

# **SURVEYING (CIV-104)**

**PERTEMUAN 13-14 :  
PENGUKURAN DENGAN TOTAL STATION**



**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN JAYA**  
Jl. Boulevard Bintaro Sektor 7, Bintaro Jaya  
Tangerang Selatan 15224

# DEFINISI

Fotogrametri berasal dari kata Yunani yakni :

“*photos*” = sinar

“*gramma*” = sesuatu yang tergambar atau ditulis, dan

“*metron*” = mengukur.

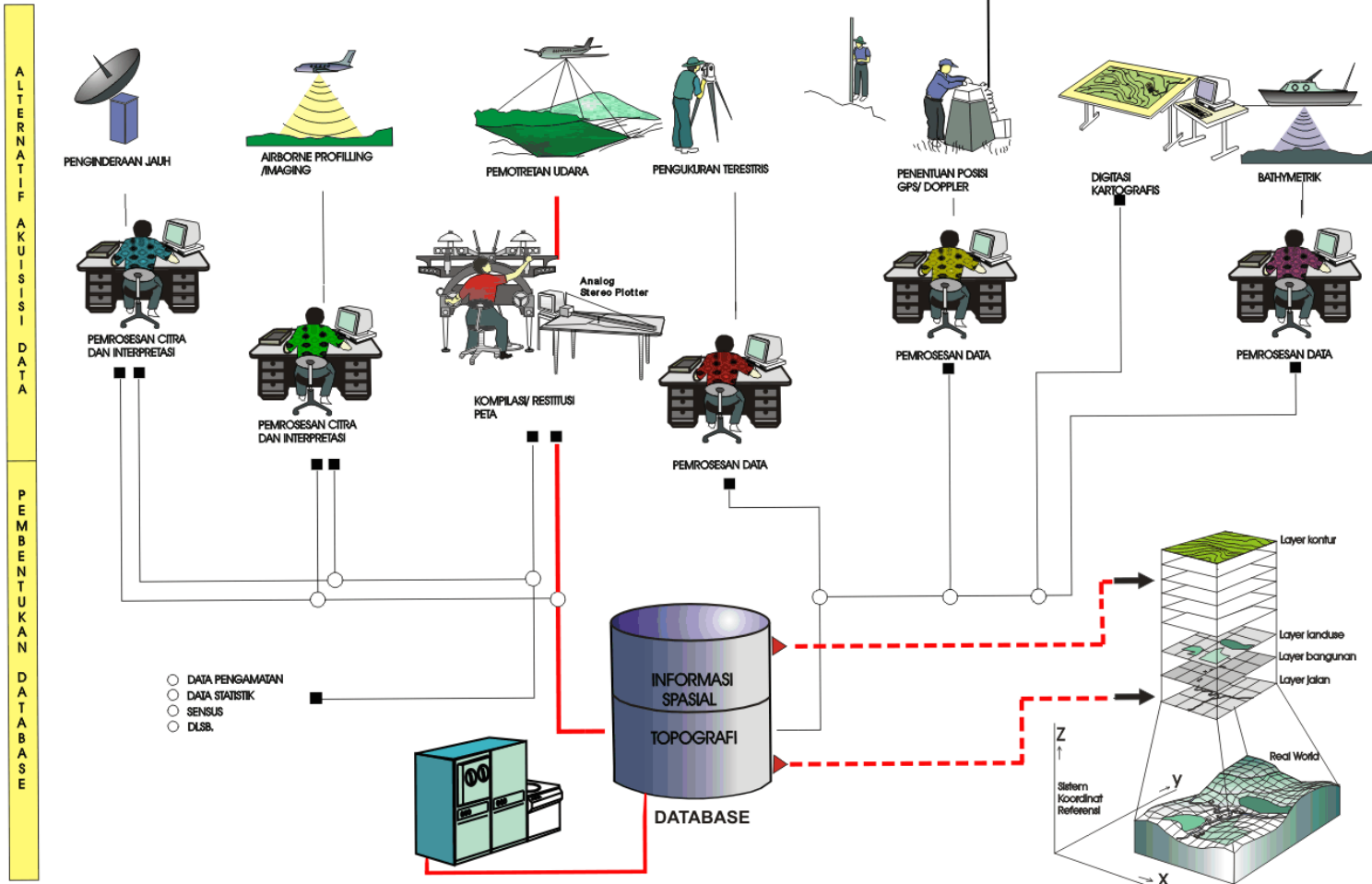
**Fotogrametri** dapat didefinisikan sebagai suatu seni, pengetahuan dan teknologi untuk memperoleh informasi yang dapat dipercaya tentang suatu obyek fisik dan keadaan disekitarnya melalui proses perekaman, pengamatan/ pengukuran dan interpretasi citra fotografis atau rekaman gambar gelombang elektromagnetik

# DEFINISI

Fotogrametri diatas mencakup dua bidang kajian, yakni :

- **Fotogrametri metrik**, bidang yang berkaitan dengan pengukuran/pengamatan presesi untuk menentukan ukuran dan bentuk obyek, jarak , volume dan
- **Fotogrametri interpretatif**, yang berhubungan dengan pengenalan dan identifikasi obyek.

# DEFINISI



# PRODUK FOTOGRAMETRI



MOSAIK FOTO

# PRODUK FOTOGRAMETRI



PETA GARIS/LINE MAP

# PRODUK FOTOGRAMETRI

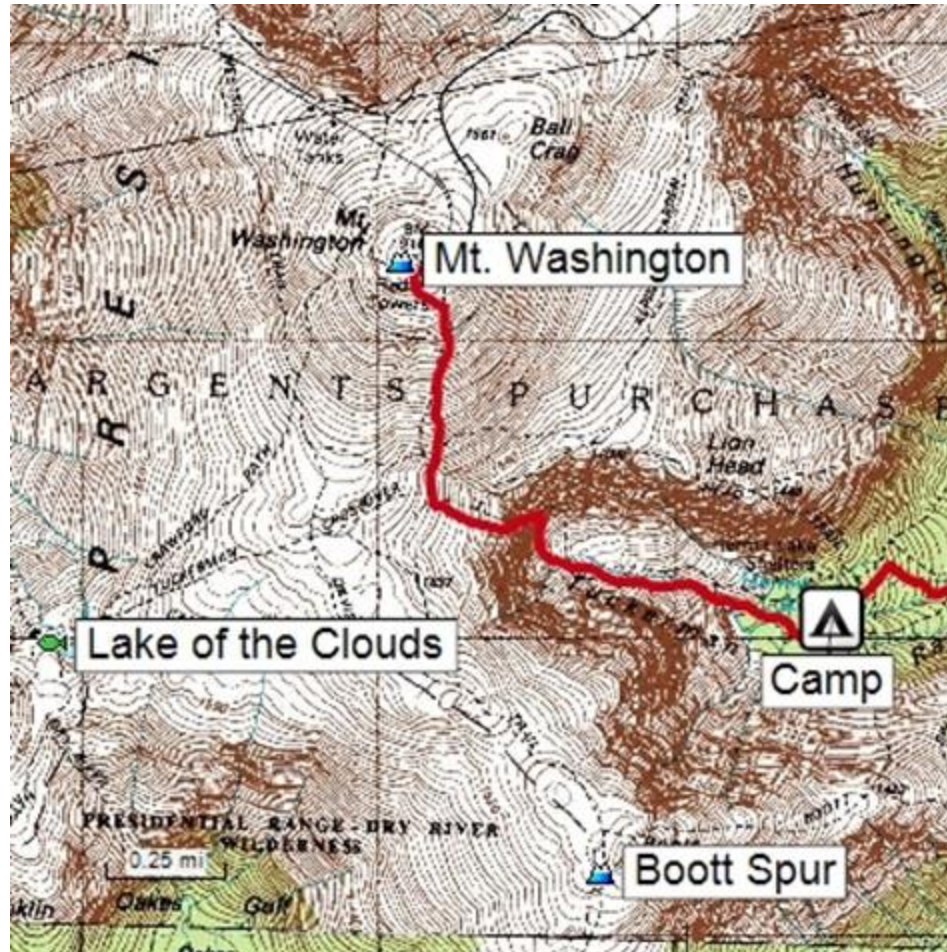
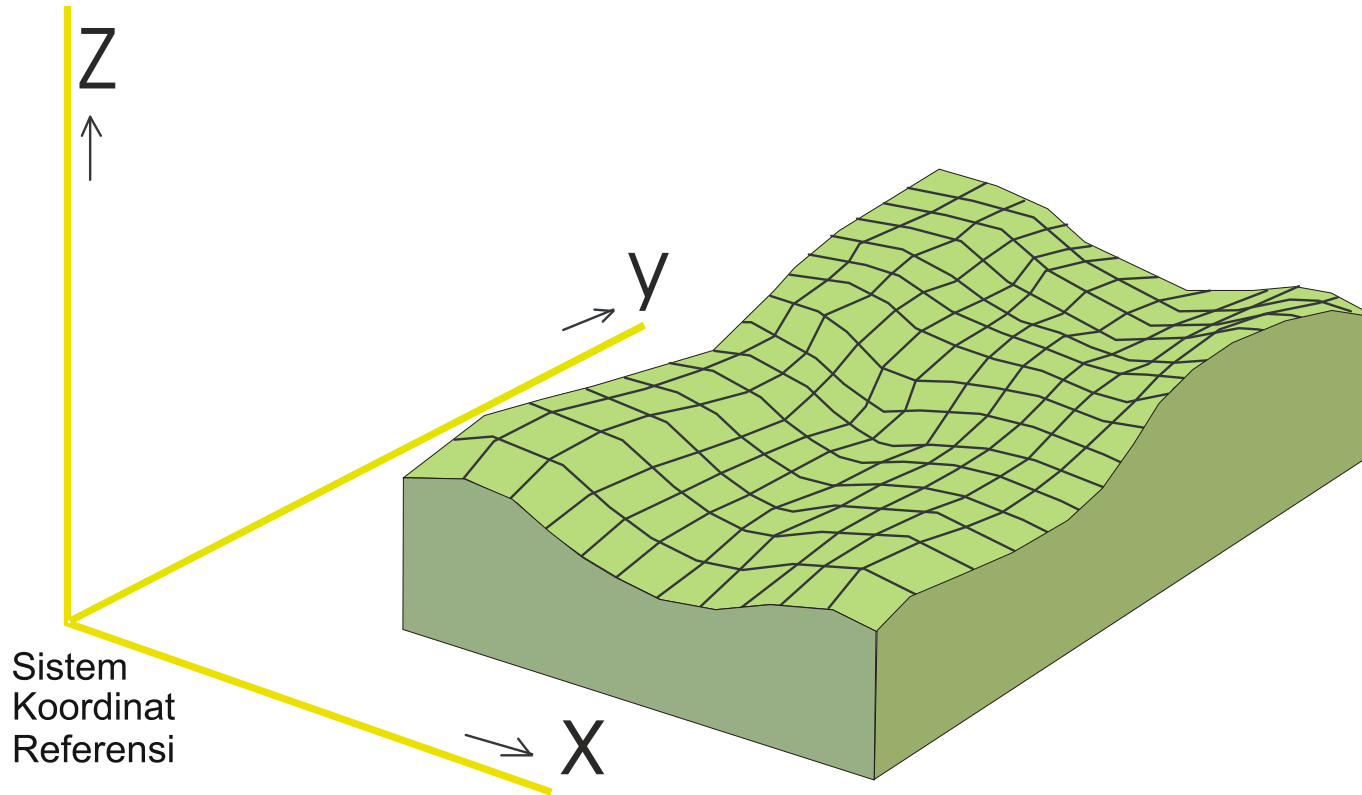


