaku hubungan  $A.B = B.A = 1$ . Maka  $A$  adalah *invers*  $B$  atau  $B$  adalah *invers*  $A$  atau  $B$  merupakan dua matriks yang saling *invers*. Matriks  $A$  adalah *invers*  $B$  ditulis  $A = B^{-1}$  dan matriks  $B$  adalah *invers* matriks  $A$  ditulis  $B = A^{-1}$ .

Matriks  $L$  merupakan matriks yang berisikan nilai fungsi dimana nilai koordinat foto dikurangi nilai *offset* titik pusat proyeksi kamera. Matriks  $L$  didapatkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$J = x_a - x_o + f \frac{r}{q} \dots\dots\dots [2.40]$$

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

dimana,

J dan K : Parsial dari fungsi F dan G

$x_a, y_a$  : koordinat foto pada titik a

$x_o, y_o$  : *Principal point*

sedangkan nilai q, r dan s dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

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

$$r = m_{11} (X_A - X_L) + m_{12} (Y_A - Y_L) + m_{13} (Z_A - Z_L) \dots \dots \dots [2.41]$$

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

dimana,

$X_A, Y_A, Z_A$  : Koordinat objek pada titik A

$X_L, Y_L, Z_L$  : Koordinat pusat kamera atau posisi pusat proyeksi kamera

$m_{11}-m_{33}$  : Matrik rotasi

nilai  $m$  yang diperoleh dengan menggunakan persamaan [2.10] akan menghasilkan

$$X = (A^T \cdot A)^{-1} (A^T \cdot L) \dots \dots \dots [2.42]$$

dimana,

$X$  : matriks X

$(A^T \cdot A)^{-1}$  : matriks A *transpose* matriks A kemudian *diinverskan*

$(A^T \cdot L)$  : matriks A *transpose* dikalikan L

Persamaan matriks untuk menghitung nilai residual setelah dikurangkan dengan nilai  $x_a$ , dan  $y_a$  pendekatan adalah :

$$V = AX - L \dots \dots \dots [2.43]$$

dimana,

$V$  : matriks V

$AX$  : matriks A dikali matriks X

$L$  : matriks L

Rumus untuk menghitung *standart deviasi* dari matriks  $V$  adalah

$$S = \frac{\sqrt{V^T V}}{r} \dots\dots\dots [2.44]$$

dimana,

S : *standart deviasi*

V : matriks V

$V^T$  : matriks V *transpose*

r : jumlah tingkat kebebasan

Di dalam persamaan di atas r merupakan jumlah tingkat kebebasan yang sama dengan jumlah persamaan pengamatan dikurangi jumlah nilai tak dikenal, atau  $r = (m - n)$ .

Matriks kovarian merupakan matriks yang unsur-unsurnya berupa varian (ragam) dan kovarian (peragaman) dari sekumpulan variable. Matriks kovarian memiliki lambang S, diagonalnya merupakan varian dari setiap variable, sedangkan unsur lainnya berupa kovarian antara variable. Matriks S ini bersifat simetris atau setangkup.

$$S_{xi} = \sqrt{(Q_{xixi})} \dots\dots\dots [2.45]$$

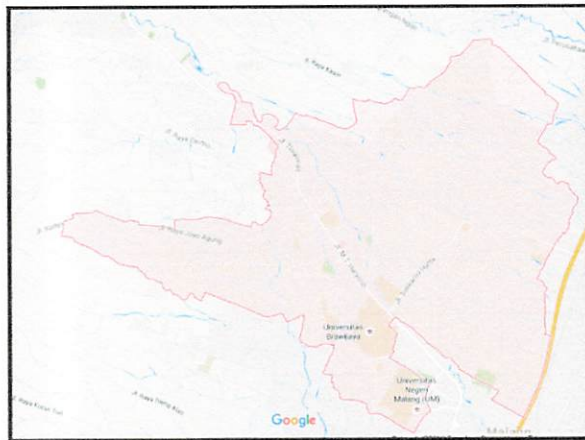
Pada persamaan [2.44] merupakan simpangan baku ke-*i* jumlah tersesuaikan, misalnya jumlah dalam lajur ke- *i* matriks X,  $S_0$  merupakan simpangan baku berat satuan yang dihitung dengan persamaan [2.43] dan  $Q_{xixi}$  merupakan unsur dalam baris ke- *i* dan jalur ke- *i* matriks  $(A^T.A)^{-1}$ , maka matriks  $(A^T.A)^{-1}$  adalah matriks kovarian.

Matriks X merupakan nilai dari koreksi parameter, hitung nilai-nilai parameter ( $X_A, Y_A, Z_A$ ) dengan menambahkan koreksinya dengan nilai matriks X. Lakukan kembali proses iterasi bila nilai residu belum seminimal mungkin. Proses iterasi berhenti setelah nilai residu sudah minimum. hal ini bisa dilihat dari *standart deviasi* dari iterasi yang dilakukan. Bila nilai *standart deviasi* iterasi terakhir sudah seminimum mungkin atau nilai *standart deviasi*  $\leq 1$  mm, maka proses iterasi akan berhenti.

## BAB III METODELOGI PENELITIAN

### 3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan di Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang, Provinsi Jawa Timur. Kecamatan Lowokwaru terletak diantara koordinat : N 9119030,525 – 9125212,521 dan E 672958,015 – 681129,901. Adapun gambaran dari lokasi penelitian adalah seperti berikut :



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian Kecamatan Lowokwaru, Malang (*Google Maps, 2016*)



Gambar 3.2 Lokasi Area Kalibrasi Kelurahan Merjosari, Kecamatan Lowokwaru, Malang (*Google Earth, 2016*)

### 3.2 Data dan Peralatan Penelitian

Dalam penelitian ini penulis menggunakan beberapa data dan peralatan untuk mendukung proses pengambilan dan pengolahan data.

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah:

1. Foto udara area kalibrasi dari hasil pemotretan UAV di Kelurahan Merjosari, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang.
2. Parameter EO (*Exterior Orientation*) yang di asumsikan sudah diketahui dari proses pengolahan dengan menggunakan *Software Australis 6.0*.
3. Koordinat *object space* pendekatan yang di asumsikan sudah diketahui dari proses pengolahan dua buah foto dengan menggunakan *Software Microsoft Excel*.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

#### 1. Perangkat Keras (hardware)

##### 1. Laptop / PC

Laptop TOSHIBA Satellite L510, dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Processor Intel® Core™ i3 CPU @ 2.13GHz (4CPUs) ~2.1
- Memory 2GB DDR3 SDRAM-
- Intel Graphics media HD video memory
- OS Windows 7 Ultimate 32 bit (6.1, bild 7600)
- Hard Drive 300 GB
- DVD ±RW Super Multi DL Drive
- Display 14.0" WXGA
- Network Card 10/100BASE-T Ethernet LAN
- Wireless 802.11b/g/n/WLAN, Webcam, and USB 2.0
- Memory Card Device 5-in-1 Digital Media Reader
- Rechargeable Lithium-ion Battery Media Reader
- Bios insydeH20 version 1.20

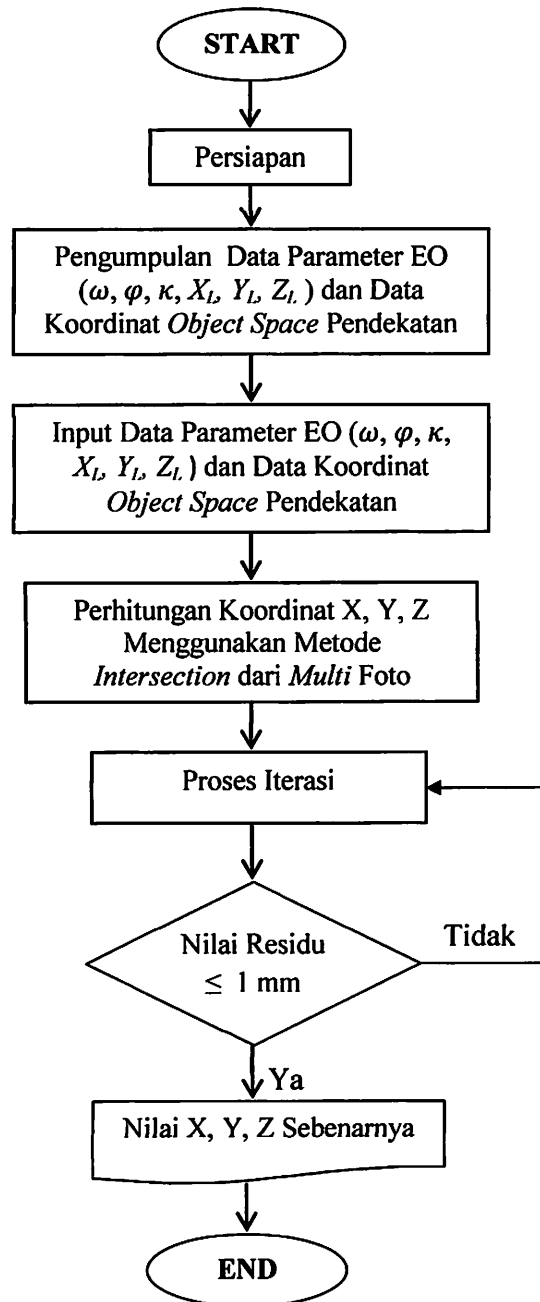
##### 2. Optical mouse

#### 2. Perangkat Lunak (*software*)

Dalam penelitian ini perangkat lunak (*software*) yang digunakan antara lain adalah sebagai berikut :

- a. *Ms. Excel 2007*, digunakan untuk melakukan proses perhitungan dengan metode *intersection*.
- b. *Australis 6.0*, digunakan untuk melakukan proses pengolahan data hasil pemotretan, untuk menghasilkan parameter EO.

### 3.3 Flow Chart Penelitian



Gambar 3.5 Flow Chart Penelitian

Tahap tahap yang dilakukan dalam proses penelitian penentuan koordinat *object space* dengan menggunakan metode *intersection* adalah sebagai berikut :

1. Persiapan, dalam tahapan persiapan yang dilakukan adalah persiapan alat dan bahan untuk proses pengolahan data hasil pemotretan udara di area kalibrasi menggunakan wahana UAV di Kecamatan Lowokwaru, Kabupaten Malang.
2. Pengumpulan data parameter EO ( $\omega, \varphi, \kappa, X_L, Y_L, Z_L$ ), data parameter EO di dapat dari pengolahan titik-titik retro hasil pemotretan dengan menggunakan *Software Australis 6.0*. Dalam proses ini data parameter EO diasumsikan sudah diketahui.
3. Pengumpulan data nilai X, Y, Z pendekatan (Koordinat *object space* pendekatan) dari tiap titik dengan menggunakan dua buah foto melalui proses perhitungan dengan menggunakan *Software Microsoft Excel*. Dalam proses ini koordinat *object space* pendekatan diasumsikan sudah diketahui.
4. Input data parameter EO ( $\omega, \varphi, \kappa, X_L, Y_L, Z_L$ ) dan koordinat *object space* pendekatan, merupakan proses penginputan data parameter EO dan koordinat *object space* pada perhitungan di *software Ms.Excel* dengan metode *intersection*.
5. Perhitungan koordinat X, Y, Z menggunakan metode *intersection*, dimana untuk mendapatkan nilai matriks X. Nilai matriks X ini nantinya akan di tambah dengan nilai X, Y, Z pendekatan atau koordinat *object space* pendekatan yang di dapat dari perhitungan sebelumnya, untuk menghasilkan nilai iterasi pertama.
6. Nilai X, Y, Z sebenarnya atau koordinat *object space* sebenarnya di dapat dari proses iterasi. Proses ini berlangsung hingga nilai residual menjadi seminimal mungkin, hal ini bisa dilihat dari *standart deviasi* dari iterasi yang dilakukan. Bila nilai *standart deviasi* iterasi terakhir sudah seminimum mungkin atau nilai *standart deviasi*  $\leq 1$  mm, maka proses iterasi akan berhenti.
7. Proses selesai.



### 3.4 Proses Penelitian

Sebelum memulai penelitian dilakukan persiapan yang matang guna memperlancar jalannya penelitian. Berikut proses yang dilakukan selama penelitian berlangsung adalah :

#### 3.4.1 Tahap persiapan

Pada tahapan ini dilakukan persiapan alat yang meliputi perangkat keras, perangkat lunak serta bahan yang digunakan yang meliputi citra foto dari hasil pemotretan adalah sebagai berikut :

##### 3.4.1.1 Peralatan Penelitian

Adapun persiapan alat yang akan digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Beberapa perangkat keras, antara lain :
  - a. Laptop *TOSHIBA Satellite L510*
  - b. *Optical Mouse*
2. Beberapa perangkat lunak untuk pengolahan data, antar lain :
  - a. *Microsoft Excel 2007*, digunakan untuk proses perhitungan dengan menggunakan metode *intersection*.
  - b. *Australis 6.0*, digunakan untuk proses pengolahan data hasil pemotretan untuk menghasilkan data parameter EO.

##### 3.4.1.2 Bahan Penelitian

Adapun bahan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Foto udara area kalibrasi dari hasil pemotretan menggunakan wahan UAV di Kelurahan Merjosari, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang.
2. Parameter EO (*Exterior Orientation*) yang di asumsikan sudah diketahui dari proses pengolahan dengan menggunakan *Software Australis 6.0*.

3. Koordinat *object space* pendekatan yang di dapat dari proses pengolahan dua buah foto menggunakan *Software Microsoft Excel*, yang diasumsikan sudah diketahui.

### 3.4.2 Tahap Pengumpulan Data Parameter EO ( $\omega, \varphi, \kappa, X_L, Y_L, Z_L$ )

Pada tahap ini yang dilakukan adalah pengumpulan data parameter EO ( $\omega, \varphi, \kappa, X_L, Y_L, Z_L$ ) yang di dapat dari *Software Australis 6.0*, yang diasumsikan sudah diketahui adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1 Parameter EO ( $\omega, \varphi, \kappa, X_L, Y_L, Z_L$ ) dari 4 buah foto

FOTO	omega ( $\Psi$ )	phi ( $\phi$ )	kappa(k)	XL	YL	ZL
Foto DSC05336	88.7077	-1.9868	-0.2421	-10.8442	5.05815	-7.85963
Foto DSC05723	88.5012	-29.341	2.9612	-501.167	-8.97401	-49.5790
Foto DSC05741	117.132	21.674	123.143	482.587	22.2025	-386.509
Foto DSC5986	57.071	27.777	-123.38	710.925	102.920	689.3522

Tabel 3.2 Parameter EO ( $\omega, \varphi, \kappa, X_L, Y_L, Z_L$ ) dari 6 buah foto

FOTO	omega ( $\Psi$ )	phi ( $\phi$ )	kappa(k)	XL	YL	ZL
Foto DSC05336	88.6384	0.2033	-0.0978	-10.01241	17.99838	0.70311
Foto DSC05723	88.7005	-27.2531	3.2417	-496.4143	6.62132	-47.77581
Foto DSC05741	115.7331	20.3018	124.0987	469.5423	38.60891	-393.8334
Foto DSC05986	58.7839	26.4406	-123.8947	706.45727	121.85863	680.62714
Foto DSC06008	115.8065	-13.7908	69.3404	-282.1527	-40.29025	-730.1513
Foto DSC06241	60.294	-8.2992	-50.5607	31.82019	605.74176	-9.53336

### 3.4.3 Tahap Pengumpulan Data Koordinat Object Space Pendekatan

Pada tahap ini yang dilakukan adalah pengumpulan data koordinat X, Y, Z pendekatan yang di dapat dari pengolahan menggunakan *Software Microsoft Excel*, dari 2 buah foto dengan menggunakan 15 titik dan 2 buah foto

dengan menggunakan 6 buah foto yang diasumsikan sudah diketahui adalah sebagai berikut:

Tabel 3.3 Koordinat *object space* pendekatan 2 buah foto dengan 15 titik

<i>Object Space</i> Pendekatan			
Titik	X	Y	Z
1	-234.667614	911.633186	44.07502404
2	-76.0187579	1013.185174	-48.2287672
3	-15.8684765	1039.400741	-45.3084669
4	106.1361138	1045.575538	-195.523929
5	149.7132563	1032.322278	-260.786079
6	11.08362437	1023.15182	-228.862042
7	-82.9899725	989.6424018	-180.945504
8	-174.061889	939.7726229	-154.594585
9	-215.168045	751.5688468	-145.697521
10	-125.82425	955.8091629	-265.871269
11	-161.934	956.58832	-43.4856
12	116.3104	1060.3143	-133.883
13	-51.8868	996.16215	-247.592
14	-179.071	940.9295	-125.541
15	-189.72	910.95862	-271.821

Tabel 3.4 Koordinat *object space* pendekatan 2 buah foto dengan 10 titik

<i>Object Space</i> Pendekatan			
Titik	X	Y	Z
1	-268.957492	916.6557826	45.78322643
2	-114.419577	1028.889239	-43.9003302
3	-55.0446786	1059.439462	-40.7722783
4	77.76450787	1090.13724	-128.212097
5	113.0618893	1064.959565	-254.372575
6	-26.9864933	1045.117006	-222.171567
7	-120.278492	1004.85123	-174.682807
8	-209.383078	948.6393258	-148.680889
9	-161.687646	967.9634886	-258.050449
10	-39.4180687	1028.575292	-300.639757

#### 3.4.4 Tahap Penginputan Data Parameter EO ( $\omega, \varphi, \kappa, X_L, Y_L, Z_L$ )

Pada tahapan ini yang dilakukan adalah proses penginputan data parameter EO pada perhitungan di *software Ms.Excel* dengan metode *intersection*. Parameter orientasi luar terdiri dari 3 parameter kamera ( $X_L, Y_L, Z_L$ ) dan 3 parameter rotasi  $\omega, \varphi, \kappa$  (*omega, phi kappa*). Elemen sudut rotasi dari parameter orientasi luar menggambarkan hubungan antara *sistem* koordinat objek ( $X, Y, Z$ ) dengan sistem koordinat foto ( $x, y, z$ ). Data parameter EO yang digunakan merupakan dari masing-masing foto, dimana dalam penelitian ini penulis menggunakan 4 foto dan 6 buah foto yang prosesnya dilakukan dengan *software Australis 6.0*. Data parameter EO pada setiap foto dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 diatas.

