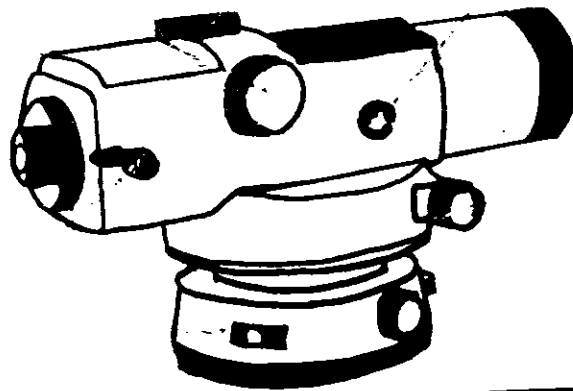


ILMU DAN ALAT UKUR TANAH

PENYIPAT DATAR



MILIK PERPUSTAKAAN UNIV. NEGERI PADANG	
INTERNASIONAL :	24-2-2000
DIKEMENTERIAN :	H 1
KOLEKSI :	KI
NO. INVENTARIS :	2147/k/2000-12/21
NO. PENYIPAT DATAR :	526.36 Sam-6

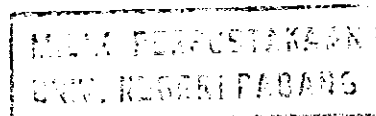
Oleh :

Drs. Samian

Dosen FPTK IKIP Padang

FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
INSTITUT KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
PADANG

1998



KATA PENGANTAR

Buku Ilmu dan Alat Ukur Tanah Penyipat Datar disusun bertujuan untuk membantu memberikan bekal pegangan bagi tenaga pengukuran dan pemetaan. Terutama salah untuk pengukuran teknik sipil, tambang dan pertanian serta bagi mereka yang akan mempelajari Ilmu Geodesi. Pekerjaan pengukuran dan pemetaan merupakan salah satu langkah menentukan berhasil atau tidaknya suatu pekerjaan pembangunan, dan ketelitian bekal pengukurannya akan menentukan keberhasilan serta ikut menentukan ketelitian hasil pembangunannya.

Buku ini memberikan informasi beberapa bagian yang penting dari ilmu ukur tanah, merupakan dasar yang cukup untuk mengenal alat ukur penyipat datar (leveling) dan cara mantetel, menetak serta cara melakukan pengukuran di lapangan. Kesempurnaan danaman berdasarkan pengalaman-pengalaman penulis di lapangan dan mengajar Ilmu Ukur Tanah di Jurusan Teknik Lulusan IPTI HSP Padang serta diperkaya dengan literatur-literatur yang telah dipelajari.

Dalam penulisan buku ini, penulis menyadari bahwa masih ada beberapa hal yang belum sempurna, yang mungkin dapat ditambahkan atau dikurangi. Dengan sangat senang hati dan tangan terbuka penulis menerima saran-saran ataupun tanggapan-tanggapan, sehingga nantinya dapat kita bahas bersama-sama demi tercapainya kesempurnaan buku ini.

Akhirnya tak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan yang telah membantu dan memberikan dorongan kepada penulis hingga tercapainya buku ini.

Padang, Agustus 1998

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	vi
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Definisi Alat Ukur Penyipat Datar	1
B. Prinsip Dasar Levelling	1
BAB II. ALAT UKUR PENYIPAT DATAR SEDERHANA	5
A. Macam-Macam Alat Ukur Penyipat Datar Sederhana	5
B. Alat-Alat Bantu Pengukuran Dengan Alat Ukur Penyipat Datar Sederhana	8
C. Syarat-Syarat Alat Ukur Penyipat Dasar Sederhana	12
D. Teknik Pengukuran Beda Tinggi dan Jarak Dengan Alat Ukur Penyipat Datar Sederhana..	12
BAB III. ALAT UKUR PENYIPAT DATAR OPTIS	18
A. Bagian-Bagian Alat Ukur Penyipat Datar Optis	18
B. Macam-Macam Alat Ukur Penyipat Datar Optis.	44
C. Syarat-Syarat Alat Ukur Penyipat Datar Optis	62
D. Penyetelan Alat Ukur Penyipat datar Optis..	62
E. Pengecekan Alat Ukur Penyipat Datar Optis..	65
F. Alat-Alat Bantu Penyipat Datar Optis	74
BAB IV. PENGUKURAN PENYIPAT DATAR OPTIS	76
A. Pengukuran Beda Tinggi	76
B. Pengukuran Jarak	79
C. Macam-Macam Kesalahan	82
D. Penilaian Hasil Pengukuran	85
DAFTAR KEPUSTAKAAN	87