PHOTO MAP

# PRODUK FOTOGRAMETRI



**DIGITAL TERRAIN MAP (DTM)**

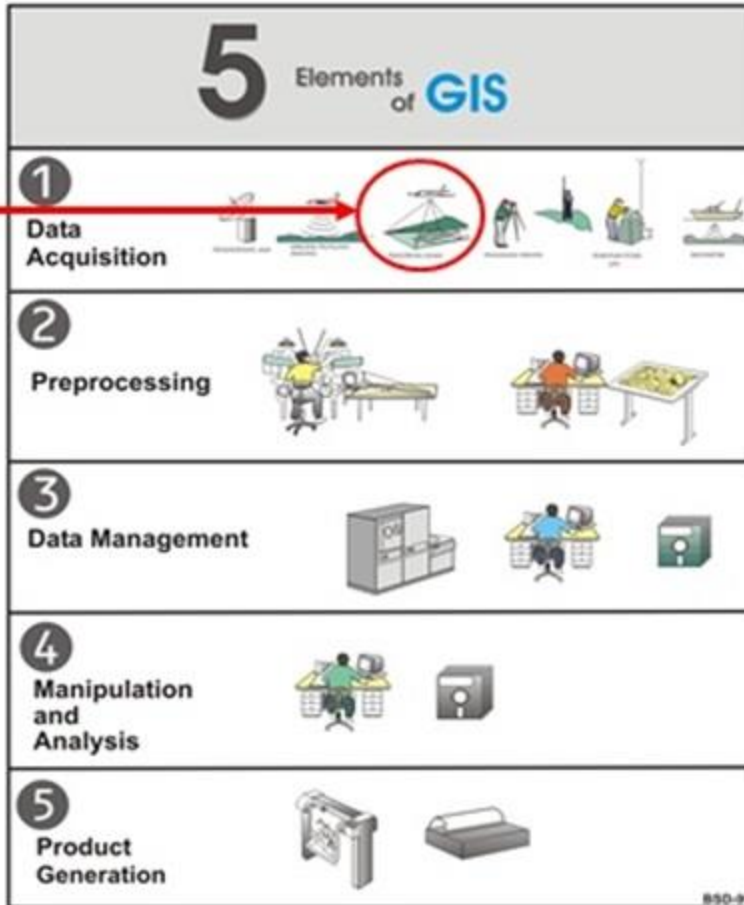


# PRODUK FOTOGRAMETRI

Produk-produk tersebut digunakan oleh berbagai disiplin yang di dalam kegiatannya berkaitan dengan lahan/ permukaan bumi yang cukup luas/proyek skala besar. Tergantung dari keperluannya, maka fotogrametri dapat digunakan dalam tahap-tahap seperti : rekonaisan, studi kelayakan, perencanaan, perancangan, implementasi /konstruksi, operasi/pengelolaan dan pemeliharaan, eksplorasi sumber daya alam, geologi,kehutanan/pertanian. Sedangkan pemanfaatan dalam Sistem Informasi geografi (SIG), fotogrametri merupakan salah satu cara perolehan data yaitu satu dari lima elemen SIG.

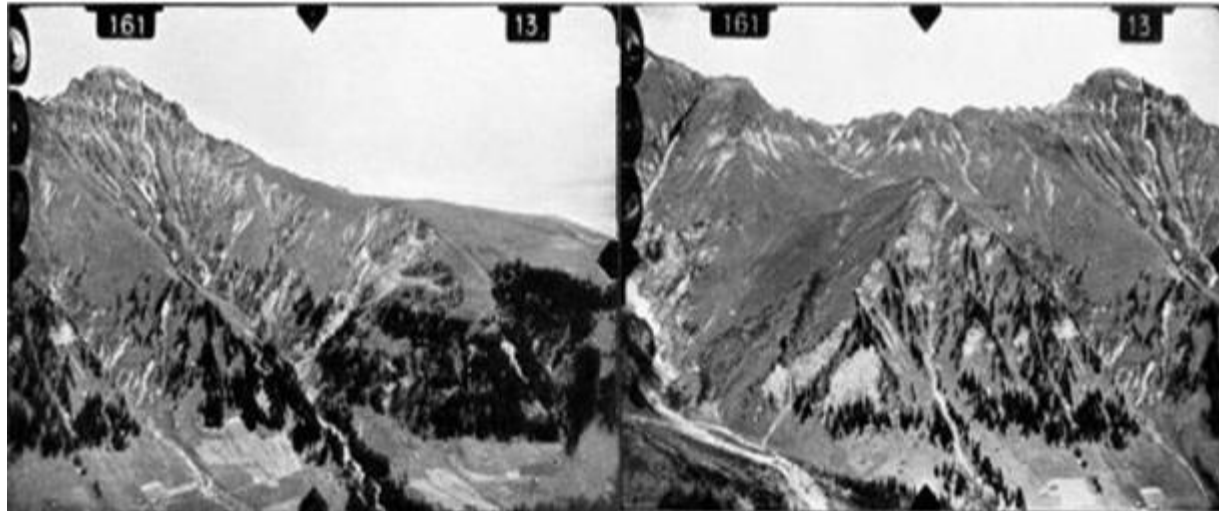
# PRODUK FOTOGRAMETRI

Salah satu metoda  
proses pengadaaan  
data adalah  
**Fotogrametri**



# JENIS FOTOGRAMETRI

**Fotogrametri Terrestri** (*Terrestrial photogrammetry*), dikenal juga dengan istilah *ground photogrammetry* adalah pemotretan dilakukan dengan kamera berada di atas permukaan tanah dengan posisi kamera tetap. Metode ini merupakan pengembangan lebih lanjut dari metode plane table (meja lapangan). Alat yang digunakan antara lain phototheodolit dan ballistic camera.



# JENIS FOTOGRAMETRI

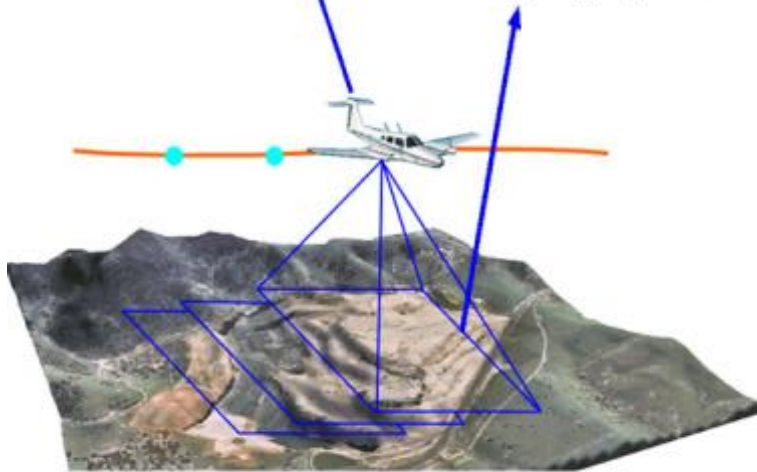
**Fotogrametri Udara (*Aerial photogrammetry*)**, pemotretan dilakukan dimana kamera memiliki ketinggian tertentu di atas permukaan tanah, posisi kamera bergerak (sesuai dengan pesawat terbang).