#### 3.4.5 Tahap Perhitungan Koordinat X, Y, Z Menggunakan Metode *Intersection*

Perhitungan koordinat X, Y, Z menggunakan metode *intersection*, dimana untuk mendapatkan nilai residual (matriks X). Nilai residu ini nantinya akan di tambah dengan nilai X, Y, Z pendekatan yang di dapat sebelumnya dengan *Software Microsoft Excel*, untuk menghasilkan nilai iterasi pertama. Nilai X, Y, Z pendekatan dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4 diatas. Dalam perhitungan koordinat *object space* dengan metode *intersection* dari *multifoto* hal pertama yang dilakukan adalah menghasilkan nilai parameter EO pada setiap foto dan koordinat *object space* pendekatannya, dalam hal ini kedua data tersebut sudah di ketahui. Berikut proses perhitungan koordinat X, Y, Z (kordinat *object space*) dengan menggunakan metode *intersection* adalah sebagai berikut :

1. Parameter EO terdiri dari 3 parameter sudut rotasi (*omega, phi, kappa*) dan 3 parameter stasiun pemotretan ( $X_L, Y_L, Z_L$ ). Parameter sudut rotasi (*omega, phi, kappa*) digunakan untuk menghitung nilai matriks orthogonal

- (matriks  $m$ ), yang merupakan matriks yang berdimensi  $3 \times 3$ , yang di dapat dengan menggunakan persamaan [2.10].
2. Matriks  $m$  tersebut, kemudian digunakan bersamaan dengan parameter stasiun pemotretan ( $X_L, Y_L, Z_L$ ), dimana untuk menghitung nilai matriks  $q, r, s$  dengan menggunakan persamaan [2.15].
  3. Matriks  $m, q, r,$  dan  $s$  akan digunakan dalam perhitungan untuk mendapatkan nilai matriks  $A$  (matriks koefisien parameter). matriks  $A$  dapat dihasilkan dengan menggunakan persamaan [2.39].
  4. Langkah selanjutnya mencari nilai matriks  $A^T$ , dimana matriks  $A^T$  merupakan kebalikan dari matriks  $A$ . Jika nilai matriks  $A$  berordi  $m \times n$ , maka nilai matriks  $A^T$  berordo  $n \times m$ . Nilai matriks  $A^T$  dapat di cari dengan memasukkan formula pada *excel* yaitu “ = **TRANSPOSE (hasil matriks A)** “, setelah itu tekan secara bersamaan tombol **CTRL + SHIFT + ENTER**.
  5. Setelah mendapat nilai matriks  $A$  dan matriks  $A^T$ , langkah selanjutnya adalah mencari nilai matriks  $(A^T.A)$ . Matriks  $(A^T.A)$  merupakan perkalian antara matriks  $A^T$  dengan matriks  $A$ . Nilai matriks  $(A^T.A)$  dapat di cari dengan memasukkan formula pada *excel* yaitu “ = **MMULT (nilai matriks  $A^T$  ; nilai matriks A)** “, setelah itu tekan secara bersamaan tombol **CTRL + SHIFT + ENTER**.
  6. Setelah mendapat nilai matriks  $(A^T.A)$ , langkah selanjutnya adalah mencari nilai matriks  $(A^T.A)^{-1}$ . Matriks  $(A^T.A)^{-1}$  merupakan hasil invers dari nilai matriks  $(A^T.A)$ . Nilai matriks  $(A^T.A)^{-1}$  dapat di cari dengan memasukkan formula pada *excel* yaitu “ = **MINVERSE (nilai matriks  $(A^T.A)$ )** “, setelah itu tekan secara bersamaan tombol **CTRL + SHIFT + ENTER**.
  7. Langkah selanjutnya adalah mencari nilai matriks  $L$ . Matriks  $L$  merupakan matriks yang berisikan nilai fungsi dimana nilai koordinat foto dikurangi nilai *offset* titik pusat proyeksi kamera. Penyusunan matriks  $L$  diawali

dengan menghitung nilai J dan K. Matriks L dapat di hasilkan dengan menggunakan persamaan [2.40].

8. Setelah mendapat nilai matriks L, langkah selanjutnya adalah mencari nilai matriks  $(A^T.L)$ . Matriks  $(A^T.L)$  merupakan perkalian antara matriks  $A^T$  dengan matriks L. Nilai matrik  $(A^T.L)$  dapat di cari dengan memasukkan formula pada *excel* yaitu “ = **MMULT**(nilai matriks  $A^T$ ; nilai matriks L) “, setelah itu tekan secara bersamaan tombol **CTRL + SHIFT + ENTER**.
9. Langkah selanjutnya yaitu mencari nilai X atau matriks X, dimana matriks X merupakan perkalian antara nilai matriks  $(A^T.A)^{-1}$  dengan matriks  $(A^T.L)$ . Matriks X dapat di hasilkan dengan menggunakan persamaan [2.42]. Nilai matrik X dapat di cari dengan memasukkan formula pada *excel* yaitu “ = **MMULT** (nilai matriks  $(A^T.A)^{-1}$ ; nilai matriks  $(A^T.L)$  ) “, setelah itu tekan secara bersamaan tombol **CTRL + SHIFT + ENTER**.
10. Setelah mendapat nilai matriks X, langkah selanjutnya adalah mencari nilai matriks  $(A.X)$ , dimana nilai matriks  $(A.X)$  ini digunakan untuk mencari nilai matriks V. Matriks  $(A.X)$  merupakan nilai perkalian antara matrik A dengan matrik X. Nilai matrik  $(A.X)$  dapat di cari dengan memasukkan formula pada *excel* yaitu “ = **MMULT** (nilai matriks A; nilai matriks X) “, setelah itu tekan secara bersamaan tombol **CTRL + SHIFT + ENTER**.
11. Langkah selanjutnya adalah mencari nilai matriks V, dimana matriks V dapat dihasilkan dengan menggunakan persamaan [2.43]. Matriks V merupakan hasil pengurangan antara matriks  $(A.X)$  dengan matriks L. Nilai matriks V dapat di cari dengan memasukkan formula pada *excel* yaitu “ = (nilai matriks  $(A.X)$  - nilai matriks L) “, setelah itu tekan dengan bersamaan tombol **CTRL + SHIFT + ENTER**.
12. Setelah mendapat nilai matriks V, langkah selanjutnya adalah mencari nilai matriks  $V^T$ . Matriks  $V^T$  merupakan kebalikan dari matriks V. Jika matriks V berordo  $m \times 1$ , maka matriks  $V^T$  berordo  $n \times 1$ . Nilai matriks  $V^T$

di cari dengan memasukkan formula pada *excel* yaitu “ = ***TRANSPOSE*** (hasil matriks **V**) “, setelah itu tekan secara bersamaan tombol ***CTRL + SHIFT + ENTER***.

#### **3.4.6 Tahap Proses Iterasi**

Tahap ini merupakan tahap terakhir dalam proses pencarian koordinat *object space* sebenarnya atau koordinat X, Y, Z sebenarnya dengan menggunakan metode *intersection*. Nilai X, Y, Z sebenarnya atau koordinat *object space* sebenarnya di dapat dari proses iterasi. Proses ini berlangsung hingga nilai residual menjadi seminimal mungkin, hal ini bisa dilihat dari *standart deviasi* dari iterasi yang dilakukan. Bila nilai *standart deviasi* iterasi terakhir sudah seminimum mungkin maka proses iterasi akan berhenti. Untuk mengetahui nilai *standart deviasi* sudah seminimal mungkin dapat dilakukan dengan persamaan [2.44].

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini diperoleh hasil yang meliputi hasil koordinat foto setiap titik pada setiap foto dan hasil parameter EO (*Eksterior Orientation*) dengan menggunakan *Software Australis 6.0*, hasil koordinat object space pendekatan dari hasil perhitungan dengan menggunakan *Software Microsoft Excel*, dan hasil perhitungan metode *intersection* dengan menggunakan *Software Microsoft Excel*.

### 4.1 Hasil Koordinat Foto 15 Titik pada 4 Foto dan 10 Titik pada 6 Buah Foto

Hasil koordinat foto dari 15 titik dengan 4 buah foto dan 10 titik dengan 6 buah foto yang di proses dengan menggunakan *Software Australis 6.0* yang di asumsikan sudah diketahui, ditunjukkan pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 di bawah ini :

Tabel 4.1 Koordinat Foto 15 Titik pada 4 Foto

Nomor titik	Koordinat Foto							
	1		2		3		4	
	Foto DSC05336		Foto DSC05723		Foto DSC05741		Foto DSC5986	
	x	y	x	y	x	y	x	y
1	10.011139	-7.378851	7.938025	-4.842913	-7.1498	0.36005	7.54018	6.38833
2	3.499986	-2.781733	4.090949	-1.107238	-0.7891	2.12296	7.842623	0.77755
3	1.396878	-2.885484	2.696447	-1.104195	0.18437	3.52856	8.524465	-0.28957
4	-2.712703	2.0885484	-0.138362	3.406267	4.2988	3.19286	7.898004	-4.68779
5	-4.234761	4.049806	-1.279802	5.301152	5.70362	3.01362	7.594581	-6.41572
6	0.446165	3.745422	2.095871	4.512605	3.67037	0.41971	6.138434	-3.94579
7	3.772871	2.542086	4.272083	3.198842	1.63033	-1.0588	5.440814	-1.55224
8	7.352408	2.030112	6.538848	2.501256	-0.2394	-3.1976	4.433098	0.73457
9	10.86327	3.052444	5.575369	3.028407	-1.4895	-6.3147	2.480523	2.40388
10	5.423844	6.466259	5.366052	6.223462	2.74288	-4.1876	2.953434	-2.68361
11	6.831308	-2.987151	6.091099	-1.40548	-2.7411	-0.0315	6.729809	2.73873



Lanjutan Tabel 4.1 Koordinat Foto 15 Titik pada 4 Foto

Nomor titik	Koordinat Foto							
	1		2		3		4	
	Foto DSC05336		Foto DSC05723		Foto DSC05741		Foto DSC5986	
	x	y	x	y	x	y	x	y
12	-2.989652	0.002803	-0.296173	1.611538	3.5856	4.50704	8.849453	-3.80887
13	2.641552	4.937202	3.561607	5.282034	3.23927	-1.585	4.778004	-3.40771
14	7.545172	0.7281	6.661032	1.468983	-0.9683	-2.6135	5.012722	1.45986
15	8.112825	7.663707	7.004138	6.875001	2.10314	-6.6501	1.12149	-1.75623

Tabel 4.2 Koordinat Foto 10 Titik pada 6 Foto

Nomor Titik	Koordinat Foto							
	1		2		3		4	
	Foto DSC05336		Foto DSC05723		Foto DSC05741		Foto DSC5986	
	x	y	x	y	x	y	x	y
1	10.011124	-7.3788	7.93833	-4.84274	-7.14969	0.3599	7.5402	6.388326
2	3.499986	-2.7817	4.090949	-1.10724	-0.78909	2.123	7.8426	0.77755
3	1.396476	-2.8853	2.696447	-1.1042	0.184365	3.52856	8.5245	-0.28958
4	-2.989722	0.00296	-0.296173	1.61154	3.585651	4.50707	8.8495	-3.80887
5	-4.234761	4.04981	-1.279802	5.30115	5.703622	3.01362	7.5946	-6.41572
6	0.446165	3.74542	2.095871	4.51261	3.670367	0.41971	6.1384	-3.94578
7	3.772871	2.54209	4.272083	3.19884	1.630334	-1.0588	5.4407	-1.55229
8	7.352408	2.03011	6.538891	2.50128	-0.23945	-3.1974	4.7189	-0.01577
9	5.423866	6.46652	5.366052	6.22346	2.74883	-4.1876	2.9532	-2.68359
10	0.877614	6.7737	2.4036	7.03415	4.788487	-1.4073	4.6152	-5.35192

Lanjutan Tabel 4.2 Koordinat Foto 10 Titik pada 6 Foto

Nomor Titik	Koordinat Foto			
	5		6	
	Foto DSC6008		Foto DSC06241	
	x	y	x	y
1	5.603235	-7.05836	11.3768	0.31908
2	6.610223	-1.32389	6.86693	-1.2662

Lanjutan Tabel 4.2 Koordinat Foto 10 Titik pada 6 Foto

Koordinat Foto				
Nomor Titik	5		6	
	Foto DSC6008		Foto DSC06241	
	x	y	x	y
3	6.179812	0.041911	6.00075	-2.5884
4	6.835958	3.779377	2.69421	-3.9869
5	8.367959	5.602532	-0.2416	-2.7487
6	8.965444	2.454205	2.21144	0.21564
7	8.950018	0.003565	4.38765	1.70465
8	9.367219	-2.377115	6.33732	3.61431
9	10.83759	0.038456	3.11057	5.07093
10	10.29204	2.940823	0.6824	2.25043

#### 4.2 Hasil Parameter EO ( $\omega$ , $\varphi$ , $\kappa$ , $X_L$ , $Y_L$ , $Z_L$ )

Berikut ini adalah nilai dari parameter-parameter orientasi luar yang terdiri dari 3 parameter sudut rotasi  $\omega$ ,  $\varphi$ ,  $\kappa$  (*omega*, *phi*, *kappa*) dan 3 parameter posisi kamera ( $X_L$ ,  $Y_L$ ,  $Z_L$ ) yang didapat dari pengolahan menggunakan *software Australis 6.0* dengan 4 buah foto dan 6 buah foto, ditunjukkan pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 di bawah ini :

Tabel 4.3 Parameter EO ( $\omega$ ,  $\varphi$ ,  $\kappa$ ,  $X_L$ ,  $Y_L$ ,  $Z_L$ ) 4 Buah Foto

FOTO	omega ( $\Psi$ )	phi ( $\phi$ )	kappa(k)	XL	YL	ZL
Foto DSC05336	88.7077	-1.9868	-0.2421	-10.844	5.05815	-7.85963
Foto DSC05723	88.5012	-29.3419	2.9612	-501.17	-8.974	-49.57908
Foto DSC05741	117.1325	21.6749	123.1435	482.587	22.2026	-386.5095
Foto DSC5986	57.071	27.7775	-123.3801	710.926	102.921	689.3522

Tabel 4.4 Parameter EO ( $\omega$ ,  $\varphi$ ,  $\kappa$ ,  $X_L$ ,  $Y_L$ ,  $Z_L$ ) 6 Buah Foto

FOTO	omega ( $\Psi$ )	phi ( $\phi$ )	kappa(k)	XL	YL	ZL
Foto DSC05336	88.6384	0.2033	-0.0978	-10.01241	17.99838	0.70311
Foto DSC05723	88.7005	-27.2531	3.2417	-496.4143	6.62132	-47.77581
Foto DSC05741	115.7331	20.3018	124.0987	469.5423	38.60891	-393.8334
Foto DSC05986	58.7839	26.4406	-123.8947	706.45727	121.85863	680.62714
Foto DSC06008	115.8065	-13.7908	69.3404	-282.1527	-40.29025	-730.1513
Foto DSC06241	60.294	-8.2992	-50.5607	31.82019	605.74176	-9.53336

### 4.3 Hasil Koordinat *Object Space* Pendekatan

Berikut ini adalah hasil koordinat *object space* pendekatan yang didapat dari proses perhitungan dengan menggunakan 2 buah foto dengan 15 titik dan 2 buah foto dengan 10 titik dengan *software Microsoft Excel*, di tunjukkan pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 di bawah ini :

Tabel 4.5 Koordinat *Object Space* Pendekatan dengan 2 Buah Foto dan 15 Titik

<i>Object Space</i> Pendekatan			
Titik	X	Y	Z
1	-234.667614	911.633186	44.07502404
2	-76.0187579	1013.185174	-48.2287672
3	-15.8684765	1039.400741	-45.3084669
4	106.1361138	1045.575538	-195.523929
5	149.7132563	1032.322278	-260.786079
6	11.08362437	1023.15182	-228.862042
7	-82.9899725	989.6424018	-180.945504
8	-174.061889	939.7726229	-154.594585
9	-215.168045	751.5688468	-145.697521
10	-125.82425	955.8091629	-265.871269
11	-161.934323	956.5883241	-43.4865045
12	116.3104441	1060.31426	-133.883468
13	-51.8867622	996.1621549	-247.592221
14	-179.070929	940.9294952	-125.541333
15	-189.719557	910.9586223	-271.821488

Tabel 4.6 Koordinat *Object Space* Pendekatan dengan 2 Buah Foto dan 10 Titik

<i>Object Space</i> Pendekatan			
Titik	X	Y	Z
1	-268.957492	916.6557826	45.78322643
2	-114.419577	1028.889239	-43.9003302
3	-55.0446786	1059.439462	-40.7722783
4	77.76450787	1090.13724	-128.212097
5	113.0618893	1064.959565	-254.372575
6	-26.9864933	1045.117006	-222.171567
7	-120.278492	1004.85123	-174.682807
8	-209.383078	948.6393258	-148.680889
9	-161.687646	967.9634886	-258.050449
10	-39.4180687	1028.575292	-300.639757

#### 4.4 Hasil Perhitungan dengan Menggunakan Metode *Intersection*

Dalam proses perhitungan dengan menggunakan metode *intersection* merupakan proses perhitungan dengan menggunakan matrik pada *software Microsoft Excel*. Berikut beberapa hasil perhitungan dengan menggunakan metode *intersection* :

##### 4.4.1 Hasil Perhitungan Nilai Matriks $m$

*Eksterior orientation* atau orientasi luar terdiri dari 3 parameter sudut rotasi  $\omega, \varphi, \kappa$  (*omega, phi kappa*) dan 3 parameter posisi kamera ( $X_L, Y_L, Z_L$ ). Matrik  $m$  merupakan sebuah matrik dengan dimensi  $3 \times 3$ , yang merupakan pendefinisian hubungan antara parameter posisi kamera dengan parameter sudut rotasi. Adapun nilai masing-masing matrik  $m$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [2.10]. Berikut ini adalah hasil perhitungan nilai matrik  $m$  dengan menggunakan 4 buah foto dan 6 buah foto, ditunjukkan pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 dibawah ini :

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Nilai Matrik  $m$  4 Buah Foto

Foto 1 [ DSC 05336 ]	0.999389919	-0.034755421	-0.003442467
	0.004222889	0.022406321	0.999740028
	-0.034669253	-0.999144643	0.02253942
Foto 2 [ DSC05723 ]	0.870547202	-0.487847122	0.064441867
	-0.045032323	0.051426708	0.997660956
	-0.490020059	-0.871412921	0.022800487
Foto 3 [ DSC05741 ]	-0.508080423	-0.561562474	0.653071108
	-0.778101843	-0.025878288	-0.627604841
	0.36933969	-0.827029565	-0.423804544
Foto 4 [ DSC5986 ]	-0.486788997	-0.669143466	-0.561501108
	0.738812499	0.027556887	-0.673347392
	0.46603923	-0.742622138	0.480957166

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Nilai Matrik  $m$  6 Buah Foto

Foto 1 [DSC05336]	0.99999225	0.00350668	-0.0017908
	0.00170692	0.02376819	0.99971604
	0.00354825	-0.9997113	0.02376202
Foto 2 [DSC05723]	0.88756987	-0.4557893	0.06690203
	-0.0502709	0.04853031	0.99755584
	-0.457922	-0.8887637	0.02016111
Foto 3 [DSC05741]	-0.5257934	-0.5347572	0.6614953
	-0.7766315	-0.0154088	-0.6297667
	0.34696512	-0.8448652	-0.4072075
Foto 4 [DSC05986]	-0.4993343	-0.6425568	-0.5811937
	0.74323626	0.02706955	-0.6684812
	0.44526977	-0.7657598	0.46405475
Foto 5 [DSC06008]	0.34264441	-0.4830538	0.80576288
	-0.9087194	0.04721129	0.41472898
	-0.2383775	-0.8743169	-0.4227837
Foto 6 [DSC06241]	0.62860782	-0.4623564	-0.6253629
	0.76421037	0.21797784	0.6070158
	-0.1443424	-0.8594837	0.49036014

#### 4.4.2 Hasil Perhitungan Nilai $r$ , $s$ , dan $q$

Nilai  $r$ ,  $s$ ,  $q$  merupakan nilai yang didapat dari matrik  $m$ . Nilai  $r$ ,  $s$ ,  $q$  ini digunakan untuk menghitung nilai  $b_{14}$ - $b_{26}$ , dimana nilai  $b_{14}$ - $b_{26}$  ini digunakan untuk menyusun matrik  $A$ . Nilai  $r$ ,  $s$ ,  $q$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [2.15]. Untuk lebih jelasnya nilai  $r$ ,  $s$ , dan  $q$  tertera pada lampiran B. Berikut hasil sebagian perhitungan nilai  $r$ ,  $s$ ,  $q$  dari 15 titik dan 4 foto, dapat dilihat di Tabel 4.9 sampai Tabel 4.13, dibawah ini :