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.	2
Gambar 2.	3
Gambar 3.	5
Gambar 4.	6
Gambar 5.	7
Gambar 6.	7
Gambar 7.	8
Gambar 8.	9
Gambar 9.	10
Gambar 10.	11
Gambar 11.	12
Gambar 12.	12
Gambar 13.	14
Gambar 14.	15
Gambar 15.	20
Gambar 16.	21
Gambar 17.	22
Gambar 18.	23
Gambar 19.a.	25
19.b.	25
19.c.	25
Gambar 20.	26
Gambar 21.	31
Gambar 22.	32
Gambar 23.	33
Gambar 24.	34
Gambar 25.	35
Gambar 26.a.	36
26.b.	36
Gambar 27.	36
Gambar 28.	37
Gambar 29.	37
Gambar 30.a.	38
30.b.	38

Gambar 31.	38
Gambar 32.	39
Gambar 33.	40
Gambar 34.	40
Gambar 35.	43
Gambar 36.	44
Gambar 37.	44
Gambar 38.	46
Gambar 39.	47
Gambar 40.	48
Gambar 41.	49
Gambar 42.	51
Gambar 43.	51
Gambar 44.	52
Gambar 45.	53
Gambar 46.	54
Gambar 47.	56
Gambar 48.	57
Gambar 49.	57
Gambar 50.	58
Gambar 51.	59
Gambar 52.	60
Gambar 53.	60
Gambar 54.	63
Gambar 55.	64
Gambar 56.	66
Gambar 57.	68
Gambar 58.	69
Gambar 59.	73
Gambar 60.	75
Gambar 61.	75
Gambar 62.	76
Gambar 63.	77
Gambar 64.	77
Gambar 65.	79
Gambar 66.	81
Gambar 67.	84

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Pembesaran dan Lapangan Penglihatan	31
Tabel 2. Kualitas Dan Ketelitian Alat Ukur Penyipat Datar Top Con	54
Tabel 3. Kualitas Dan Ketelitian Alat Ukur Penyipat Datar Wild	61

BAB I PENDAHULUAN

A. Definisi Alat Ukur Penyipat Datar

Alat ukur penyipat datar sering juga disebut dengan alat ukur levelling, leveling berasal dari bahasa Inggris yang terdiri atas kata level dan ditambah dengan ing. Level berarti datar, bila ditambah dengan ing (leveling) berarti alat ukur datar atau horizontal atau sejajar dengan garis nivo (msl mean sea level). Jadi alat ukur penyipat datar (leveling) berarti alat yang dipakai untuk pengukuran arah mendatar, pengukuran inilah yang disebut dengan pengukuran beda tinggi antara dua titik atau lebih. Dari pengukuran ini, sehingga ketinggian titik yang dicari diantara dua titik atau lebih dapat ditentukan.

Dalam pengukuran beda tinggi ini kita harus berpedoman pada salah satu titik yang sudah diketahui tingginya dari permukaan air laut yang tenang sebagai patokan. Untuk menentukan beda tingginya adalah berpedoman pada jarak antara dua bidang nivo yang melalui titik-titik pengukuran.

Selain dipakai untuk pengukuran beda tinggi, juga bisa dipakai untuk pengukuran jarak horizontal. Pengukuran jarak horizontal pada alat ukur penyipat datar sederhana dibantu dengan pita ukur, rantai ukur atau kayu ukur, sedangkan bila menggunakan alat ukur penyipat datar optik, jarak dihitung berdasarkan jarak optis.

B. Prinsip Dasar Levelling

Pengukuran beda tinggi (leveling) adalah pekerjaan untuk pengukuran jarak vertikal dan jarak horizontal langsung atau tidak langsung. Pengukuran vertikal untuk menentukan beda tinggi, sedangkan pengukuran horizontal untuk menentukan jarak datar.

