

# PETUNJUK PRAKTIKUM FOTOGRAMETRI DASAR



## Laboratorium Geoinformatika

Program Studi Teknik Geomatika

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Email : [lab.geoinformatika@gmail.com](mailto:lab.geoinformatika@gmail.com)

2019

## **PENGANTAR**

Untuk menunjang teori Fotogrametri pada mata kuliah Fotogrametri Dasar, maka buku petunjuk praktikum Fotogrametri ini dirasa perlu untuk diterbitkan. Dimana dalam buku ini dijelaskan gambaran singkat mengenai diskripsi dan interpretasi foto udara serta alat stereoskop, tongkat paralaks dan penggunaanya.

Diharapkan dengan praktikum ini Capaian Pembelajaran terhadap kemampuan dalam merancang dan melaksanakan praktikum dengan menganalisis dan menginterpretasi Foto Udara dalam mata kuliah Fotogrametri tercapai.

Serta juga diharapkan setelah para mahasiswa selesai praktikum fotogrametri ini, dapat mengerti dengan baik pengertian-pengertian dasar fotogrametri dan penggunaan peralatan dasar pada mata kuliah ini.

# **DAFTAR ISI**

## **PENGANTAR**

## **DAFTAR ISI**

### **BAB I. KETENTUAN PRAKTIKUM**

- I.1. Latihan dan Penilaian
- I.2. Bahan Praktikum
- I.3. Instrumen dan Waktu
- I.4. Daftar modul Praktikum Fotogrametri I

### **BAB II. KONSEP FOTO UDARA**

- II.1. Pembacaan Informasi Foto Udara
- II.2. Pengujian skala foto/jarak
- II.3. Pembuatan Stereogram

### **BAB III. STEREOSKOP**

- III.1. Pendahuluan
- III.2. Pengertian Stereoskop
- III.3. Tujuan Penggunaan Stereoskop
- III.4. Orientasi Foto Udara

### **BAB IV. INTERPRETASI FOTO UDARA**

- IV.1. Pengertian Interpretasi
- IV.2. Kunci Interpretasi
- IV.3. Pembuatan Peta Tutupan Lahan

### **BAB V. STEREOMETRI**

- V.1. Pendahuluan
- V.2. Arti Paralaks
- V.3. Mengukur Paralaks Tinggi dgn Paralaks Bar
- V.4. Pembuatan Peta Kontur

# BAB I

## KETENTUAN PRAKTIKUM

### I.1. Latihan dan Penilaian

Tiap-tiap mahasiswa dinilai untuk setiap praktikum yang dikerjakan. Penilaian ini berdasarkan hal-hal berikut :

- a. Tanggal dimulai serta diakhirinya suatu praktikum
- b. Bagaimana cara menggunakan alat
- c. Pembuatan laporan
- d. Absensi
- e. Asistensi
- f. Pengertian, ketelitian dan sikap

### I.2. Bahan Praktikum

Untuk melakukan praktikum bahan yang diperlukan adalah :

- A. Foto Udara, cello tape, pita ukur 50 m.
- B. Mistar skala, plastik tranparant, pulpen transparant 5 warna, kertas grid tranparant, pensil, kertas HVS

Untuk bahan A disediakan oleh Laboratorium Geoinformatika Prodi Teknik Geomatika, sedangkan bahan B harap dipersiapkan sendiri oleh mahasiswa/tiap regu/kelompok.

### I.3. Instrumen dan Waktu

Dalam Laboratorium Geoinformatika disediakan alat berupa stereoskop cermin dan tongkat paralaks serta stereoskop saku yang terbatas jumlahnya. Untuk itu pergunakan kesempatan waktu dan alat *seefisien* dan *seefektif* mungkin.

Dikarenakan jumlah foto udara terbatas dan usia cetak yang telah lama maka harap hati-hati menggunakannya jangan sampai terlipat.

Karena semua instrumen tersebut diatas *peka* terhadap suhu, debu dan goncangan maka selama praktikum mahasiswa wajib hati-hati serta menjaga kebersihan terhadap alat tersebut.

*Tanyakan segala sesuatu yang kurang jelas pada asisten atau staf yang ada.*

***HARAP DIPERHATIKAN, segala kerusakan/kehilangan instrumen/foto udara adalah tanggungjawab regu/praktikan dengan mengganti instrument/material yang sama/sejenis.***

#### **I.4. Daftar modul Praktikum Fotogrametri I (PG 3231)**

- 1.4.1. Modul 1 : Identifikasi Foto Udara
- 1.4.2. Modul 2 : Pembuatan Stereogram
- 1.4.3. Modul 3 : Interpretasi Foto Udara dan Pembuatan Peta Tutupan Lahan
- 1.4.4. Modul 4 : Pemetaan Topografi dengan Stereoskop Cermin

## **BAB II**

### **KONSEP FOTO UDARA**

#### **II.1. Tujuan Praktikum**

- a. Mengetahui dasar/materi produk pemotretan dan kualitas foto udara
- b. Membaca foto udara dan mengetahui obyek pada posisi tegak
- c. Membuat stereogram

#### **II.2. Tahapan Praktikum**

Praktikan mencocokkan dan mencari data informasi yang didapat pada foto tentang :

- a. Skala, nivo, jam, arah utara, jam pemotretan
- b. Mengidentifikasi dan mengukur jarak sebuah obyek difoto dan membandingkannya di lapangan
- c. Membuat diskripsi tahap awal tentang kondisi foto (min. 2 pasang)
- d. Dari foto udara pada posisi proyeksi sentral (sifat proyeksi sentral) dibandingkan posisi pendekatan dengan peta yang mempunyai proyeksi ortogonal

#### **II.3. Bahan/materi**

- a. Foto Udara skala 1 :20000
- b. Mistar skala transversal Faber-Castell 853 C
- c. Pita ukur/pita baja 50 meter
- d. Stereoskop saku

#### **II.4. Pembacaan Foto Udara**

Dari foto udara yang diberikan (*akan diberikan oleh staf pengajar/asisten*) kemudian tentukan :

- a. Fiducial Mark
- b. Buatlah garis pedoman yang menghubungkan dua titik Fiducial Mark yang saling berseberangan
- c. Cari Titik Utama (*Principal Point*) yang merupakan titik perpotongan antara kedua garis penghubung tersebut.
- d. Apabila dua foto yang berurutan diketahui titik utamanya, maka tentukan garis terbang sebagai sumbu x dan sumbu y pada foto dapat ditentukan.
- e. Baca semua informasi tepi foto udara seperti nivo kotak, jam penunjuk waktu pemotretan, altimeter, jenis lensa/kamera, catatan perusahaan yang melakukan pemotretan dan tanggal pemotretan
- f. Tentukan arah Utara dengan menggunakan petunjuk jam dan kedudukan bayangan pada foto udara.

