

SURVEYING

(CIV -104)

PERTEMUAN 15 :

PERENCANAAN FOTO UDARA



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

Format foto udara

Vertical Aerial Photograph

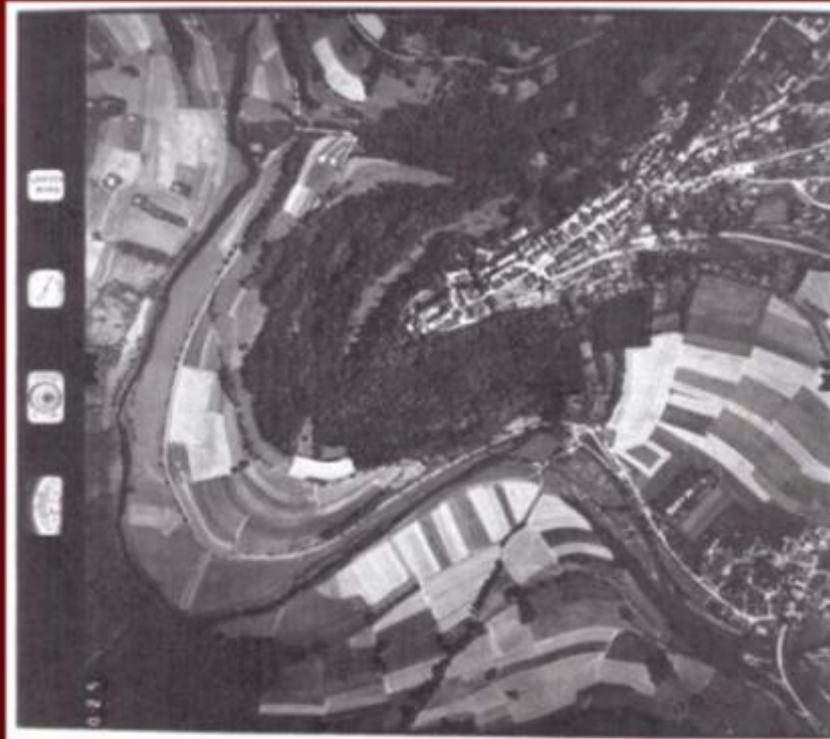
Image ID

Clock

Level bubble

Altimeter

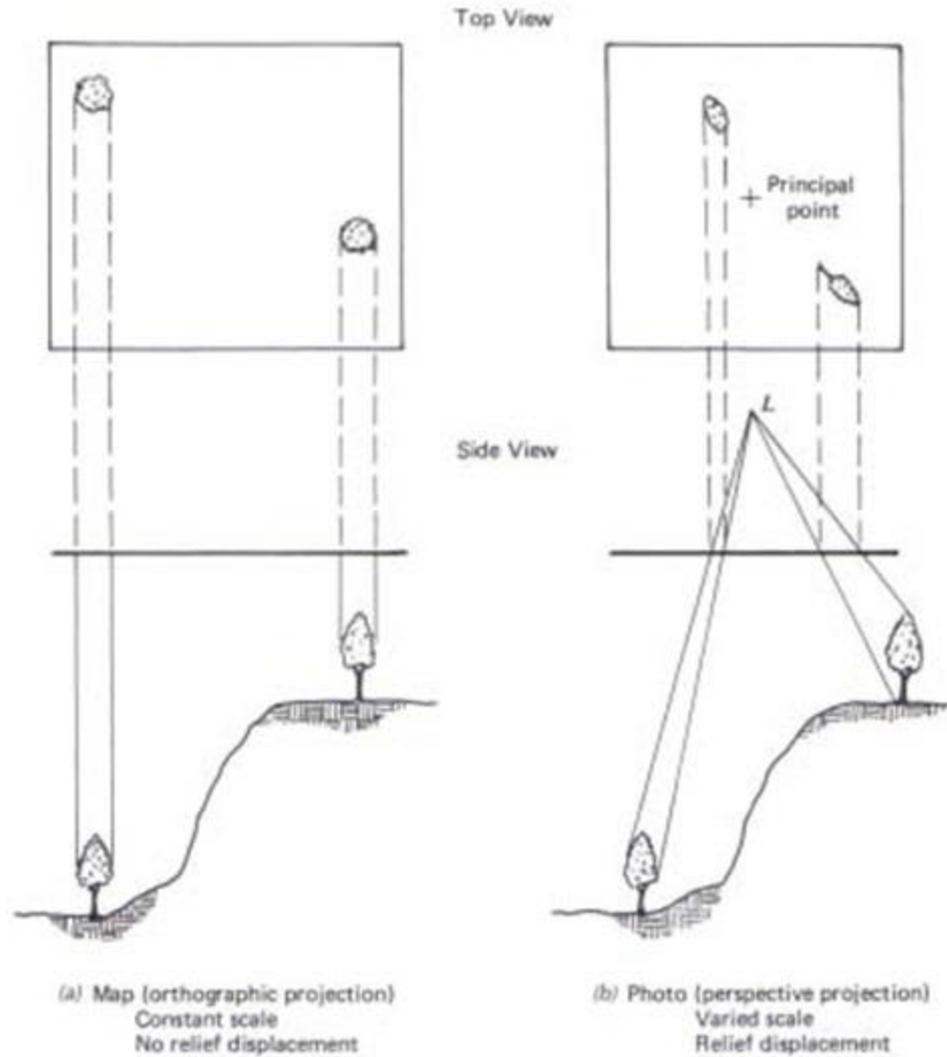
Frame No.



Fiducial mark
defining the
frame of
reference for
spatial
measurements

Vertical photo taken from with a 230 x 230-mm precision mapping film camera showing Langenburg, Germany