Onboard RC-Camera inside Aircraft



Analog photograph by RC-Camera



A general view of photographing by RC-Camera

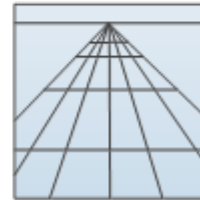
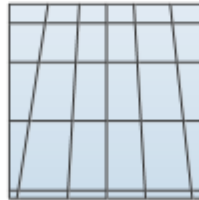
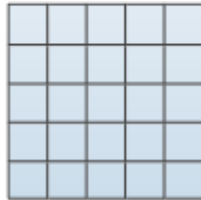
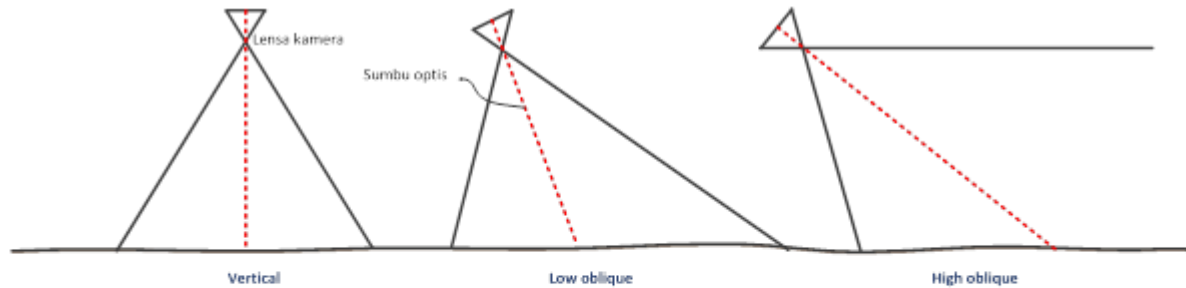
# JENIS FOTOGRAMETRI

## Berdasarkan posisi pengambilan foto

- **Foto udara tegak (*vertical photograph*)**, adalah foto udara hasil pemotretan dimana sumbu kamera sejajar dengan garis arah gaya berat. Jika sumbu kamera pada saat pemotretan dalam posisi tegak, maka bidang negatif foto sejajar dengan permukaan tanah.
- **Foto udara miring (*low oblique photograph*)**, merupakan foto udara hasil pemotretan dimana sumbu kamera membentuk sudut dengan garis arah gaya berat.
- **Foto udara sangat miring (*high oblique photograph*)**, adalah foto udara hasil pemotretan dimana sumbu kamera membentuk sudut dengan garis arah gaya berat, sedemikian rupa sehingga horison tampak pada foto ini

# JENIS FOTOGRAMETRI

Berdasarkan posisi pengambilan foto



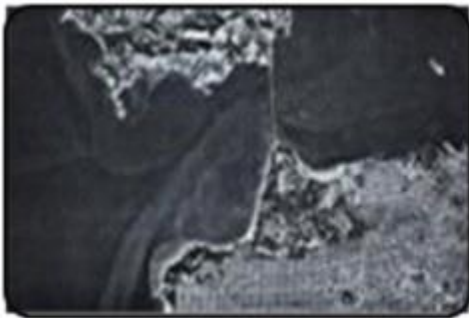
# JENIS FOTOGRAMETRI

## Berdasarkan jenis emulsinya

- ***Black & White monochrome (BW)***, paling banyak digunakan untuk aplikasi pemetaan, diantara jenis film yang paling murah.
- ***Black & White Infrared (BWIR)***, dapat meminimisasi pengaruh adanya cuaca berkabut saat pemotretan.
- ***Natural Color***, untuk interpretasi pengenalan feature/ unsur dengan ciri warna natural.
- ***Colour Infrared (CIR)***, banyak digunakan untuk menejemen sumber daya alam terutama untuk pengenalan feature yang mempunyai kandungan air.

# JENIS FOTOGRAMETRI

Berdasarkan jenis emulsinya



PANCHROMATIK



WARNA /NATURAL



COLOUR INFRARED

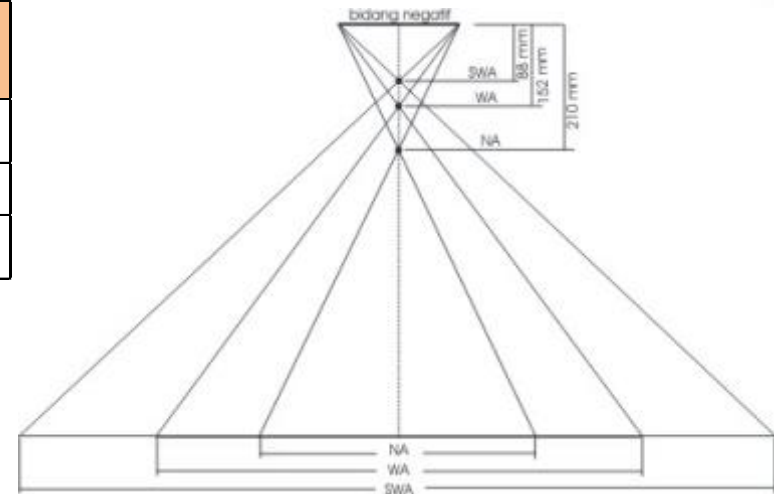


# JENIS FOTOGRAMETRI

## Berdasarkan format kameranya

- **Foto udara format besar**, dengan ukuran 23 cm x 23 cm. Jenis foto ini diambil dengan kamera metrik dan paling umum digunakan dalam fotogrametri. Untuk kamera metrik ukuran normal dikenal tiga sudut bukaan (*angle field of view*), yaitu :

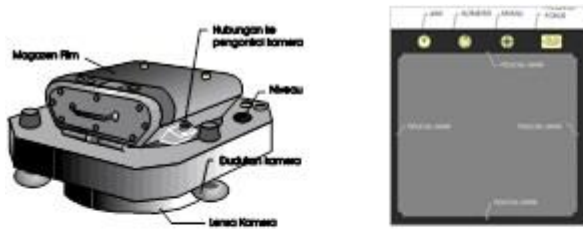
TYPE	UKURAN NEGATIF	FOKUS (f)	SUDUT PANDANGAN
Normal angle	23 cm x 23 cm	210 mm	60°
Wide angle	23 cm x 23 cm	152 mm	90°
Super wide angle	23 cm x 23 cm	88 mm	120°



# JENIS FOTOGRAMETRI

## Berdasarkan format kameranya

- Foto udara format kecil, (small format aerial photograph), dengan ukuran 6 cm x 6 cm atau 24 mm x 35 mm