## II.5. Pengujian Skala Foto/Jarak Obyek di Foto

Langkah-langkah dari pengujian ini adalah sebagai berikut :

- a. Identifikasikan detail-detail yang mempunyai bentuk geometri sederhana yang permanen dan jelas dimensinya di lapangan. Contohnya adalah panjang jalan, lapangan dalam bentuk segiempat, atau panjang sisi gedung.
- b. Buatlah identifikasi tersebut di foto udara, pilih obyek minimal 5 yg tersebar di foto.
- c. Kemudian ukurlah dengan mengukur jaraknya dengan mistar skala transversal sebanyak 5 kali. Hitung harga reratanya.
- d. Ukur jarak antar detail pada langkah c. diatas dilapangan dengan pita ukur/baja 50 meter.
- e. Hitung kesalahan jarak dari hasil pengukuran dilapangan dengan hasil pengukuran di atas foto udara dengan menggunakan rumus :

$$E = d_l - d_f$$

Dimana :

E = kesalahan jarak

df = jarak di foto

dl = jarak di lapangan

- f. Analisa hitungan dengan memperhatikan skala foto dan persebaran obyek yang diukur.

### II.3. Pembuatan Stereogram

**Stereogram** adalah gabungan pertampalan dua lembar foto udara yang berurutan dan diorientasikan sedemikian rupa sehingga dapat dilihat secara langsung membentuk model dengan sebuah stereoskop saku.

Cara membuatnya adalah sebagai berikut :

1. Letakkan sepasang foto udara (*fotocopy*) diatas meja.
2. Ambil stereoskop saku dan letakkan diatas foto udara tersebut.
3. Orientasikan hingga mendapatkan model 3 dimensinya. Rekatkan dengan cello-tape hingga tidak dapat digerak-gerakkan lagi.
4. Lipat salah satu foto dengan batas kira-kira sesuai dengan garis pertampalan atau Titik Utamanya kemudian tampalkan kedua foto udara tersebut.
5. Lihat kembali dengan seksama melalui stereoskop cermin dan beri tanda batas kiri dan batas kanan penglihatan.



6. Ambil sampling beberapa obyek didaerah pertampalan tersebut sehingga seluruh daerah model benar-benar dalam penglihatan 3 dimensi.
7. Rekatkan pertampalan antar kedua foto tersebut dan gunting pinggir/sisi kedua foto udara itu sesuai batas penglihatan kiri dan kanan.
8. Rapikan guntingan tadi dan rekatkan pada kertas HVS A4 siap untuk dibuat sebagai lampiran pada laporan akhir praktikum ini.

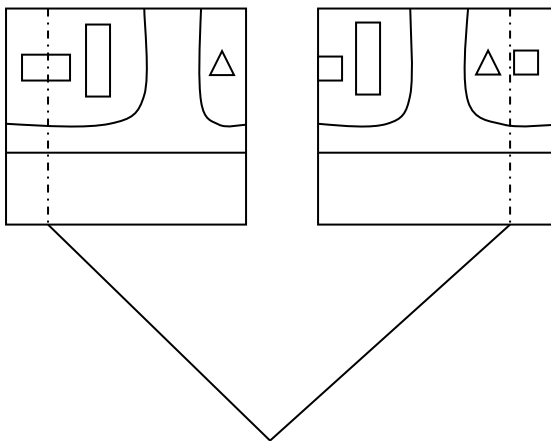
## BAB III

### STEREOSKOP

#### III.1. Pendahuluan

Arti stereoskop ialah suatu alat yang digunakan untuk dapat melihat sepasang gambar/foto secara stereoskopis.

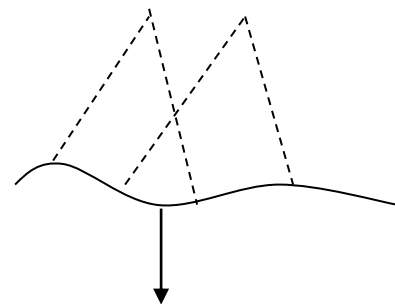
Gambar atau foto yang bagaimanakah yang dapat dilihat secara stereoskopis; ialah sepasang foto/gambar yang dipotret dari dua sisi yang berlainan sedemikian rupa sehingga dua foto tersebut saling *overlap*.



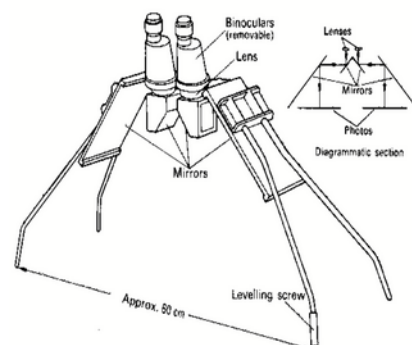
Daerah-daerah ini mengalami dua kali pemotretan dari dua posisi pemotretan yang berlainan

Jenis-jenis stereoscope ialah :

- Stereoscope saku
- Stereoscope cermin



Daerah ini terpotret dua kali

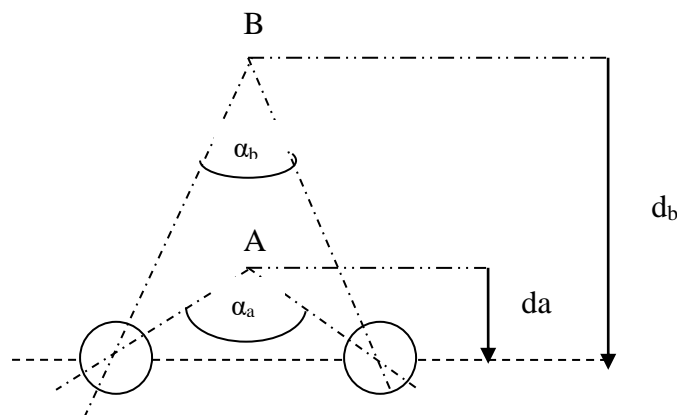


### III.2. Pengertian stereoskop

*Stereoscopy* atau disebut juga *solid vision* atau pandangan tiga dimensi adalah suatu istilah yang diberikan pada suatu penghasilan yang asli. Atau dapat juga dikatakan demikian :

Bila suatu obyek atau benda difoto dari dua posisi yang berlainan, kemudian mata kiri kita hanya melihat foto sebelah kiri saja dan mata kanan kita hanya melihat foto sebelah kanan saja, maka dua gambar tersebut dapat dilihat secara *stereoscopis*.