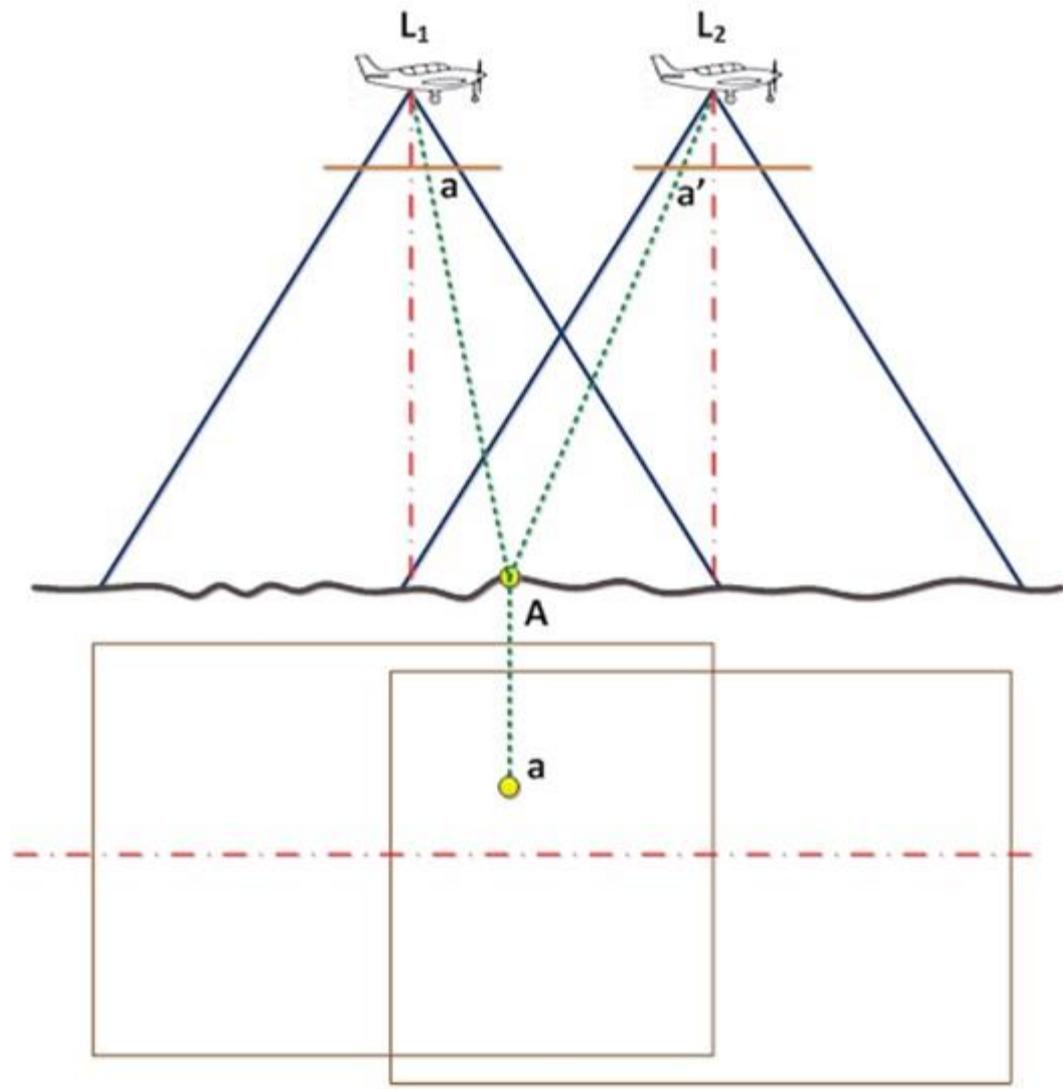
BEDA FOTO UDARA DAN PETA



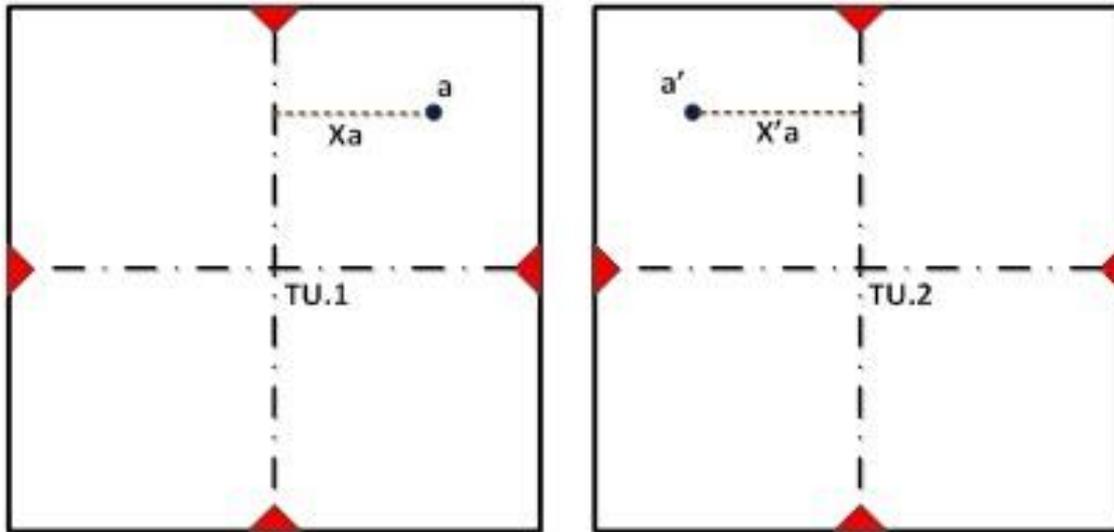
STEREOSKOPIS PARALAKS

Paralaks adalah suatu istilah yang diberikan kepada adanya suatu pergerakan benda terhadap benda lainnya.

Sebuah titik di A pada tanah, terpotret oleh sebuah pesawat udara pada posisi stasiun pemotretan (L_1) dan stasiun pemotretan (L_2). Maka pada bidang fotonya titik A akan nampak menjadi titik a pada posisi pemotretan (L_1) dan a' pada stasiun pemotretan (L_2).



STEREOSKOPIS PARALAKS

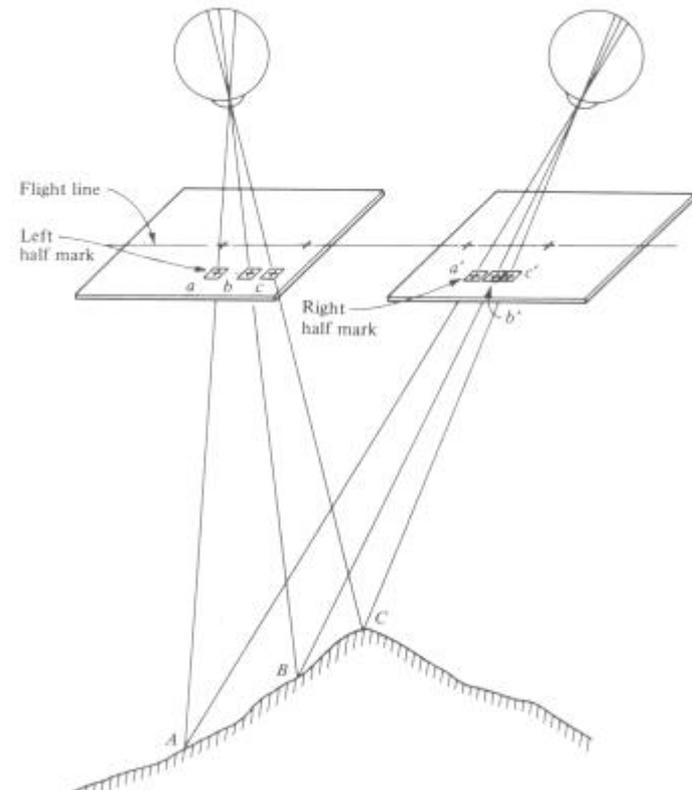


$$\text{Paralaks titik A} = P_a = X_a + X'_a$$

Prinsip Mengukur Paralaks Titik Dengan Tongkat Paralaks Bar

Titik paralaks dapat diukur apabila obyek dilihat secara stereoskopis dengan menggunakan prinsip floating mark

Pada saat melihat dengan stereoskopis dua tanda identitas pada kaca (half mark) diletakkan di atas foto udara, dengan half mark sebelah kiri dilihat dengan mata kiri dan half mark kanan dilihat dengan mata kanansaja.



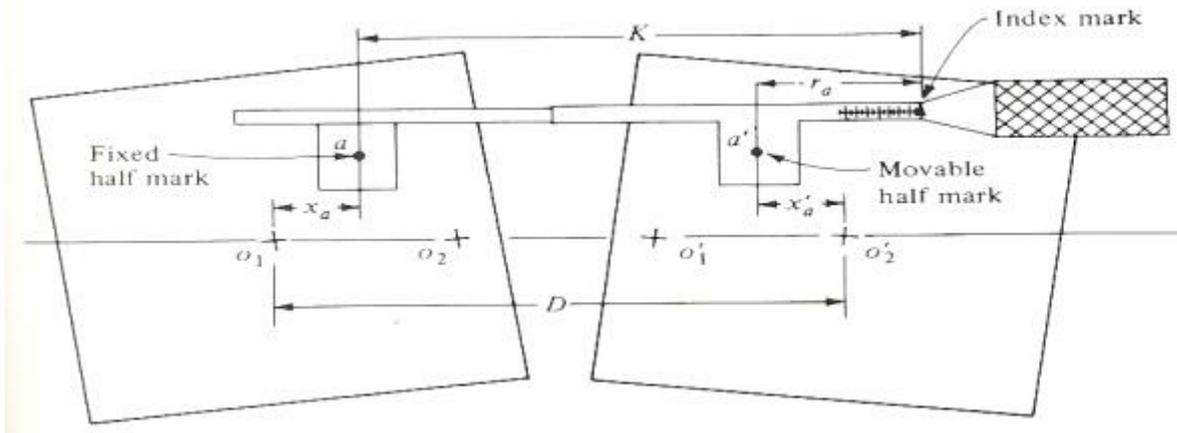
Prinsip Mengukur Paralaks Titik Dengan Tongkat Paralaks Bar

Hal pertama yang harus diperhatikan adalah jarak antara titik pusat utama (*principal point*) adalah konstan senilai D . Sedangkan jarak dari *half mark* konstan ke *index mark* dari paralaks bar juga konstan senilai K . Maka dengan memperhatikan gambar, paralaks titik A dinyatakan sebagai :

$$p_a = x_a - x'_a = D - (K - r_a) = (D - K) + r_a$$

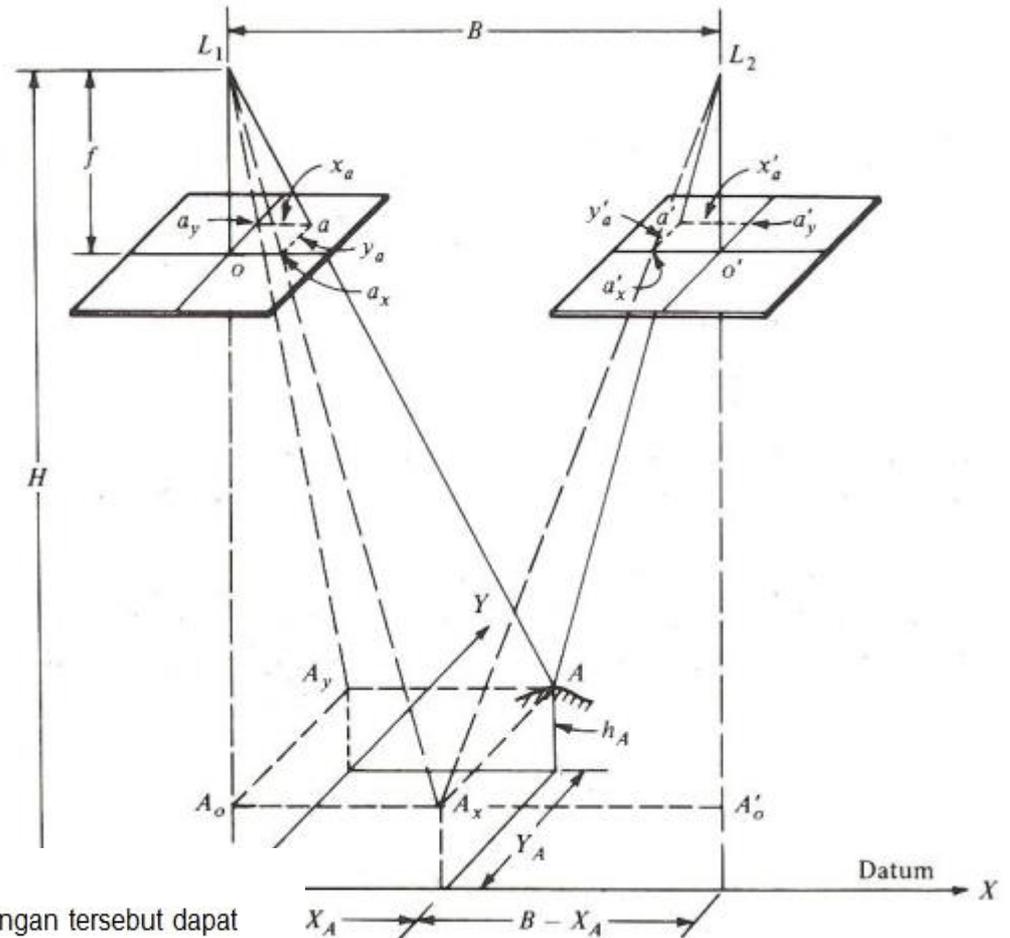
$D - K$ adalah C (*parallax bar constant*) dan r_a adalah bacaan *micrometer*. Dengan mensubstitusi nilai C ke persamaan di atas maka :

$$p_a = C + r_a$$



PERSAMAAN PARALAKS (PARALLAX EQUATIONS)

Gambar obyek titik A nampak pada foto kiri (a) dan foto kanan (a'). Posisi titik A pada permukaan tanah diasumsikan pada koordinat X_A dan Y_A .