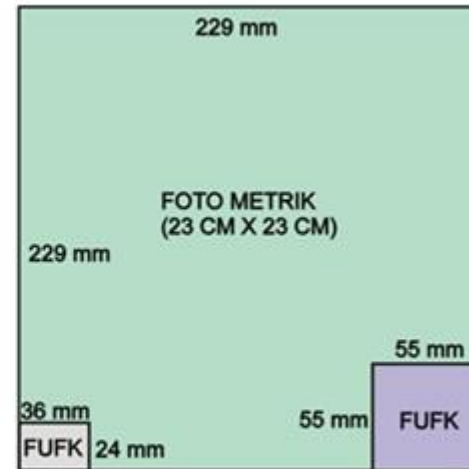
KAMERA METRIC WILD RC-9 DAN FOTO UDARA UK.23 X 23 CM



Kamera format 6 x 6 cm  
Rollei 6002



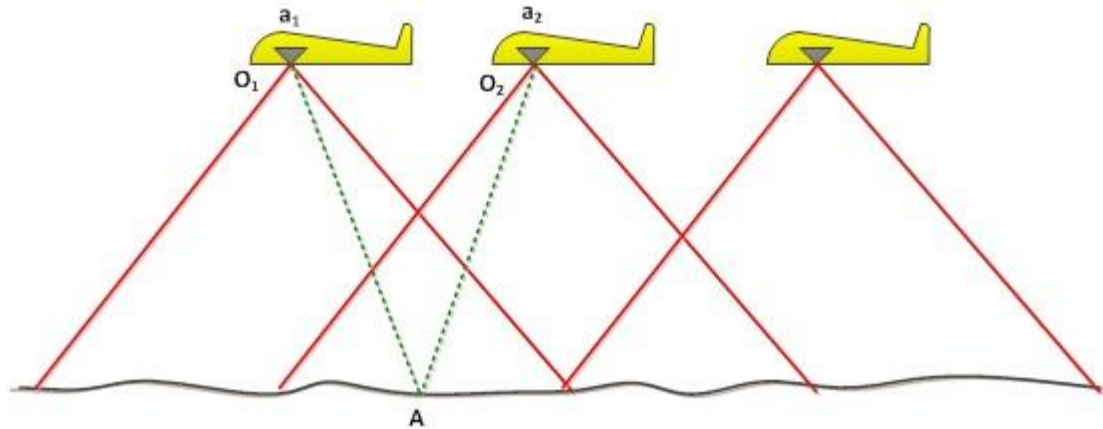
Kamera format 24 x 24 mm  
Nikon AF 600



Ukuran foto udara

# PRINSIP PEMBUATAN PETA DARI FOTO UDARA

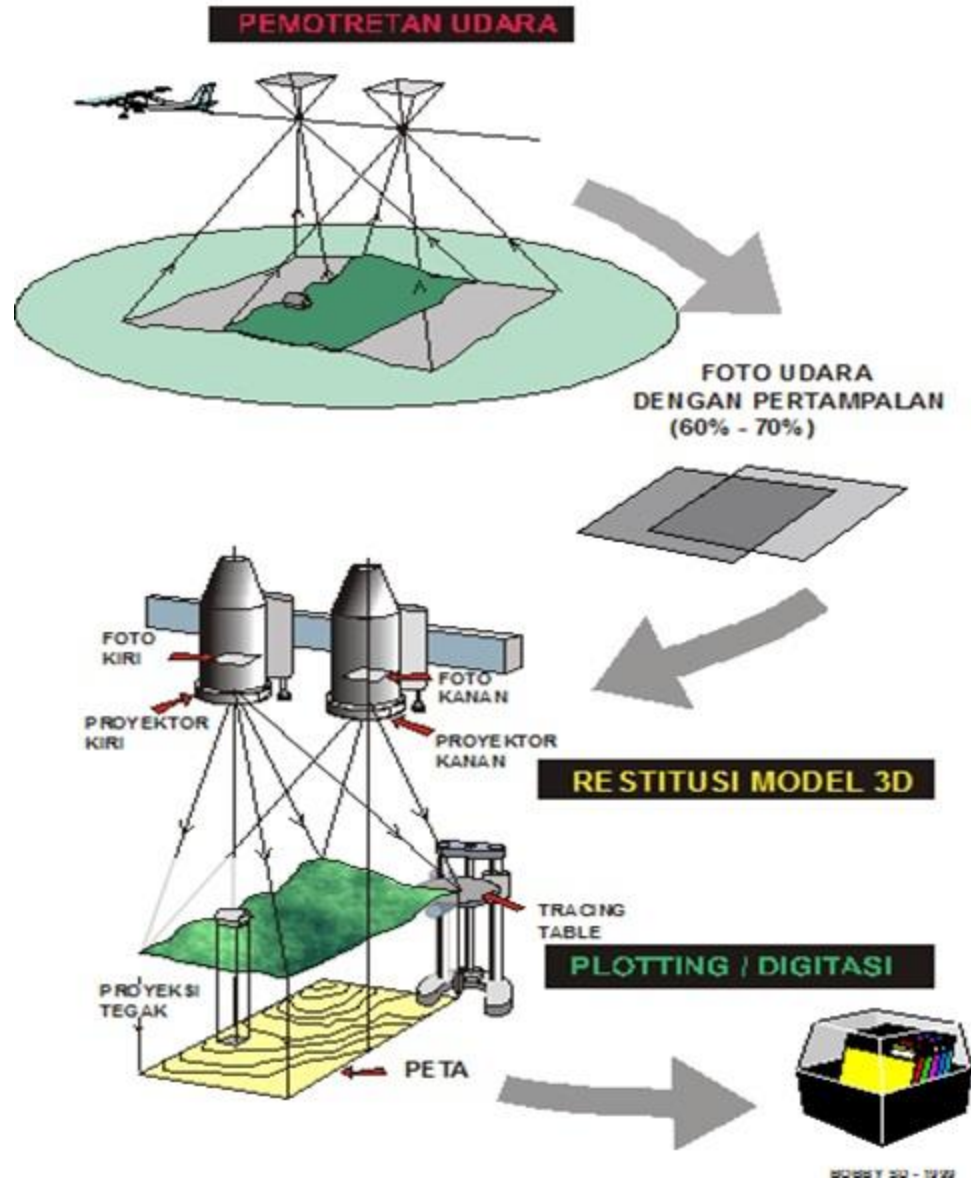
Pertama-tama membuat suatu bayangan tiga dimensi dari foto-foto udara yang merupakan gambar-gambar dua dimensi



syarat-syarat dalam pengambilan foto udara, dimana pengambilan foto yang berurutan haruslah saling overlap satu dengan yang lainnya.

**Jadi konsep dasar fotogrametri adalah merekonstruksikan kembali keadaan pemotretan seperti sebelumnya untuk membuat model yang sama dengan subyek dan menggambar peta dengan menggunakan model tersebut**

# PRINSIP PEMRIATAN PETA DARI FOTO UDARA



# PERALATAN PENUNJANG FOTOGRAMETRI

## **Kamera (*aerial camera*)**

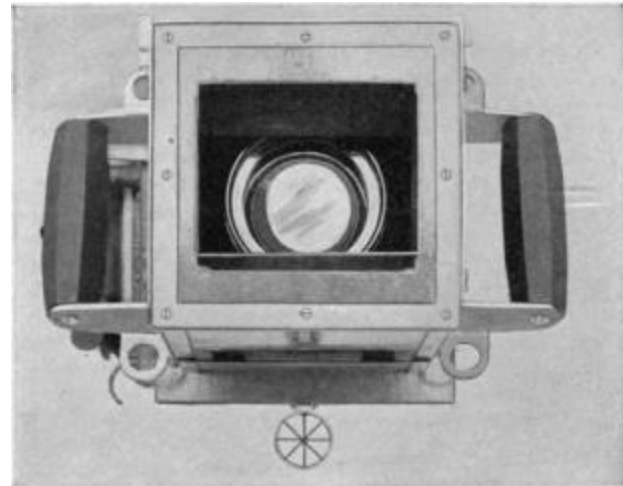
alat ini yang berperan dalam mengambil foto, sehingga kualitas hasil gambar harus ditunjang dengan teknologi dan pengetahuan terhadap kamera yang digunakan

Persyaratan :

dapat bekerja pada kecepatan tinggi dan kondisi cuaca yang cukup ekstrim termasuk akibat pengaruh vibrasi pesawat dan akurasi yang tinggi

# PERALATAN PENUNJANG FOTOGRAMETRI

**Kamera udara lensa tunggal,** kamera jenis ini yang paling sering digunakan pada saat ini untuk pemetaan. Kelebihan alat ini menghasilkan kualitas geometri gambar yang terbaik.



**Kamera udara dengan multi lensa,** kamera jenis ini khusus digunakan untuk maksud-maksud tertentu, dimana kamera ini terdiri dari lebih satu lensa. Secara karakteristik hampir sama dengan kamera udara lensa tunggal.

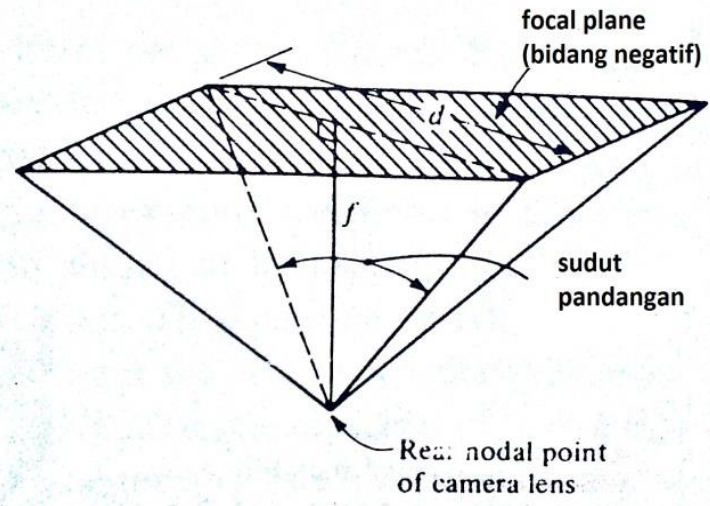
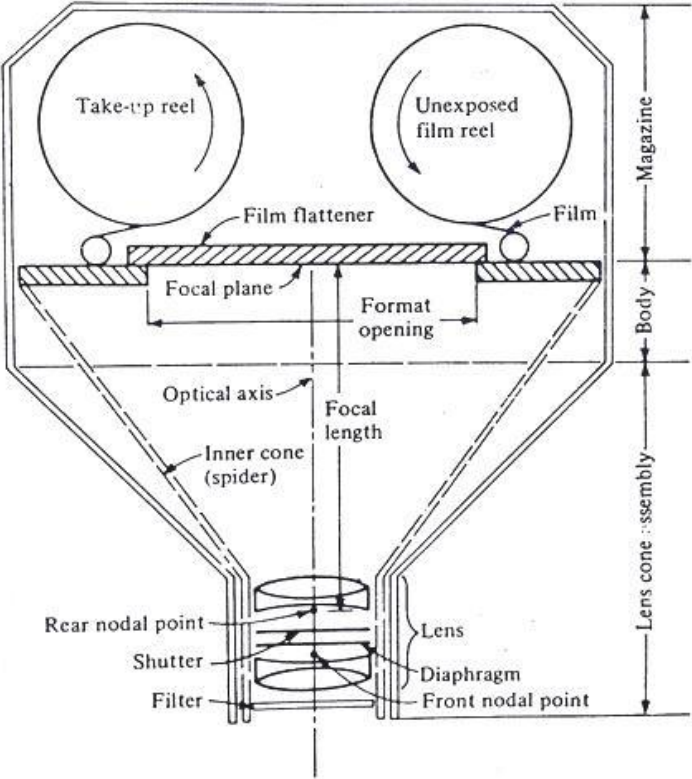


# PERALATAN PENUNJANG FOTOGRAMETRI

**Strip kamera**, kamera ini memiliki konstruksi khusus dimana film bergerak secara otomatis dan celah terbuka selama pemotretan.

**Kamera panorama**, kamera jenis ini sering digunakan untuk keperluan khusus, seperti interpretasi, reklame, promosi dan sebagainya.

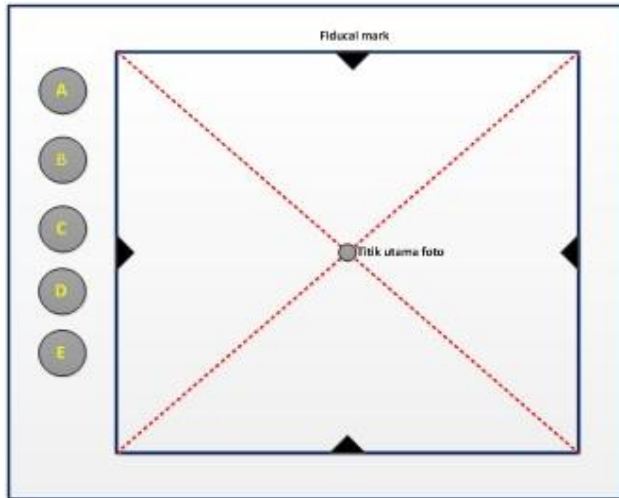
# KONSTRUKSI KAMERA UDARA





# PERALATAN PENUNJANG FOTOGRAMETRI

## Lembaran Foto



KETERANGAN :  
A = Altimeter (alat petunjuk ketinggian terbang)  
B = Nivo (niveau)  
C = Alat penunjuk saat pemotretan  
D = No.urut pemotretan  
E = Panjang fokus kamera

Penjelasan dari masing-masing keterangan gambar tersebut adalah :

**Nivo**, adalah indikator kedataran foto/kamera saat pemotretan, pemotretan tidak boleh dilakukan apabila kemiringan pesawat melebihi  $5^{\circ}$ .

**Altimeter**, alat untuk menentukan ketinggian terbang pada permukaan laut rata-rat /msl setempat.

**Panjang fokus kamera (Principal distance)**, disesuaikan dengan jenis sudut pengambilan kameranya.

**Tanda waktu pemotretan**, sebaiknya dihindari dilakukan pada tengah hari karena ada efek sunspot yang dapat menimbulkan foto tidak ada bayangan yang diperlukan dalam interpretasi.