#### Sudut Paralactic



Jika mata melihat suatu benda A, maka mata mengadakan "Kontak" dengan otak sedemikian hingga dapat mengira-ngirakan suatu jarak;  $d_A$  = jarak dari benda A sampai ke mata, begitu pula halnya dengan benda B daopat dikira-kirakan jaraknya sebesar  $d_B$ .

$\alpha_A$  dan  $\alpha_B$  kita sebut sebagai sudut paralactic.

Suatu benda masih dapat dilihat secara stereoskopis dengan mata kit apada jarak lebih besar dari 25 cm, kecuali jika mata kita melihat benda tersebut dibantu dengan lensa, mata kita masih dapat melihat benda-benda tersebut secara stereoskopis dengan jarak lebih kecil dari 25 cm.

### **Beberapa istilah pada fotogrammetri yang harus diketahui :**

Dari hasil pemotretan udara, setelah mengalami proses didapat suatu hasil gambar yang dinamakan foto udara :

#### **a) Skala Foto Udara**

$$1. S = \frac{f}{H}$$

Dimana :  $f$  = panjang fokus lensa kamera udara

$H$  = tinggi terbang diatas tanah

$S$  = skala foto udara

2. Skala foto udara sama dengan perbandingan jarak dua buah titik pada foto dengan jarak dua buah titik tersebut di tanah.

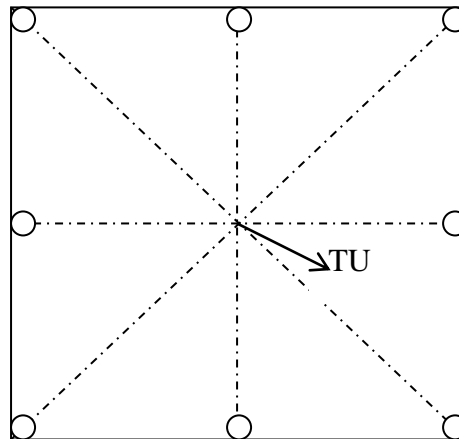
Tetapi cara menghitung skala yang kedua ini lebih sukar lagi sebab untuk itu kita harus mengukur jarak di foto yang kemudian langsung pergi ke lapangan, untuk menghitung jarak tersebut.

Oleh sebab itu lebih mudah menggunakan rumus  $S = \frac{f}{H}$ , sebab pada setiap pemotretan selalu diberikan data-data mengenai :

- Tinggi terbang pesawat udara pada saat pemotretan
- Jenis lensa kamera udara yang digunakan untuk pemotretan

Dengan sendirinya focusnya langsung diketahui.

b).



○ = fiducial mark

**Fiducial Mark :**

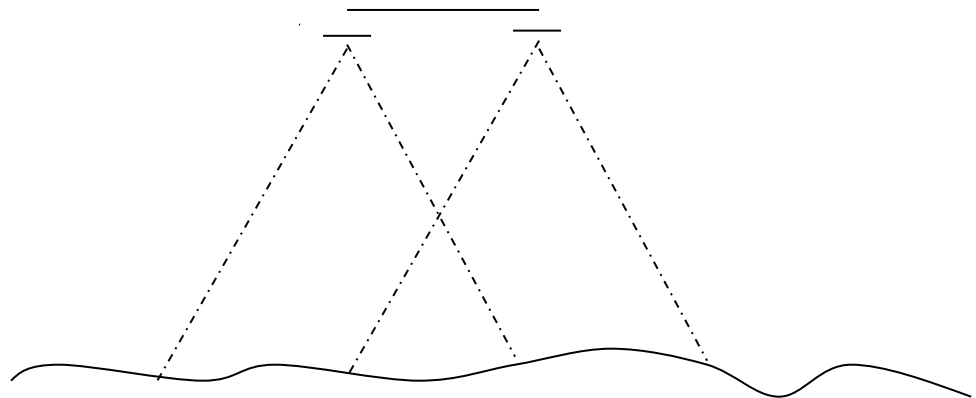
ialah tanda tepi yang ada pada foto udara

**Titik Utama :**

ialah titik potong antara garis-garis yang menghubungkan dua buah fiducial mark yang berseberangan pada foto.

c). **Air Base :** (B)

(B)



Air Base : (B) ; ialah jarak di udara antara dua posisi pemotretan yang berhubungan.

d). **Photo Base (=b)**

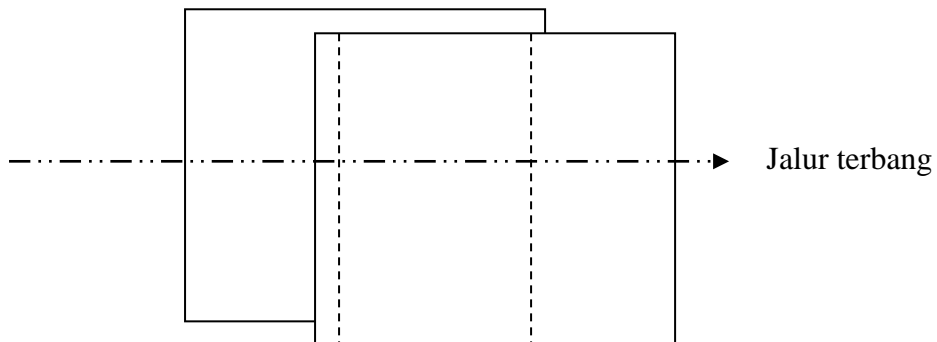
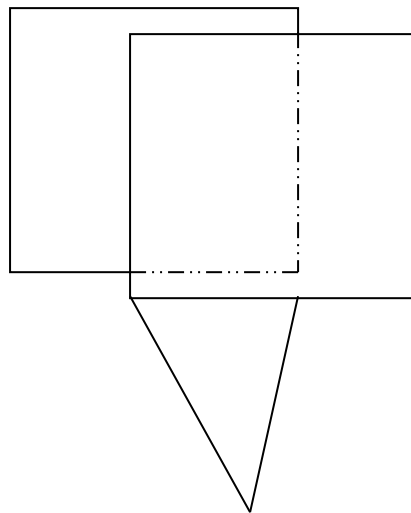