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Sebagian Nilai  $r$ ,  $s$ ,  $q$  4 Foto pada Foto 1 dan Foto 2

Titik	Foto 1			Foto 2		
	$r$	$s$	$q$	$r$	$s$	$q$
1	-255.37	71.289	-896.87	-211.08	128.78	-930.683844
2	-100.03	-18.045	-1005.9	-128.46	34.768	-1099.02325
3	-40.841	-14.285	-1034.1	-88.696	36.321	-1151.2761
4	81.3913	-163.81	-1047.9	4.8224	-118.7	-1219.86658
5	125.627	-229.17	-1037.7	45.018	-186.5	-1231.1592
6	-12.709	-198.04	-1023	-69.134	-148.9	-1154.50876
7	-105.73	-151.28	-985.14	-131.59	-98.54	-1078.11775
8	-195.1	-126.44	-931.56	-184.85	-70.71	-989.432697
9	-229.67	-121.94	-741.9	-128.25	-69.66	-805.083797
10	-147.07	-237.13	-951.77	-157.85	-183.1	-1029.58172
11	-183.95	-14.935	-946.28	-175.34	40.458	-1007.49555
12	90.835	-101.81	-1061.6	10.462	-56.92	-1236.29028
13	-74.639	-217.64	-994.24	-111.99	-166.1	-1100.55992
14	-200.25	-97.392	-931.89	-187.9	-41.44	-987.323853
15	-209.34	-244.35	-904.87	-191.98	-188.4	-959.324064

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Sebagian Nilai  $r$ ,  $s$ ,  $q$  4 Foto pada Foto 3 dan Foto 4

titik	foto 3			foto 4		
	$r$	$s$	$q$	$r$	$s$	$q$
1	146.155	264.843	-1183	281.484	-241.83	-1351.602
2	-51.761	196.701	-1169.3	188.131	-59.672	-1397.474
3	-95.136	147.387	-1170	139.669	-16.476	-1387.506
4	-258.69	146.571	-1066.3	160.493	174.98	-1407.479

Lanjutan Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Sebagian Nilai r, s, q 4 Foto pada Foto 3 dan Foto 4

titik	foto 3			foto 4		
	r	s	q	r	s	q
5	-316.01	153.965	-1011.6	184.793	250.75	-1408.717
6	-219.58	242.035	-1068.8	240.487	126.58	-1451.159
7	-121.67	286.028	-1096.1	281.799	23.893	-1447.071
8	-30.185	341.644	-1099.7	344.705	-62.509	-1439.806
9	102.198	372.915	-962.97	485.655	-104.06	-1314.92
10	-136.37	373.533	-1048	372.975	48.499	-1482.754
11	26.7712	262.04	-1156.2	265.162	-127.9	-1393.203
12	-231.88	99.5868	-1100.9	111.066	141.4	-1384.037
13	-184.66	303.486	-1061.8	299.717	91.929	-1469.471
14	-9.3162	327.277	-1114.8	330.056	-85.741	-1429.026
15	-82.607	428.145	-1031.9	437.431	4.0628	-1482.086

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Sebagian Nilai r, s, q 6 Foto pada Foto 1 dan Foto 2

titik	foto 1			foto 2		
	r	s	q	r	s	q
1	-255.8725	65.9847737	-898.246	-206.64082	126.06016	-911.0768
2	-100.78161	-20.741947	-1012.03	-126.632441	34.273771	-1083.400
3	-41.305647	-16.787311	-1042.29	-87.6482601	35.891961	-1137.678
4	91.7667414	-103.24598	-1074.58	10.3875525	-56.520803	-1227.540
5	127.201483	-229.90881	-1052.28	44.7517665	-185.36923	-1223.870
6	-12.97306	-198.42762	-1032.18	-68.3526195	-147.16954	-1141.454
7	-106.49058	-152.06863	-991.127	-129.625983	-97.061091	-1061.989
8	-195.83815	-127.56224	-934.629	-181.352165	-69.371341	-970.7037
9	-147.87947	-236.36003	-956.378	-155.143929	-179.93347	-1011.924
10	-25.322028	-277.28791	-1017.55	-77.0966567	-225.62377	-1122.642

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Sebagian Nilai  $r$ ,  $s$ ,  $q$  6 Foto pada Foto 3 dan Foto 4

titik	foto 3			foto 4		
	$r$	$s$	$q$	$r$	$s$	$q$
1	209.56076	283.1566	-1177.08	345.323	-279.068	-1337.55
2	8.9628449	217.888	-1181.763	248.164	-101.22	-1396.3
3	-36.52384	169.3349	-1188.247	197.068	-58.354	-1391.8
4	-180.6109	120.7847	-1132.496	161.846	99.63742	-1396.75
5	-269.1607	173.2113	-1047.604	233.723	209.5261	-1420.3
6	-163.6124	262.0039	-1092.544	297.689	83.37414	-1452.52
7	-61.61407	305.171	-1110.232	342.545	-18.7992	-1441.19
8	32.496399	358.8635	-1104.244	408.045	-103.928	-1425.76
9	-75.26273	390.4012	-1059.486	435.378	5.155207	-1470.07
10	-200.1365	321.3302	-1050.929	360.13	126.1413	-1481.8

Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Sebagian Nilai  $r$ ,  $s$ ,  $q$  6 Foto pada Foto 5 dan Foto 6

titik	foto 5			foto 6		
	$r$	$s$	$q$	$r$	$s$	$q$
1	167.484	167.484	354.99	-367.42	-128.51	-196.69
2	93.9572	93.9572	182.663	-266.08	-40.382	-359.43
3	102.065	102.065	131.448	-244.84	13.5505	-392.73
4	62.2866	62.2866	-24.053	-120.87	68.6587	-481.16
5	-15.112	-15.112	-109.64	-8.1398	13.5638	-526.48
6	-27.568	-27.568	30.0429	-107.14	-78.241	-473.42
7	-1.8184	-1.8184	132.613	-176.86	-129.49	-402.06
8	15.7552	15.7552	221.714	-223.15	-194.05	-328.13
9	-65.363	-65.363	133.926	-133.7	-219.78	-405.26
10	-87.063	-87.063	8.01573	-58.234	-138.98	-495.88

#### 4.4.3 Hasil Perhitungan Nilai Matriks A

Matrik A merupakan matrik koefisien berisi penurunan pertama persamaan terhadap parameter yang akan dicari. Setelah nilai  $m$ ,  $q$ ,  $r$ , dan  $s$



telah diketahui, maka matriks A dapat disusun. Matriks A dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [2.39]. Untuk lebih jelasnya matriks A tertera pada lampiran C. Berikut ini adalah Tampilan sebagian hasil perhitungan matrik A dengan menggunakan 3 titik dan 4 buah foto, dapat dilihat dibawah ini :

Hasil sebagian perhitungan nilai matriks A

0.0394	0.0097	-4E-04	0	0	0	0	0	0
6E-05	-0.002	0.0391	0	0	0	0	0	0
0.0369	-0.011	0.0022	0	0	0	0	0	0
-0.0042	-0.003	0.0376	0	0	0	0	0	0
-0.0137	-0.02	0.0178	0	0	0	0	0	0
-0.0206	-0.006	-0.021	0	0	0	0	0	0
-0.0101	-0.021	-0.012	0	0	0	0	0	0
0.017	0.0042	-0.02	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0.03489	0.0022	-2E-04	0	0	0
0	0	0	0.00017	0.0014	0.035	0	0	0
0	0	0	0.02955	-0.012	0.002	0	0	0
0	0	0	-0.0019	0.0008	0.032	0	0	0
0	0	0	-0.0157	-0.016	0.02	0	0	0
0	0	0	-0.0214	-0.005	-0.021	0	0	0
0	0	0	-0.0106	-0.019	-0.012	0	0	0
0	0	0	0.01801	0.0015	-0.017	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0.034	2E-04	-1E-04
0	0	0	0	0	0	2E-04	0.001	0.034
0	0	0	0	0	0	0.028	-0.013	0.002
0	0	0	0	0	0	-0.002	7E-04	0.03
0	0	0	0	0	0	-0.016	-0.015	0.021
0	0	0	0	0	0	-0.022	-0.004	-0.02
0	0	0	0	0	0	-0.011	-0.019	-0.013
0	0	0	0	0	0	0.018	9E-04	-0.017

Untuk baris yang berwarna hijau yang berada pada kolom 1 sampai 3, itu merupakan nilai titik 1 ( $b_{14a}-b_{26a}$ ), dimana nilai a merupakan foto pertama. Warna hijau tua pada baris dibawahnya adalah nilai titik 1 ( $b_{14b}-b_{26b}$ ), dimana nilai b merupakan foto kedua. Warna biru pada baris dibawahnya adalah nilai titik 1 ( $b_{14c}-b_{26c}$ ), dimana nilai c merupakan foto ketiga. Warna biru tua pada baris dibawahnya adalah nilai titik 1 ( $b_{14d}-b_{26d}$ ), dimana nilai d merupakan foto keempat. Untuk baris 4-6 dan baris 7-9 merupakan titik 2 dan 3 pada masing-masing foto seperti pada baris 1-3.

#### 4.4.4 Hasil Perhitungan Nilai Matriks $A^T$

Matriks  $A^T$  merupakan kebalikan dari matriks A, dimana posisi nilai pada baris matriks A di ubah menjadi kolom pada matriks  $A^T$ , begitupun posisi nilai kolom pada matriks A di ubah menjadi baris pada matriks  $A^T$ . jika matriks A berordo  $m \times n$ , maka matriks  $A^T$  berordo  $n \times m$ . Proses pembuatan matriks  $A^T$  adalah dengan memasukkan formula pada *excel* yaitu “ = **TRANSPOSE (hasil matrik A)** “, setelah itu tekan secara bersamaan tombol **CTRL + SHIFT + ENTER**. Untuk lebih jelasnya matriks  $A^T$  tertera pada lampiran D. Berikut ini adalah hasil sebagian dari matriks  $A^T$ , dapat dilihat di bawah ini :

Hasil sebagian perhitungan nilai matriks  $A^T$

0.039	6E-05	0.03	-0.004	-0.013	-0.02	-0.01	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0
0.009	-0.002	-0.01	-0.002	-0.01	-0.006	-0.02	0.004	0	0	0	0	0	0	0	0
-4E-04	0.03	0.002	0.03	0.01	-0.02	-0.01	-0.01	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0.03	0.001	0.29	-0.001	-0.01	-0.02	-0.01	0.010
0	0	0	0	0	0	0	0	0.002	0.001	-0.01	7E-03	-0.15	-0.004	-0.01	0.001
0	0	0	0	0	0	0	0	-2E-04	0.03	0.001	0.03	0.02	0.02	-0.01	-0.01

#### 4.4.5 Hasil Perhitungan Nilai Matriks $(A^T.A)$

Matriks  $(A^T.A)$  merupakan perkalian antara matriks  $A^T$  dengan matriks  $A$ . Proses pembuatan matriks  $(A^T.A)$  adalah dengan memasukkan formula pada *excel* yaitu “ = **MMULT** (nilai matriks  $A^T$ ; nilai matriks  $A$ ) “, setelah itu tekan secara bersamaan tombol **CTRL + SHIFT + ENTER**. Untuk lebih jelasnya matriks  $(A^T.A)$  tertera pada lampiran E. Berikut ini adalah hasil sebagian dari matriks  $(A^T.A)$ , dapat dilihat di bawah ini :

Hasil sebagian perhitungan nilai matriks  $(A^T.A)$

$$\begin{pmatrix} 0.0039 & 0.0007 & -0.0001 & 0 & 0 & 0 \\ 0.0007 & 0.0011 & -0.0003 & 0 & 0 & 0 \\ -1E-04 & -0.0003 & 0.0043 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0032 & 0.0003 & -5E-05 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0003 & 0.0008 & 5E-05 \\ 0 & 0 & 0 & -5E-05 & 5E-05 & 0.0035 \end{pmatrix}$$

#### 4.4.6 Hasil Perhitungan Nilai Matriks $(A^T.A)^{-1}$

Matriks  $(A^T.A)^{-1}$  merupakan hasil invers dari nilai  $(A^T.A)$ . Proses pembuatan matriks  $(A^T.A)^{-1}$  adalah dengan memasukkan formula pada *excel* yaitu “ = **MINVERSE** (nilai matriks  $(A^T.A)$ ) “, setelah itu tekan secara bersamaan tombol **CTRL + SHIFT + ENTER**. Untuk lebih jelasnya matriks  $(A^T.A)^{-1}$  tertera pada lampiran F. Berikut ini adalah hasil sebagian dari matriks  $(A^T.A)^{-1}$ , dapat dilihat di bawah ini :

Hasil sebagian perhitungan nilai matriks  $(A^T.A)^{-1}$

$$\begin{pmatrix} 283.562 & -171.14 & -3.14715 & 0 & 0 & 0 \\ -171.14 & 1006.28 & 56.1261 & 0 & 0 & 0 \\ -3.1471 & 56.1261 & 238.502 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 319.977 & -119.03 & 6.42391 \\ 0 & 0 & 0 & -119.03 & 1290.26 & -19.899 \\ 0 & 0 & 0 & 6.42391 & -19.899 & 284.244 \end{pmatrix}$$

#### 4.4.7 Hasil Perhitungan Nilai Matriks L

Matriks L merupakan matriks yang berisikan nilai fungsi dimana nilai koordinat foto dikurangi nilai *offset* titik pusat proyeksi kamera. Penyusunan matriks L diawali dengan menghitung nilai J dan K, dimana proses perhitungan matriks L dapat dilihat pada persamaan [2.40]. Untuk lebih jelasnya matriks L tertera pada lampiran G. Berikut ini adalah hasil dari matriks L, dapat dilihat di bawah ini :

Hasil sebagian perhitungan nilai matriks L

$$\begin{pmatrix} 19.229 \\ -9.043 \\ 15.128 \\ -8.568 \\ -12.22 \\ -6.358 \\ -0.497 \\ 13.769 \\ 6.2321 \\ -1.036 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ n \end{pmatrix}$$

#### 4.4.8 Hasil Perhitungan Nilai Matriks ( $A^T.L$ )

Matriks ( $A^T.L$ ) merupakan perkalian antara matriks  $A^T$  dengan matrik L. Proses pembuatan matriks ( $A^T.L$ ) adalah dengan memasukkan formula pada *excel* yaitu “ = **MMULT** (nilai matriks  $A^T$ ; nilai matriks L) “, setelah itu tekan secara bersamaan tombol **CTRL + SHIFT + ENTER**. Untuk lebih jelasnya matriks ( $A^T.L$ ) tertera pada lampiran H. Berikut ini adalah hasil sebagian dari matriks ( $A^T.L$ ), dapat dilihat di bawah ini :

Hasil sebagian perhitungan nilai matriks ( $A^T.L$ )

1.8884
0.41223
-0.9957
0.53132
-0.1076
-0.0904
0.13272
-0.1748
-0.1022
-0.6438
-0.0775
0.84264
-0.9469
0.09078
1.3589
-0.0462
0.01875
.
.
.
n

#### 4.4.9 Hasil Perhitungan Nilai Matriks X

Matriks X merupakan nilai dari koreksi parameter, matriks X didapat dari perkalian antara matriks  $(A^T.A)^{-1}$  dengan matriks  $(A^T.L)$ . Proses perhitungan matriks X dapat dilihat pada persamaan [2.42]. matriks X di peroleh dengan memasukkan formula pada excel yaitu “ = **MMULT** (nilai matriks  $(A^T.A)^{-1}$ ; nilai matriks  $(A^T.L)$  ) “, setelah itu tekan secara bersamaan tombol **CTRL + SHIFT + ENTER**. Untuk lebih jelasnya matriks X tertera pada lampiran I. Berikut ini adalah hasil dari matrik X, dapat dilihat di bawah ini :

## Hasil perhitungan nilai matrik X

X1	468.0628
Y1	35.74988
Z1	-220.2909
X2	182.2389
Y2	-200.3054
Z2	-20.14854
X3	57.82536
Y3	-246.1684
Z3	-26.27457
X4	-194.2907
Y4	-209.7595
Z4	263.2349
X5	-276.2603
Y5	-134.3323
Z5	390.0819
X6	-1.510232
Y6	-177.0691
Z6	357.2762
X7	189.9746
Y7	-136.5894
Z7	264.7315
X8	361.9113
Y8	-36.80861
Z8	206.9223
X9	369.4448
Y9	244.1708
Z9	168.9101
X10	260.672
Y10	-44.6199
Z10	432.3428
X11	346.9842
Y11	-78.57073
Z11	-31.268
X12	-216.5607
Y12	-244.2534
Z12	158.0955
X13	122.9926
Y13	-127.5591
Z13	397.5004
X14	373.8136
Y14	-43.06863
Z14	145.7523
X15	367.8781
Y15	52.44159
Z15	436.1246

#### 4.4.10 Hasil Perhitungan Nilai Matriks (A.X)

Matriks (A.X) merupakan nilai perkalian antara matriks A dengan matriks X. Proses perhitungan matriks (A.X) dapat di peroleh dengan memasukkan formula pada *excel* yaitu “ = **MMULT (nilai matriks A;nilai matriks X)** “, setelah itu tekan secara bersamaan tombol **CTRL + SHIFT + ENTER**. Untuk lebih jelasnya matriks (A.X) tertera pada lampiran J. Berikut ini adalah hasil dari sebagian matriks (A.X), dapat dilihat di bawah ini :

Hasil sebagian perhitungan nilai matriks (A.X)

18.8683
-8.6627
16.3987
-10.37
-11.021
-5.1446
-2.8547
12.4247
5.91257
-0.9509
7.80739
-1.1441
-0.1185
-2.4948
2.17364
3.33409
1.92324
-1.1812
4.69519
-1.0829
2.16897
0.22757
4.31776
1.29379
-5.6955
7.44495
-1.3979
.
.
.
n

#### 4.4.11 Hasil Perhitungan Nilai Matriks V

Matriks V merupakan matrik nilai pengurangan antara matriks (A.X) dengan Matriks L, dimana dengan memasukkan formula pada *excel* yaitu “ = (nilai matriks (A.X) - nilai matrik L) “, setelah itu tekan dengan bersamaan tombol **CTRL + SHIFT + ENTER**. Proses tersebut dapat dilihat pada persamaan [2.43]. Untuk lebih jelasnya matriks V tertera pada lampiran K. Berikut ini adalah hasil dari sebagian matriks V, dapat dilihat di bawah ini :

Hasil sebagian perhitungan nilai matriks V

$$\begin{pmatrix} -0.36 \\ 0.3802 \\ 1.2712 \\ -1.802 \\ 1.2012 \\ 1.2131 \\ -2.357 \\ -1.344 \\ -0.32 \\ 0.0849 \\ 0.374 \\ -0.048 \\ -0.13 \\ 0.1522 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ n \end{pmatrix}$$

#### 4.4.12 Hasil Perhitungan Nilai Matriks $V^T$

Matriks  $V^T$  merupakan kebalikan dari matriks V, dimana posisi nilai pada baris matriks V di ubah menjadi kolom pada matriks  $V^T$ , begitupun posisi nilai kolom pada matriks V di ubah menjadi baris pada matriks  $V^T$ . jika



matriks  $V$  berordo  $m \times 1$ , maka matriks  $V^T$  berordo  $n \times 1$ . Proses pembuatan matriks  $V^T$  adalah dengan memasukkan formula pada *excel* yaitu “ = **TRANSPOSE** (hasil matriks  $V$ ) “, setelah itu tekan secara bersamaan tombol **CTRL + SHIFT + ENTER**. Untuk lebih jelasnya matriks  $V^T$  tertera pada lampiran L. Berikut ini adalah hasil sebagian dari matriks  $V^T$ , dapat dilihat di bawah ini :

Hasil sebagian perhitungan nilai matriks  $V^T$

$$\left[ \begin{array}{cccccc} -0.360179424 & 0.38019790 & 1.271177679 & -1.802499498 & 1.201157949 & \dots \dots n \end{array} \right]$$

#### 4.4.13 Hasil Perhitungan Nilai S (*Standart Deviasi*)

Nilai S (*Standart Deviasi*) didapat dari proses perkalian antar matriks  $V^T$  dengan matrik  $V$ . Proses perhitungan nilai S (*Standart Deviasi*) dapat di lihat pada persamaan [2.44]. Berikut ini adalah hasil dari Nilai S (*Standart Deviasi*), dapat dilihat pada Tabel 4.14 dan Tabel 4.15 di bawah ini :

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Nilai S (*Standart Deviasi*) dari 15 titik dan 4 Buah Foto

Iterasi	Nilai <i>Standart Deviasi</i> (S) (mm)
1	1.052136963
2	0.346243027
Nilai Max	1.052136963
Nilai Min	0.346243027

Dari hasil tabel *standart deviasi* di atas dapat dianalisis bahwa, dengan menggunakan 15 titik dan 4 buah foto, nilai dari *standart deviasi* pada setiap iterasi semakin mengecil (*konvergent*). Untuk nilai *standart deviasi* maksimum terdapat pada iterasi ke 1 dengan nilai 1.052136963 mm, dan nilai *standart deviasi* minimum terdapat pada iterasi ke 2 dengan nilai 0.346243027 mm. Dengan demikian proses iterasi ini berhenti pada iterasi yang ke 2. Dari hasil *standart deviasi* yang dihasilkan dari nilai maximum dan

minimum tersebut dapat dianalisis kembali bahwa, nilai *standart deviasi* sudah memenuhi *standart* dengan syarat nilai *standart deviasi*  $\leq 1$  mm.