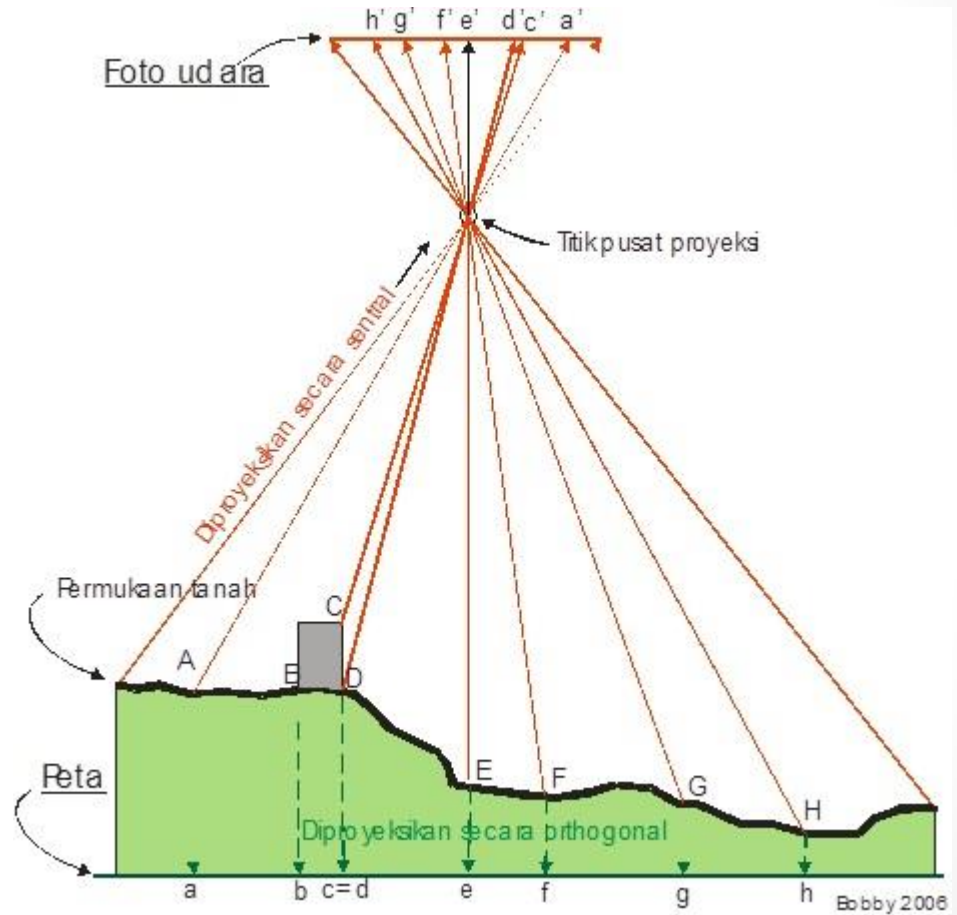
**Nomor urut pemotretan**, diperlukan untuk penyusunan urutan proses overlapping.

**Fiducal mark (tanda tepi)**, adalah tanda yang dibuat pada bidang fokus kamera udara metrik untuk menentukan posisi titik utama foto dan menentukan sistem koordinat foto. Letaknya disetiap tengah sisi bingkai foto.

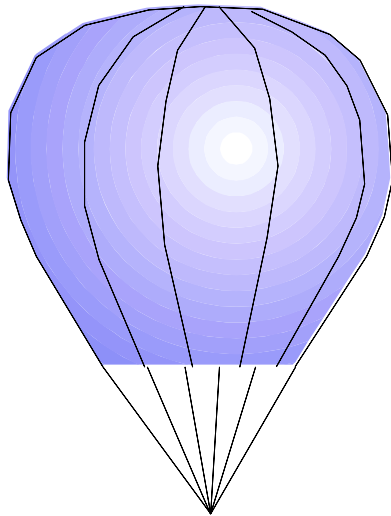
# Foto vs Peta

Foto → Proyeksi Sentral

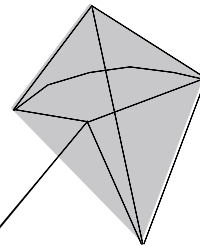
Peta → Proyeksi Orthogonal



# Foto vs Peta



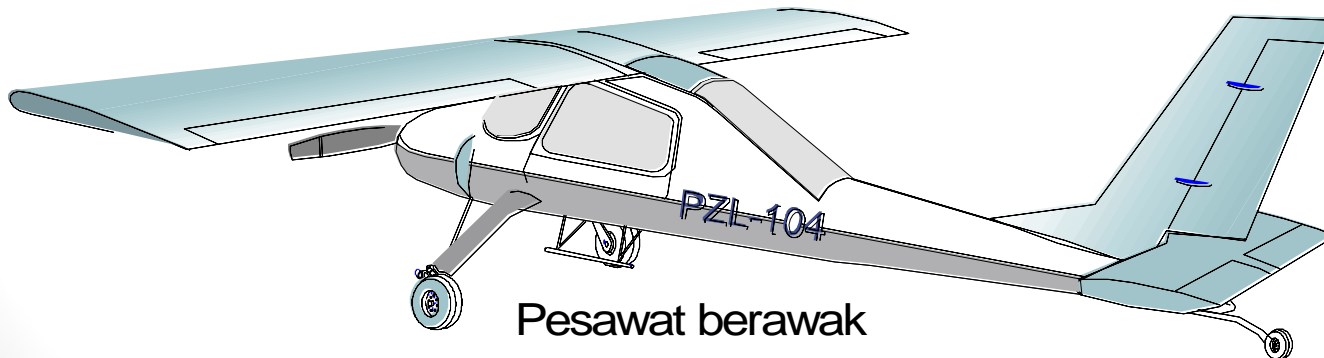
Balon Udara



Layang-layang



Pesawat miniatur

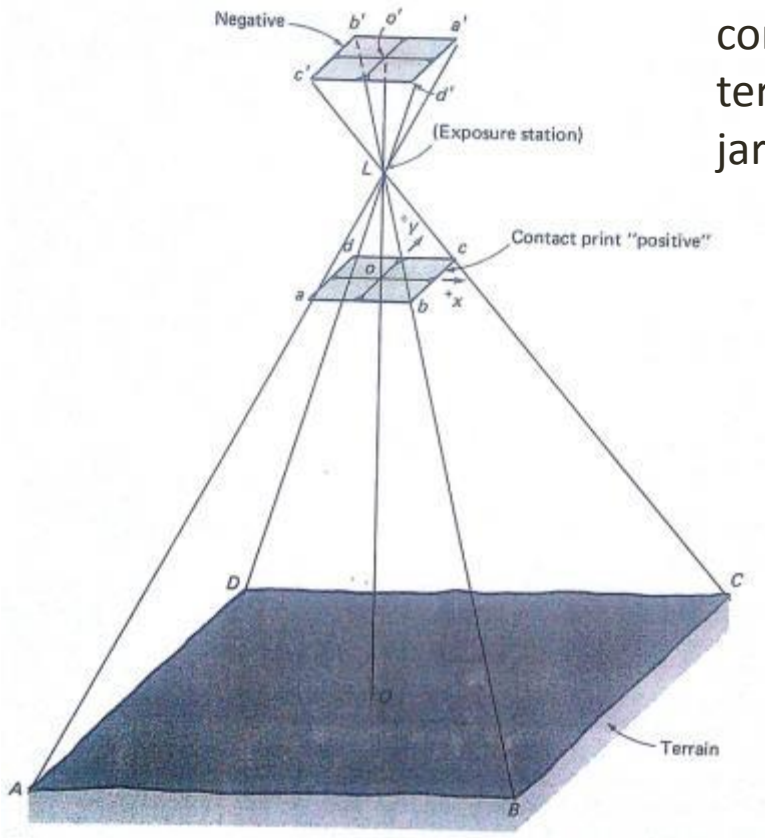


Pesawat berawak

# GEOMETRI FOTO UDARA

Foto udara yang diambil dari pesawat dengan sumbu optis kamera vertikal disebut foto udara tegak

Bidang positif atau dikenal dengan istilah contact print positive merupakan bidang 180° terbalik dari bidang negatif. Jarak  $oL$  adalah jarak fokus kamera (*focal length*).



# GEOMETRI FOTO UDARA

## Persyaratan dalam Pemotretan Udara untuk Pemetaan

- Setiap pemotretan harus dilakukan sesuai dengan perencanaan yang telah dibuat.
- Sumbu ke satu harus benar-benar tegak pada saat pemotretan.
- Tidak diperbolehkan adanya gerakan relatif dari kamera terhadap tanah selama pemotretan.
- Lensa kamera harus bebas dari distorsi
- Negatif harus benar-benar datar dan tegak lurus pada sumbu optis pada saat pemotretan.
- Emulsi film harus benar-benar merata.
- Keadaan cuaca pada saat pemotretan harus benar-benar baik.