Photo Base (=b) : ialah jarak antara dua buah T.U. foto yang berurutan

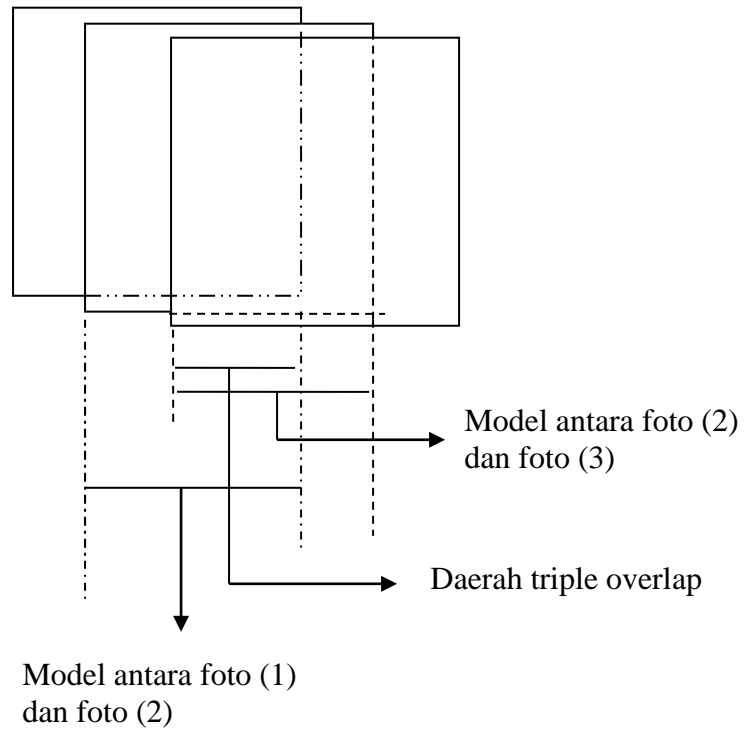
Jalur terbang : Jalur terbang selalu dinyatakan sebagai garis melalui 2 titik utama yang berurutan

e). **Overlap**

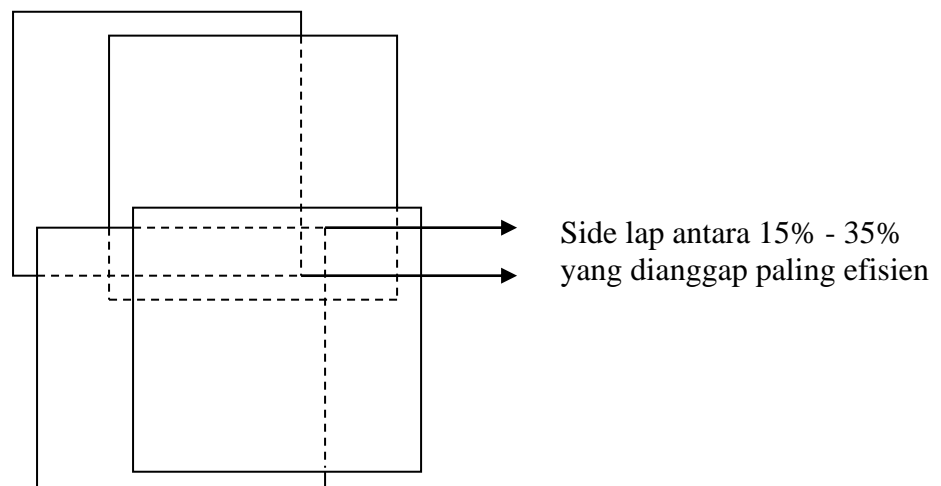


60%

f). Tripple Overlap (Overlap Stereopair)



g).



### **III.3. Tujuan Penggunaan Stereoskop**

Diatas telah kita katakan bahwa stereoskop itu terdiri dari dua jenis, yaitu stereoscope saku dan stereoscope cermin. Steroskop saku tidak banyak digunakan, antara lain digunakan untuk :

- a. Pengesetan penglihatan stereo seseorang
- b. Melihat sebagian kecil dari daerah yang stereoskopis.

Sedangkan stereoscope cermin penggunaannya lebih luas daripada stereoscope saku. Antara lain :

- a. Dengan diperlengkapi oleh tongkat paralaks, maka kita dapat mengamati paralaks sebuah titik yang terletak pada daerah yang stereoskopis dan juga dapat menghitung selisih paralaks antara dua titik.
- b. Dari hasil bacaan dengan tongkat paralaks ini kita dapat menghitung beda tinggi antara dua titik atau lebih

### **III.4. Orientasi Sepasang Foto Udara**

#### **III.4.1. Bahan/materi :**

1. Foto Udara skala 1 :20000
2. Mistar skala transversal Faber-Castell 853 C
3. Pita ukur/pita baja 50 meter
4. Paralaks bar

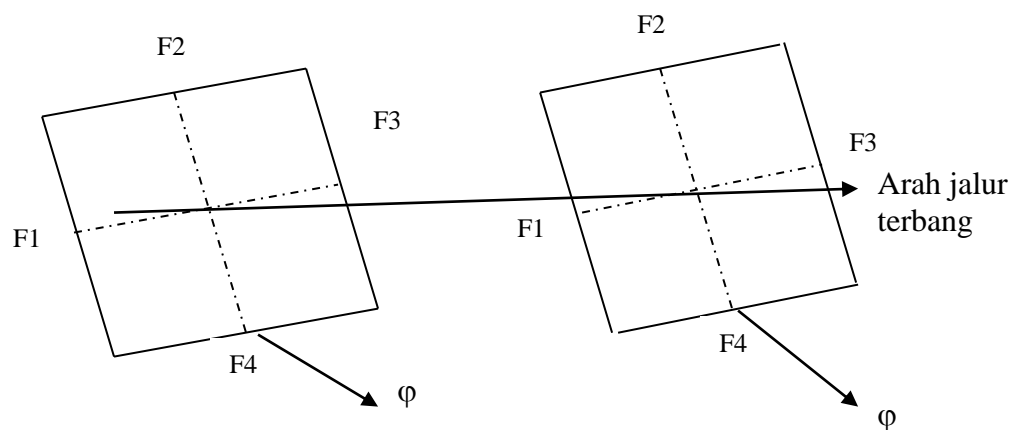
#### **III.4.2. Tahapan Praktikum**

Adapun tahap-tahap melakukan orientasi sepasang foto udara adalah :

- a. Tentukan titik P1, yang merupakan perpotongan garis penghubung fidusial pada foto kiri.



- Juga titik P2, yang merupakan perpotongan garis penghubung fidusial pada foto kanan
- Pindahkan P1 dari foto kiri ke foto kanan, dan didapat titik P3
- Pindahkan juga P2 dari foto kanan ke foto kiri, dan didapatkan titik P4
- Pasanglah foto kiri dan kanan sedemikian rupa sehingga terjadi pandangan stereoskopis, dan harus dijaga titik-titik P1, P2, P3, dan P4 harus selalu terletak pada garis lurus. Garis lurus tersebut merupakan jalur terbang pesawat saat melakukan pemotretan
- Setelah langkah-langkah tersebut selesai dilakukan, maka sepasang foto udara tersebut telah terorientasi.