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Nilai S (*Standart Deviasi*) dari 10 titik dan 6 Buah Foto

Iterasi	Nilai <i>Standart Deviasi</i> (S) (mm)
1	8.853551342
2	8.507949758
3	8.720612435
Nilai Max	8.853551342
Nilai Min	8.507949758

Dari hasil tabel *standart deviasi* di atas dapat dianalisis bahwa, dengan menggunakan 10 titik dan 6 buah foto, nilai dari *standart deviasi* pada setiap iterasi tidak *konvergent*, dikarenakan nilai *standart deviasi* tersebut mengecil hanya sampai iterasi ke 2 dan pada iterasi ke 3 nilai *standart deviasinya* semakin membesar atau tidak stabil. Untuk nilai *standart deviasi* maksimum terdapat pada iterasi ke 1 dengan nilai 8.853551342 mm, dan nilai *standart deviasi* minimum terdapat pada iterasi ke 2 dengan nilai 8.507949758 mm. Dengan demikian proses iterasi ini berhenti pada iterasi yang ke 2, dikarenakan pada iterasi yang ke 3 nilai *standart deviasinya* tidak stabil atau tidak *konvergent* yaitu 8.720612435 mm. Dari hasil *standart deviasi* yang dihasilkan dari nilai maximum dan minimum tersebut dapat dianalisis kembali bahwa, nilai *standart deviasi* tersebut tidak memenuhi *standart* dengan syarat nilai *standart deviasi*  $\leq 1$  mm.

#### 4.4.14 Hasil Proses Perhitungan Nilai Iterasi

Proses iterasi adalah proses perhitungan untuk mencari nilai koordinat *object space* sebenarnya. Proses iterasi dilakukan dengan cara menghitung ulang semua proses perhitungan dengan menggunakan *intersection* dengan

mengganti koordinat *object space* pendekatan dengan nilai koordinat *object space* yang telah didapatkan dari proses perhitungan pertama.

- a. Berikut ini adalah hasil koordinat *object space* dari 15 titik dan 4 buah foto, dapat dilihat pada Tabel 4.16 sampai Tabel 4.17 di bawah ini :

Table 4.16 Hasil Proses Perhitungan Nilai Iterasi 1 dari 4 Buah Foto

Koordinat <i>Object Space</i> Iterasi 1			
Titik	X	Y	Z
1	233.3952	947.38306	-176.2159
2	106.2202	812.87975	-68.37731
3	41.95689	793.23235	-71.58304
4	-88.15454	835.81605	67.71095
5	-126.547	897.99	129.2958
6	9.573393	846.08276	128.4141
7	106.9846	853.05298	83.786
8	187.8494	902.96402	52.32773
9	154.2768	995.73968	23.21255
10	134.8478	911.18926	166.4716
11	185.0498	878.01759	-74.7545
12	-100.2503	816.06084	24.21202
13	71.10585	868.60308	149.9081
14	194.7427	897.86086	20.21094
15	178.1585	963.40022	164.3031

Table 4.17 Hasil Proses Perhitungan Nilai Iterasi 2 dari 4 Buah Foto

Koordinat <i>Object Space</i> Iterasi 2			
Titik	X	Y	Z
1	239.268565	819.454918	-175.65231
2	83.4549971	831.147335	-66.047563
3	33.1534935	826.716034	-68.041531
4	-64.529292	834.212314	33.0067482
5	-98.808504	834.151671	95.051209
6	11.1361453	846.252286	90.0965161
7	91.8849	850.713005	61.2284371
8	179.125596	850.145066	48.7982477

Lanjutan Table 4.17 Hasil Proses Perhitungan Nilai Iterasi 2 dari 4 Buah Foto

Koordinat <i>Object Space</i> Iterasi 2			
Titik	X	Y	Z
9	261.741214	901.161587	80.0538748
10	134.329729	862.884357	158.664596
11	163.800979	840.224612	-71.966816
12	-70.27076	824.294814	0.79659239
13	64.7821666	855.30728	119.627973
14	182.498742	845.006469	17.0725913
15	205.028609	867.160028	192.769932

Setelah dihitung nilai hasil koordinat *object space* pada setiap iterasi, dapat dianalisis bahwa, dengan melakukan proses iterasi maka nilai X, Y, Z sebenarnya dari 15 titik dan 4 buah foto berhenti pada iterasi yang ke 2. Hal ini dapat dibuktikan pada nilai *standart deviasi* yang semakin mengecil atau *konvergent*.

- b. Berikut ini adalah hasil koordinat *object space* dari 10 titik dan 6 buah foto, dapat dilihat pada Tabel 4.18 sampai Tabel 4.20 di bawah ini :

Table 4.18 Hasil Proses Perhitungan Nilai Iterasi 1 dari 6 Buah Foto

Koordinat <i>Object Space</i> Iterasi 1			
Titik	X	Y	Z
1	-139.1751798	997.5230062	-114.4689502
2	1.291077649	1218.946821	-214.3573601
3	37.27521732	1178.513286	-215.8791084
4	103.584779	1113.376203	-175.2908303
5	75.3526613	1004.733973	-207.0909245
6	-49.65754187	1049.605116	-153.8878871
7	-94.81815045	1066.278737	-185.4864585
8	-93.4994867	1202.555742	-170.3815771
9	-164.5786767	1037.977042	-98.52392451
10	-116.7513352	973.4183367	-131.7375459

Table 4.19 Hasil Proses Perhitungan Nilai Iterasi 2 dari 6 Buah Foto

Koordinat <i>Object Space</i> Iterasi 2			
Titik	X	Y	Z
1	-23.38955664	1264.000706	-191.2981787
2	31.80733517	1226.260055	-310.3621144
3	66.71790519	1219.844861	-245.4194798
4	108.2289243	1079.808628	-227.719343
5	79.36247005	1064.52083	-132.4278473
6	-0.833672844	1161.782591	-179.7480261
7	-104.9999553	1050.66033	-187.5782258
8	-116.8191726	1119.305394	-222.6620071
9	-41.58868282	1342.093038	-127.8669843
10	-14.08182043	1176.847331	-217.9005949

Table 4.20 Hasil Proses Perhitungan Nilai Iterasi 3 dari 6 Buah Foto

Koordinat <i>Object Space</i> Iterasi 3			
Titik	X	Y	Z
1	33.68855816	1228.97158	-456.7213201
2	45.79764607	1261.51301	-273.83075
3	74.12549609	1251.780213	-199.765735
4	74.10053253	982.278835	-237.5029767
5	80.40068721	1085.644449	-103.1252681
6	-15.9228982	1143.728679	-167.2432799
7	-110.742925	1044.831488	-186.6721227
8	-145.128247	1057.067885	-217.189832
9	-68.771078	1276.359777	-166.1925556
10	-62.7668845	1143.488265	-118.6213612

Setelah dihitung nilai hasil koordinat *object space* pada setiap iterasi, dapat dianalisis bahwa, dengan melakukan proses iterasi maka nilai X, Y, Z sebenarnya dari 10 titik dan 6 buah foto tidak stabil. Hal ini dapat dibuktikan dengan nilai *standart deviasi* yang tidak memenuhi syarat atau tidak

*konvergen* yaitu  $\leq 1$  mm. dikarenakan pada iterasi nilai *standart deviasinya* semakin membesar atau tidak stabil.

Dari hasil koordinat *object space* dengan menggunakan metode *intersection* didapatkan keuntungan yaitu dapat digunakan sebagai data inputan dalam proses pengolahan dengan menggunakan metode DLT atau *bundle adjustment*.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dalam penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Proses perhitungan dengan menggunakan metode *intersection* dimaksud untuk mendapatkan nilai koordinat *object space* sebenarnya dari *multi* foto yang didapat dari proses iterasi.
2. Pada perhitungan dengan menggunakan metode *intersection* dibutuhkan koordinat *object space* pendekatan.
3. Hasil koordinat *object space* dengan 15 titik dan 4 foto berhenti pada iterasi ke 2. Dikarenakan nilai *standart deviasinya* sudah memenuhi syarat  $\leq 1$  mm, yaitu 0.346243027.
4. Hasil koordinat *object space* dengan 10 titik dan 6 foto berhenti pada iterasi ke 2. Dikarenakan nilai *standart deviasinya* tidak memenuhi syarat  $\leq 1$  mm, yaitu 8.507949758.

#### 5.2 Saran

Adapun saran dari penulis adalah sebagai berikut :

1. Semoga penulisan ini bisa menjadi referensi bagi teman-teman yang lain khususnya teman-teman teknik Geodesi.
2. Teknik fotogrametri dapat dikembangkan luaskan lebih dalam lagi, mengingat banyaknya keuntungan dengan menggunakan teknik fotogrametri.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agung, Zulkarnaen. 2015. *Studi Kualitas Hasil Hitungan Volume Berdasarkan Pengaruh Jarak pada Kamera Non Metrik dengan Menggunakan Metode Fotogrametri Jarak Dekat*. Program Studi Teknik Geodesi dan Geoinformatika, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Nasional Malang. Malang.
- Apriandi, Ryan. 2014. *Studi Kualitas Hasil Pemotretan Udara Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Menggunakan Metode Space Intersection pada Small Format Aerial Photogrametry (SFAP)*. Program Studi Teknik Geodesi dan Geoinformatika, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Nasional Malang. Malang.
- Hanifa, Nuraini Rahma. 2007. *Studi Penggunaan Kamera Digital Low-Cost Non-Metrik Auto-Focus untuk Pemantauan Deformasi*. Tesis Magister. Program Studi Geodesi. Program Pascasarjana Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Mikhail, J.S. Bethel, et al. 2001. *Introduction To Modern Photogrametry*. New York, John Wilay & Sans. Inc.
- Santoso, B. 2004a. *Review Fotogrametri: Teknik Pengadaan Data dan Sistem Pemetaan*. Program Megister Departemen Teknik Geodesi dan Geomatika ITB. Bandung.
- Saputra, Darmawan. 2013. *Rancang Bangun Prototype Unmanned Aerial Vehicle (UAV) dengan Tiga Rotor*. Jurnal Teknik Pomits Vol. 2 No. 1. Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknologi Industri ITS. Surabaya.
- Sari, Ayu Dewi. 2015. *Kajian Pergeseran Titik Pemantauan Deformasi Menggunakan Metode Close Range Photogrametry Berbasis UAV (Unmanned Aerial Vehicle)*. Program Studi Teknik Geodesi dan



Geoinformatika, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Nasional Malang. Malang.

Soeta'at. 1994. *Diktat Fotogrametri Analitik*. Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Wolf, P. R. 1993. *Element of Photogrammetry*. Gadjah Mada University Press.

Wolf, P. R and Dewitt, B.A. 2000. *Element of Photogrammetry*, Edisi ke-2 McGraw-Hill Book Company, A Division of McGraw-Hill Inc.

Wolf, P. R. 2000. *Element of Photogrammetry With Application in GIS* : McGraw Hill. New York.

Yao Jianchao and Chia Tien Chen. 2001. *Comparoson of Newton-Gauss With Levenburg-Marquardt Algorithm for Space Resection*. Singapore (Paper Presented at the 22<sup>nd</sup> Asian Conference on Remote Sensing, 5-9 November 2001).

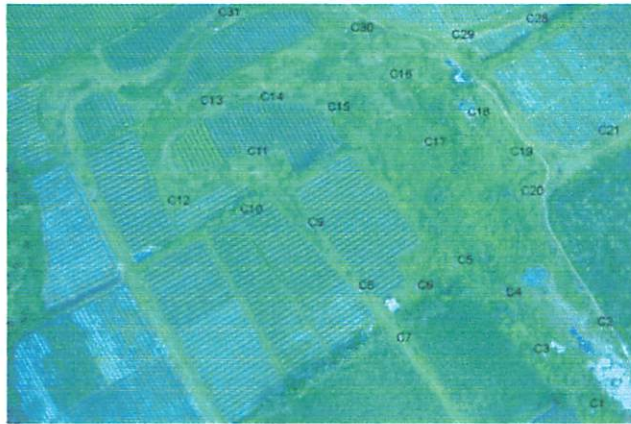
Helmy, M., 2013, *Intersection*. <http://www.sucofindo.web.id/2013/03/intersection.html>

# **LAMPIRAN**

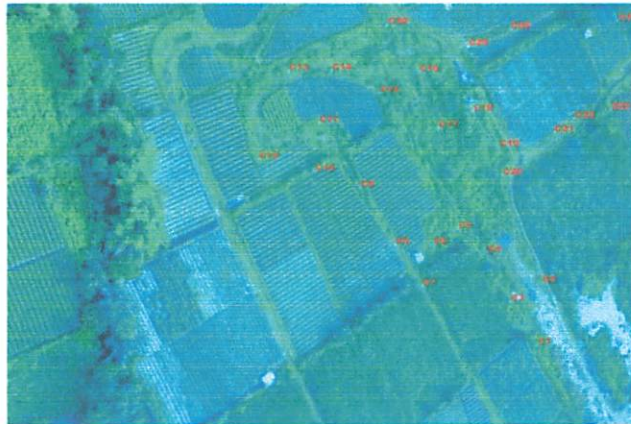
**LAMPIRAN A**

**Data Foto**

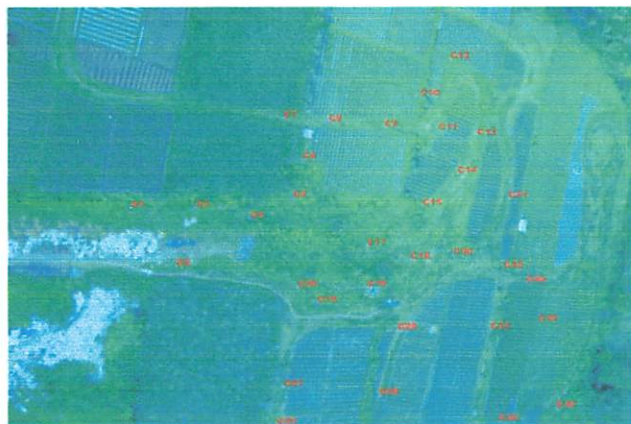
1. DSC05336\_geotag



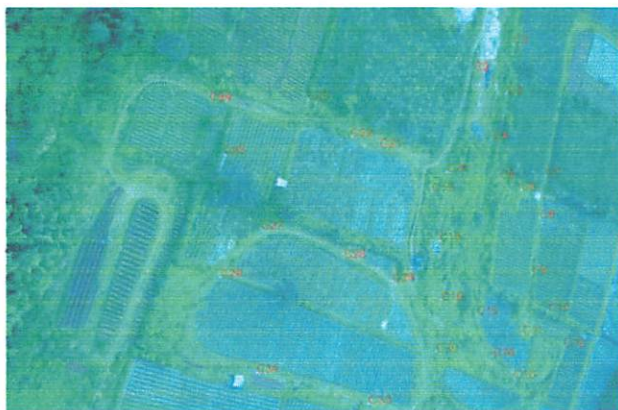
2. DSC05723\_geotag



3. DSC05741\_geotag



4. DSC05986\_geotag



5. DSC06008\_geotag



6. DSC06241\_geotag



**LAMPIRAN B**

**Data Nilai r, s, q pada 4 Foto dan 6 Foto**

Nilai r, s, dan q foto 1 sampai 4 pada Iterasi 1

titik	foto 1			foto 2		
	r	s	q	r	s	q
1	-255.37	71.289	-896.87	-211.08	128.78	-930.683844
2	-100.03	-18.045	-1005.9	-128.46	34.768	-1099.02325
3	-40.841	-14.285	-1034.1	-88.696	36.321	-1151.2761
4	81.3913	-163.81	-1047.9	4.8224	-118.7	-1219.86658
5	125.627	-229.17	-1037.7	45.018	-186.5	-1231.1592
6	-12.709	-198.04	-1023	-69.134	-148.9	-1154.50876
7	-105.73	-151.28	-985.14	-131.59	-98.54	-1078.11775
8	-195.1	-126.44	-931.56	-184.85	-70.71	-989.432697
9	-229.67	-121.94	-741.9	-128.25	-69.66	-805.083797
10	-147.07	-237.13	-951.77	-157.85	-183.1	-1029.58172
11	-183.95	-14.935	-946.28	-175.34	40.458	-1007.49555
12	90.835	-101.81	-1061.6	10.462	-56.92	-1236.29028
13	-74.639	-217.64	-994.24	-111.99	-166.1	-1100.55992
14	-200.25	-97.392	-931.89	-187.9	-41.44	-987.323853
15	-209.34	-244.35	-904.87	-191.98	-188.4	-959.324064