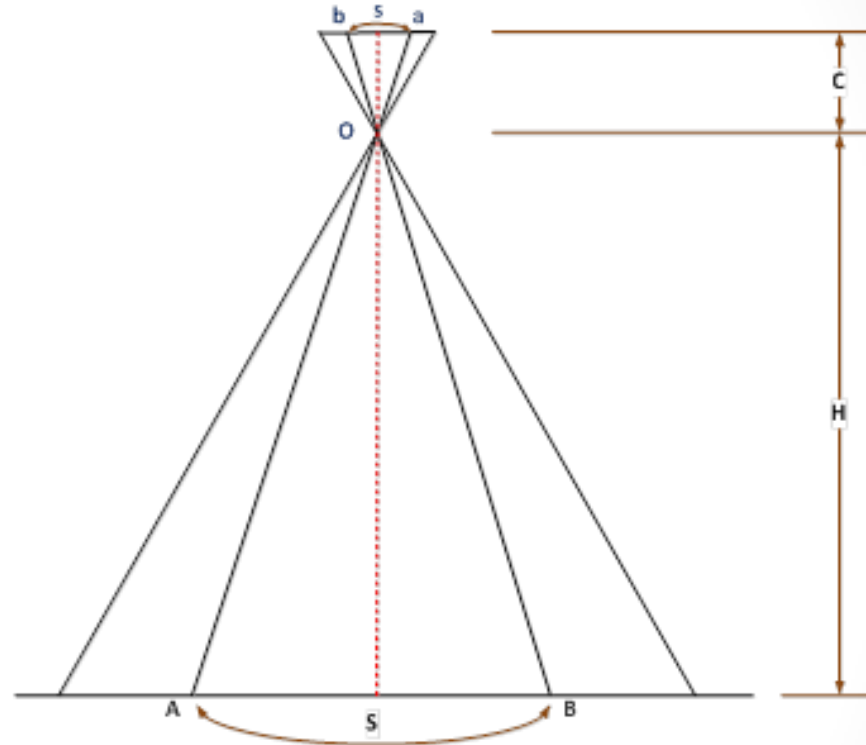
# GEOMETRI FOTO UDARA

## Skala Foto Udara

Jika menggunakan kamera yang sama maka skala gambar pada foto berbanding terbalik dengan tinggi pemotretannya (tinggi terbang). Apabila sumbu kamera benar-benar vertikal, sedangkan permukaan tanah yang difoto adalah bidang horisontal maka perbandingan panjang "s" pada foto terhadap jarak "S" pada permukaan tanah adalah :

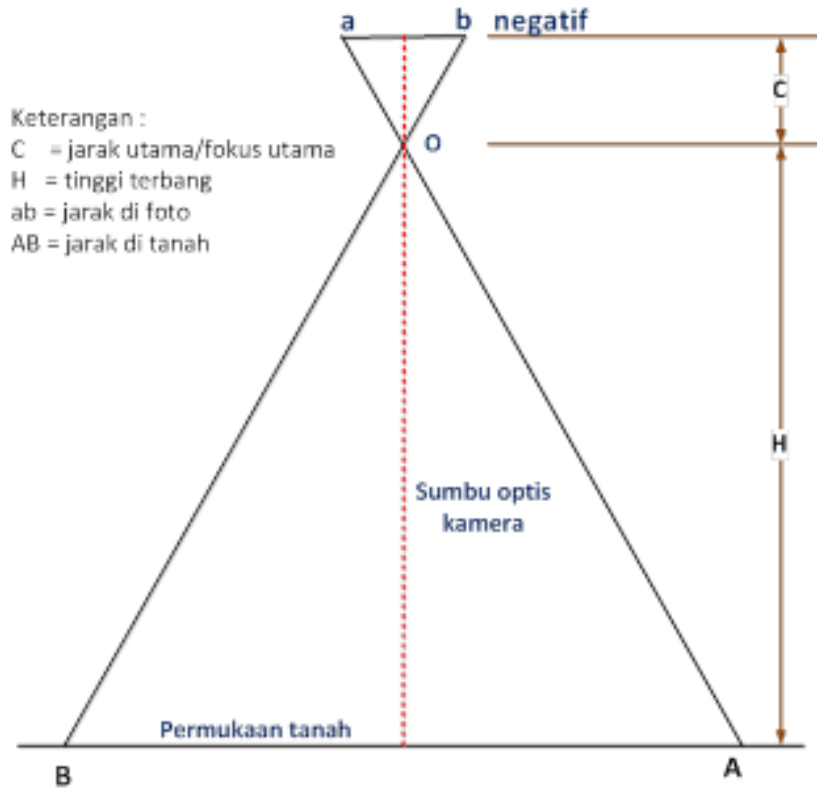
$$M = \frac{s}{S} = \frac{C}{H}$$

Syarat ini berlaku apabila syarat-syarat foto udara vertikal dan daerah datar dipenuhi. Jadi skala foto udara diartikan sebagai perbandingan panjang C terhadap tinggi terbang H



# GEOMETRI FOTO UDARA

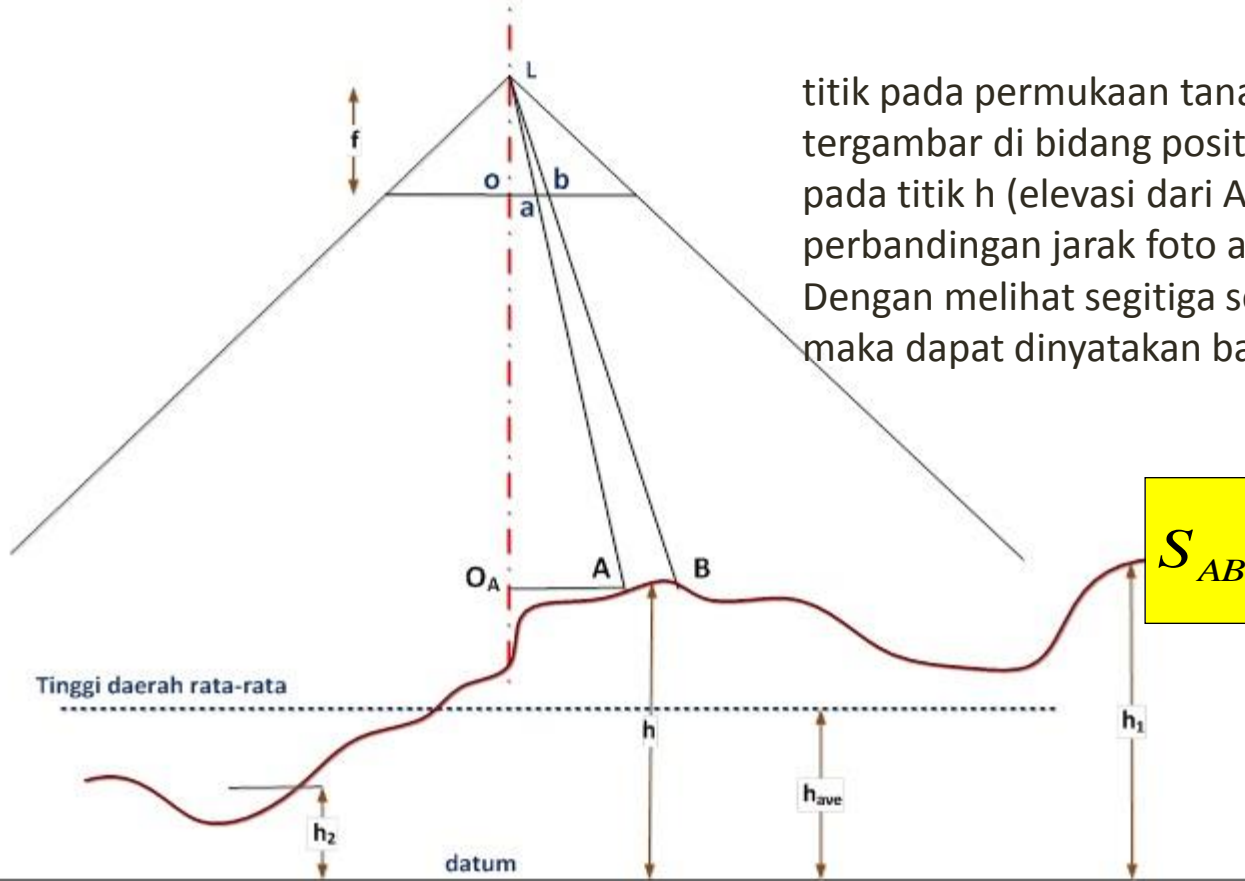
## Skala foto udara tegak pada daerah datar



$$M = \frac{ab}{AB} = \frac{C}{H}$$

# GEOMETRI FOTO UDARA

## Skala foto udara tegak pada daerah tidak datar



titik pada permukaan tanah yaitu titik A dan B tergambar di bidang positif pada a dan b. Skala foto pada titik h (elevasi dari A dan B) adalah perbandingan jarak foto ab terhadap jarak AB. Dengan melihat segitiga sebangun  $\Delta Lab$  dan  $\Delta LAB$  maka dapat dinyatakan bahwa skala foto (S) :

$$S_{AB} = \frac{ab}{AB} = \frac{La}{LA}$$



# GEOMETRI FOTO UDARA

## Skala foto udara tegak pada daerah tidak datar

Dengan mengamati  $\Delta LOAA$  dan  $\Delta Lo_a$ , maka :

$$\frac{La}{LA} = \frac{f}{H - h}$$

Dengan mensubstitusi persamaan di atas, maka dapat dinyatakan :

$$S_{AB} = \frac{ab}{AB} = \frac{f}{H - h}$$

Pada kasus tertentu, skala foto udara dapat menggunakan skala rata-rata untuk menjelaskan skala foto yang diambil untuk daerah dengan variasi ketinggian dengan menggunakan persamaan :

$$S_{avg} = \frac{f}{H - h_{avg}}$$

# PERGESERAN RELIEF FOTO UDARA TEGAK (RELIEF DISPLACEMENT)

**Pergeseran relief** adalah pergeseran pada posisi fotografis dari suatu bayangan benda yang disebabkan karena permukaan bumi yang tidak rata atau disebabkan karena benda tersebut memiliki ketinggian terhadap suatu datum. Dengan memperhatikan pada datum yang ada maka :

- Jika sebuah titik terletak di bawah datum, maka arah pergeserannya ke dalam.
- Jika sebuah titik terletak di atas datum, maka arah pergeserannya ke luar.