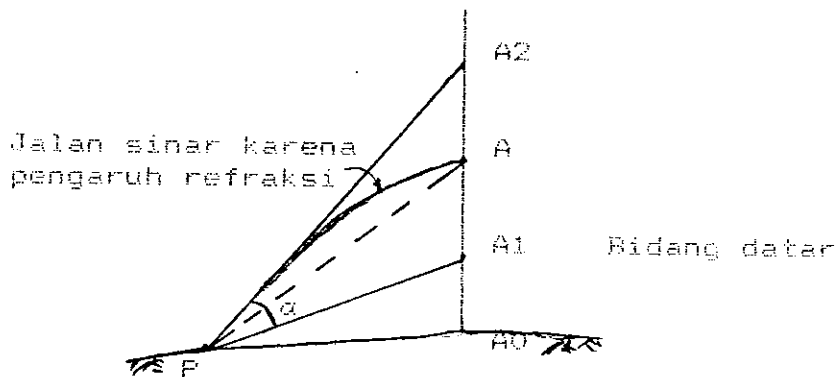
Ketinggian suatu titik adalah jarak vertikal antara tempat titik tersebut dengan tempat titik patokan (titik

acuan). Tinggi titik patokan menurut Subki F. Mulkan, "Tinggi titik patokan diambil dari permukaan air laut rata-rata".

Pengukuran beda tinggi dapat dilakukan dengan cara trigonometrik, barimetris dan penyipat datar;

1. Pengukuran dengan cara trigonometrik

Pengukuran beda tinggi dengan cara ini dapat dilakukan dengan dua orang tenaga, satu buah alat ukur sudut miring, satu buah rantai ukur yang diukur adalah jarak miring dan sudut vertikal.



Gambar 1

Untuk menghitung beda tinggi dipakai rumus-rumus segitiga (lihat gambar 1).

Beda tinggi antara P - A = PAo

PA1 = bidang datar yng melalui P

Akibat pengaruh lingkungan bumi, pengaruh refraksi (pembiasan), bacaan alat pada $\angle A1 PA2$ adalah (α)

Sehingga $A1 A2 = PA1 \tan \alpha$

A A2 = kesalahan beda tinggi akibat pembiasan

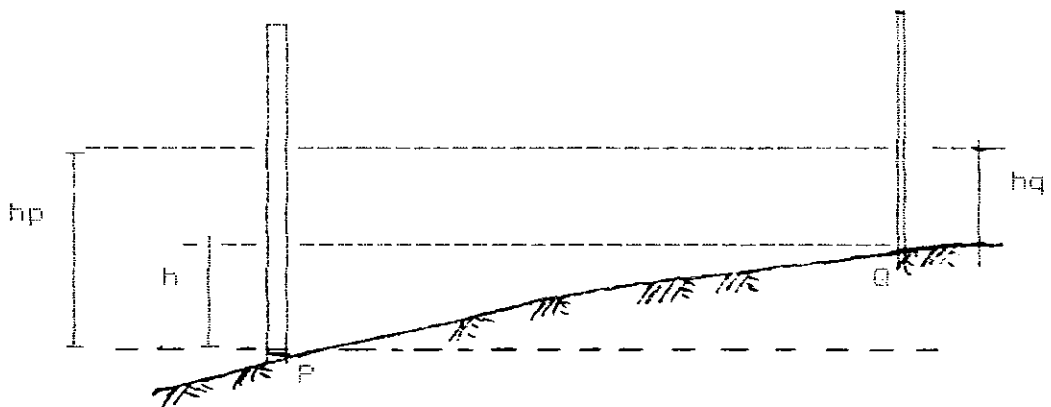
A Ao = AA1 + A1 Ao

A1 Ao = koreksi beda tinggi akibat lingkungan bumi.

Dari uraian diatas, pengukuran beda tinggi dengan cara trigonometri dipengaruhi oleh pembiasan dan lingkungan bumi. Pengaruh ini untuk jarak pendek dapat diabaikan.