Tititik	foto 3			foto 4		
	r	s	q	r	s	q
1	146.1546	264.8434	-1182.98	281.48368	-241.8349	-1351.6
2	-51.7605	196.7008	-1169.252	188.13099	-59.67212	-1397.47
3	-95.1362	147.3865	-1169.955	139.66877	-16.4763	-1387.51
4	-258.693	146.5707	-1066.339	160.4926	174.9796	-1407.48
5	-316.012	153.965	-1011.625	184.79283	250.7538	-1408.72
6	-219.579	242.0346	-1068.771	240.48718	126.5838	-1451.16
7	-121.671	286.028	-1096.11	281.79859	23.89316	-1447.07
8	-30.1854	341.6438	-1099.671	344.70536	-62.50949	-1439.81
9	102.1984	372.9151	-962.9734	485.655	-104.0564	-1314.92
10	-136.371	373.5328	-1047.958	372.97505	48.49887	-1482.75
11	26.7712	262.0402	-1156.187	265.16237	-127.9004	-1393.2
12	-231.884	99.58675	-1100.894	111.06634	141.3972	-1384.04
13	-184.661	303.4856	-1061.77	299.71744	91.92866	-1469.47
14	-9.31625	327.2775	-1114.79	330.05616	-85.74128	-1429.03
15	-82.6067	428.1449	-1031.942	437.43108	4.062837	-1482.09

Nilai r, s, dan q foto 1 sampai 4 pada Iterasi 2

Titik	foto 1			foto 2		
	r	s	q	r	s	q
1	211.918987	-146.16704	-953.781	164.7545565	-110.23734	-1196.21964
2	89.12508	-41.907287	-812.553	126.609103	-3.8410969	-1014.23465
3	25.5948746	-45.823787	-790.767	80.04321095	-5.1558047	-965.696441
4	-106.3967	93.8386916	-825.664	-45.022898	141.861533	-935.871246
5	-147.13866	156.638502	-885.065	-104.808119	208.228647	-969.833176
6	-9.2941859	155.168801	-837.942	38.95711845	198.54977	-991.322377
7	87.96899	111.11983	-849.289	117.4818718	149.997852	-1046.14731
8	167.158051	81.1295408	-902.67	161.5022937	117.538392	-1129.98306
9	130.481706	53.9589222	-994.858	85.13918708	94.7743171	-1195.04157
10	113.509974	195.204172	-906.478	118.7048753	234.225015	-1108.57626
11	165.664699	-46.490435	-880.512	163.0457696	-10.403433	-1109.77012
12	-117.64874	49.8573499	-806.486	-48.7184566	97.9931041	-913.720937
13	51.3440331	177.421682	-862.091	82.92266659	218.380717	-1040.60894
14	174.335071	48.9358689	-898.534	167.9231306	84.9238669	-1129.64624
15	154.987122	194.389079	-960.194	130.7981997	232.796334	-1175.34613

Titik	foto 3			foto 4		
	r	s	q	r	s	q
1	-255.6	37.9734	-946.31	153.408	253.293234	-1265.97
2	-45.027	72.7292	-927.75	244.766	83.0154646	-1173.48
3	-3.4364	125.253	-933.87	290.995	37.1540842	-1190.38
4	129.726	137.969	-1076.2	247.624	-151.59364	-1215.65
5	154.537	127.583	-1167.9	190.129	-219.71318	-1250.09
6	113.951	23.5638	-1074.3	159.096	-119.98241	-1148.53
7	31.3983	-24.404	-1025.2	132.072	-17.771485	-1129.78
8	-58.26	-68.873	-1023.3	76.9741	64.5301649	-1144.29
9	-112.32	-26.878	-1100	47.5848	61.8875457	-1242.83
10	38.594	-99.482	-1098	33.1789	-51.259869	-1120.2
11	-125.82	13.7084	-949.8	166.386	147.34486	-1188.19
12	118.558	175.192	-1045.9	291.156	-131.78463	-1227.54
13	84.0777	-38.387	-1079.3	102.004	-88.373823	-1126.24
14	-79.871	-53.948	-1002.9	95.0668	91.1081507	-1152.73
15	-14.147	-133.17	-1124.3	-21.623	-16.362505	-1139.83



Nilai r, s, dan q foto 1 sampai 4 pada Iterasi 3

Titik	foto 1			foto 2		
	r	s	q	r	s	q
1	222.233054	-148.44523	-826.15334	232.313317	-116.51852	-1087.6066
2	65.7308595	-39.264972	-829.96339	98.02927408	0.44781115	-1018.9447
3	15.6209198	-41.570128	-823.8369	56.27274343	0.49581339	-990.47997
4	-82.610663	59.2073421	-825.66261	-25.9100313	106.092128	-946.84185
5	-117.08044	121.089557	-823.01514	-51.723858	169.532018	-928.57686
6	-7.6063717	116.871567	-839.02878	37.76560929	160.260147	-993.10954
7	73.0374629	88.4519337	-846.93585	104.0247499	128.052687	-1037.2234
8	160.287464	76.3806583	-849.67314	179.4479361	111.693714	-1079.7616
9	240.971983	109.120129	-902.80576	228.4946396	141.779471	-1163.9887
10	114.697956	186.314717	-858.37217	141.3161858	223.975482	-1066.4069
11	145.732716	-44.640005	-841.95185	163.1644724	-8.6089479	-1066.3609
12	-87.893058	26.7590998	-816.28054	-28.1457085	73.7058409	-936.12058
13	45.59055	146.824777	-849.27027	81.95261242	187.772392	-1026.6145
14	163.946361	44.562357	-845.37096	182.8468086	79.6261037	-1077.66
15	185.087694	220.805542	-864.32655	202.9748357	255.037193	-1103.999

Titik	foto 3			foto 4		
	r	s	q	r	s	q
1	-186.376824	36.36016695	-838.58071	235.834388	253.727802	-1167.95492
2	-42.1973288	88.50794083	-952.24981	242.315626	65.1309259	-1196.53801
3	-15.4538699	129.013732	-966.31828	270.886636	29.1880666	-1217.64872
4	95.95892303	141.408507	-1051.4208	256.682733	-110.815218	-1220.13974
5	153.9290197	129.1433908	-1090.326	238.572023	-177.920275	-1206.22943
6	88.03727762	46.39170234	-1057.6268	179.737195	-93.022109	-1166.36009
7	25.6525354	1.563257915	-1019.2578	153.654187	-13.8027505	-1145.92494
8	-26.4716189	-58.502944	-981.29872	118.545973	59.005951	-1110.82398
9	-76.6838136	-143.722712	-1006.2239	26.6421588	100.403364	-1095.17524
10	60.88491458	-92.9295204	-1054.9412	70.1376194	-47.7169594	-1088.32008
11	-91.9827001	29.47063176	-927.57342	200.453753	128.727396	-1168.68153
12	83.40982403	166.3478512	-1031.6884	284.199885	-93.6417565	-1230.94224
13	74.98198096	-14.118779	-1057.8175	130.981866	-73.0231602	-1133.88001
14	-46.0189147	-41.0834418	-962.35763	138.156413	82.7188579	-1120.69461
15	44.83635097	-169.45577	-1046.8194	13.7109612	-18.3306581	-1042.14363

Nilai r, s, dan q foto 1 sampai 4 pada Iterasi 4

Titik	foto 1			foto 2		
	r	s	q	r	s	q
1	221.018035	-148.36266	-836.958	226.2846732	-116.07973	-1096.64428
2	65.3185325	-39.232498	-830.084	97.61016094	0.5042388	-1018.86238
3	15.2920197	-41.44789	-824.754	55.56749917	0.65943439	-991.143045
4	-82.418028	59.1140795	-824.549	-25.2339282	105.958915	-945.941786
5	-118.43068	122.671306	-825.356	-53.9043596	171.242976	-930.033293
6	-7.5194596	116.808288	-838.717	37.98198642	160.184089	-992.872813
7	73.0920183	88.4908978	-846.716	104.1762641	128.082834	-1037.05302
8	160.45667	76.489094	-851.513	178.7600139	111.843779	-1081.47374
9	234.579289	104.564106	-902.902	222.5214602	137.554609	-1161.14182
10	114.577488	186.540244	-859.942	140.5022692	224.249595	-1067.74535
11	146.227527	-44.700647	-842.699	163.2569715	-8.6739147	-1067.25212
12	-87.558806	26.4849352	-815.739	-27.6165731	73.4005333	-935.793514
13	45.6996071	147.106766	-849.083	82.15136764	188.043321	-1026.49787
14	164.252685	44.6675379	-847.169	182.2995838	79.7648823	-1079.39782
15	182.849836	218.830457	-870.878	197.8724404	253.356816	-1108.79167

Titik	foto 3			foto 4		
	r	s	q	r	s	q
1	-192.14	36.8312	-847.79	229.078	253.511952	-1176.47
2	-42.046	88.8021	-952.53	242.406	64.8124226	-1196.81
3	-15.759	129.156	-967.24	270.351	28.9255875	-1218.43
4	96.4655	141.361	-1050.4	257.397	-110.68635	-1219.27
5	154.212	129.1	-1093.4	236.705	-179.81804	-1207.88
6	88.1392	46.3764	-1057.3	179.943	-92.936746	-1166.12
7	25.7812	1.50491	-1019.1	153.754	-13.803509	-1145.72
8	-27.578	-58.774	-982.76	117.167	59.1842651	-1112.05
9	-76.513	-135.9	-1006.8	32.1618	98.7310607	-1100.5
10	60.1565	-93.039	-1056.4	69.0067	-47.849804	-1089.43
11	-92.708	29.0967	-927.95	199.758	129.185076	-1169.02
12	83.3923	166.283	-1031	284.569	-93.247968	-1230.51
13	75.2196	-14.374	-1057.7	130.894	-73.14406	-1133.56
14	-47.169	-41.457	-963.73	136.744	82.9979062	-1121.82
15	40.786	-166.73	-1052.1	11.4781	-18.216252	-1048.99

Nilai r, s, dan q foto 1 sampai 4 pada Iterasi 5

Titik	foto 1			foto 2		
	r	s	q	r	s	q
1	221.001287	-148.36075	-837.062	226.2219993	-116.07412	-1096.7294
2	65.3184164	-39.232511	-830.084	97.61006021	0.50423146	-1018.8623
3	15.2916467	-41.447822	-824.754	55.56687504	0.65953872	-991.14345
4	-82.417828	59.1082118	-824.548	-25.233436	105.953008	-945.94063
5	-118.43329	122.675412	-825.361	-53.9090595	171.247362	-930.03716
6	-7.5194881	116.808261	-838.717	37.98194965	160.184064	-992.87282
7	73.092	88.4908923	-846.716	104.1762325	128.08283	-1037.053
8	160.456743	76.4891491	-851.516	178.7589086	111.8439	-1081.476
9	234.529377	104.62202	-903.098	222.3904889	137.6203	-1161.2931
10	114.577253	186.54061	-859.944	140.5011387	224.250029	-1067.7471
11	146.227735	-44.700623	-842.699	163.2570971	-8.673898	-1067.2523
12	-87.558876	26.4850307	-815.739	-27.6166432	73.400633	-935.79351
13	45.6995977	147.106777	-849.083	82.15131516	188.043335	-1026.498
14	164.252906	44.6676261	-847.172	182.2987137	79.7650231	-1079.4
15	182.83638	218.81817	-870.914	197.8431297	253.346219	-1108.8178

Titik	foto 3			foto 4		
	r	s	q	r	s	q
1	-192.1922	36.8389	-847.8801	229.0144	253.505422	-1176.555
2	-42.045897	88.80225	-952.5258	242.4059	64.812345	-1196.814
3	-15.758794	129.1561	-967.2413	270.3505	28.9253103	-1218.429
4	96.4624953	141.3648	-1050.404	257.401	-110.68237	-1219.27
5	154.212346	129.0993	-1093.451	236.7003	-179.82233	-1207.881
6	88.1391495	46.37642	-1057.314	179.9434	-92.936748	-1166.118
7	25.7811735	1.50493	-1019.076	153.7545	-13.803517	-1145.718
8	-27.579019	-58.7738	-982.7606	117.1652	59.1844572	-1112.048
9	-76.567652	-135.904	-1007.049	32.01931	98.6687794	-1100.644
10	60.1556206	-93.0394	-1056.353	69.00523	-47.850083	-1089.432
11	-92.707757	29.09656	-927.95	199.7576	129.185223	-1169.018
12	83.3923526	166.283	-1030.999	284.5686	-93.248082	-1230.507
13	75.2195632	-14.374	-1057.748	130.8944	-73.144068	-1133.557
14	-47.170607	-41.457	-963.7292	136.7427	82.9981699	-1121.822
15	40.7631503	-166.712	-1052.139	11.46693	-18.215497	-1049.026

Nilai r, s, dan q foto 1 sampai 6 pada Iterasi 1

titik	foto 1			foto 2		
	r	s	q	r	s	q
1	-255.8725	65.9847737	-898.246	-206.64082	126.06016	-911.076853
2	-100.78161	-20.741947	-1012.03	-126.632441	34.2737713	-1083.40031
3	-41.305647	-16.787311	-1042.29	-87.6482601	35.891961	-1137.67825
4	91.7667414	-103.24598	-1074.58	10.38755255	-56.520803	-1227.54046
5	127.201483	-229.90881	-1052.28	44.75176656	-185.36923	-1223.87043
6	-12.97306	-198.42762	-1032.18	-68.3526195	-147.16954	-1141.45464
7	-106.49058	-152.06863	-991.127	-129.625983	-97.061091	-1061.98999
8	-195.83815	-127.56224	-934.629	-181.352165	-69.371341	-970.703715
9	-147.87947	-236.36003	-956.378	-155.143929	-179.93347	-1011.92413
10	-25.322028	-277.28791	-1017.55	-77.0966567	-225.62377	-1122.64228

titik	foto 3			foto 4		
	r	s	q	r	s	q
1	209.561	283.157	-1177.1	345.323	-279.07	-1337.5
2	8.96284	217.888	-1181.8	248.164	-101.22	-1396.3
3	-36.524	169.335	-1188.2	197.068	-58.354	-1391.8
4	-180.61	120.785	-1132.5	161.846	99.6374	-1396.8
5	-269.16	173.211	-1047.6	233.723	209.526	-1420.3
6	-163.61	262.004	-1092.5	297.689	83.3741	-1452.5
7	-61.614	305.171	-1110.2	342.545	-18.799	-1441.2
8	32.4964	358.863	-1104.2	408.045	-103.93	-1425.8
9	-75.263	390.401	-1059.5	435.378	5.15521	-1470.1
10	-200.14	321.33	-1050.9	360.13	126.141	-1481.8

titik	foto 5			foto 6		
	r	s	q	r	s	q
1	167.484	167.484	354.99	-367.42	-128.51	-196.69
2	93.9572	93.9572	182.663	-266.08	-40.382	-359.43
3	102.065	102.065	131.448	-244.84	13.5505	-392.73
4	62.2866	62.2866	-24.053	-120.87	68.6587	-481.16
5	-15.112	-15.112	-109.64	-8.1398	13.5638	-526.48
6	-27.568	-27.568	30.0429	-107.14	-78.241	-473.42
7	-1.8184	-1.8184	132.613	-176.86	-129.49	-402.06
8	15.7552	15.7552	221.714	-223.15	-194.05	-328.13
9	-65.363	-65.363	133.926	-133.7	-219.78	-405.26
10	-87.063	-87.063	8.01573	-58.234	-138.98	-495.88

Nilai r, s, dan q foto 1 sampai 6 pada Iterasi 2

titik	foto 1			foto 2		
	r	s	q	r	s	q
1	-125.52064	-92.078302	-982.437	-139.029559	-36.400095	-1045.60975
2	15.8998637	-186.43574	-1205.67	-121.961276	-132.35996	-1308.73966
3	51.744662	-188.85667	-1165.16	-71.6954756	-137.64919	-1289.31241
4	117.752611	-149.71492	-1098.84	19.56311468	-103.65468	-1260.96723
5	89.1966849	-184.1364	-991.085	41.89560885	-139.23024	-1152.12298
6	-35.750475	-130.09535	-1035.12	-85.9520743	-77.695255	-1133.68526
7	-80.795678	-161.36573	-1052.7	-135.748936	-106.13715	-1128.4612
8	-79.026194	-143.02383	-1188.58	-195.681578	-84.521918	-1249.87857
9	-150.81064	-75.219647	-1022.59	-178.948698	-17.253738	-1069.60954
10	-103.15058	-109.87664	-958.67	-109.295485	-55.923556	-1034.80292

titik	foto 3			foto 4		
	r	s	q	r	s	q
1	-7.9283	282.039	-1135.1	321.694	-73.294	-1416.05
2	-266.27	232.443	-1232.8	167.332	103.873	-1569.42
3	-264.57	206.078	-1185.5	176.229	130.54	-1523.14
4	-237.76	130.022	-1124	161.383	150.928	-1424.9
5	-185.85	173.649	-1029.1	263.771	148.262	-1369.03
6	-108.92	236.539	-1132	266.439	20.9993	-1434.37
7	-115	291.255	-1148.9	296.64	9.00873	-1481.91
8	-178.57	278.618	-1269.7	199.637	3.58043	-1578.67
9	-5.6569	291.103	-1184.6	299.118	-101.74	-1450.94
10	-18.252	275.871	-1099.9	336.022	-45.737	-1395.62

titik	foto 5			foto 6		
	r	s	q	r	s	q
1	43.7648	43.7648	174.411	-223.01	-108.974	-363.5
2	-95.551	-95.551	15.794	-174.62	-13.997	-623.07
3	-64.916	-64.916	-19.445	-132.35	3.76516	-594.26
4	21.9738	21.9738	-65.944	-85.938	64.8789	-527.94
5	39.1569	39.1569	-58.607	-33.567	0.31887	-446.09
6	17.5167	17.5167	79.1756	-166.17	-53.1392	-440.52
7	-31.472	-31.472	107.896	-182.5	-103.198	-463.83
8	-84.679	-84.679	119.396	-254.13	-63.3158	-573.74
9	28.3669	28.3669	206.019	-267.65	-109.891	-386.79
10	49.1777	49.1777	145.735	-186.97	-107.574	-354.49

## **LAMPIRAN C**

**Data Nilai Matriks A  
pada 4 Foto dan 6 Foto**



## **LAMPIRAN D**

**Data Nilai Matriks  $A^T$   
pada 4 Foto dan 6 Foto**



## **LAMPIRAN E**

**Data Nilai Matriks ( $A^T.A$ )  
pada 4 Foto dan 6 Foto**

## **LAMPIRAN F**

**Data Nilai Matriks  $(A^T.A)^{-1}$   
pada 4 Foto dan 6 Foto**



## **LAMPIRAN G**

**Data Nilai Matriks L  
pada 4 Foto dan 6 Foto**

Data Nilai Matriks L pada Iterasi 1 sampai 3 (4 Foto)

J11 19.22852  
 K11 -9.04288  
 J21 15.12755  
 K21 -8.56783  
 J31 -12.2225  
 K31 -6.35768  
 J41 -0.4974  
 K41 13.76869  
 J12 6.232079  
 K12 -1.03586  
 J22 7.433398  
 K22 -1.09648  
 J32 0.011824  
 K32 -2.64701  
 J42 2.382348  
 K42 3.390049  
 J13 2.030651  
 K13 -1.28403  
 J23 4.544394  
 K23 -1.09039  
 J33 2.28193  
 K33 0.237393  
 J43 4.252803  
 K43 1.244049  
 J14 -6.17965  
 K14 6.811169  
 J24 -1.02522  
 K24 7.930534  
 J34 12.04128  
 K34 -0.49997  
 J44 3.158511  
 K44 -7.92104  
 J15 -9.22066  
 K15 12.89755  
 J25 -3.3081  
 K25 11.7203  
 J35 15.88846