Gambar sepasang foto udara yang telah berorientasi

- F1, F2, F3, F4 : Fiducial  
P1-P4 = P2-P3 : Basis foto udara  
 $\phi$  : Crab

Pada umumnya arah terbang pesawat tidak melewati fidusial atau tanda tepi foto udara, hal ini disebabkan oleh adanya angin dari arah samping pesawat terbang. Akibatnya adalah suatu efek yang disebut "crab". Besarnya "crab" ditunjukkan oleh sudut yang dibentuk oleh garis arah terbang dengan garis penghubung fidusial

## **BAB IV**

### **INTERPRETASI FOTO UDARA**

#### **IV.1. Pengertian Interpretasi**

*Interpretasi foto udara* merupakan kegiatan menganalisa citra foto udara dengan maksud untuk mengidentifikasi dan menilai obyek pada citra tersebut sesuai dengan prinsip-prinsip interpretasi.

Interpretasi biasanya meliputi penentuan lokasi relatif dan luas bentangan. Interpretasi akan dilakukan berdasarkan kajian dari obyek-obyek yang tampak pada foto udara. Keberhasilan dalam interpretasi foto udara akan bervariasi sesuai dengan latihan dan pengalaman penafsir, kondisi obyek yang diinterpretasi dan kualitas foto yang digunakan. Seseorang dalam menginterpretasikan foto udara memerlukan pertimbangan pada karakteristik dasar citra foto udara.

#### **IV.2. Kunci Interpretasi**

Dengan karakteristik dasar citra foto dapat membantu serta membedakan penafsiran obyek-obyek yang tampak pada foto udara. Berikut tujuh karakteristik dasar citra foto atau dikenal dengan 7 kunci interpretasi :

##### *1. Bentuk*

Bentuk berkaitan dengan bentuk umum, konfigurasi atau kerangka suatu obyek individual. Bentuk merupakan factor yang penting dalam pengenalan obyek citra foto.

## 2. *Ukuran*

Ukuran obyek pada foto akan bervariasi sesuai dengan skala foto. Obyek dapat disalah tafsirkan apabila ukurannya tidak dinilai/dihitung dengan cermat.

## 3. *Pola*

Pola berkaitan susunan keruangan obyek. Pengulangan bentuk umum tertentu atau keterkaitan merupakan karakteristik banyak obyek, baik alamiah maupun buatan manusia. Dengan mempelajari pola obyek, penafsir dapat mengenali obyek apa yang terdapat pada foto udara tsb.

## 4. *Rona*

Rona mencerminkan warna atau tingkat kualitas kecerahan/kegelapan gambar obyek pada foto udara. Unsu ini berkaitan dengan pantulan sinar oleh obyek.

## 5. *Bayangan*

Bayangan merupakan unsur penting bagi penafsir karena bentuk dan kerangka bayangan menghasilkan suatu profil pandangan obyek yang dapat membantu dalam menginterpretasikan suatu obyek.

## 6. *Tekstur*

Tekstur adalah frekuensi perubahan rona dalam citra foto. Tekstur dihasilkan oleh susunan satuan kenampakan yang mungkin terlalu kecil untuk dikenali secara individual dengan jelas pada foto udara. Tekstur merupakan hasil bentuk, ukuran, pola, bayangan dan rona individual.

## 7. *Lokas*

Lokasi obyek dalam interpretasi berhubungan dengan kenampakan obyek tersebut ditempat/lokasi tertentu.

#### **IV.3. Tujuan Praktikum**

- a. Mahasiswa memahami konsep interpretasi citra.
- b. Mahasiswa dapat melakukan interpretasi foto udara dengan menggunakan prinsip-prinsip interpretasi yang benar.

#### **IV.4. Alat dan Bahan**

- a. Stereoskop cermin
- b. Cello-tape, HVS, plastik transparasi, pen transparasi 5 warna
- c. Foto Udara meliputi :
  1. Swtzerland skala 1 : 6000
  2. Switzerland skala 1 : 37500
  3. Timur Jauh skala 1 : 12500
  4. Foto udara daerah Surabaya skala 1: 20000

#### **IV.5. Prosedur Praktikum**

##### ***a. Identifikasi Obyek***

Identifikasikan foto udara no 1, no. 2 dan no. 3. dengan menggunakan 7 kunci interpretasi. Jawab dan jelaskan pertanyaan pada lampiran A, lampiran B dan lampiran C.

##### ***b. Pembuatan Peta Tata Guna Lahan***

1. Letakkan sepasang foto udara (no. 4) yang telah dipilih diatas meja.
2. Ambil stereoskop cermin dan letakkan diatas foto udara tersebut.

3. Orientasikan hingga mendapatkan model 3 dimensinya. Rekatkan dengan cello-tape hingga tidak dapat digerak-gerakkan lagi.
4. Tempelkan plastik transparan diatas foto sebelah kanan.
5. Dari identifikasi awal tentukan kelas tata guna lahan (sawah, kebun, hutan, pemukiman, jalan, bangunan/gedung, sungai, dll).
6. Dengan menggunakan stereoskop cermin, delineasikan semua obyek pada plastik transparan menggunakan pulpen transparan.
7. Lakukan hingga semua obyek selesai didelineasikan.
8. Lakukan dengan cermat dan hati-hati agar diperoleh luasan kelas yang baik/teliti.
9. Langkah selanjutnya adalah menghitung luasan dengan cara mendigit pada langkah h dan mengkonversikan ke format metrik kemudian menghitung luasan masing-masing kelas.

## BAB V STEREOMETRI

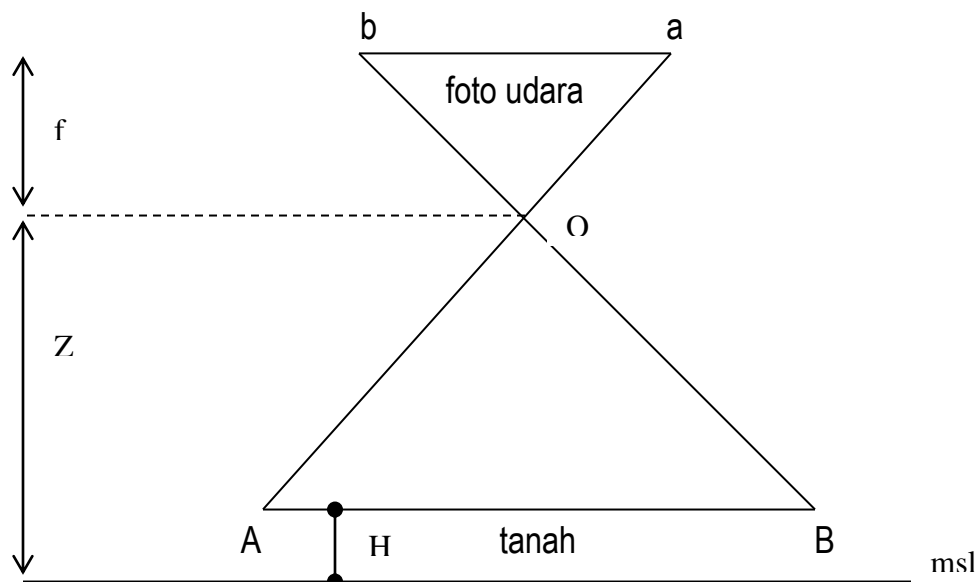
### V.1. Pendahuluan

Foto udara mampu menentukan beda tinggi suatu titik di foto dengan titik lain yang terlihat di foto yang sama. Persyaratannya adalah titik-titik tersebut terpotret pada dua buah foto yang bertampalan. Penentuan beda tinggi menggunakan foto udara dimungkinkan karena adanya perpindahan posisi suatu titik karena ketinggian, yang dikenal dengan "*relief displacement*" atau "*displacement due to relief*".