2. Pengukuran dengan cara Barometrik

Pengukuran beda tinggi dengan cara ini dapat dilakukan oleh dua orang tenaga, dua buah barometer, dua buah thermometer dan dua buah hygrometer, cara pengukurannya perhatikan gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2

Pengukuran dimulai pada waktu bersamaan, kedua barometer thermometer dan hygrometer ditempatkan dititik P dan catat tekanan, suhu dan kelembaban udara. Salah satu dari ketiga jenis alat tersebut dibawah ketitik Q, dalam perjalanan menuju titik Q catat tekanan, suhu dan kelembaban udara dalam selang waktu secara bersamaan (mialnya setiap 10 menit). Dari hasil pengukuran kedua titik, tekanan udara dititik P adalah berat udara yang tingginya = h_p dan tekanan udara dititik Q adalah berat udara yang tingginya = h_q (lihat gambar 2). Menurut Soetomo Wongsotjitro "Tekanan udara disuatu tempat tertentu adalah sama dengan berat udara dengan tebal tertentu pula". Beda tinggi antara titik P dan Q (h) dapat dihitung dengan rumus $h = h_p - h_q$.

Dalam menentukan beda tinggi dengan metoda ini harus diperhitungkan terhadap koreksi suhu, kelembaban

udara karena berat udara disuatu tempat tergantung dari gaya tarik bumi yang belum tentu sama antara titik P dengan titik Q. Kealahan dalam pengukuran dengan cara ini berkisar antara 10 - 20 cm, walaupun dikerjakan secermat mungkin.

3. Pengukuran dengan cara penyipat datar

Pengukuran beda tinggi dengan alat penyipat datar dapat dilakukan dengan beberapa cara, tergantung pada jenis alat yang dipergunakan dan tujuan pengukuran dilakukan.

a. Alat ukur penyipat datar sederhana

Pengukuran dengan alat ini hanya dapat digunakan untuk proyek-proyek kecil, misalnya pengukuran ketinggian lantai, saluran kecil dan lain-lainnya.

b. Alat ukur penyipat datar optik)

Pengukuran dengan alat ini digunakan untuk pembuatan proyek-proyek besar, seperti pengukuran perkebunan, bangunan jalan raya, jalan kereta api dan lain-lainnya.

BAB II

ALAT UKUR PENYIPAT DATAR SEDERHANA

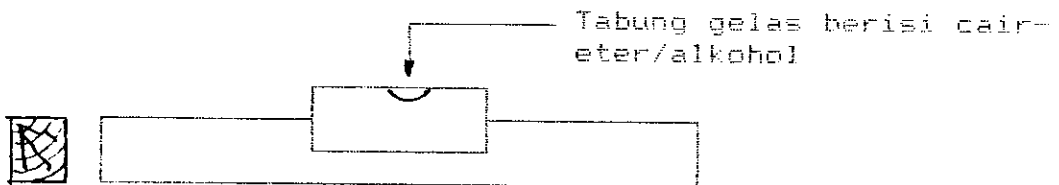
A. Macam-Macam Alat Ukur Penyipat Datar Sederhana

Macam-macam dari alat ini tergantung pada bentuk dan jenis bahan yang dipakai dalam pembuatannya.

1. Alat penyipat datar dari kayu

Alat ini terdiri dari rumah-rumah yang terbuat dari kayu dan tabung gelas berisi cairan eter, serta gelembung udara **Eter** atau cairan alkohol dari gelembung udara alkohol (gambar 3). Alat penyipat datar dari kayu ini sering disebut orang waterpas, waterpas biasanya dipakai untuk pengukuran beda tinggi pada daerah kecil.

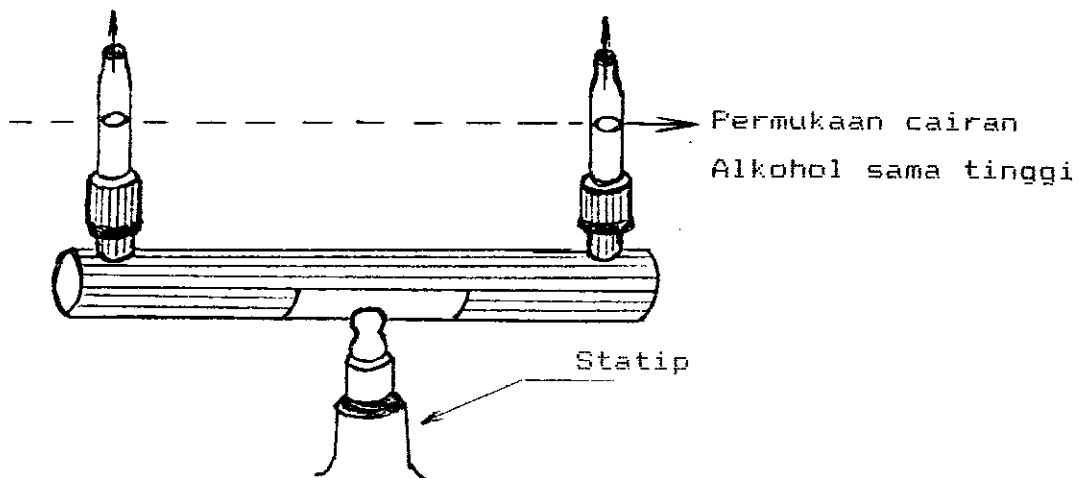
Dalam pengukuran dengan waterpas ini dipakai alat bantu kayu ukur/jalon dan pita ukur.