# PERGESERAN RELIEF FOTO UDARA TEGAK (RELIEF DISPLACEMENT)

Suatu titik A terletak pada posisi  $h_A$  di atas datum, terpotret pada suatu foto udara tegak di a. Jika titik B (proyeksi titik A pada datum) terpotret di b, maka ab adalah pergeseran relief. Arah pergeserannya ke luar, untuk menghitung berapa pergeserannya dapat dilihat sebagai berikut :

Lihat  $\Delta aPO$  sebangun dengan  $\Delta AA'O$ , maka :

$$\frac{C}{H - h_A} = \frac{r}{R} \text{ atau } CR = r(H - h_A)$$

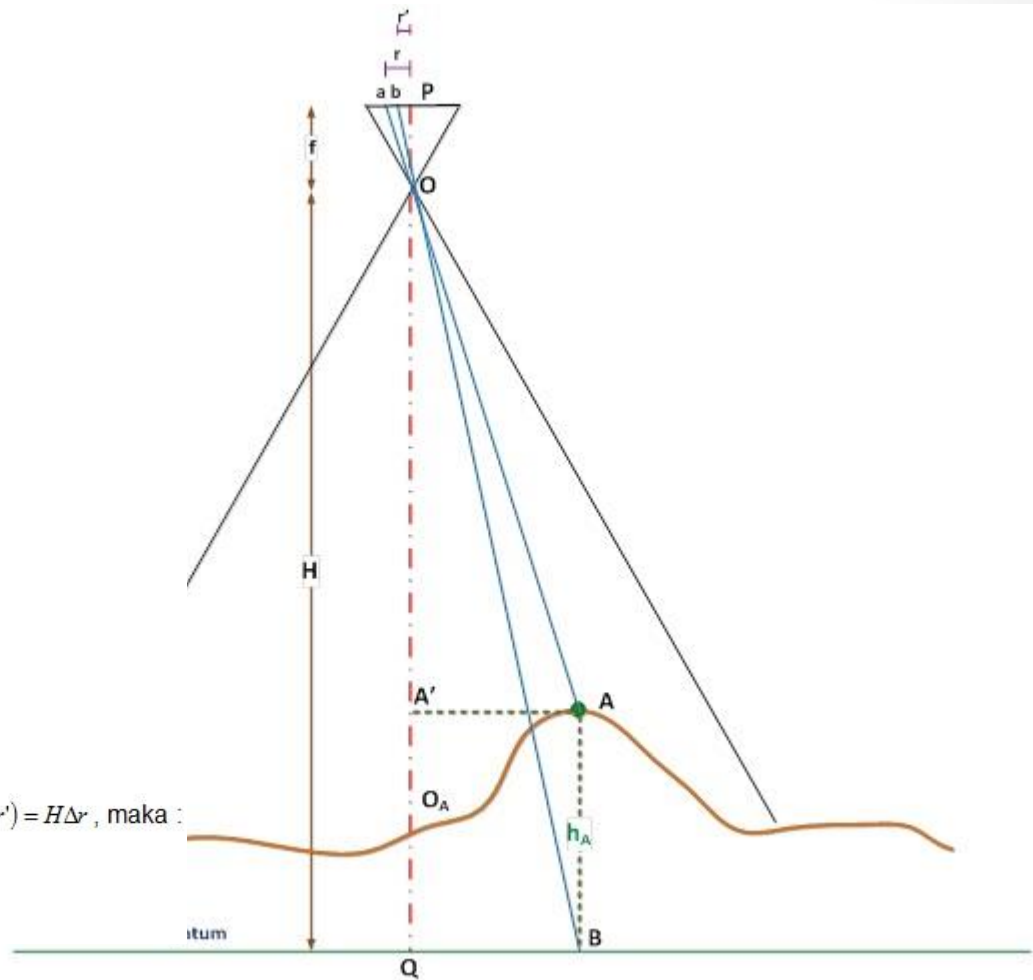
Dari  $\Delta bPO$  sebangun dengan  $\Delta BQO$  didapat :

$$\frac{C}{H} = \frac{r'}{R} \text{ atau } CR = r'H$$

Dari persamaan kedua di atas, maka :

$$r'H = r(H - h_A) \text{ atau } r'H = rH - r h_A \text{ atau } r h_A = H(r - r') = H\Delta r, \text{ maka :}$$

$$\Delta r = \frac{r \times h_A}{H}$$



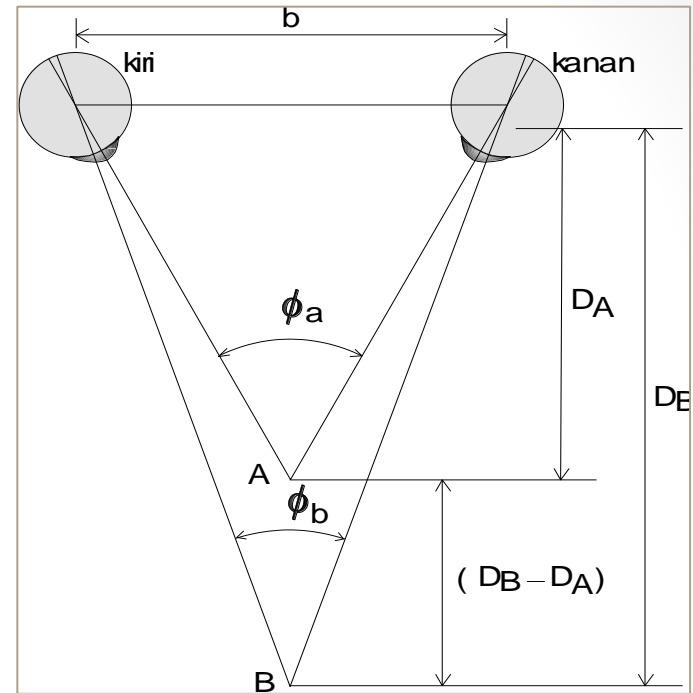
# **PERGESERAN RELIEF FOTO UDARA TEGAK (RELIEF DISPLACEMENT)**

Dengan demikian dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Semakin tinggi suatu obyek, semakin besar pergeseran reliefnya.
2. Semakin tinggi posisi kamera, maka semakin kecil pergeseran reliefnya
3. Semakin besar jarak radial dari titik utama, semakin besar pergeseran reliefnya.

# PENGLIHATAN TIGA DIMENSI (STREEROSKOPIS)

Penglihatan manusia yang memiliki penglihatan yang normal, yaitu orang yang dapat melihat dengan kedua mata secara bersama-sama disebut penglihatan **binokuler**. Dengan pengamatan jarak atau kedalaman tersebut disebut pandangan stereoskopis. Sedangkan pandangan **monokuler** adalah penglihatan yang menggunakan hanya satu mata saja dan cara pengamatan jaraknya disebut monoskopis.

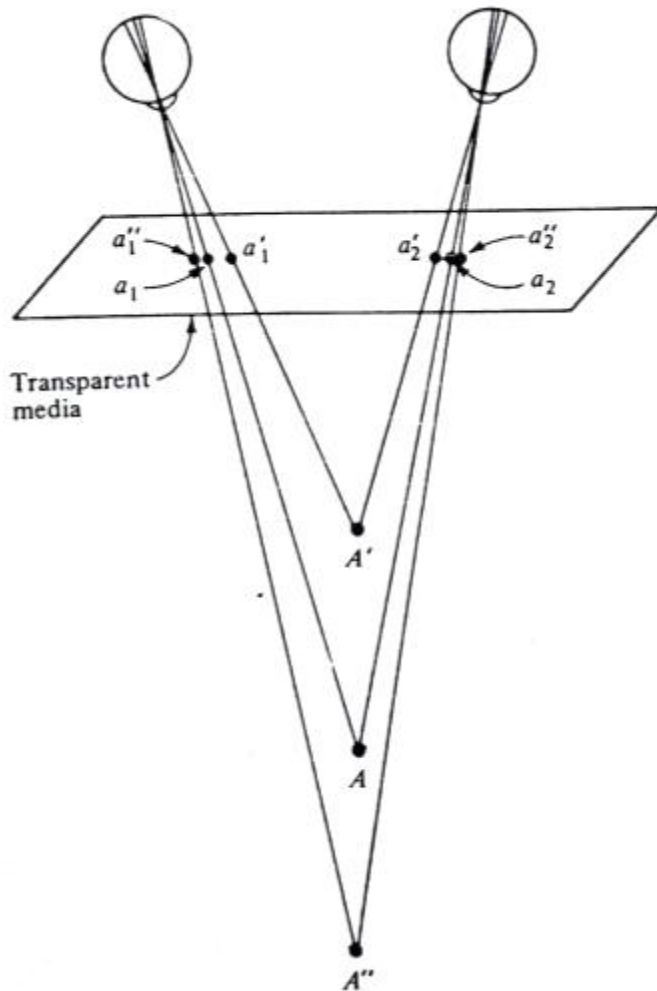


Pada penglihatan binokuler, jika kedua mata difokuskan pada suatu titik, maka sumbu optis dari kedua mata tersebut berpotongan pada titik tersebut dan membentuk sudut yang disebut sudut paralaktis. Untuk obyek yang dekat dengan mata, akan memiliki sudut paralaktis yang besar dibandingkan obyek yang letaknya lebih jauh.