Dengan kata lain dua buah titik yang sama tingginya akan mempunyai "displacement" yang sama, jadi dengan mengukur besarnya "displacement" antar dua titik, beda tinggi antara titik-titik tersebut bisa ditentukan. Untuk mengukur "displacement" dipakai alat yang disebut paralaks-bar.

#### V.1.1 Relief Displacement

Foto udara vertikal pada daerah datar, merupakan contoh paling sederhana untuk menjelaskan geometri foto udara.



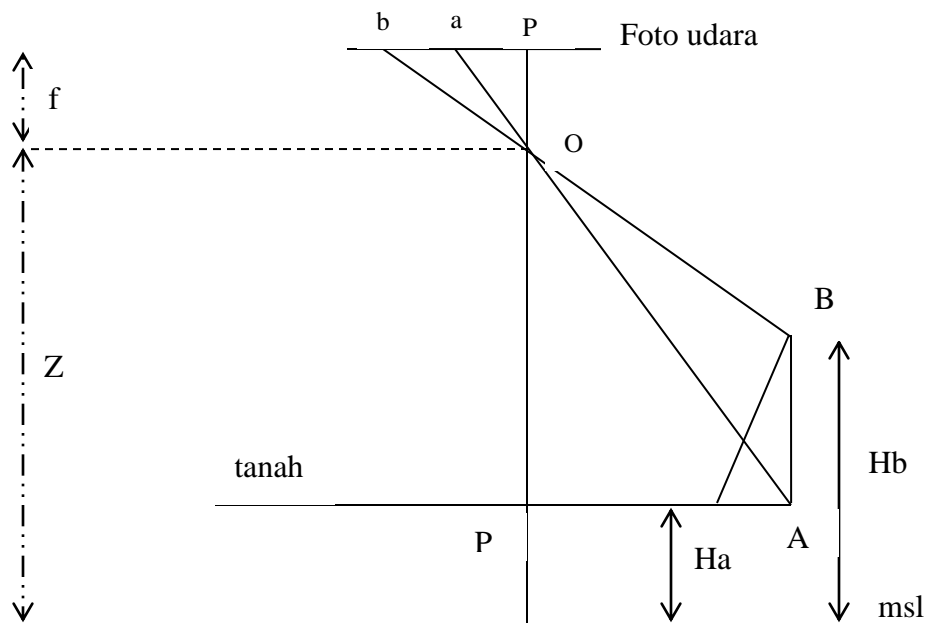
Pada gambar diatas A dan b adalah titi-titik di tanah, titik-titik tersebut mempunyai tinggi H terhadap bidang datum muka air laut rata-rata.

Dimana,            f            : panjang focus kamera  
                          Z            : tinggi terbang pesawat  
                          H            : ketinggian daerah yang dipotret

Dengan skala foto :  $s = \frac{ab}{AB} = \frac{f}{Z - H}$

Foto udara mempunyai system proyeksi sentral, artinya semua garis penghubung antara titik-titik di tanah (A,B,...) dan titik-titik di foto udara melalui satu titik sentral, yaitu titik O. Titik O tersebut tidak lain merupakan pusat lensa kamera.

Kenyataan adanya proyeksi sentral ini, menyebabkan suatu efek yang disebut “Relief Displacement“



Pada gambar di atas, AB adalah suatu tiang yang vertikal, A dasar tiang dan B puncak tiang. Di foto udara AB akan tergambar sebagai garis ab, panjang garis bisa dihitung dari :



$$\begin{aligned}
 ap &= \frac{f}{(Z - H_a)} AP & bp &= \frac{f}{(Z - H_b)} BP \\
 ab &= bp - ap & AP &= BP \\
 &= AP \cdot f \left( \frac{1}{(Z - H_b)} - \frac{1}{(Z - H_a)} \right) \\
 &= Ap \cdot f \frac{(Z - H_a) - (Z - H_b)}{(Z - H_a)(Z - H_b)} \\
 &= AP \cdot f \frac{(H_b - H_a)}{(Z - H_a)(Z - H_b)} \dots\dots\dots (1)
 \end{aligned}$$

Kemudian dari rumus (1),  $ap = \frac{f}{(Z - H_a)} AP$

$$bp = \frac{f}{(Z - H_b)} BP$$

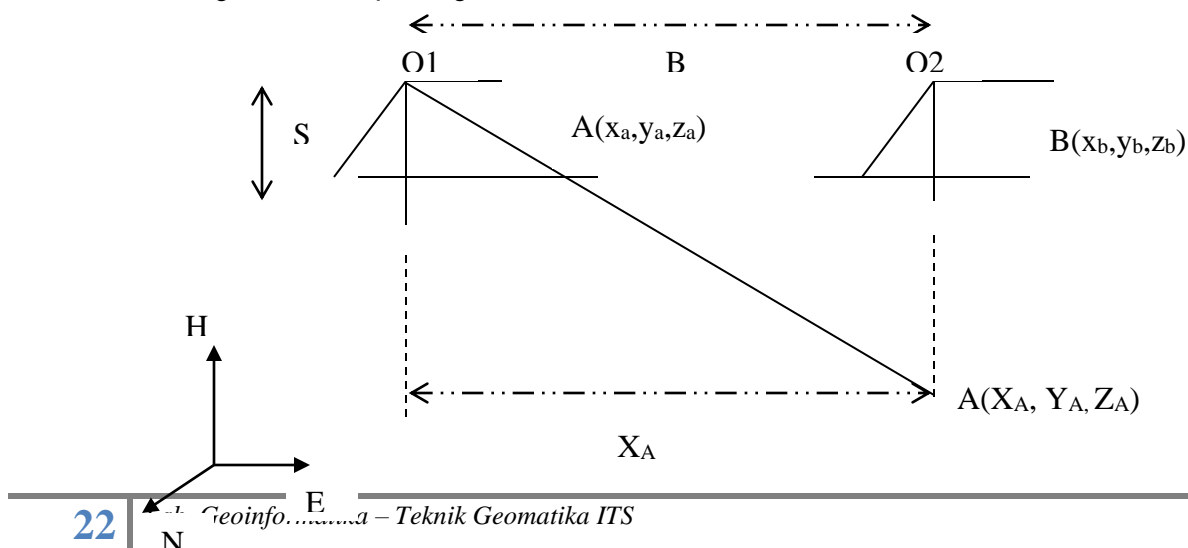
Sehingga ;