Perhatikan segitiga sebangun $\Delta L_1 o a_y$ dan $\Delta L_1 A_o A_y$, dari hubungan tersebut dapat

$$\text{persamaan : } \frac{Y_A}{H-h_A} = \frac{y_a}{f} \text{ sehingga } Y_A = \frac{y_a}{f} (H - h_A) \dots \dots \dots (1)$$

Perhatikan juga segitiga sebangun $\Delta L_1 o a_x$ dan $\Delta L_1 A_o A_x$, dari hubungan tersebut dapat

$$\text{persamaan : } \frac{X_A}{H-h_A} = \frac{x_a}{f} \text{ sehingga } X_A = \frac{x_a}{f} (H - h_A) \dots \dots \dots (2)$$

PERSAMAAN PARALAKS (PARALLAX EQUATIONS)

Perhatikan juga segitiga sebangun $\Delta L_2O'a'x$ dan $\Delta L_2A'o Ax$, dari hubungan tersebut

dapat persamaan : $\frac{B-X_A}{H-h_A} = \frac{-x_a}{f}$ sehingga $X_A = B + \frac{x_a}{f}(H - h_A)$(3)

Dari pers. (2) dan (3) , maka : $h_A = H - \frac{Bf}{x_a - x'_a}$

Dengan substitusi $p_a = x_a - x'_a$ ke persamaan di atas : $h_A = H - \frac{Bf}{p_a}$(4)

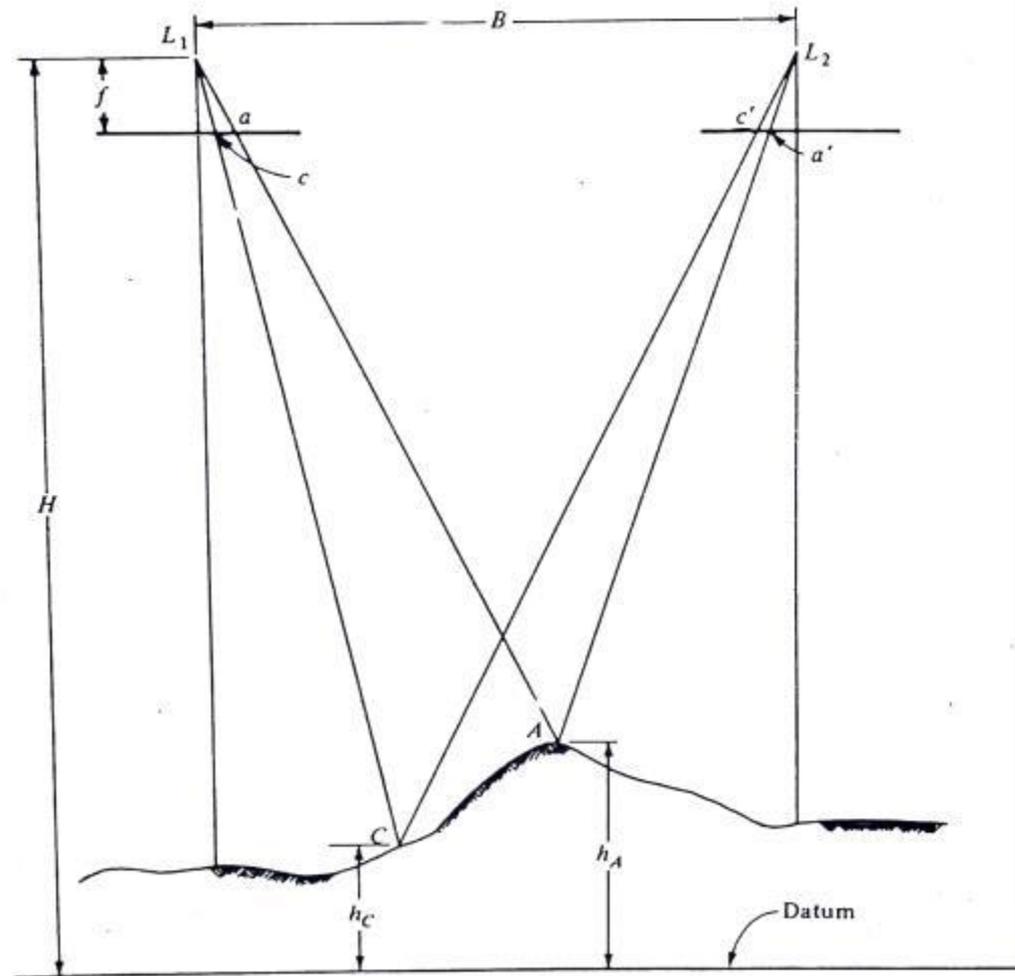
Lalu substitusikan persamaan (4) ke persamaan (1) dan (2) dan kurangkan, maka didapat :

$$X_A = B \left(\frac{x_a}{p_a} \right)$$

$$Y_A = B \left(\frac{y_a}{p_a} \right)$$

Menghitung Elevasi Dengan Perbedaan Paralaks

Perbedaan paralaks antara satu titik dengan titik lain disebabkan karena perbedaan elevasi dua titik. Karena hubungannya dengan tinggi terbang, elevasi, basis udara (b) dan fokus kamera, perbedaan paralaks lebih tepat dalam menentukan perbedaan elevasi.



Menghitung Elevasi Dengan Perbedaan Paralaks

titik C merupakan titik kontrol dengan elevasi h_C berada di atas datum. Besar elevasi pada titik A ingin dicari, dengan melihat persamaan (4) di atas, paralaks di kedua titik dapat dinyatakan dengan :

$$p_C = \frac{fB}{H-h_C} \dots\dots\dots(5)$$

$$p_a = \frac{fB}{H-h_A} \dots\dots\dots(6)$$

Perbedaan paralaks , $p_a - p_c$ dengan mengurangkan kedua persamaan di atas :

$$p_a - p_c = \frac{fB(h_A-h_C)}{(H-h_A)(H-h_C)} \dots\dots\dots(7)$$

Bila $p_a - p_c$ adalah Δp (perbedaan paralaks). Substitusikan nilai $(H - h_a)$ dari persamaan (6) dan Δp ke persamaan (7) , sehingga didapat hubungan :

$$h_A = h_C + \frac{\Delta p(H-h_C)}{p_a} \dots\dots\dots(8)$$

RENCANA TERBANG

Keberhasilan pelaksanaan setiap kegiatan foto udara tergantung dari kualitas hasil foto yang diperoleh. Oleh karena itu , agar tujuan pelaksanaan foto udara tercapai dan sesuai dengan hasil yang ingin kita capai, maka perlu dilakukan perencanaan dengan teliti dan lakukan sesuai dengan rencana terbang.