J11 1.486049  
 K11 -0.8971  
 J21 2.368998  
 K21 -0.4995  
 J31 1.555231  
 K31 0.073581  
 J41 2.550437  
 K41 0.503557  
 J12 -1.0875  
 K12 0.141386  
 J22 -1.02668  
 K22 0.143314  
 J32 0.161122  
 K32 0.497195  
 J42 -0.20619  
 K42 -0.58045  
 J13 -0.48447  
 K13 0.260715  
 J23 -0.95308  
 K23 0.200668  
 J33 -0.43535  
 K33 -0.04771  
 J43 -0.77996  
 K43 -0.26398  
 J14 1.048968  
 K14 -2.63779  
 J24 0.796918  
 K24 -0.78111  
 J34 -0.66871  
 K34 -0.17623  
 J44 0.020125  
 K44 0.794768  
 J15 0.835353  
 K15 -1.02648  
 J25 1.754085  
 K25 -1.09555  
 J35 0.323818

J11 -0.15227  
 K11 0.028033  
 J21 -0.28649  
 K21 0.024741  
 J31 -0.11948  
 K31 -0.03952  
 J41 -0.27555  
 K41 -0.09711  
 J12 -0.02042  
 K12 -0.00791  
 J22 -0.02478  
 K22 -0.00462  
 J32 0.013407  
 K32 -0.01215  
 J42 0.006135  
 K42 -0.0096  
 J13 -0.01526  
 K13 -0.00141  
 J23 -0.04053  
 K23 -0.00372  
 J33 -0.0044  
 K33 -0.02631  
 J43 -0.01038  
 K43 -0.01055  
 J14 0.040679  
 K14 -1.16976  
 J24 0.070902  
 K24 0.602572  
 J34 0.355992  
 K34 -0.39639  
 J44 -0.2135  
 K44 -0.39103  
 J15 -0.00423  
 K15 0.018284  
 J25 -0.07872  
 K25 0.029136  
 J35 0.013925

K35	-1.19524
J45	2.254847
K45	-11.5278
J16	0.132497
K16	11.63924
J26	3.443242
K26	10.14321
J36	10.11261
K36	-6.38842
J46	-0.41029
K46	-5.88082
J17	6.780576
K17	9.034907
J27	7.795666
K27	7.515684
J37	4.766932
K37	-9.07402
J47	-2.12349
K47	-1.01214
J18	13.93403
K18	7.898715
J28	12.3292
K28	6.120512
J38	-0.02718
K38	-12.9533
J48	-4.69479
K48	3.372103
J19	20.94979
K19	9.923065
J29	10.40224
K29	7.174814
J39	-5.95248
K39	-18.7506
J49	-11.1949
K49	6.29161
J110	10.08349
K110	16.30431
J210	9.983604
K210	13.56492

K35	0.308113
J45	1.522858
K45	0.853781
J16	0.085874
K16	-1.61783
J26	-0.02806
K26	-1.37947
J36	-0.79056
K36	0.770017
J46	0.541699
K46	0.828509
J17	-0.60091
K17	-0.91927
J27	-0.4069
K27	-0.7015
J37	-0.19012
K37	0.892322
J47	0.600781
K47	0.116316
J18	0.122544
K18	0.002406
J28	0.78799
K28	-0.02137
J38	1.00485
K38	0.276188
J48	1.33021
K48	-0.1212
J19	5.524308
K19	2.272121
J29	2.333339
K29	1.370687
J39	1.335554
K39	-4.34155
J49	0.391964
K49	1.779034
J110	0.292612
K110	0.047233
J210	0.869798
K210	-0.0535

K35	-0.01395
J45	-0.07633
K45	-0.13518
J16	0.014964
K16	-0.01186
J26	0.016404
K26	-0.01742
J36	0.008453
K36	0.002468
J46	-0.0036
K46	-0.0364
J17	0.006065
K17	0.004771
J27	0.013378
K27	-0.00416
J37	0.000959
K37	0.00549
J47	-0.00075
K47	-0.01266
J18	0.001297
K18	0.001816
J28	-0.02638
K28	-0.00125
J38	-0.04375
K38	0.007045
J48	-0.05057
K48	-0.0066
J19	0.772761
K19	-0.05993
J29	-2.04374
K29	-0.11676
J39	0.429333
K39	-0.19755
J49	0.880583
K49	0.313154
J110	-0.00145
K110	-0.0127
J210	-0.02051
K210	-0.00952

J310	6.548946
K310	-15.5449
J410	-6.59904
K410	-2.71041
J111	12.88641
K111	-1.31674
J211	11.4337
K211	-1.69296
J311	-4.30005
K311	-6.84597
J411	-0.68009
K411	7.069844
J112	-6.73289
K112	4.47737
J212	-1.34085
K212	4.341076
J312	10.20923
K312	2.458947
J412	5.292269
K412	-6.26657
J113	4.520543
K113	13.71664
J213	6.374714
K213	11.68207
J313	8.577887
K313	-10.4711
J413	-3.10919
K413	-4.47927
J114	14.31751
K114	5.503956
J214	12.57356
K214	4.055966
J314	-1.42429
K314	-11.7707
J414	-3.81958
K414	4.677848
J115	15.46158
K115	18.23305
J215	13.25978

J310	0.764165
K310	0.101534
J410	1.168275
K410	0.035982
J111	-0.5023
K111	-0.02117
J211	0.200451
K211	0.040624
J311	1.146908
K311	0.581337
J411	1.080117
K411	-0.48356
J112	1.367582
K112	-1.04291
J212	0.821483
K212	-1.02408
J312	-1.13041
K312	-0.23774
J412	-0.20058
K412	1.066627
J113	-0.19146
K113	-1.14793
J213	0.024073
K213	-0.94502
J313	-0.23571
K313	0.77782
J413	0.859536
K413	0.456666
J114	0.005913
K114	-0.06007
J214	0.709744
K214	-0.04423
J314	1.070686
K314	0.387297
J414	1.377736
K414	-0.18844
J115	1.714897
K115	1.696041
J215	2.360669

J310	-0.02561
K310	0.013586
J410	-0.05067
K410	-0.03105
J111	0.024688
K111	-0.01346
J211	-0.01277
K211	-0.00492
J311	-0.01886
K311	-0.02552
J411	-0.02194
K411	0.00157
J112	0.030475
K112	-0.02656
J212	0.007648
K212	-0.0262
J312	0.007425
K312	-0.0183
J412	0.020155
K412	-0.0283
J113	0.014181
K113	0.004281
J213	0.019126
K213	-0.00162
J313	0.009839
K313	0.000141
J413	-0.01357
K413	-0.03567
J114	0.008974
K114	0.001132
J214	-0.02593
K214	0.000904
J314	-0.04313
K314	-0.0013
J414	-0.05049
K414	-0.00551
J115	-0.13061
K115	-0.15958
J215	-0.17926

K215	14.868
J315	4.156376
K315	-20.0534
J415	-9.9571
K415	-0.73418

K215	1.060684
J315	1.795055
K315	-1.3863
J415	1.036965
K415	-0.1358

K215	-0.09242
J315	-0.14445
K315	0.133552
J415	-0.08749
K415	-0.0226

Data Nilai Matriks L pada Iterasi 4 sampai 5 (4 Foto)

J11	0.020079
K11	-0.0566
J21	-0.03247
K21	-0.02017
J31	0.03394
K31	-0.04248
J41	-0.02339
K41	-0.03565
J12	-0.00263
K12	-0.00952
J22	-0.01066
K22	-0.00656
J32	0.007396
K32	-0.02202
J42	0.005129
K42	0.000155
J13	-0.00057
K13	-0.00856
J23	-0.01429
K23	-0.00948
J33	0.006098
K33	-0.027
J43	0.009995
K43	-0.00247
J14	0.03723
K14	-1.16919
J24	0.046797
K24	0.60377
J34	0.336032

J11	0.021933
K11	-0.05746
J21	-0.02991
K21	-0.02063
J31	0.035254
K31	-0.04263
J41	-0.02101
K41	-0.03492
J12	-0.00263
K12	-0.00952
J22	-0.01066
K22	-0.00656
J32	0.007394
K32	-0.02202
J42	0.005127
K42	0.000157
J13	-0.00055
K13	-0.00857
J23	-0.01427
K23	-0.00949
J33	0.006103
K33	-0.027
J43	0.010008
K43	-0.00246
J14	0.037228
K14	-1.16895
J24	0.04678
K24	0.603984
J34	0.33612

J11	0.021935
K11	-0.05746
J21	-0.02991
K21	-0.02063
J31	0.035254
K31	-0.04263
J41	-0.02101
K41	-0.03492
J12	-0.00263
K12	-0.00952
J22	-0.01066
K22	-0.00656
J32	0.007394
K32	-0.02202
J42	0.005127
K42	0.000157
J13	-0.00055
K13	-0.00857
J23	-0.01427
K23	-0.00949
J33	0.006103
K33	-0.027
J43	0.010008
K43	-0.00246
J14	0.037227
K14	-1.16895
J24	0.046778
K24	0.603984
J34	0.336118



K34	-0.39935
J44	-0.23926
K44	-0.39246
J15	0.038906
K15	-0.03419
J25	0.000284
K25	-0.02525
J35	0.018962
K35	-0.00074
J45	-0.0128
K45	-0.08724
J16	0.011455
K16	-0.01103
J26	0.008459
K26	-0.01608
J36	0.004218
K36	0.002521
J46	-0.01091
K46	-0.03838
J17	0.003026
K17	0.00221
J27	0.007688
K27	-0.00589
J37	-0.00362
K37	0.007484
J47	-0.00466
K47	-0.01256
J18	0.008612
K18	0.004159
J28	0.005094
K28	-0.00037
J38	-0.00577
K38	0.013586
J48	-0.00306
K48	-0.01017
J19	1.021559
K19	0.11713
J29	-1.88054
K29	0.000134

K34	-0.39949
J44	-0.23937
K44	-0.39258
J15	0.038982
K15	-0.03433
J25	0.000453
K25	-0.02538
J35	0.018979
K35	-0.00069
J45	-0.01263
K45	-0.08713
J16	0.011456
K16	-0.01103
J26	0.00846
K26	-0.01608
J36	0.004218
K36	0.00252
J46	-0.01091
K46	-0.03838
J17	0.003027
K17	0.002211
J27	0.007689
K27	-0.00589
J37	-0.00362
K37	0.007483
J47	-0.00466
K47	-0.01256
J18	0.008629
K18	0.004166
J28	0.005142
K28	-0.00037
J38	-0.00571
K38	0.013589
J48	-0.003
K48	-0.01017
J19	1.02547
K19	0.115767
J29	-1.87572
K29	-0.00131

K34	-0.39949
J44	-0.23937
K44	-0.39258
J15	0.038982
K15	-0.03433
J25	0.000453
K25	-0.02538
J35	0.018979
K35	-0.00069
J45	-0.01263
K45	-0.08713
J16	0.011456
K16	-0.01103
J26	0.00846
K26	-0.01608
J36	0.004218
K36	0.00252
J46	-0.01091
K46	-0.03838
J17	0.003027
K17	0.002211
J27	0.007689
K27	-0.00589
J37	-0.00362
K37	0.007483
J47	-0.00466
K47	-0.01256
J18	0.008629
K18	0.004166
J28	0.005142
K28	-0.00037
J38	-0.00571
K38	0.013589
J48	-0.003
K48	-0.01017
J19	1.025573
K19	0.115801
J29	-1.87564
K29	-0.00129

J39	0.421734
K39	-0.47262
J49	0.709159
K49	0.381869
J110	0.011991
K110	-0.00801
J210	0.011979
K210	-0.00929
J310	0.001222
K310	0.01311
J410	-0.01204
K410	-0.02834
J111	0.00951
K111	-0.01259
J211	-0.01133
K211	-0.00302
J311	0.007068
K311	-0.01097
J411	0.000629
K411	-0.01102
J112	0.018636
K112	-0.01556
J212	-0.01177
K212	-0.01575
J312	0.006128
K312	-0.01987
J412	0.00681
K412	-0.03856
J113	0.009271
K113	-0.00868
J213	0.012032
K213	-0.01159
J313	0.001812
K313	0.008618
J413	-0.01203
K413	-0.03129
J114	0.010727
K114	0.000703
J214	0.001379

J39	0.42311
K39	-0.47338
J49	0.713822
K49	0.384255
J110	0.012012
K110	-0.00801
J210	0.012023
K210	-0.0093
J310	0.001254
K310	0.013108
J410	-0.01199
K410	-0.02834
J111	0.009502
K111	-0.01259
J211	-0.01133
K211	-0.00302
J311	0.007074
K311	-0.01096
J411	0.000635
K411	-0.01103
J112	0.018639
K112	-0.01556
J212	-0.01177
K212	-0.01575
J312	0.006126
K312	-0.01987
J412	0.006812
K412	-0.03856
J113	0.009272
K113	-0.00868
J213	0.012034
K213	-0.01159
J313	0.001814
K313	0.008618
J413	-0.01203
K413	-0.03129
J114	0.010736
K114	0.000704
J214	0.001419

J39	0.423108
K39	-0.47347
J49	0.713804
K49	0.384298
J110	0.012012
K110	-0.00801
J210	0.012023
K210	-0.0093
J310	0.001254
K310	0.013108
J410	-0.01199
K410	-0.02834
J111	0.009502
K111	-0.01259
J211	-0.01133
K211	-0.00302
J311	0.007074
K311	-0.01096
J411	0.000635
K411	-0.01103
J112	0.018639
K112	-0.01556
J212	-0.01177
K212	-0.01575
J312	0.006126
K312	-0.01987
J412	0.006812
K412	-0.03856
J113	0.009272
K113	-0.00868
J213	0.012034
K213	-0.01159
J313	0.001814
K313	0.008618
J413	-0.01203
K413	-0.03129
J114	0.010736
K114	0.000704
J214	0.001419

K214	0.000568
J314	-0.00373
K314	0.010134
J414	-0.00211
K414	-0.01162
J115	0.015711
K115	-0.01294
J215	0.009618
K215	-0.00443
J315	-0.00217
K315	0.014352
J415	-0.00998
K415	-0.03044

K214	0.000568
J314	-0.00368
K314	0.010142
J414	-0.00205
K414	-0.01163
J115	0.016559
K115	-0.01208
J215	0.01069
K215	-0.00391
J315	-0.00137
K315	0.01364
J415	-0.0096
K415	-0.03048

K214	0.000568
J314	-0.00368
K314	0.010142
J414	-0.00205
K414	-0.01163
J115	0.016559
K115	-0.01208
J215	0.01069
K215	-0.00391
J315	-0.00137
K315	0.01364
J415	-0.0096
K415	-0.03048

Data Nilai Matriks L pada Iterasi 1 sampai 2

J11	20.517556
K11	-9.1125994
J21	16.41306
K21	-8.848174
J31	-12.844498
K31	-7.2223509
J41	-0.9595796
K41	14.528064
J51	22.652596
K51	10.291901
J61	77.294794
K61	24.024081
J12	7.5218149
K12	-1.227094
J22	8.718298
K22	-1.377176
J32	-0.5181414
K32	-3.4928335
J42	2.1584803
K42	4.1520448
J52	25.149711
K52	17.516498
J62	33.313162

J11	15.019284
K11	-3.2611593
J21	13.128507
K21	-2.787006
J31	-6.3688336
K31	-7.499151
J41	0.1253922
K41	9.0372079
J51	14.922137
K51	2.561442
J61	33.385661
K61	11.648984
J12	3.5748216
K12	3.467695
J22	7.8889944
K22	3.2698023
J32	7.3069779
K32	-3.6390285
J42	4.6473171
K42	-0.7016481
J52	-204.59734
K52	-212.23055
J62	17.212378

K62	3.5034237
J13	3.3199213
K13	-1.4843234
J23	5.929294
K23	-1.37109
J33	1.7965807
K33	-0.6219244
J43	4.1051484
K43	2.0151613
J53	33.892544
K53	28.055543
J63	28.357312
K63	-2.9587008
J14	-5.4422408
K14	3.9021699
J24	-0.055946
K24	4.060376
J34	9.7038654
K34	1.6114945
J44	5.330293
K44	-5.4682923
J54	-83.261433
K54	-86.017114
J64	12.022495
K64	-8.1439014
J15	-7.9292098
K15	12.534103
J25	-2.023204
K25	11.439604
J35	15.232566
K35	-1.9359988
J45	2.3714315
K45	-10.741705
J55	13.728591
K55	11.264064
J65	0.8359114
K65	-2.8130728
J16	1.4224668
K16	11.311178
J26	4.728142
K26	9.86251
J36	9.4481434

K62	0.3574024
J13	0.3785269
K13	3.6249913
J23	5.1791105
K23	3.4697647
J33	8.5317847
K33	-1.7182039
J43	5.0113197
K43	-2.4519505
J53	123.55886
K53	117.72186
J63	14.33242
K63	-1.9728273
J14	-6.2039494
K14	5.308046
J24	-0.302776
K24	5.3259261
J34	11.525503
K34	1.295629
J44	5.4217847
K44	-6.6788413
J54	-4.2902539
K54	-7.0459349
J64	8.9278481
K64	-7.4507227
J15	-6.8483254
K15	11.389849
J25	-2.0161362
K25	10.368086
J35	12.561117
K35	-2.0551777
J45	1.387548
K45	-9.3688184
J55	-14.480167
K55	-16.944694
J65	2.9284275
K65	-1.9363743
J16	2.1913746
K16	8.9815588
J26	5.2858493
K26	7.7485724
J36	7.5745

K36	-7.1363735
J46	-0.4982742
K46	-5.1174683
J56	-22.614423
K56	-28.824762
J66	10.668633
K66	6.8373668
J17	8.0698093
K17	8.7494377
J27	9.080566
K27	7.234984
J37	4.1091148
K37	-9.8420325
J47	-2.3417814
K47	-0.2584463
J57	9.0065043
K57	0.3609513
J67	20.320393
K67	2.541947
J18	15.222555
K18	7.6443626
J28	13.614182
K28	5.83985
J38	-0.733048
K38	-13.734635
J48	-4.7615625
K48	3.3728013
J58	12.39075
K58	0.9473159
J68	30.67544
K68	25.149952
J19	11.372126
K19	15.953756
J29	11.268504
K29	13.284224
J39	5.7715257
K39	-16.247116
J49	-6.8759928
K49	-1.9690232
J59	-5.7078151
K59	-16.206051
J69	15.194251

K36	-6.0564304
J46	0.1734495
K46	-3.6208889
J56	17.245212
K56	11.034873
J66	15.950084
K66	5.2749454
J17	6.9955453
K17	8.744433
J27	9.0188296
K27	7.3280588
J37	5.6699839
K37	-9.0943268
J47	-1.0290286
K47	-0.9277631
J57	-0.7228047
K57	-9.3683577
J67	18.695666
K67	2.541947
J18	10.215891
K18	7.0790316
J28	12.554907
K28	5.7054186
J38	5.2193207
K38	-10.040263
J48	0.8292087
K48	0.7421476
J58	-14.919265
K58	-26.362699
J68	22.376523
K68	8.3141054
J19	11.122031
K19	9.8783517
J29	11.758051
K29	7.6253426
J39	3.4523662
K39	-11.951133
J49	-3.725748
K49	0.6078839
J59	16.193167
K59	5.6949312
J69	27.866607