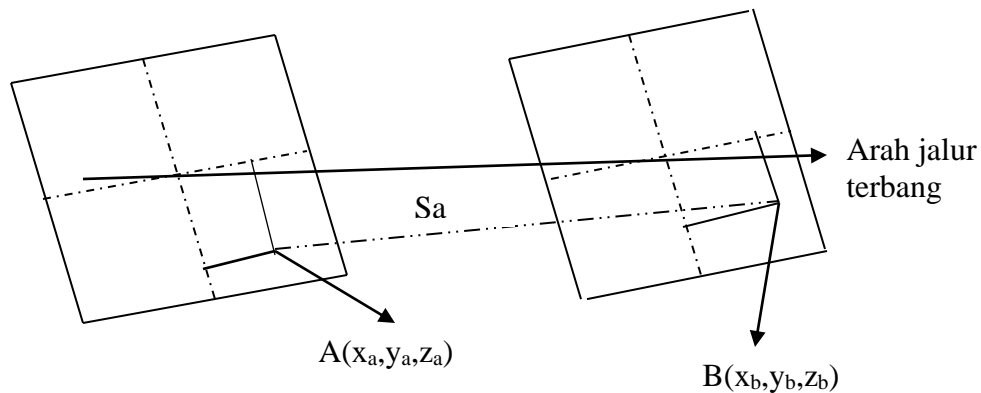
$$\begin{aligned}
 ab &= \frac{ap}{(Z - H_a)} (H_b - H_a) \\
 &= \frac{bp}{(Z - H_b)} (H_b - H_a) \dots\dots\dots (2)
 \end{aligned}$$

ab disebut relief displacement

### V.1.2. Hubungan antara foto udara, paralaks-bar, dan titik di tanah

Hubungan tersebut ditunjukkan dalam suatu sistem koordinat yang digambarkan pada gambar berikut





Pada kedua gambar di atas, didapatkan :

1. Titik A di tanah, mempunyai koordinat nasional ( $E_a, N_a, H_a$ )
2. Pada foto kiri A tergambar sebagai  $a_1$ , dan di foto kanan sebagai  $a_2$
3. Sistem koordinat foto kiri adalah  $x_a, y_a, z_a$  dan mempunyai pusat koordinat  $O_1$
4. Sistem koordinat foto kanan adalah  $x_b, y_b, z_b$  dan mempunyai pusat koordinat  $O_2$
5. Sistem koordinat model  $X, Y, Z$  berimpit dengan sistem koordinat foto kiri, hanya berbeda pada skala
6.  $B$  merupakan basis terbang, yaitu jarak antara pemotretan pertama dan kedua
7.  $S_a$  merupakan hasil pembacaan dari paralaks bar

Kembali pada gambar di atas :

Untuk foto kiri :

$$\begin{aligned}
 x_a &= (f / z_A) \cdot X_A \\
 y_a &= (f / z_A) \cdot Y_A \\
 z_a &= (f / z_A) \cdot Z_A \dots\dots\dots
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

untuk foto kanan:

$$\begin{aligned}x_b &= (f / Z_b) \cdot X_b \\y_b &= (f / Z_b) \cdot Y_b \\z_b &= (f / Z_b) \cdot Z_b \dots\dots\dots\end{aligned}\quad (4)$$

Dengan memilih sistem koordinat seperti tersebut di atas maka didapatkan bahwa harga koordinat y dan x untuk suatu titik mempunyai nilai sama pada foto kiri atau kanan.

Misalnya titik a di tanah akan mempunyai nilai :

$$y_{a1} = y_{a2} \text{ dan } z_{a1} = z_{a2} = f$$

demikian pula untuk titik B di tanah, maka

$$y_{b1} = y_{b2} \text{ dan } z_{b1} = z_{b2} = f$$

bahkan untuk semua titik akan mempunyai nilai koordinat z yang sama besarnya, yaitu sama dengan f karena memang pada foto udara vertikal, bidang tegak lurus sumbu z. Keadaan tersebut di atas tidak berlaku pada koordinat x. Karena seperti bisa dilihat dari persamaan (3) dan (4), suatu titik A mempunyai :

Pada foto kiri :

$$x_{a1} = (f / Z_A) \cdot X_A$$

Pada foto kanan :

$$x_{a2} = (f / Z_A) \cdot (X_A - B)$$

Demikian pula halnya untuk titik B.

## V.2. Arti Paralaks

Yang dimaksud dengan paralaks suatu titik, adalah perbedaan koordinat foto kiri dan kanan dari titik tersebut.

Paralaks pada y = py

Untuk titik A :  $py = y_{a1} - y_{a2} = nol$

Untuk titik B :  $py = y_{b1} - y_{b2} = nol \dots\dots\dots (5)$

Jadi paralaks y, untuk semua titik di foto adalah nol, demikian juga untuk paralaks z, karena semua titik di foto mempunyai nilai koordinat z yang sama (sama dengan f).

Sekarang akan dilihat bagaimana untuk paralaks x atau px

Untuk titik A :

$$\begin{aligned}
 px &= x_{a1} - x_{a2} \\
 &= (f / Z_A (X_A)) - (f / Z_A (X_A - B)) \\
 &= (f / Z_A) (X_A - X_A + B) \\
 &= \frac{f \cdot B}{Z_A} \dots\dots\dots (6)
 \end{aligned}$$

Untuk titik B :

$$\begin{aligned}
 px &= x_{b1} - x_{b2} \\
 &= \frac{f \cdot B}{Z_b} \dots\dots\dots (7)
 \end{aligned}$$

### V.2.1. Beda paralaks dan beda tinggi

Kalau paralaks hanya menyangkut satu titik di tanah, maka beda paralaks menyangkut dua titik di tanah

Yang dimaksud dengan beda paralaks dua titik, misalnya titik A dan titik , adalah selisih paralaks dari kedua titik tersebut.

Jadi beda paralaks yang ada hanya pada x saja, karena paralaks pada y dan z adalah nol.