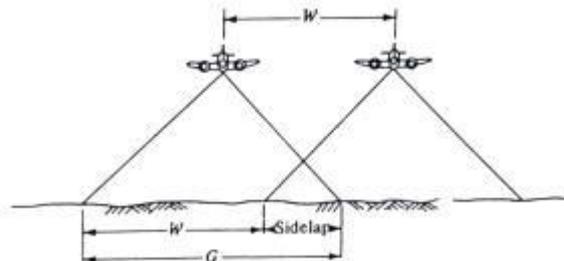
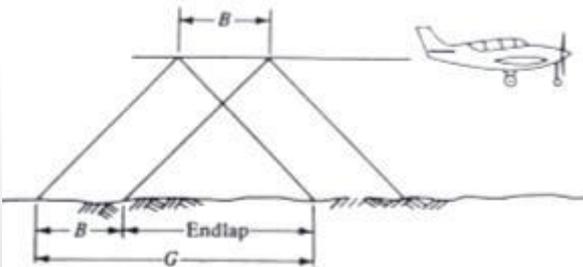
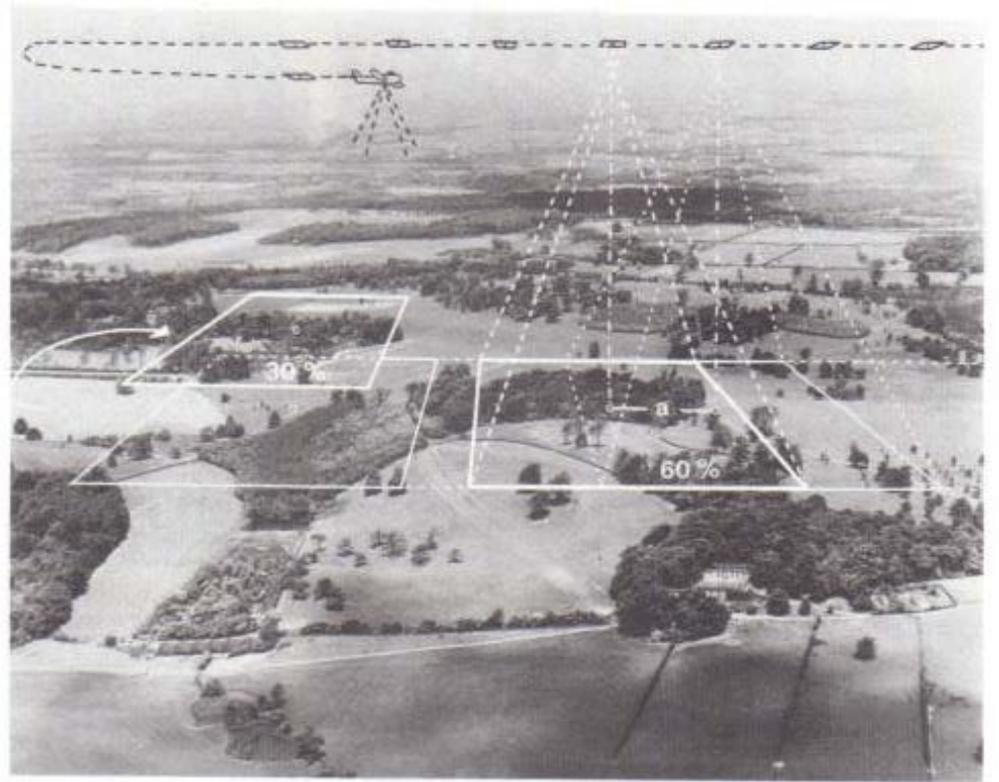
Rencana terbang terbang terdiri dari dua unsur utama :

- Peta terbang (flight map), dimana menunjukkan lokasi foto diambil
- Spesifikasi bagaimana foto itu diambil antara lain : kamera dan jenis filmnya, skala, tinggi terbang, end lap dan side lap, tilt dan crab toleransi dan lain-lain

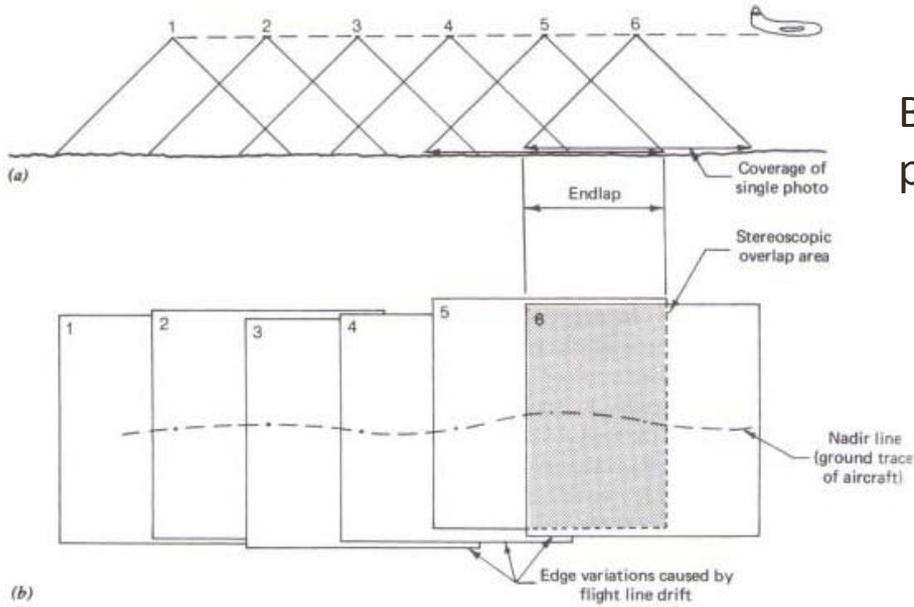
RENCANA TERBANG

➤ End lap dan Side lap

End lap adalah pertampalan /overlap foto searah jalur penerbangan *sedangkan side lap* adalah pertampalan dua foto pada dua jalur penerbangan yang berdekatan.

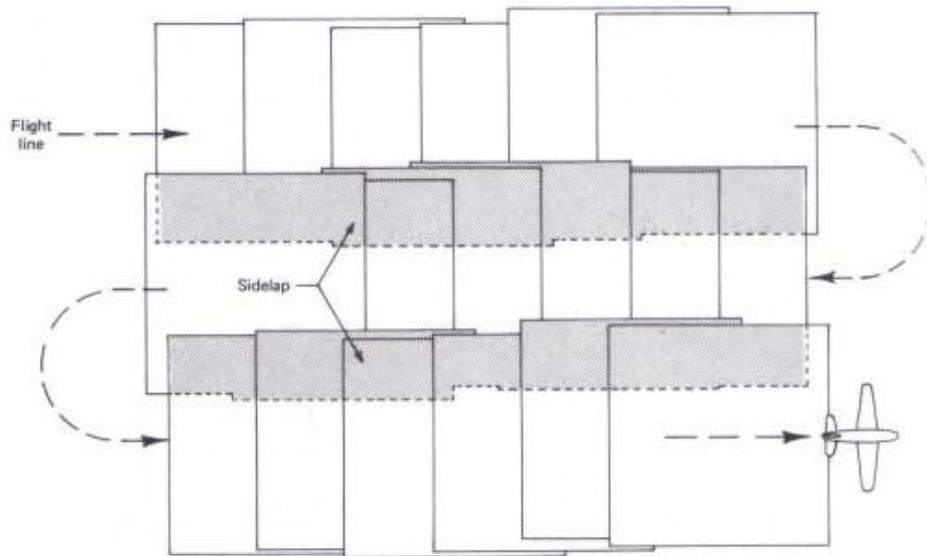


RENCANA TERBANG



Besarnya end lap dinyatakan dalam persentase adalah :

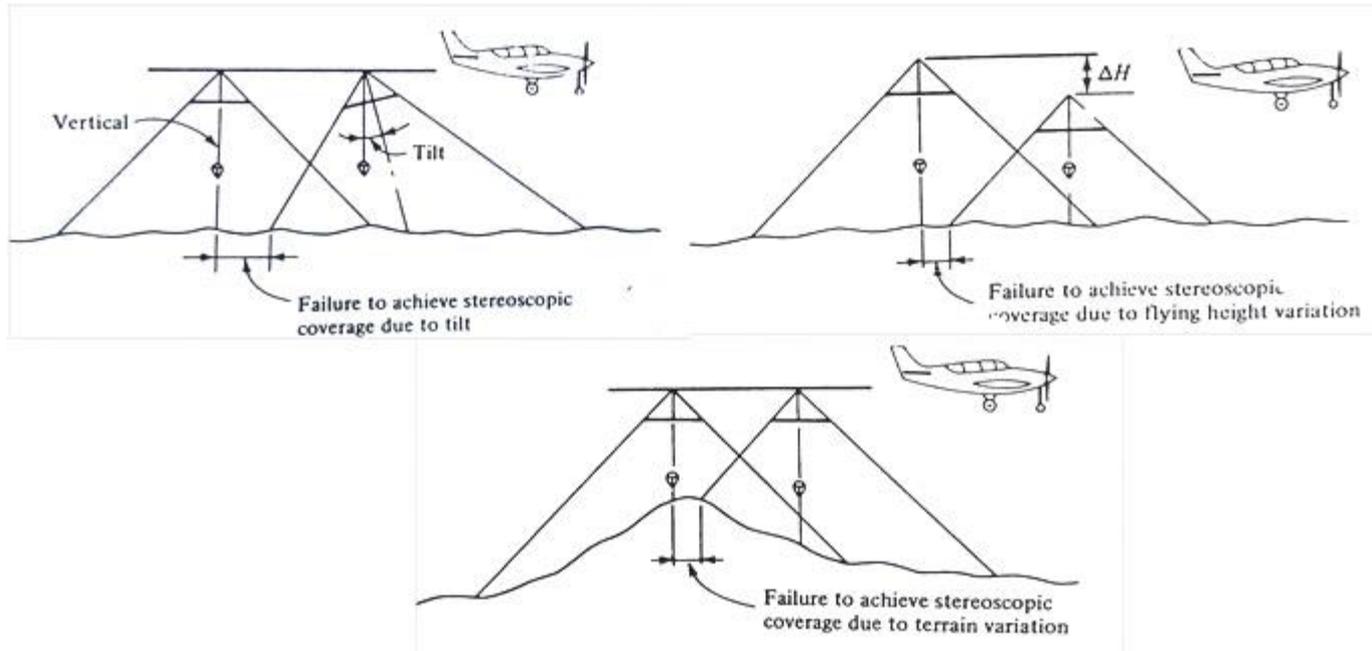
$$PS = \left(\frac{G - B}{G} \right) \times 100$$



side lap dinyatakan dengan :

$$PE = \left(\frac{G - W}{G} \right) \times 100$$

RENCANA TERBANG

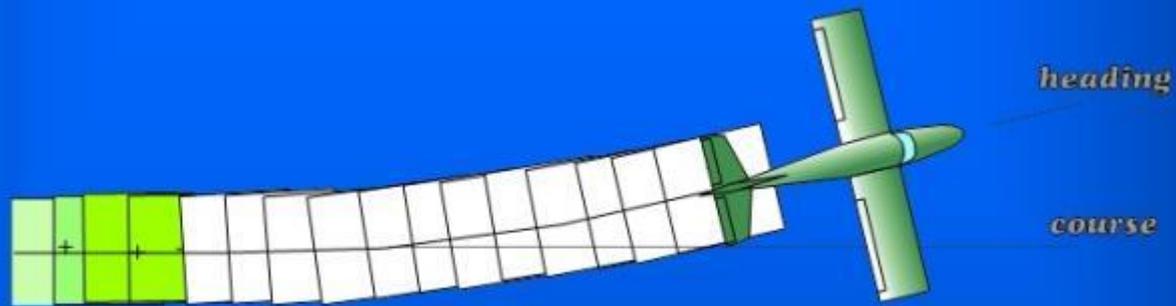


CRAB : deviasi atau penyimpangan arah perjalanan pesawat terhadap arah perjalanan pesawat yang seharusnya