K69	24.889443
J110	2.2849991
K110	17.148692
J210	5.3436
K210	14.905596
J310	11.990207
K310	-11.271555
J410	-3.3546544
K410	-7.4940621
J510	-369.32636
K510	-376.37668
J610	5.3289995
K610	12.897021

K69	15.852138
J110	5.1799296
K110	11.622479
J210	6.6366865
K210	9.7629429
J310	5.9056511
K310	-9.3482029
J410	-3.2753346
K410	-3.367621
J510	22.639074
K510	15.588761
J610	19.678828
K610	13.708887

## **LAMPIRAN H**

**Data Nilai Matriks ( $A^T.L$ )  
pada Iterasi 1 Sampai Iterasi 10**

Data Nilai Matriks ( $A^T.L$ ) pada Iterasi 1 sampai Iterasi 5 (4 Foto)

1.888399	0.053627	-0.00843	-0.0001	-9E-08
0.412229	-0.13866	0.017665	0.000167	1.25E-07
-0.99573	-0.0437	0.004148	4.54E-05	1.1E-07
0.531317	-0.1037	-0.00177	-5E-07	-7.2E-11
-0.10762	0.02925	0.000197	-2.9E-09	1.58E-11
-0.09043	0.01428	0.000181	-5.3E-08	-8.8E-12
0.132719	-0.03799	-0.00119	-1.4E-06	-4.1E-10
-0.17478	0.050952	0.001257	8.75E-07	8.69E-12
-0.10223	0.022376	0.0006	3.44E-07	-7.8E-11
-0.64375	0.104358	0.000293	6.15E-07	2.1E-08
-0.07754	0.020849	-0.00144	-5E-07	-1.4E-07
0.842645	-0.16594	-4.1E-05	-2.7E-05	-4.7E-09
-0.94688	0.084383	-0.00462	-8.3E-06	7.86E-10
0.09078	-0.0461	0.002091	5.18E-06	5.82E-09
1.358903	-0.11606	0.006215	1.61E-05	1E-08
-0.0462	0.013079	0.000276	-1.1E-07	8.6E-12
0.01875	0.022946	-0.0004	3.86E-08	-6E-12
1.199643	-0.17481	-0.00013	-1.3E-07	-2.3E-11
0.59612	-0.0592	0.000199	-7.2E-08	9.47E-12
0.049282	0.006918	-0.00032	4.86E-08	9.65E-13
0.937671	-0.09719	0.000264	-3.7E-08	-3.5E-12
1.322739	-0.02282	0.000527	5.62E-08	-1.4E-10
0.239726	-0.06258	0.002568	3.62E-06	2.05E-10
0.839886	-0.00043	-0.00026	-7.7E-07	-1E-10
2.17671	0.365811	-0.02541	-0.00025	-9.7E-06
0.912398	-0.10072	0.004058	0.000264	2.82E-06
1.197304	0.200879	-0.01764	0.000167	-3.2E-06
0.943944	0.002808	-0.00048	-9.5E-07	1.61E-10
0.382298	-0.05728	0.002205	2.85E-06	2.64E-10
1.742206	-0.00515	-0.00012	1.65E-07	8.73E-10
1.202132	-0.07969	0.002119	8.98E-07	-6.2E-12
0.090294	-0.04303	0.000908	1.32E-07	-5.5E-11
-0.14028	0.010268	-0.00034	8.65E-08	5.71E-11
-0.68887	0.137997	0.001185	-2.9E-07	1.52E-11
-0.14928	0.030324	-0.00062	9.7E-09	7.9E-11
0.485443	-0.11977	-0.00121	4.58E-07	-1.1E-11
0.37988	-0.02045	0.000373	-2.3E-08	1.24E-12
0.145069	-0.00058	-0.0004	1.32E-07	9.9E-12
1.428389	-0.12272	0.001351	-1.1E-08	4.19E-11
1.356361	-0.03619	0.00111	6.81E-07	-4.1E-10
0.203105	-0.06218	0.002471	3.25E-06	1.7E-10
0.582053	-0.00292	-0.00011	-3.3E-07	8.66E-11
1.526921	0.102806	-0.00969	-5.7E-05	4.74E-09
0.682224	-0.12324	0.012272	6.75E-05	1.78E-09
2.016908	0.144843	-0.01325	-7.8E-05	-8E-09



Data Nilai Matriks ( $A^T.L$ ) pada Iterasi 1 sampai Iterasi 2 (6 Foto)

17.861359  
19.26168  
-23.855081  
3.7092989  
-0.9184633  
-10.177578  
2.5180636  
-7.222882  
-18.422136  
223.85764  
609.84898  
119.52945  
-2.4239895  
-1.0010752  
6.6365203  
-33.598896  
-59.235752  
12.753961  
1.4079312  
1.2074405  
-2.4159561  
5.5343194  
3.4503421  
-3.1551148  
-0.2328907  
-1.3081474  
3.1906158  
-9370.1131  
-31621.763  
-12969.143

3.8199004  
1.4638439  
-5.7604382  
-1603.2832  
-5083.0862  
-1802.578  
229.65044  
1169.7136  
879.74112  
2.4722722  
2.2787692  
-2.6978586  
8.55373  
14.555232  
-4.9049185  
2.5078989  
0.9297513  
-9.2264821  
-1.2066359  
-0.8940369  
0.8705651  
-5.4784352  
-9.2648656  
2.9008773  
3.7851491  
1.9179925  
-3.6286584  
3.7307167  
0.4350832  
-7.1354314

## **LAMPIRAN I**

**Data Nilai Matriks X  
pada 4 Foto dan 6 Foto**

Data Nilai Matriks X pada Iterasi 1 sampai Iterasi 5 (4 Foto)

X1	468.0628	X1	5.873393	X1	-0.83935	X1	-0.01311	X1	-1.29E-05
Y1	35.74988	Y1	-127.928	Y1	10.83914	Y1	0.10503	Y1	7.31E-05
Z1	-220.291	Z1	0.563553	Z1	-0.1568	Z1	-0.00039	Z1	1.58E-05
X2	182.2389	X2	-22.7652	X2	-0.40776	X2	-0.00012	X2	-1.66E-08
Y2	-200.305	Y2	18.26758	Y2	0.135597	Y2	-2.7E-06	Y2	1.14E-08
Z2	-20.1485	Z2	2.329746	Z2	0.031165	Z2	-1.2E-05	Z2	-2.27E-09
X3	57.82536	X3	-8.80339	X3	-0.2964	X3	-0.00035	X3	-9.47E-08
Y3	-246.168	Y3	33.48368	Y3	0.93028	Y3	0.000662	Y3	1.51E-08
Z3	-26.2746	Z3	3.541509	Z3	0.102673	Z3	5.46E-05	Z3	-1.75E-08
X4	-194.291	X4	23.62525	X4	0.15353	X4	0.000126	X4	1.31E-05
Y4	-209.759	Y4	-1.60374	Y4	-1.12101	Y4	-0.00155	Y4	-0.000108
Z4	263.2349	Z4	-34.7042	Z4	-0.06881	Z4	-0.00583	Z4	-6.85E-06
X5	-276.26	X5	27.73853	X5	-1.2616	X5	-0.00239	X5	-2.3E-07
Y5	-134.332	Y5	-63.8383	Y5	2.420898	Y5	0.00589	Y5	5.23E-06
Z5	390.0819	Z5	-34.2446	Z5	1.533232	Z5	0.003985	Z5	2.69E-06
X6	-1.51023	X6	1.562752	X6	0.075789	X6	-2.8E-05	X6	2.11E-09
Y6	-177.069	Y6	0.169524	Y6	-0.31576	Y6	2.2E-05	Y6	-6.47E-09
Z6	357.2762	Z6	-38.3176	Z6	-0.05654	Z6	-2.8E-05	Z6	-5.7E-09
X7	189.9746	X7	-15.0997	X7	0.04706	X7	-1.7E-05	X7	2.26E-09
Y7	-136.589	Y7	-2.33997	Y7	-0.22082	Y7	3.34E-05	Y7	6.05E-10
Z7	264.7315	Z7	-22.5576	Z7	0.043725	Z7	-6.2E-06	Z7	-6.76E-10
X8	361.9113	X8	-8.7238	X8	0.233364	X8	0.000162	X8	-2.49E-08
Y8	-36.8086	Y8	-52.8189	Y8	1.835312	Y8	0.002555	Y8	1.35E-07
Z8	206.9223	Z8	-3.52948	Z8	0.066345	Z8	-2.8E-06	Z8	-1.49E-08
X9	369.4448	X9	107.4644	X9	-6.40471	X9	-0.04283	X9	-0.002305
Y9	244.1708	Y9	-94.5781	Y9	0.215917	Y9	0.199121	Y9	0.00133
Z9	168.9101	Z9	56.84132	Z9	-4.53499	Z9	0.053647	Z9	-0.000765
X10	260.672	X10	-0.51807	X10	-0.06502	X10	-0.00016	X10	5.8E-08
Y10	-44.6199	Y10	-48.3049	Y10	1.577516	Y10	0.00207	Y10	2.87E-07
Z10	432.3428	Z10	-7.80696	Z10	0.190504	Z10	0.000321	Z10	2.43E-07
X11	346.9842	X11	-21.2489	X11	0.520163	X11	0.000213	X11	-3.15E-09
Y11	-78.5707	Y11	-37.793	Y11	0.728148	Y11	0.000125	Y11	-4.06E-08
Z11	-31.268	Z11	2.787688	Z11	-0.07917	Z11	1.99E-05	Z11	1.31E-08
X12	-216.561	X12	29.97954	X12	0.314116	X12	-6.8E-05	X12	-1.15E-09
Y12	-244.253	Y12	8.233972	Y12	-0.55885	Y12	3.45E-05	Y12	5.78E-08
Z12	158.0955	Z12	-23.4154	Z12	-0.26304	Z12	9.51E-05	Z12	-6.31E-10
X13	122.9926	X13	-6.32368	X13	0.103687	X13	-6E-06	X13	6.44E-10
Y13	-127.559	Y13	-13.2958	Y13	-0.18464	Y13	9.81E-05	Y13	1.11E-08
Z13	397.5004	Z13	-30.2802	Z13	0.285762	Z13	8.83E-06	Z13	1.07E-08
X14	373.8136	X14	-12.244	X14	0.368926	X14	0.000302	X14	-8.91E-08
Y14	-43.0686	Y14	-52.8544	Y14	1.788446	Y14	0.002327	Y14	1.05E-07
Z14	145.7523	Z14	-3.13835	Z14	0.063567	Z14	3.48E-05	Z14	2.14E-08
X15	367.8781	X15	26.87009	X15	-2.01771	X15	-0.01224	X15	1.11E-06
Y15	52.44159	Y15	-96.2402	Y15	6.579154	Y15	0.036516	Y15	6.02E-07
Z15	436.1246	Z15	28.46678	Z15	-2.11453	Z15	-0.01306	Z15	-1.72E-06

Data Nilai Matriks X pada Iterasi 1 sampai Iterasi 2 (6 Foto)

X1	129.78231	X1	115.78562
Y1	80.867224	Y1	266.4777
Z1	-160.25218	Z1	-76.829229
X2	115.71065	X2	30.516258
Y2	190.05758	Y2	7.3132339
Z2	-170.45703	Z2	-96.004754
X3	92.319896	X3	29.442688
Y3	119.07382	Y3	41.331574
Z3	-175.10683	Z3	-29.540371
X4	25.820271	X4	4.6441453
Y4	23.238962	Y4	-33.567575
Z4	-47.078733	Z4	-52.428513
X5	-37.709228	X5	4.0098087
Y5	-60.225592	Y5	59.786858
Z5	47.28165	Z5	74.663077
X6	-22.671049	X6	48.823869
Y6	4.4881096	Y6	112.17748
Z6	68.283679	Z6	-25.860139
X7	25.460341	X7	-10.181805
Y7	61.427507	Y7	-15.618406
Z7	-10.803651	Z7	-2.0917673
X8	115.88359	X8	-23.319686
Y8	253.91642	Y8	-83.250348
Z8	-21.700688	Z8	-52.28043
X9	-2.891031	X9	122.98999
Y9	70.013554	Y9	304.116
Z9	159.52652	Z9	-29.34306
X10	-77.333266	X10	102.66951
Y10	-55.156955	Y10	203.42899
Z10	168.90221	Z10	-86.163049

## **LAMPIRAN J**

**Data Nilai Matriks (A.X)  
pada Iterasi 1 Sampai Iterasi 10**

Data Nilai Matriks (A.X) pada Iterasi 1 sampai 5

18.86834	1.41909	-0.1746	-0.00185	-1.444E-06
-8.66268	-0.80134	0.085743	0.000855	1.2611E-06
16.39873	2.41438	-0.25613	-0.00256	-1.839E-06
-10.3703	-0.47664	0.045279	0.000466	8.3335E-07
-11.0213	1.484061	-0.15511	-0.00131	-3.277E-07
-5.14462	0.100223	0.002995	0.000155	-2.027E-07
-2.85472	2.607198	-0.254	-0.00238	-1.838E-06
12.42466	0.554166	-0.06191	-0.00073	-8.764E-07
5.912572	-1.08994	-0.01779	-4.9E-06	-7.505E-10
-0.95095	0.152493	0.00161	-5.6E-07	-6.643E-11
7.807388	-1.00655	-0.01412	-3.3E-06	-6.975E-10
-1.14414	0.148621	0.001939	-2.5E-07	-3.223E-11
-0.11846	0.151616	0.006013	1.98E-06	4.3325E-11
-2.49478	0.522799	0.009871	3.49E-06	4.6537E-10
2.17364	-0.2165	0.001007	1.57E-06	-5.201E-11
3.334094	-0.58206	-0.00976	-2.4E-06	-3.313E-10
1.923241	-0.48883	-0.01471	-1.6E-05	-4.046E-09
-1.18122	0.27309	0.007159	4.27E-06	-7.204E-10
4.695191	-0.93597	-0.02625	-2.3E-05	-3.147E-09
-1.08295	0.209629	0.00577	3.67E-06	-4.388E-10
2.168966	-0.44592	-0.0105	-5.3E-06	1.0438E-09
0.22757	-0.02214	0.000687	4.61E-06	2.8573E-09
4.317761	-0.78721	-0.02039	-1.3E-05	9.1042E-10
1.293787	-0.25924	-0.00808	-8.4E-06	-1.702E-09
-5.69552	1.008288	0.003444	2.48E-06	2.6017E-07
7.444951	-1.46802	-0.00057	-0.00024	-6.381E-08
-1.39793	0.734527	0.024082	1.71E-05	2.277E-06
6.683502	-1.39991	-0.0012	-0.00021	-1.169E-07
12.8273	-1.00112	0.01994	-8.8E-05	1.9564E-06
-0.32672	0.215086	0.002962	0.000137	3.3383E-07
2.710646	0.234489	0.025738	0.000112	2.5157E-06
-7.5279	1.19018	0.001428	0.000118	1.0763E-07
-8.57727	0.780724	-0.04326	-7.6E-05	1.3502E-08

1.8765	-0.97152	0.052622	0.000138	8.6582E-08
-3.98769	1.75484	-0.07913	-0.00017	-8.741E-08
10.09556	-1.07684	0.054467	0.000138	8.1234E-08
17.96875	0.289314	-0.00505	-1.7E-05	-5.897E-08
-1.73556	0.300676	-0.01324	-5.3E-05	-7.365E-08
0.649567	1.543078	-0.06362	-0.00017	-1.572E-07
-10.9874	0.954262	-0.04801	-0.00011	-4.167E-08
0.03819	0.071002	0.003508	-1.2E-06	9.5698E-11
10.85927	-1.60805	-0.00083	-1.3E-06	-2.071E-10
2.980647	-0.04455	0.007943	-1.3E-06	1.6897E-10
9.893981	-1.36451	-0.00133	-9.3E-07	-1.901E-10
10.9596	-0.78661	0.004234	-5.9E-07	-1.481E-11
-7.19548	0.755634	-5.2E-05	1.25E-06	8.2097E-11
-0.75346	0.553762	0.007308	2.38E-07	2.0929E-10
-5.31016	0.878329	0.001981	6.48E-08	1.4925E-10
6.363567	-0.6053	0.003039	-8.7E-07	9.0251E-11
8.581472	-0.92148	0.00256	-3.7E-07	-3.001E-11
7.959329	-0.41669	0.005689	-1.1E-06	4.9469E-11
7.973512	-0.69139	0.001727	-2.1E-07	-3.205E-11
4.636258	-0.18998	0.004575	-5.1E-07	-6.581E-11
-9.32137	0.881713	-0.00199	5.6E-07	-4.642E-11
-2.12693	0.610126	0.003911	-4.7E-07	-3.329E-11
-0.88102	0.130819	-9.9E-05	-2.2E-07	6.541E-11
13.38311	0.114128	-0.00733	-1.7E-05	-2.259E-09
7.651393	0.000555	-0.00235	-7.2E-06	-9.889E-10
13.18065	0.778174	-0.03152	-4.8E-05	-3.439E-09
7.014343	-0.01923	-0.00088	-3.8E-06	-5.741E-10
-0.96031	1.005603	-0.03804	-5.2E-05	-2.489E-09
-12.3102	0.258107	-0.00655	-2.4E-06	1.1429E-09
-4.78836	1.340398	-0.04756	-6.2E-05	-2.604E-09
2.776301	-0.11125	0.003573	2.99E-06	-3.463E-10
20.68509	4.311894	-0.24882	-0.00391	-0.0001037
10.25968	2.116269	-0.17708	0.001364	-3.454E-05

11.97722  
8.615468  
-8.32542  
-16.4601  
-10.9517  
4.265184  
9.324984  
15.48349  
9.813061  
14.66329  
6.061061  
-16.3937  
-5.86808  
-2.07486  
12.45815  
-1.20552  
12.37357  
-1.90957  
-4.47464  
-6.10149  
-1.50118  
6.441873  
-6.15383  
4.193692  
-1.59814  
3.965294  
10.77292  
2.561913  
4.871748  
-6.504  
4.085726  
12.8889  
6.004701  
11.93925  
8.959208  
-11.4347

4.263343  
1.448799  
0.828932  
-3.79057  
-0.43057  
1.291724  
0.278455  
0.056749  
0.856447  
-0.0423  
0.758796  
0.084499  
1.184257  
0.065122  
-0.50391  
-0.00737  
0.204881  
0.043761  
1.138492  
0.592657  
1.083963  
-0.47716  
1.353345  
-1.0287  
0.833786  
-1.02234  
-1.1224  
-0.21646  
-0.22135  
1.097966  
-0.20258  
-1.13508  
0.004881  
-0.93071  
-0.24066  
0.762193

-0.1628  
-0.11661  
0.007604  
0.275241  
0.172259  
-0.06905  
-0.01346  
-0.0047  
-0.03253  
-0.00023  
-0.02687  
0.000477  
-0.03867  
-0.00271  
0.015192  
-0.00087  
-0.00144  
-0.0019  
-0.02594  
-0.01456  
-0.02257  
0.012597  
0.011832  
-0.01099  
0.019416  
-0.01045  
0.001296  
0.001572  
0.01334  
0.010256  
0.004909  
0.012956  
0.007093  
0.009964  
0.008026  
-0.00848