Gambar 3

2. Alat penyipat datar dari dua tabung gelas yang dihubungkan dengan pipa logam.

Alat ini dari dua tabung gelas yang dihubungkan dengan pipa logam dan dipasang diatas statif. Tabung dari gelas dan pipa penghubung dari logam diisi dengan cairan eter alkohol berwarna. Bila alat diletakkan mendatar, cairan alkohol yang ada dalam tabung gelas sama tinggi (gambar 4).



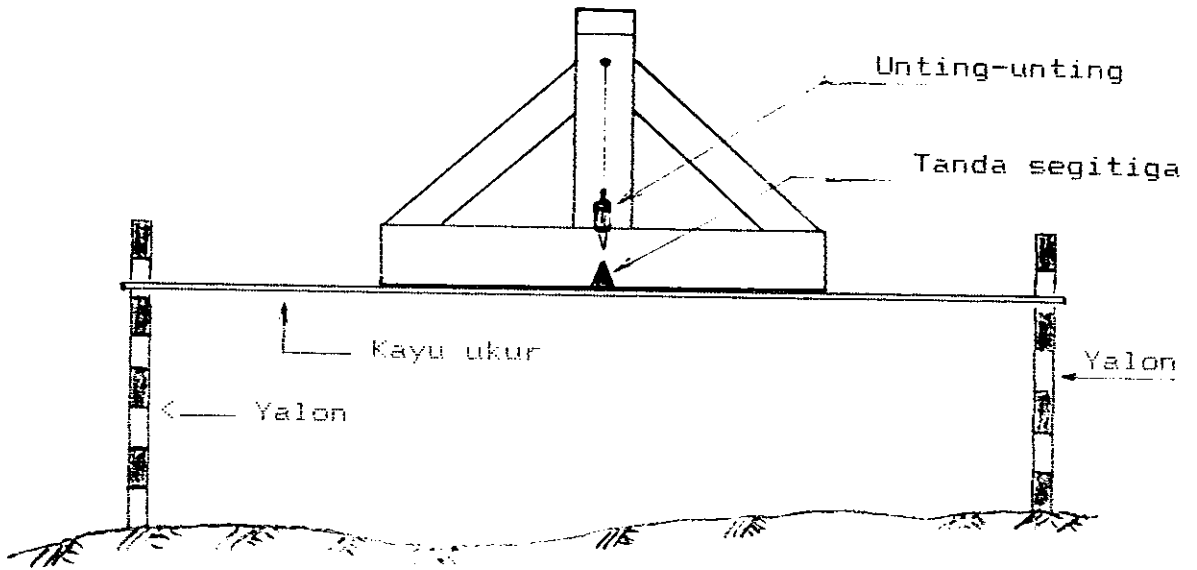
Gambar 4

Bila alat ditempatkan seperti gambar 4 diatas (permukaan alkohol sama tinggi, maka didapatkan garis bidik yang mendatar, bila mata dibidikan diatas permukaan kedua tabung gelas yang berisi alkohol itu. Akan tetapi ketelitian membidik kecil, sehingga alat ini jarang digunakan.

3. Alat ukur penyipat datar dari segitiga yang dilengkapi dengan unting-unting.

Alat ini terbuat dari kerangka kayu/besi berbentuk segitiga sama kaki. Pada tiang tengah dipasang unting-unting. Bidang yang akan diukur dinyatakan datar jika unting-unting menunjukkan ujung tanda segitiga bagian atas yang terdapat pada alat segitiga (gambar 5).