Beda paralaks, diberi notasi Dp

$D_{pab} = px_a - px_b$  adalah beda paralaks titik A dengan B

$D_{pba} = px_b - px_a$  adalah beda paralaks titik B dengan A

$$\begin{aligned}
 D_{pab} &= px_a - px_b \\
 &= \frac{f \cdot B}{Z_a} - \frac{f \cdot B}{Z_b} = \frac{f \cdot B (Z_b - Z_a)}{Z_a \cdot Z_b} \dots\dots\dots (8)
 \end{aligned}$$

Dari gambar-gambar di atas bisa dilihat  $Z_A$  dan  $Z_B$  untuk daerah yang datar merupakan tinggi terbang pesawat rata-rata. Sehingga persamaan (8) bisa diganti menjadi :

$$Dp_{ab} = \frac{f.B(Zb - Za)}{H^2} \dots\dots\dots (9)$$

dimana  $H$  = tinggi terbang pesawat rata-rata

Pada persamaan ( 9 ) di atas, beda paralaks  $Dp$ , diukur dengan paralaks-bar, kemudian  $H$  didapat dari keterangan foto udara, demikian pula  $f$  dan  $B$ . Dengan demikian beda tinggi antar titik  $a$  dan  $B$  bisa dihitung dari persamaan ( 9 ) tersebut.

Beda tinggi antara titik  $A$  dan  $B$  adalah (  $Z_A - Z_B$  )

Kembali ke gambar, maka :

$Sa$  = hasil yang dibaca pada alat paralaks-bar, untuk titik  $A$

$Sb$  = hasil yang dibaca pada alat paralaks-bar, untuk titik  $B$

$$x_{a1} = B - (Sa - x_{a2})$$

$$\text{atau } x_{a1} - x_{a2} = B - Sa = Px_a$$

$$\text{juga } x_{b1} - x_{b2} = B - Sb = Px_b \dots\dots\dots (10)$$

$$\text{jadi : } Dp_{ab} = px_a - px_b$$

$$= (B - Sa) - (Ba - Sb)$$

$$= Sb - Sa \dots\dots\dots (11)$$

kembali ke persamaan (9)

$$\begin{aligned} Z_b - Z_a &= \frac{H^2}{f.B} Dp_{ab} \\ &= \frac{H^2}{f.B} (Sb - Sa) \end{aligned}$$

karena  $B = (H/f).b$

maka ;

$$Z_b - Z_a = \frac{H}{B} (S_b - S_a) \dots\dots\dots (12)$$

dengan H = tinggi terbang rata-rata

b = basis foto (jarak P1 – p4 pada gambar)

Kemudian persamaan (8) dapat diubah menjadi :

$$\begin{aligned} Z_b - Z_a &= \frac{(Z_A - Z_B)}{f.B} (S_b - S_a) \\ &= \frac{(Z_A - Z_B)}{H.B} (S_b - S_a) \dots\dots\dots (13) \end{aligned}$$

Karena sistem koordinat tanah adalah (E, N, H) makaperlu dicari hubungan antara H dengan Z

Dari gambar maka :

$$Z_a = H - H_a$$

$$Z_b = H - H_b$$

$$Z_b - Z_a = H_b - H_a \dots\dots\dots (14)$$

Persamaan (8) dan (9) diatas bisa dimodifikasi menjadi :

$$H_b - H_a = \frac{(H - H_a).(S_b - S_a)}{Px_a} \dots\dots\dots (15)$$

$$= \frac{(H - H_b).(S_b - S_a)}{Px_a} \dots\dots\dots (16)$$

### V.3. Mengukur Paralaks Tinggi dengan Paralaks Bar

#### V.3.1. Bahan/materi :

- a. Foto Udara skala 1 :20000
- b. Mistar skala transversal Faber-Castell 853 C
- c. Pita ukur/pita baja 50 meter
- d. Paralaks bar

### V.3.2. Tahapan pengukuran :

Pengukuran beda tinggi dengan pengukuran paralaks bar sudah bisa dilakukan. Pertama kali orientasikan sepasang foto udara sebagaimana pada praktikum sebelumnya. Pencatatan hasil pengukuran sebaiknya menggunakan formulir.

Perhitungan :

Untuk menghitung beda tinggi antara dua titik, misalnya titik A dan B, bisa dilakukan dengan cara sebagai berikut

1. Hitung beda tinggi dengan persamaan (12)
2. Hitung ulang dengan persamaan (13)

Dapat juga :

1. Hitung beda tinggi dengan persamaan (15), atau
2. Hitung beda tinggi dengan persamaan (16)

Catatan :

- Untuk bisa menghitung beda tinggi dengan persamaan (12), perlu didapatkan terlebih dahulu nilai  $f$ (panjang focus kamera),  $b$ (basis foto), dan  $H$ (tinggi terbang rata-rata). Sedangkan beda paralaks diukur
- Bila menggunakan persamaan (15), data yang diperlukan adalah tinggi titik referensi (misal titik A), tinggi terbang rata-rata dan paralaks tinggi referensi
- Apabila diinginkan hasil yang lebih baik, hitungan beda tinggi dengan persamaan (15), bisa diulang lagi dengan persamaan (16)
- Apabila masih diinginkan perbaikan hasil, terutama untuk daerah yang berbukit-bukit, hitungan bisa diulang lagi, dengan mengganti ketinggian titik yang dicari (B, C,

D,...)dengan data tinggi terbaru. Cara hitungan ini disebut dengan hitungan iteratif.

- Untuk daerah yang curam, berbukit terjal, hitungan iteratif bisa dilakukan samapi lima kali atau lebih. Sedangkanpada daerah relatif datar, cukup dua kali

#### **V.4. Menarik garis kontur**

##### **V.4.1. Bahan/materi :**

- a. Foto Udara skala 1 :20000
- b. Mistar skala transversal Faber-Castell 853 C
- c. Pita ukur/pita baja 50 meter
- d. Paralaks bar

##### **V.4.2. Tahapan pengukuran :**

1. Tentukan satu titik untuk titik referensi. Kalau ada titik kontrol atau yang telah diketahui ketinggiannya
2. Tepatkan titik apung yang telah terpadu pada titik yang telah dipilih tersebut dan catat paralaksnya
3. Dari titik ini jelejahkan titik apung tepat melalui muka tanah yang mempunyai ketinggian yang sama. Dan ingat bahwa selama menggambar satu garis kontur pembacaan paralaks tidak dirubah. Dan pensil telah dikenakan pada kertas. Maka telah tergamabr sebagian dari satu garis kontur. Habiskan sisa kontur ini
4. Rubah paralaks dengan harga yang ekivalen dengan selang kontur yang dikehendaki, misal 5m atau 10m
5. Mulailah menarik garis kontur dengan ketinggian yang baru ini mulai dari tepi sampai ke tepi lagi.