-0.00482  
0.00144  
-0.00138  
0.000763  
-0.00466  
-0.00239  
-2.1E-05  
-3.2E-06  
-4.4E-05  
2.39E-06  
-3.2E-05  
1.31E-06  
-5.1E-05  
-6.9E-06  
7.7E-06  
1.27E-06  
3.06E-06  
6.03E-07  
-6.1E-06  
-6.9E-06  
-5.8E-06  
4.46E-06  
-2.9E-06  
4.06E-06  
-2.6E-06  
3.75E-06  
2.37E-06  
-7.7E-07  
-1.3E-06  
-3.2E-06  
-6E-07  
-2.4E-07  
-2E-06  
-3.3E-08  
-1.7E-06  
-7.4E-08

-8.179E-05  
-1.797E-05  
1.693E-06  
8.5461E-05  
1.8797E-05  
-4.355E-05  
3.8618E-10  
7.6479E-09  
-3.59E-09  
6.4564E-09  
-1.657E-09  
-5.858E-09  
-1.158E-08  
-3.522E-09  
2.2125E-10  
4.1676E-10  
7.7429E-10  
3.5599E-10  
1.143E-09  
-1.47E-10  
8.1786E-10  
-2.522E-10  
1.3052E-10  
-5.214E-11  
-1.039E-09  
-5.661E-11  
-1.229E-09  
-2.698E-10  
-1.363E-09  
1.2763E-10  
-1.504E-11  
3.7555E-10  
-1.687E-10  
3.2316E-10  
-1.687E-11  
-2.432E-10



-3.04174	0.87903	-0.00155	-2.3E-06	-4.355E-10
-3.78304	0.495672	-0.00437	-9.4E-08	-1.937E-10
13.79931	-0.00288	-0.00176	-9.6E-06	-4.645E-09
5.364858	-0.05758	0.00043	-1.4E-06	7.4313E-10
13.57399	0.701814	-0.02735	-4E-05	-4.389E-09
4.691233	-0.04305	0.000337	-6.5E-07	8.8273E-10
-2.24451	1.06881	-0.03945	-4.9E-05	2.4035E-10
-10.9374	0.372894	-0.01145	-8.7E-06	2.1342E-09
-4.19244	1.388534	-0.04843	-6E-05	-1.626E-09
3.925408	-0.17784	0.00612	4.6E-06	-2.665E-09
14.5871	1.661246	-0.14743	-0.00085	3.8074E-08
17.54803	1.670354	-0.14775	-0.00086	-7.542E-08
13.35338	2.385746	-0.1897	-0.00107	1.1368E-08
16.91647	1.083111	-0.08837	-0.00052	-6.289E-08
2.572594	1.805889	-0.143	-0.0008	-6.658E-08
-20.3372	-1.41515	0.119802	0.000712	3.4935E-09
-8.4552	1.028086	-0.07801	-0.00039	6.2951E-10
-0.4602	-0.10349	0.007885	4.79E-05	6.6998E-08

Data Nilai Matriks (A.X) pada Iterasi 1 sampai 2 (6 Foto)

6.0136168  
-6.3998874  
3.769562  
-6.9561819  
-6.2448015  
0.2669319  
-1.1486503  
5.8131214  
10.621614  
16.227659  
81.150577  
22.871011  
4.7022143  
-5.5930939  
1.0017927  
-5.6135158  
-8.1629125  
0.1525059  
-2.7974102  
5.4554682  
24.318274  
19.980377  
27.9105  
5.4535872  
3.2881489  
-5.7116405  
0.8501709  
-5.4860626  
-6.7197  
1.0937559  
-0.99168  
4.888639  
33.69329  
29.4097  
21.22197  
-1.49179  
0.778905  
-1.43761  
0.253551  
-1.30001

5.3821204  
-1.6093992  
0.4993167  
-1.9878231  
-7.8049402  
-2.5847548  
-5.613999  
3.8154355  
18.806851  
13.497649  
16.512859  
17.803143  
0.887968  
-2.7370431  
0.5192859  
-2.5321316  
-2.6363773  
1.2733628  
0.7127922  
1.8874938  
-204.83281  
-211.99528  
5.1695837  
-1.8011288  
0.8344414  
-0.6519972  
0.2210567  
-0.6384165  
-1.6029652  
-0.2096951  
-0.6393212  
0.918811  
123.64489  
117.56924  
1.7643225  
0.7794722  
0.2575099  
-1.8349236  
0.4531973  
-1.5641763

-1.80797  
0.313496  
-0.09334  
1.234942  
-83.4121  
-85.7088  
3.39556  
-0.76058  
-1.01802  
1.077708  
-0.00665  
1.008702  
2.624158  
0.117069  
0.948368  
-1.32333  
15.49133  
14.45822  
-1.773  
-0.74283  
-0.7711  
2.336265  
-0.55391  
2.099549  
1.941321  
-1.11895  
-0.66333  
-1.47787  
-23.2441  
-27.9605  
-4.91443  
1.453846  
1.141005  
0.005316  
0.065601  
-0.0989  
-1.61523  
-0.77375  
-1.34984  
0.688226  
8.026279  
6.723197

-0.9350447  
1.1167884  
1.2308883  
0.9322995  
-4.0560145  
-5.7065976  
3.3693823  
-2.339491  
-0.0399949  
3.0668173  
-0.6270281  
2.5409302  
1.0091851  
-2.1929031  
-2.1887576  
-1.1843148  
-14.332512  
-15.831867  
-5.5438904  
4.8180331  
1.7971839  
-0.3027303  
-0.0071421  
-0.4447732  
-2.9771221  
-1.1571073  
-2.3321856  
1.354165  
16.108846  
12.351568  
3.0832858  
4.7731958  
-0.3798402  
-0.1615849  
-0.1328693  
-0.1263243  
0.3433131  
0.3695594  
0.4163374  
-0.1547635  
-2.37432  
-4.0861669

1.874337  
4.02027  
6.367022  
0.718937  
1.363922  
0.173094  
-6.84438  
-4.24801  
-6.19037  
2.912787  
13.15728  
13.45466  
14.51062  
29.43741  
0.267409  
6.496023  
-0.51745  
5.98147  
2.593031  
-4.8033  
-3.10925  
-2.54338  
-8.173  
-2.51847  
-12.0949  
8.62548  
-2.72742  
5.206441  
-1.19191  
4.740274  
6.368309  
-2.01305  
-0.07471  
-3.88644  
-369.614  
-376.067  
-10.2582  
-0.58038

-0.251097  
-1.1726938  
-0.8528809  
-1.8887128  
0.0184364  
-1.6990613  
0.2880206  
1.9474111  
2.1993943  
0.3420686  
-17.9812  
-19.587639  
2.1166892  
-4.4618985  
5.7837908  
0.0166468  
0.7633296  
-0.5044887  
-7.260577  
-3.8835432  
-6.7372885  
3.2010815  
15.199207  
12.000056  
14.312457  
20.438062  
4.5855061  
-2.103873  
0.5711443  
-2.328219  
-6.9394837  
-1.7176445  
-4.2139323  
3.6195711  
18.379682  
15.236661  
14.482549  
13.909419

## **LAMPIRAN K**

**Data Nilai Matriks (V)  
pada Iterasi 1 Sampai Iterasi 10**

Data Nilai Matriks V pada Iterasi 1 sampai 5 (4 Foto)

-0.36018	-0.06696	-0.02233	-0.02193	-0.02193
0.380198	0.095761	0.057709	0.057457	0.057458
1.271178	0.045382	0.030363	0.029913	0.029911
-1.8025	0.022859	0.020538	0.020632	0.020632
1.201158	-0.07117	-0.03562	-0.03525	-0.03525
1.213065	0.026642	0.042512	0.042635	0.042634
-2.35733	0.056761	0.021552	0.021008	0.021007
-1.34403	0.050609	0.035205	0.034918	0.034917
-0.31951	-0.00244	0.002629	0.002626	0.002626
0.084909	0.011107	0.009518	0.009517	0.009517
0.37399	0.020131	0.01066	0.010656	0.010656
-0.04766	0.005307	0.006559	0.006559	0.006559
-0.13028	-0.00951	-0.00739	-0.00739	-0.00739
0.152231	0.025603	0.022022	0.022022	0.022022
-0.20871	-0.01031	-0.00513	-0.00513	-0.00513
-0.05596	-0.00162	-0.00016	-0.00016	-0.00016
-0.10741	-0.00436	0.000552	0.000552	0.000552
0.102808	0.012375	0.008572	0.008568	0.008568
0.050797	0.01711	0.014277	0.014272	0.014272
0.007444	0.008961	0.009485	0.009485	0.009485
-0.11296	-0.01058	-0.00611	-0.0061	-0.0061
-0.00982	0.025567	0.026997	0.027001	0.027001
0.064958	-0.00725	-0.01001	-0.01001	-0.01001
0.049738	0.004743	0.002466	0.002462	0.002462
0.484131	-0.04068	-0.03723	-0.03723	-0.03723
0.633782	1.169764	1.169193	1.168947	1.168947
-0.37271	-0.06239	-0.04682	-0.04678	-0.04678
-1.24703	-0.61879	-0.60377	-0.60398	-0.60398
0.78602	-0.33242	-0.33605	-0.33612	-0.33612
0.173247	0.39132	0.399347	0.399487	0.399488
-0.44786	0.214364	0.239239	0.23937	0.239373
0.393136	0.395412	0.39246	0.392579	0.392579
0.643389	-0.05463	-0.03903	-0.03898	-0.03898

-1.02106	0.054962	0.034338	0.034327	0.034327
-0.67958	0.000755	-0.00041	-0.00045	-0.00045
-1.62475	0.018707	0.025331	0.025384	0.025384
2.080297	-0.0345	-0.01898	-0.01898	-0.01898
-0.54032	-0.00744	0.000706	0.00069	0.00069
-1.60528	0.02022	0.01271	0.012631	0.012631
0.540392	0.10048	0.087171	0.087128	0.087128
-0.09431	-0.01487	-0.01146	-0.01146	-0.01146
-0.77997	0.00978	0.011034	0.011033	0.011033
-0.4626	-0.01648	-0.00846	-0.00846	-0.00846
-0.24923	0.014962	0.016083	0.016082	0.016082
0.846991	0.00395	-0.00422	-0.00422	-0.00422
-0.80707	-0.01438	-0.00252	-0.00252	-0.00252
-0.34317	0.012063	0.010907	0.010909	0.010909
0.570661	0.049821	0.038377	0.038378	0.038378
-0.41701	-0.00438	-0.00303	-0.00303	-0.00303
-0.45343	-0.00221	-0.00221	-0.00221	-0.00221
0.163663	-0.00979	-0.00769	-0.00769	-0.00769
0.457828	0.010108	0.005887	0.005887	0.005887
-0.13067	0.000144	0.003616	0.003616	0.003616
-0.24736	-0.01061	-0.00748	-0.00748	-0.00748
-0.00344	0.009346	0.004659	0.004659	0.004659
0.131116	0.014503	0.01256	0.01256	0.01256
-0.55093	-0.00842	-0.00863	-0.00863	-0.00863
-0.24732	-0.00185	-0.00416	-0.00417	-0.00417
0.851456	-0.00982	-0.00514	-0.00514	-0.00514
0.893831	0.002141	0.00037	0.000368	0.000368
-0.93313	0.000753	0.00571	0.005715	0.005715
0.643122	-0.01808	-0.0136	-0.01359	-0.01359
-0.09358	0.010189	0.003008	0.002998	0.002998
-0.5958	0.009949	0.010171	0.01017	0.01017
-0.2647	-1.21241	-1.02159	-1.02547	-1.02557
0.336613	-0.15585	-0.11715	-0.11577	-0.1158
1.574986	1.930004	1.880937	1.875716	1.875635
1.440654	0.078112	0.000152	0.001306	0.001288

-2.37294	-0.50662	-0.42173	-0.42311	-0.42311
2.290551	0.550983	0.472792	0.473384	0.473469
0.243264	-0.82253	-0.70832	-0.71382	-0.7138
-2.02643	-0.48731	-0.3822	-0.38425	-0.3843
-0.7585	-0.01416	-0.01202	-0.01201	-0.01201
-0.82082	0.009516	0.008	0.008006	0.008006
-0.17054	-0.01335	-0.01202	-0.01202	-0.01202
1.098368	0.011196	0.009294	0.009297	0.009297
-0.48788	-0.00537	-0.00126	-0.00125	-0.00125
-0.84881	-0.01704	-0.01311	-0.01311	-0.01311
0.730961	0.015982	0.011998	0.011986	0.011986
0.635556	0.02914	0.02834	0.028336	0.028336
-0.42825	-0.00161	-0.0095	-0.0095	-0.0095
0.11122	0.0138	0.012589	0.012591	0.012591
0.939877	0.00443	0.011331	0.011335	0.011335
-0.21661	0.003136	0.003022	0.003024	0.003024
-0.17459	-0.00842	-0.00708	-0.00707	-0.00707
0.744486	0.01132	0.010962	0.010961	0.010961
-0.82109	0.003846	-0.00064	-0.00064	-0.00064
-0.62797	0.006393	0.011027	0.011028	0.011028
0.57906	-0.01424	-0.01864	-0.01864	-0.01864
-0.28368	0.014215	0.015564	0.015561	0.015561
-0.25729	0.012302	0.011767	0.011772	0.011772
-0.37578	0.001739	0.015749	0.015749	0.015749
0.563694	0.008009	-0.00613	-0.00613	-0.00613
0.102966	0.021278	0.019874	0.019874	0.019874
-0.42052	-0.02077	-0.00682	-0.00681	-0.00681
-0.23743	0.031339	0.038558	0.038558	0.038558
-0.43482	-0.01112	-0.00927	-0.00927	-0.00927
-0.82774	0.012855	0.008675	0.008677	0.008677
-0.37001	-0.01919	-0.01203	-0.01203	-0.01203
0.257179	0.01431	0.011587	0.011588	0.011588
0.381321	-0.00495	-0.00181	-0.00181	-0.00181
-0.96366	-0.01563	-0.00862	-0.00862	-0.00862
0.06745	0.019494	0.012028	0.012025	0.012025
0.696234	0.039006	0.031294	0.031292	0.031292



-0.5182	-0.00879	-0.01073	-0.01074	-0.01074
-0.1391	0.002489	-0.0007	-0.0007	-0.0007
1.000421	-0.00793	-0.00142	-0.00142	-0.00142
0.635267	0.001173	-0.00057	-0.00057	-0.00057
-0.82022	-0.00188	0.003674	0.003681	0.003681
0.833231	-0.0144	-0.01015	-0.01014	-0.01014
-0.37286	0.010798	0.002058	0.002047	0.002047
-0.75244	0.010591	0.011627	0.011626	0.011626
-0.87447	-0.05365	-0.01682	-0.01656	-0.01656
-0.68503	-0.02569	0.011832	0.012083	0.012083
0.093609	0.025077	-0.01044	-0.01069	-0.01069
2.048469	0.022427	0.004051	0.00391	0.00391
-1.58378	0.010835	0.001452	0.001374	0.001374
-0.28388	-0.02885	-0.01375	-0.01364	-0.01364
1.501899	-0.00888	0.009473	0.009596	0.009596
0.273981	0.032304	0.030488	0.030484	0.030484

Data Nilai Matriks V pada Iterasi 1 sampai 2 (6 Foto)

-14.503939  
2.712712  
-12.643498  
1.8919921  
6.5996966  
7.4892828  
-0.1890706  
-8.7149423  
-12.030982  
5.9357583  
3.8557835  
-1.1530706  
-2.8196006  
-4.3659999  
-7.7165053  
-4.2363398  
-7.644771  
3.6453394  
-4.9558905  
1.3034234  
-0.831437  
2.4638796  
-5.402662  
1.9501635  
-0.0317724  
-4.2273171  
-5.0791231  
-4.1149726  
-8.5162807  
1.7156803  
-5.09683  
2.873477  
-0.19926  
1.35416  
-7.13534  
1.466912  
6.221145  
-5.33978  
0.309497  
-5.36039  
-11.5118  
-1.298  
-5.42363  
6.703235  
-0.15071  
0.308279  
-8.62694  
7.38332  
6.911187  
-11.4564

-9.6371641  
1.6517601  
-12.62919  
0.799183  
-1.4361066  
4.9143962  
-5.7393912  
-5.2217724  
3.8847143  
10.936207  
-16.872801  
6.1541582  
-2.6868537  
-6.2047382  
-7.3697085  
-5.8019339  
-9.9433552  
4.9123913  
-3.9345249  
2.5891419  
-0.2354673  
0.2352706  
-12.042794  
-2.1585312  
0.4559145  
-4.2769885  
-4.9580538  
-4.1081813  
-10.13475  
1.5085088  
-5.6506409  
3.3707616  
0.0860269  
-0.1526137  
-12.568098  
2.7522995  
6.4614593  
-7.1429696  
0.7559733  
-6.8901024  
-12.460548  
-0.1788406  
-4.1908964  
7.6111409  
0.2342393  
1.3393373  
-5.5584659  
5.1112317  
6.8083305  
-8.3230316

2.016551  
-10.4309  
-12.6084  
2.053068  
-1.42306  
9.418376  
1.762743  
3.194156  
-2.60891  
2.070243  
-2.19357  
-8.97491  
-5.28205  
-7.76296  
-7.50682  
6.017422  
-0.16505  
3.639595  
-0.62967  
0.864301  
-15.5831  
-5.38352  
-6.9288  
-8.74412  
-9.01497  
-7.33388  
-5.72434  
9.068287  
0.991942  
0.946672  
-0.98023  
6.362246  
-18.4461  
1.478323  
-8.85553  
-6.92543  
-12.2503  
-5.66676  
-6.11134  
9.486628  
-1.42881  
-0.46001  
0.766527  
12.50734  
-16.1648  
4.287461  
-11.1047  
-9.45773  
-11.786  
-7.30275  
-3.17849  
11.44382  
3.766738  
-0.57435

1.3891081  
-7.8271557  
-11.551932  
-0.1377254  
-3.5763057  
8.1845036  
0.1476547  
1.1128274  
-8.4723179  
6.7544074  
-0.3941907  
-9.2842891  
-5.2929914  
-8.1933456  
-10.551622  
4.8993231  
-2.5056351  
4.975054  
-1.1363659  
1.316695  
-12.866799  
-0.5017496  
-7.3753854  
-8.9060179  
-9.1516989  
-7.4543831  
-5.3266709  
9.4638862  
1.4453661  
0.7729996  
-1.6515154  
5.2821908  
-18.946763  
-3.7146408  
-11.068771  
-8.9677443  
-12.536471  
-7.4044799  
-4.9313001  
11.987674  
1.3701856  
-0.400079  
-3.0619351  
6.7750607  
-20.259834  
-12.776004  
-5.3382406  
-9.8617049  
-10.994721  
-8.1298313  
-10.712943  
8.0675895  
-3.0115406  
2.5931977

-2.46519  
13.68758  
-27.2891  
-16.264  
-5.01242  
-11.9423  
-6.53551  
-10.1653  
-5.6219  
9.258507  
3.279948  
3.607617  
-0.28794  
0.309892  
-15.5872  
-13.4774

-0.9939606  
6.3051247  
-13.55415  
4.5859241  
-0.5944235  
-13.726352  
-6.0655422  
-12.091162  
-12.845135  
7.6305583  
-0.9385976  
6.9871922  
-4.2593917  
-0.3520999  
-5.1962792  
0.2005314

## **LAMPIRAN L**

**Data Nilai Matriks ( $V^T$ )  
Pada 4 Foto dan 6 Foto**