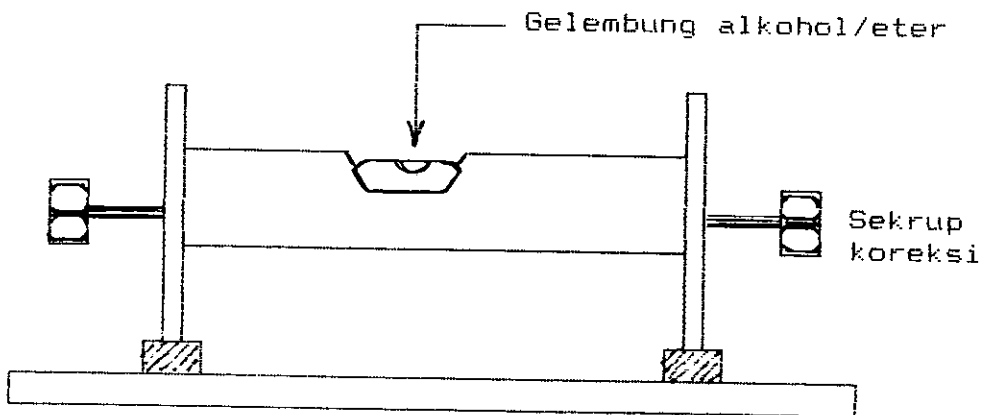
Syarat utama dari alat ini ialah bila bidang dasar baru rata dan tegak lurus terhadap sumbu tengah (sumbu utama). Seuai dengan syarat-syarat alat ukur penyipat datar. Dalam pengukuran harus dilengkapi yalon/kayu ukur untuk tempat meletakkan alat.



Gambar 5

4. Alat penyipat datar dari logam

Alat ini sama dengan alat penyipat datar dari kayu (water pas) tetapi pada alat penyipat datar ini dilengkapi dengan krup koreksi nivo, sehingga bila berubah posisinya dapat dikoreksi dengan cara memutar skrup koreksi (gambar 6).



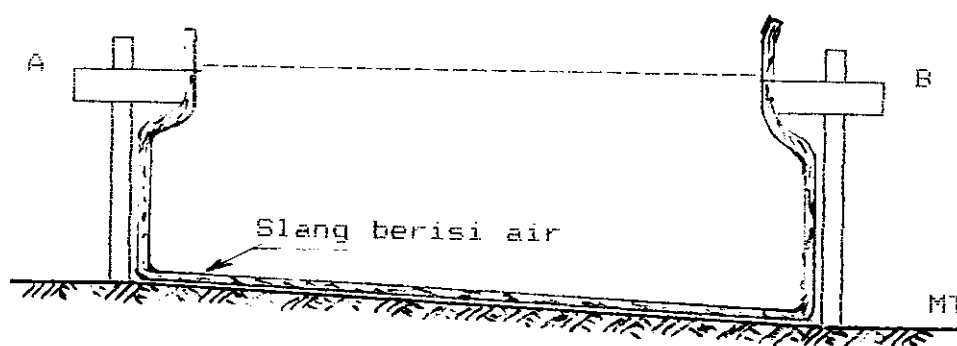
Gambar 6

5. Alat penyipat datar dari pipa plastik/slang plastik

Dalam pemakaian slang plastik diisi air kemudian direntangkan terhadap terhadap tempat yang akan diukur beda tinggi, sehingga keadaan sama datar. (Gambar 7).

Pengukuran dengan alat ini dapat dilakukan pada areal yang luas (tergantung pada panjang slang) syarat dari slang plastik tidak boleh bocor dan mengandung gelembung udara di dalamnya, yang harus diperhatikan pada slang pipa plastik adalah;

- a. Waktu pengisian air harus teliti
- b. Air diisi harus bermula tempat ujung slang yang tinggi dan dibiarkan mengalir ke ujung yang paling bawah sampai air keluar.
- c. Bila sudah bebas dari gelembung-gelembung udara barulah pengisian dihentikan.