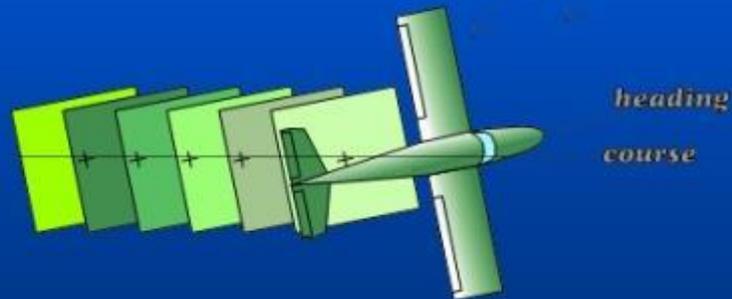
DRIFT : situasi dimana pilot pesawat tidak menerbangkan pesawat sesuai jalur terbangnya.

RENCANA TERBANG

Drift - Crab



cross wind



RENCANA TERBANG

➤ Tujuan Pelaksanaan Foto Udara

Secara umum, foto udara diharapkan antara mendapatkan kualitas metrik dan kualitas piktorial

Foto udara yang menghasilkan kualitas metrik yang baik diperlukan untuk pemetaan topografi atau tujuan pemetaan lainnya yang pengukuran kuantitas fotogrametri secara teliti

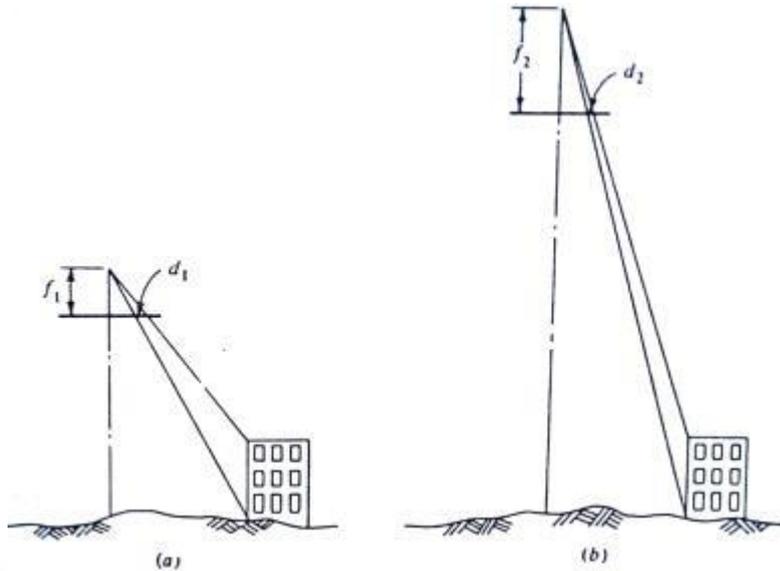
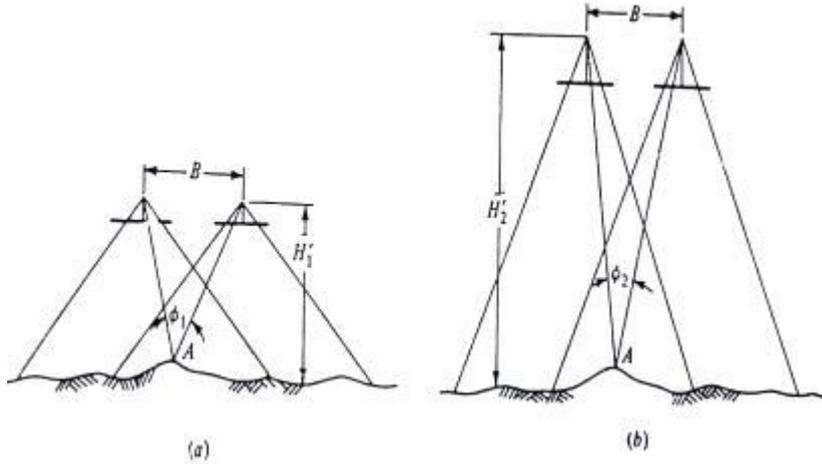
- diperoleh dengan menggunakan kamera terkalibrasi dan film yang memiliki resolusi emulsi tinggi dan ratio B/H yang tinggi (karena semakin tinggi ratio B/H maka akan dihasilkan sudut paralaks lebih besar)

foto udara dengan kualitas piktorial diperlukan untuk analisa kualitatif seperti intrepetasi foto atau foto mosaik dan foto peta.

- foto udara dengan kualitas piktorial diperoleh dengan menggunakan kualitas lensa kamera yang baik dan ratio B/H yang kecil.

RENCANA TERBANG

➤ Tujuan Pelaksanaan Foto Udara



RENCANA TERBANG

➤ Skala Foto

Skala foto rata-rata adalah salah satu variabel yang sangat penting untuk perencanaan foto udara. Sebagai contoh untuk pemetaan topografi, skala foto biasanya dikaitkan dengan kebutuhan skala peta, kebutuhan interval kontur dan kemampuan alat.

➤ Tinggi terbang

Apabila panjang fokus kamera dan skala foto rata-rata sudah ditentukan, persyaratan tinggi terbang di atas permukaan tanah ditentukan menurut persamaan skala foto rata-rata.

RENCANA TERBANG

Contoh :

Foto udara memiliki skala rata-rata 1 : 6000 dengan menggunakan fokus kamera 6 in (152.4 mm) yang memiliki tinggi rata-rata daratan 1400 ft di atas permukaan laut. Berapa tinggi terbang yang diperlukan ?

Jawab :