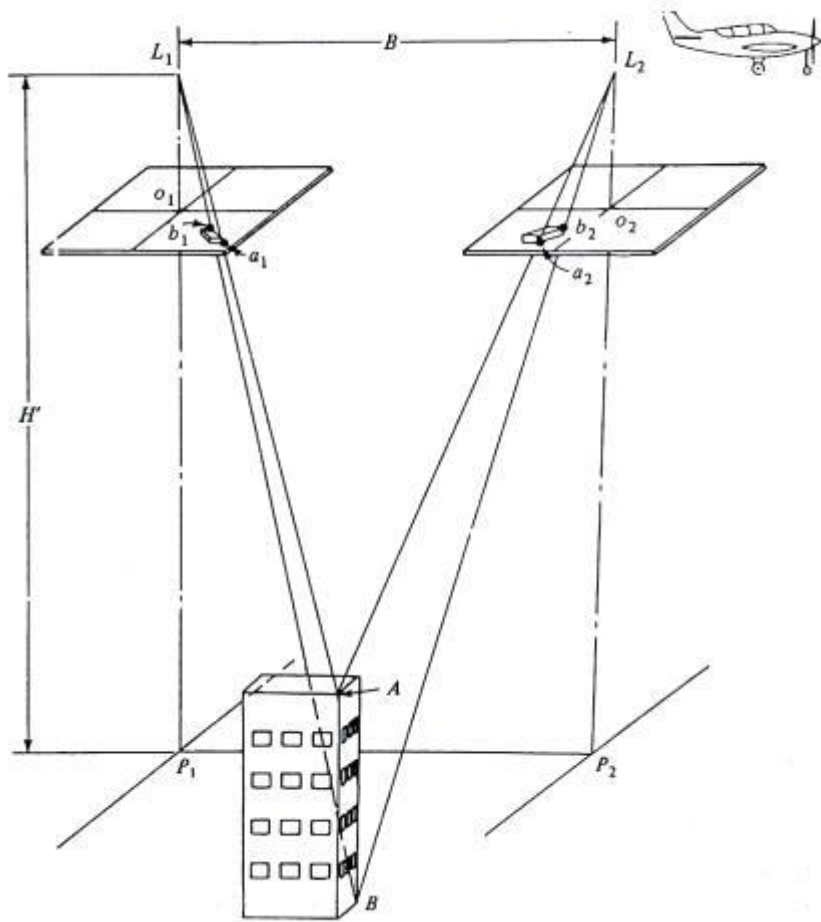
$$D_{BA} = D_B - D_A, \text{ dimana } D_A = f(\phi_A) \text{ dan } D_B = f(\phi_B)$$

Jarak terdekat persepsi kedalaman stereoskopis pada manusia normal adalah 25 cm, dengan basis mata (b) sekitar 66 mm.

# PENGAMATAN FOTO SECARA STEREOSKOPI



Bayangkan jika mengamati benda A secara stereoskopis, seolah-olah terdapat kertas/film transparan yang diletakkan seperti Gambar. Kemudian juga seolah-olah titik A tersebut tergambar pada  $a_1$  oleh garis penglihatan mata kiri dan juga  $a_2$  oleh garis penglihatan mata kanan. Dari titik  $a_1$  dan  $a_2$  dapat disebut sebagai tanda bayangan dan jika tanda bayangan tersebut saling mendekat satu sama lain (seperti  $a_1'$  dan  $a_2'$ ), maka sudut paralaksisnya bertambah besar demikian juga sebaliknya.



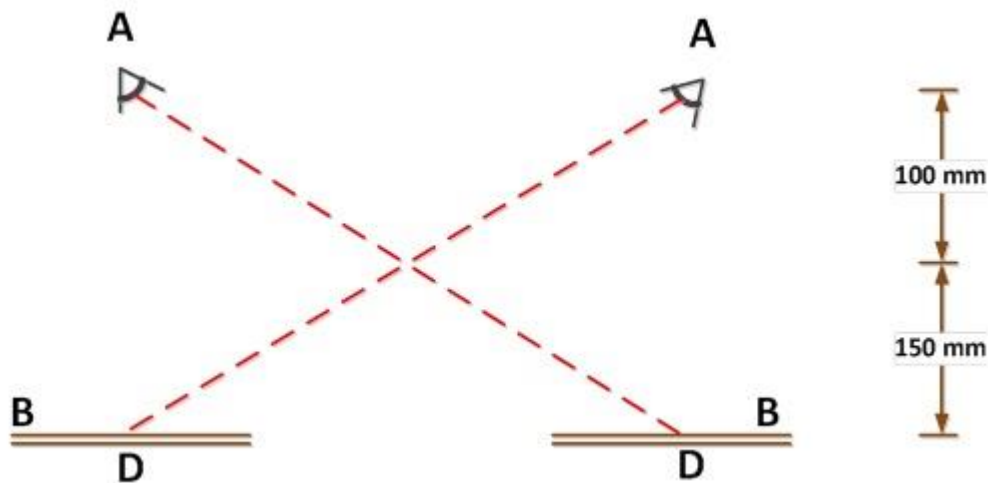
Jika kedua foto ini diletakkan di atas meja dan kedudukannya, sesuai dengan urutan pemotretan. Kemudian mata kiri digunakan untuk melihat foto kiri dan mata kanan hanya melihat foto kanan saja, maka didapatkan pandangan 3 dimensi dari menara itu. Model ini dikenal juga sebagai model stereoskopis atau biasa disebut **stereo mode**.

Hal ini dapat diilustrasikan dengan pemotretan udara, maka dapat diasumsikan sepasang foto udara yang saling overlap (bertampalan) diambil dari stasiun pemotretan  $L_1$  dan  $L_2$  di udara. Tinggi terbang pesawat di atas tanah adalah  $H'$ , jarak antara dua pemotretan di udara disebut sebagai basis udara ( $B$ ). Misalkan  $A$  merupakan puncak suatu menara terpotret pada  $a_1$  (foto kiri) dan  $a_2$  (foto kanan), sedangkan alas menara  $B$  terpotret sebagai  $b_1$  (foto kiri) dan  $b_2$  (foto kanan)

# Cara Mendapatkan bentuk 3 Dimensi dari pasangan foto yang saling bertampalan

## Pengamatan dengan sumbu mata bersilangan

kelebihan dengan cara ini adalah jarak kedua titi yang diamati bisa melebihi basis mata. Sedangkan kekurangannya adalah menyebabkan ketegangan mata dan melelahkan.

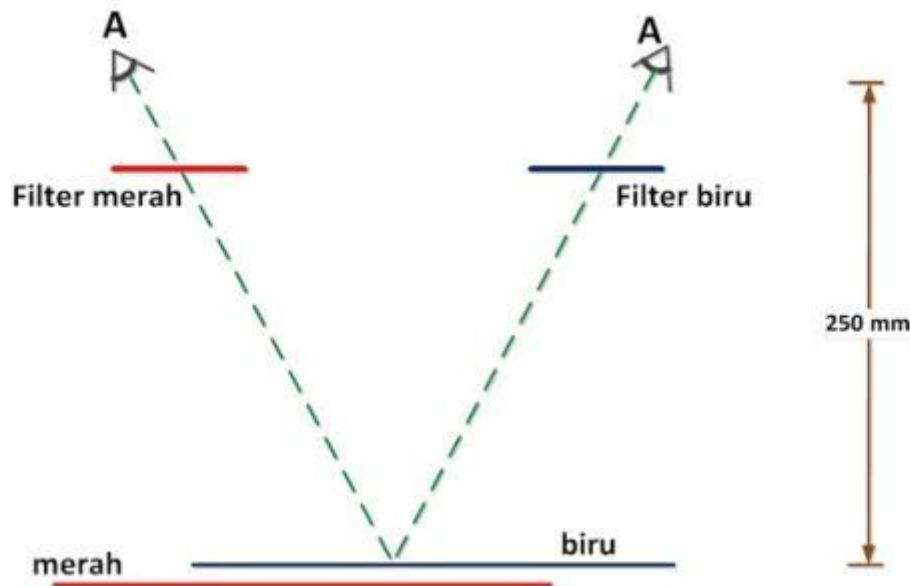




# Cara Mendapatkan bentuk 3 Dimensi dari pasangan foto yang saling bertampalan

## Pengamatan dengan sumbu mata konvergen,

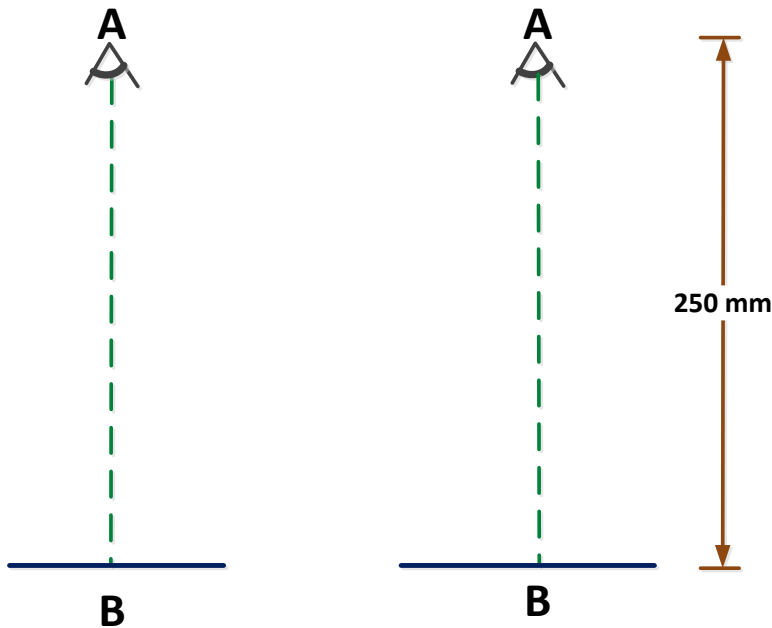
merupakan cara penglihatan yang normal karena mata melakukan konvergensi dan akomodasi pada jarak yang sama yaitu 250 mm. Pada cara ini, foto dicetak dalam dua warna yaitu merah dan biru. Kemudian dengan menggunakan filter merah dan biru untuk melihat foto tadi dengan posisi yang sama. Keuntungannya : dapat dilakukan konvergensi dan akomodasi pada jarak yang sama. Kerugiannya : dilakukan pada ruang yang gelap, kehilangan energi cahaya.



# Cara Mendapatkan bentuk 3 Dimensi dari pasangan foto yang saling bertampalan

## Pengamatan dengan sumbu mata sejajar,

cara ini dapat dilakukan tanpa bantuan alat optis, konvergensi di titik tak terhingga dan akomodasi pada jarak 25 cm. Prinsip inilah yang digunakan pada stereoskopis.





**FOTO KIRI**



**FOTO KANAN**



**FOTO STEREO ANAGLYPH**

# Syarat foto dapat dilihat menjadi bentuk 3 dimensi :

- Pemotretan harus dilakukan dengan sumbu kamera sejajar atau hampir sejajar
- Foto tersebut harus mencakup daerah yang sama tetapi 2 posisi yang berlainan (saling bertampalan)
- Skala foto harus sama/hampir sama, perbedaan skala yang diijinkan sebesar 5