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

$$\frac{1}{6000} = \frac{0.5}{H - 1400}$$

$$H = 6000(0.5) + 1400 = 4400 \text{ ft}$$

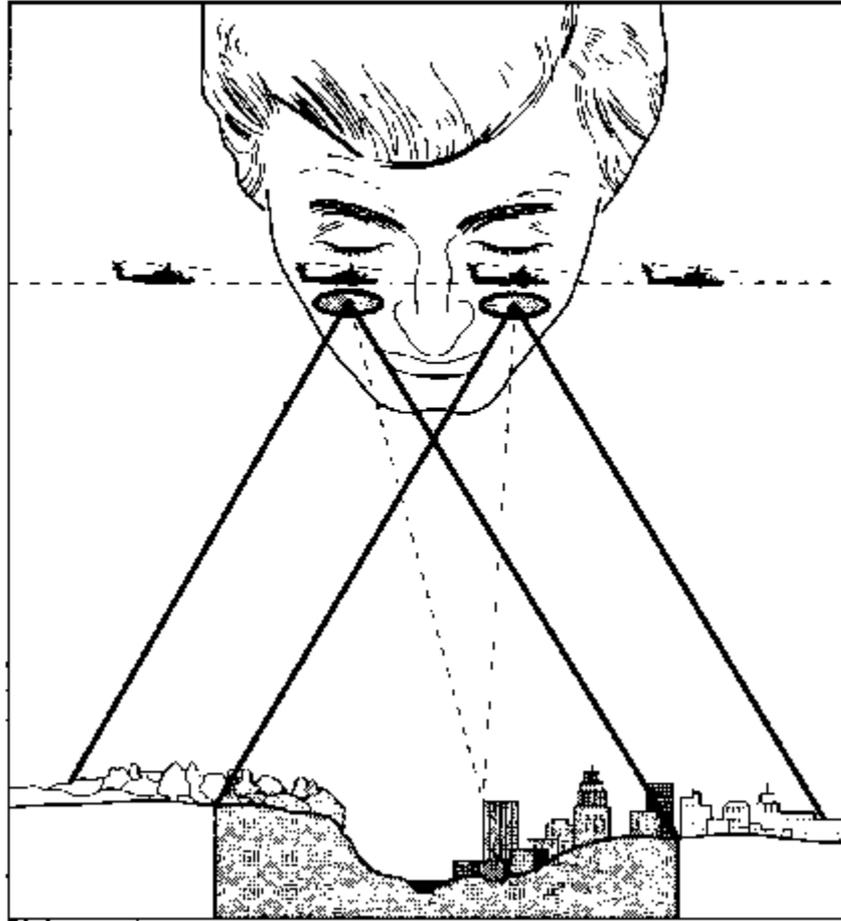
RENCANA TERBANG

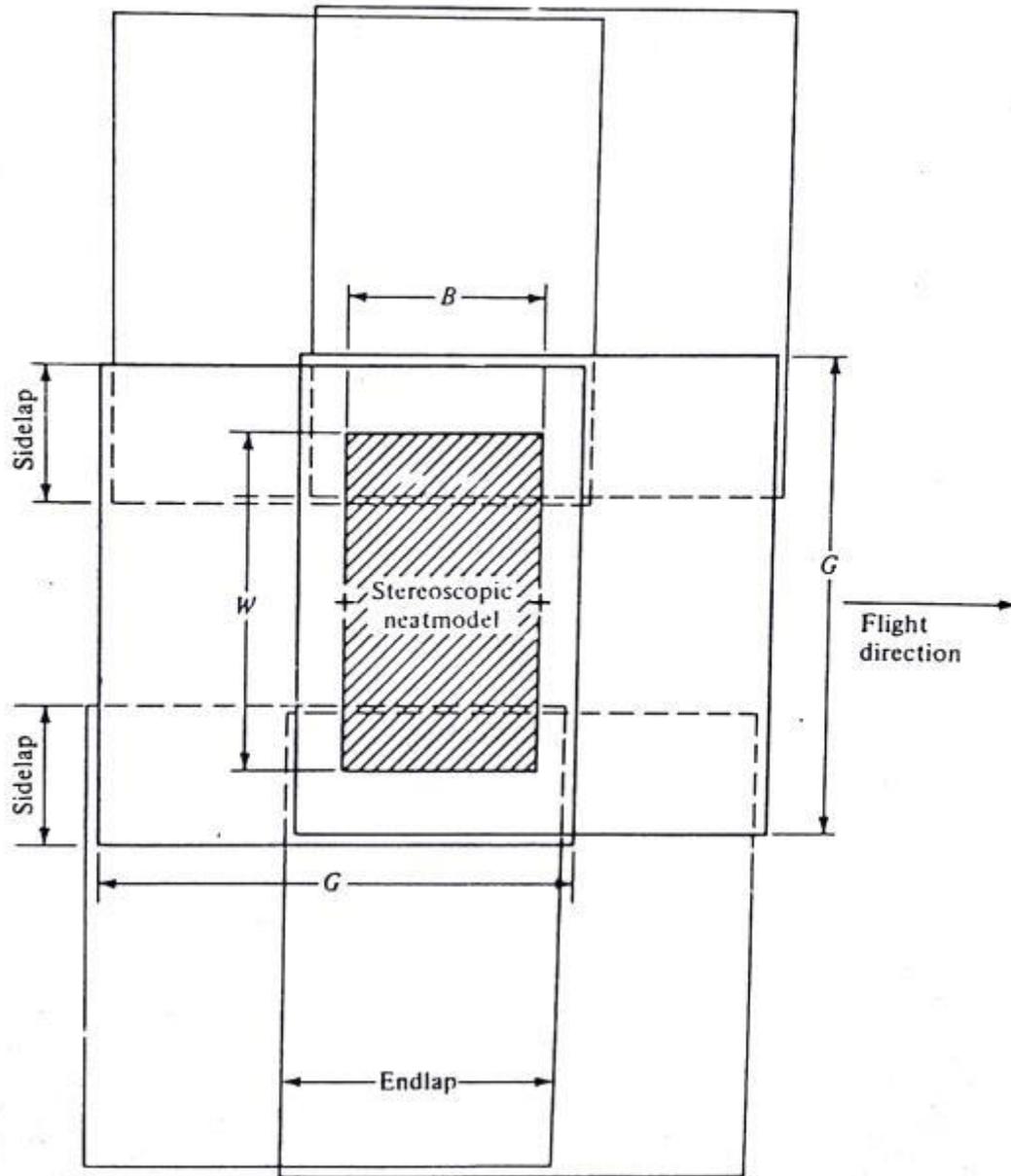
➤ Cakupan Area

Apabila sudah menentukan skala foto rata-rata dan format kamera yang digunakan, maka dapat ditentukan luas area yang tercakup dalam satu kali pemotretan. Hal ini berkaitan dengan *side lap* dan *end lap* yang telah diketahui, area yang membentuk model stereoskopis (*neat model*) dapat ditentukan

Model tersebut adalah area stereoskopis antara titik utama yang berdekatan dan perpanjangan sisi luar kedua arah hingga tengah-tengah dari *side lap*.

RENCANA TERBANG





RENCANA TERBANG

➤ Cakupan Area

Apabila sudah menentukan skala foto rata-rata dan format kamera yang digunakan, maka dapat ditentukan luas area yang tercakup dalam satu kali pemotretan. Hal ini berkaitan dengan *side lap* dan *end lap* yang telah diketahui, area yang membentuk model stereoskopis (*neat model*) dapat ditentukan

Model tersebut adalah area stereoskopis antara titik utama yang berdekatan dan perpanjangan sisi luar kedua arah hingga tengah-tengah dari *side lap*.

RENCANA TERBANG

➤ Cakupan Area

Suatu foto udara diambil dari ketinggian 6000 ft di atas permukaan rata-rata dengan fokus kamera 6 in (152.4 mm) dan format ukuran 9 in (23 cm). End lap ditentukan 60 % dan side lap 30%. Berapa luas area yang tercakup untuk membentuk model stereoskopis?

Jawab :

$$\text{Skala foto } (S) = \frac{6 \text{ in}}{6000 \text{ ft}} = \frac{1 \text{ in}}{1000 \text{ ft}} = 1 : 12.000$$

Panjang yang tercakup dalam sekali pemotretan (G) adalah :

$$G = 1000 \text{ ft/in} \times 9 \text{ in} = 9000 \text{ ft}$$

$$\text{Luas area yang tercakup : } A = \frac{(9000)^2}{43560 \text{ sq ft per acre}} = 1861 \text{ acres}$$

Karena 60 %, end lap B adalah 0.4 G dan pada 30 % side lap W adalah 0.7 G, Maka dimensi model stereoskopis adalah : B = 0.4 (9000) = 3600 ft dan W = 0.7(9000) = 6300 ft.

$$\text{Maka luas model stereoskopis adalah : } A_N = \frac{3600 \times 6300}{43560} = 521 \text{ acres}$$

INTERPRETASI FOTO UDARA

- Definisi : Interpretasi foto udara adalah proses mengamati foto udara dengan maksud untuk mengidentifikasi obyek-obyek dan memperkirakan keterkaitannya.

KARAKTERISTIK DASAR GAMBAR FOTO UDARA

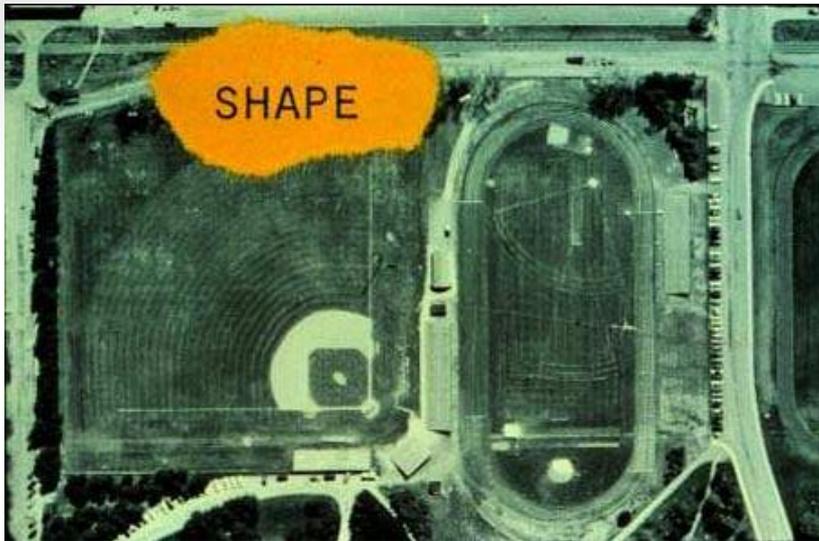
1) BENTUK (SHAPE),

- setiap obyek memiliki bentuk-bentuk tertentu yang dapat dikenal pada foto udara.
- Bentuk yang teratur berkaitan erat dengan buatan manusia, sedangkan yang tidak teratur bersifat alamiah.

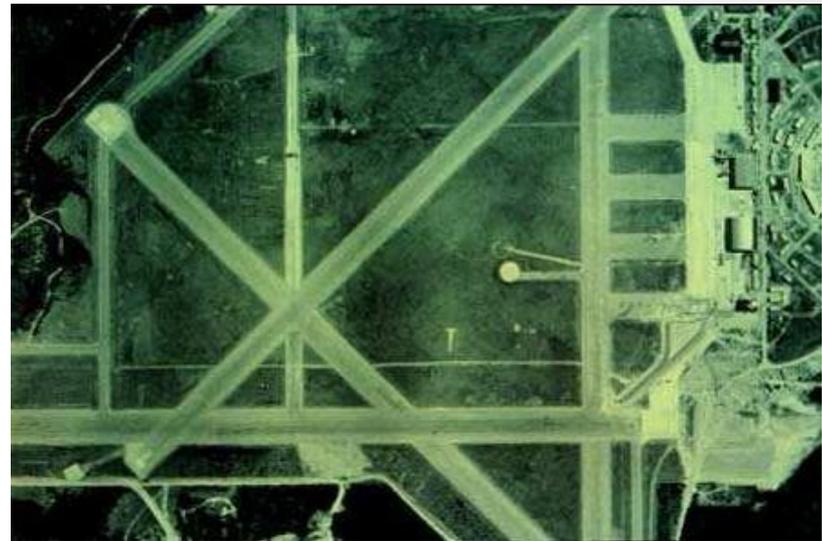


U-shaped oxbow lakes

A15183-37 (September 1955)
Chinchaga River, Alberta



Bentuk pada gambar ini menjelaskan lapangan Base ball dan lintasan atletiknya



Bentuk pada gambar ini menjelaskan lapangan terbang

Bentuk pada gambar ini menjelaskan bangunan yang disimpulkan berupa apartement



KARAKTERISTIK DASAR GAMBAR FOTO UDARA

2) UKURAN (SIZE),

- Setiap obyek akan memiliki ukuran masing-masing meskipun bentuknya sama.
- Ukuran pada gambar foto udara bervariasi tergantung skala foto



Residential street

Multi-lane highway

A28411-345 (May 1999)
Highway 401 & Dufferin
Toronto, Ontario

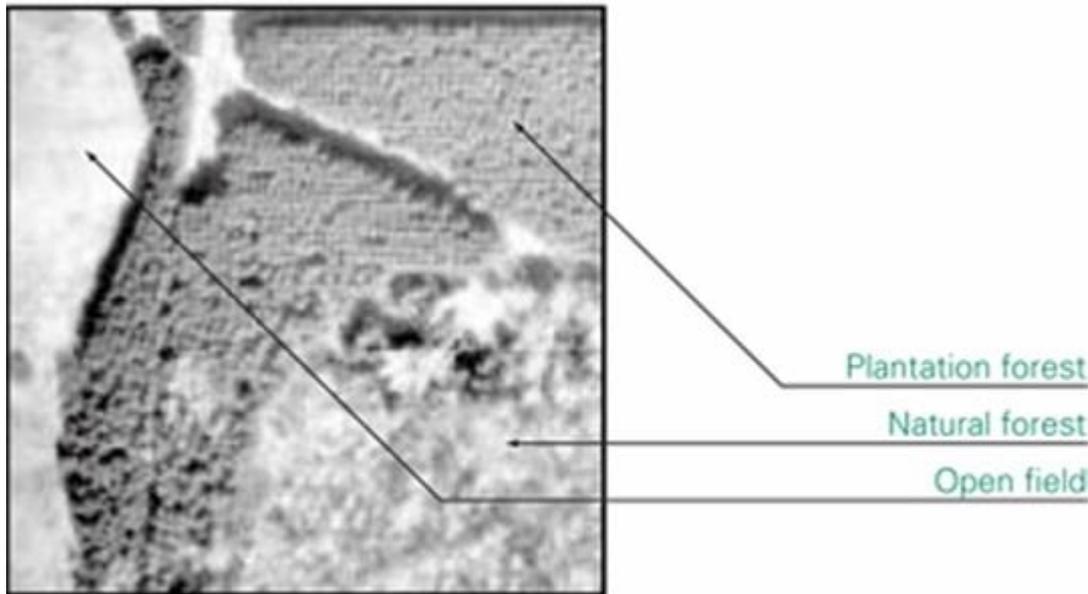


Rumah dan apartemen. Dengan ukuran dapat diketahui mana rumah dan apartemen

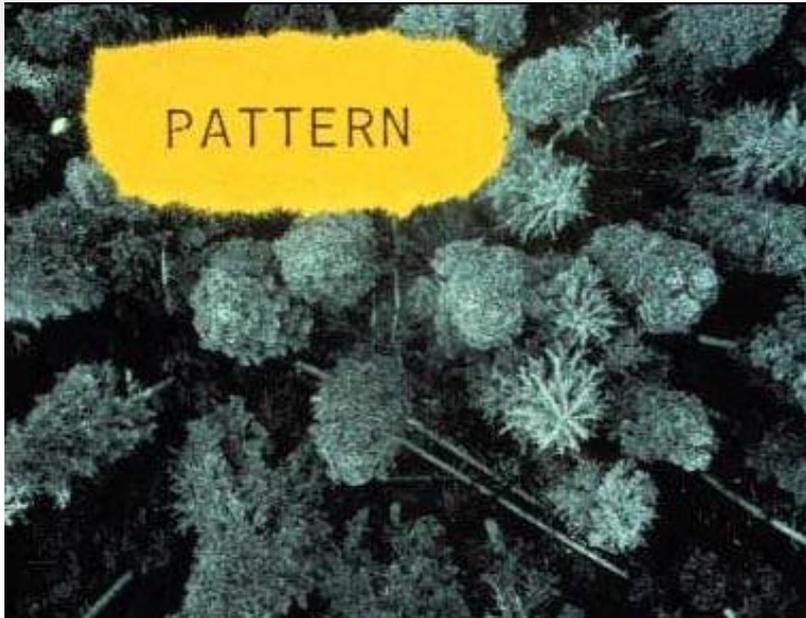
KARAKTERISTIK DASAR GAMBAR FOTO UDARA

3) SUSUNAN (PATTERN),

- Susunan yang teratur biasanya adalah buatan manusia, sedangkan ketidak teraturan susunan menunjukkan suatu keadaan alamiah.



A26458-82 (May 1984)
CFB Uplands
Ottawa, Ontario



Jenis tanaman mudah dikenali dari susunan nya

Susunan antara jalan, sungai dan hutan mudah dikenali



KARAKTERISTIK DASAR GAMBAR FOTO UDARA

4) BAYANGAN (SHADOWS),

- untuk setiap bentuk obyek yang memiliki ketinggian akan membentuk bayangan pada foto
- Dari bayangan tersebut, dapat diketahui misalnya : jenis pohon, bangunan dan sebagainya. Bayangan dapat menentukan tinggi obyek, orientasi dan bentuknya.



High-rise building
(long shadow)

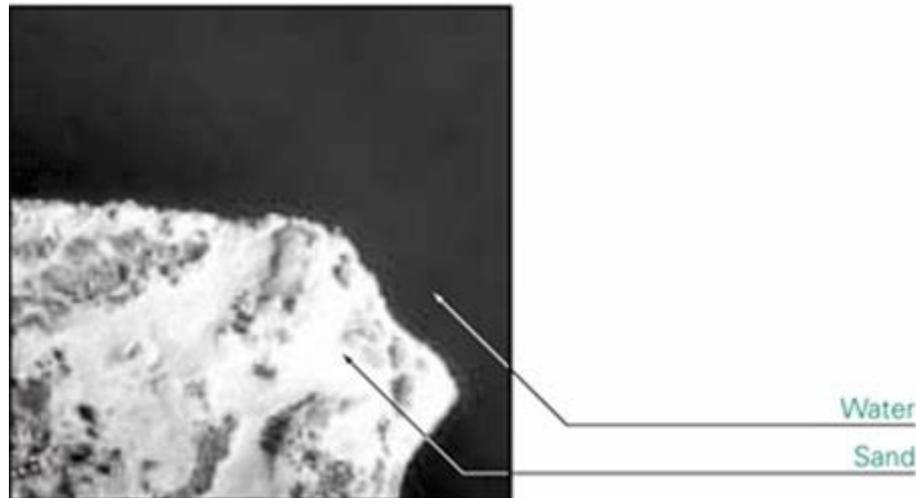
Low-rise building
(short shadow)

A27773-86 (July 1991)
Notre Dame Ouest & Autoroute Bonaventure
Montréal, Quebec

KARAKTERISTIK DASAR GAMBAR FOTO UDARA

5) DERAJAT KEHITAMANAN (TONE),

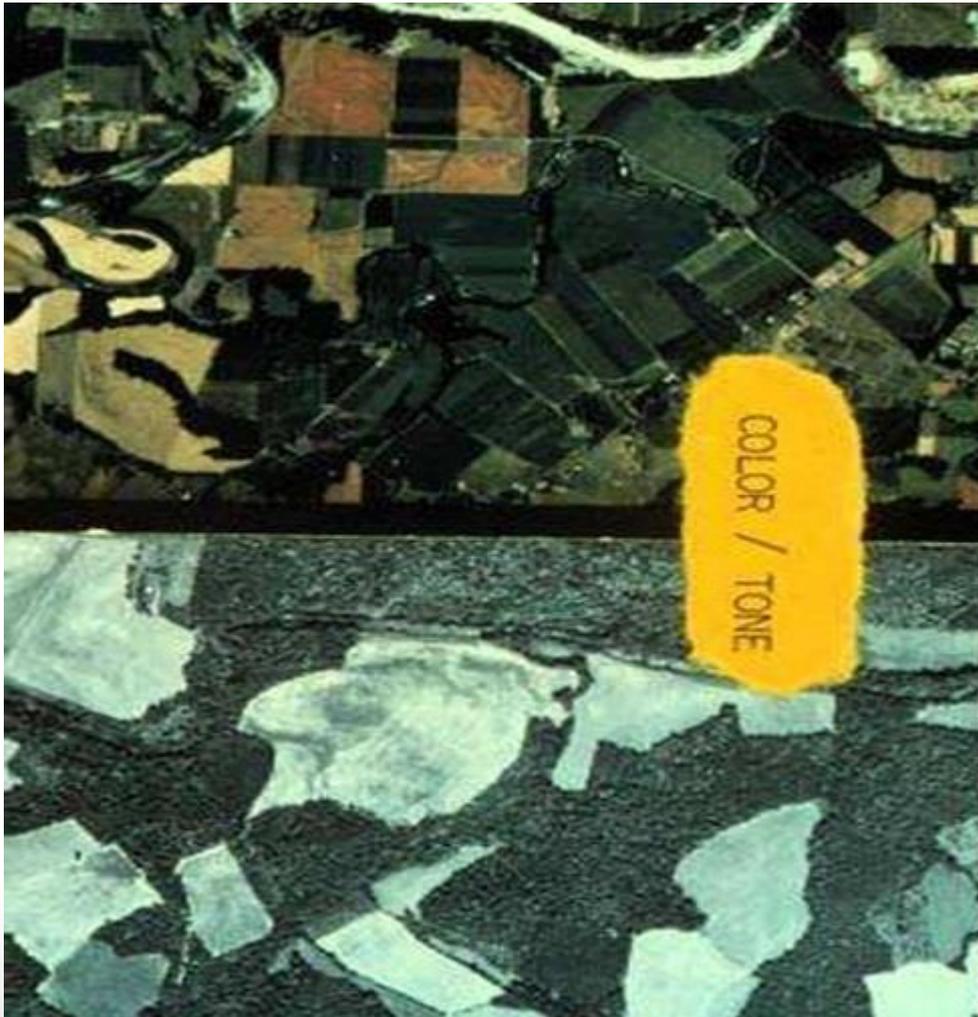
- Permukaan air biasanya tonenya hampir gelap
- Pasir umumnya terang
- Permukaan jalan umumnya terang
- Tanah basah agak gelap
- Tanah kering agak terang



A26999-20 (August 1986)
Sandbanks Provincial Park
Picton, Ontario

KARAKTERISTIK DASAR GAMBAR FOTO UDARA

tone pada foto
berwarna dan hitam
putih



KARAKTERISTIK DASAR GAMBAR FOTO UDARA

6) TEKSTUR(TEXTURE),

- Merupakan derajat kekasaran
- Tekstur bervariasi dalam warna
- Dapat menentukan jenis pohon, air atau hutan



A22288-4 (July 1971)
Lake Louise, Alberta

Calm water (smooth)

Forest (rough)

KARAKTERISTIK DASAR GAMBAR FOTO UDARA



Pohon cemara yang dewasa nampak dalam foto dengan melihat adanya bayangan dari puncak pohon, sehingga nampak memiliki tekstur kasar

CONTOH SOAL

PERENCANAAN TERBANG FOTO UDARA

Suatu perencanaan terbang foto udara untuk suatu daerah dengan luas area panjang 20 km dan lebar 12 km dengan menggunakan kamera fokus 6 in (153 mm) dan format ukuran foto 23 cm x 23 cm. Ketinggian rata-rata di daerah tersebut adalah 500 m di atas permukaan laut. Persyaratan end lap 60% dan side lap 30% dengan skala foto yang diperlukan 1 : 15.000. (kecepatan pesawat = 250 km/jam)

PERTANYAAN :

- **Tinggi terbang ?**
- **Air base (B) dan interval waktu pemotretan ?**
- **Jumlah foto per lajur terbang**
- **Jarak antara lajur terbang(w)**
- **Jumlah lajur terbang**
- **Total jumlah foto yang diperlukan**

CONTOH SOAL PERENCANAAN TERBANG FOTO UDARA

Jawab :

- **Tinggi terbang**

$$skala\ foto\ (s) = \frac{f}{H - h_{avg}}$$

$$\frac{1}{15000} = \frac{0,153}{H - 500}$$

$$H - 500 = 2295$$

$$H = 2795\ m$$

CONTOH SOAL PERENCANAAN TERBANG FOTO UDARA

Jawab :

- **Air Base (B) dan Interval waktu pemotretan**

End Lap = 60 % → uku. Foto 23 cm x 23 cm

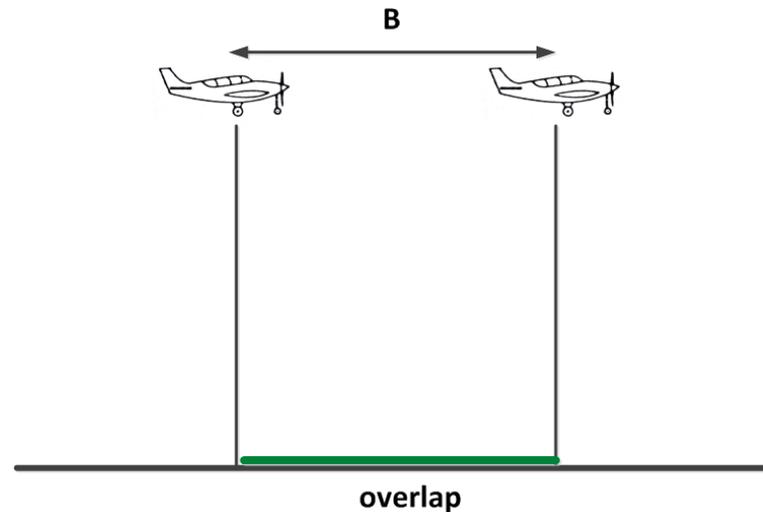
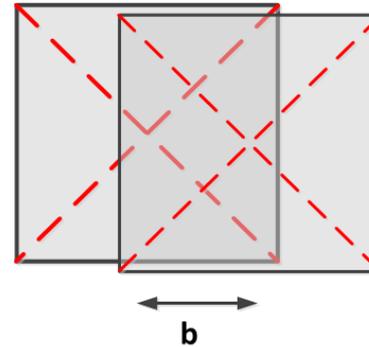
$$b = (1 - 0,6) \times 23 \text{ cm} = 9,2 \text{ cm}$$

$$B = b \times skala$$

$$B = 9,2 \times 15000 = 138000 \text{ cm} = 1,38 \text{ km}$$

Interval waktu pemotretan :

$$\begin{aligned} \text{intervalometer setting} &= \frac{B}{V} = \frac{1380}{250000} \times 3600 \\ &= 19,872 \text{ detik} \end{aligned}$$



CONTOH SOAL PERENCANAAN TERBANG FOTO UDARA

Jawab :

- **Jumlah foto per lajur terbang**

Panjang setiap lajur terbang = 20 km

$$\text{Jumlah foto per lajur terbang} = \frac{20}{1.38} = 14.49 \approx 15 \text{ foto}$$

Ditambahkan 2 foto pada setiap sisinya,

Sehingga total jumlah foto per lajur terbang $15 + 2 + 2 = 19$ foto

- **Jarak antar lajur terbang**

Side lap = 30 % , maka foto yang tercover 70 %

$$\text{Jarak antar lajur terbang} = 0.70 \times 23 \times 15000 = 241500 \text{ cm} = 2415 \text{ m}$$

CONTOH SOAL PERENCANAAN TERBANG FOTO UDARA

Jawab :

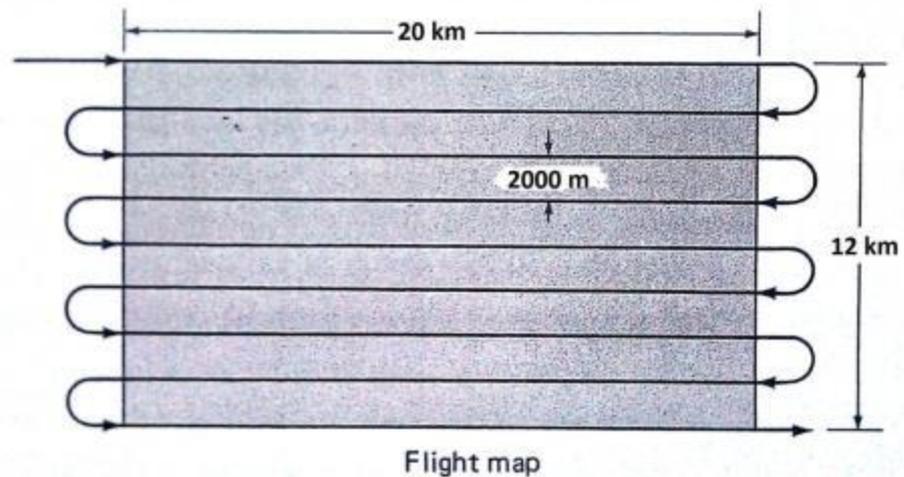
- **Jumlah lajur terbang**

Lebar area = 12 km = 12000 m

$$\text{Jumlah trip penerbangan} = \frac{12000}{2415} = 4,96 \approx 5 \text{ trip}$$

Total lajur penerbangan = 5 + 1 = 6 trip

Jarak antar lajur terbang terkoreksi = $12000/6 = 2000$ m



CONTOH SOAL

PERENCANAAN TERBANG FOTO UDARA

Jawab :

- **Total jumlah foto**

Total foto = 19 foto /trip x 6 trip = 114 foto udara