Gambar 7

B. Alat-Alat Bantu Pengukuran Dengan Alat Ukur Penyipat Datar Sederhana

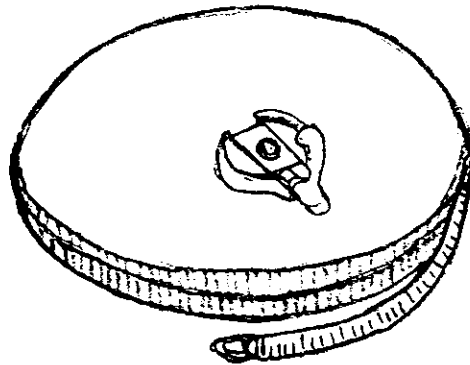
Dalam melakukan pengukuran di lapangan dengan alat ukur penyipat datar sederhana, baik pengukuran jarak maupun pengukuran beda tinggi diperlukan alat bantu, alat bantu yang bisa digunakan adalah;

1. Pita Ukur

Pita ukur dipakai untuk mengukur jarak mendatar dari satu titik ke titik lainnya, serta untuk mengukur tinggi titik dari permukaan tanah terhadap kedataran alat penyipat datar. Pita ukur yang dipakai untuk pengukuran di lapangan dapat dikelompokkan atas tiga bagian.

a. Pita ukur dari kain

Pita ukur yang terbuat dari kain ini pada saat sekarang ini jarang digunakan lagi, karena kurang kuat dan cepat rusak apabila berhubungan dengan air (udara lembab). Lebar dari pita ukur ini lebih kurang 2 cm dan panjangnya berkisar 10 m - 30 m. (gambar 8).

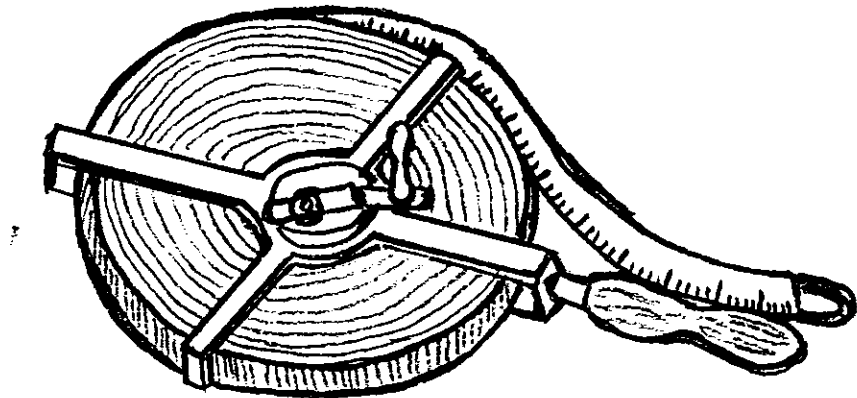


Gambar 8

b. Pita ukur dari baja

Pita ini terbuat dari pita baja dengan lebar 20 mm, tebal 0,4 mm dan panjang ada 20 m, 30 m dan 50 m. Skala pengukuran dari pita ini dibuat dengan satuan metrik (cm), pada ujung pita sepanjang 10 cm dibuatkan dalam mm dengan garis-garis halus. Bentuk lain ada juga skala pengukuran dibuat dalam meter (m) yang ditandai dengan plat kuningan besar serta diberi nomor, setiap diameter diberi plat kuningan kecil bundar.

Pita ukur ini lebih baik dibandingkan dengan pita ukur dari kain bila dipakai untuk pengukuran dilapangan, karena tahan air dan udara lembab serta kekuatan renggang kuat, sehingga dapat ditarik pada waktu pengukuran (gambar 9).



Gambar 9

c. Pita Invar

Pita ini dibuat dari baja nikel khusus yang mempunyai komposisi campuran 35 % nikel dan 65 % baja. Komposisi campuran 35 % nikel ini kegunaannya untuk mengurangi variasi panjang yang diakibatkan oleh perubahan suhu (cuaca). Dengan adanya nikel 35% koefisien muai dari pita ukur dapat dikurangi kira-kira $1/30$ atau $1/60$ dari pita baja biasa.

Logam ini lunak dan fleksibel, kelemahan dari pita ini harganya mahal, sampai mencapai 10 kali lipat dari harga pita baja biasa. Sehingga pita biasanya digunakan untuk pekerjaan geodetik yang seksama untuk pembakuan sebagai perbandingan dengan hasil pengukuran pita-pita lainnya.

2. Kayu Ukur

Kayu ukur terbuat dari kayu yang kering betul dan tidak begitu terpengaruh oleh perubahan suhu (cuaca). Panjang kayu ukur 3 m atau 5 m dan penampangnya dibuat berbentuk oval dengan ukuran 5 cm ditengah dan 3 cm diujung-ujungnya. Setiap jarak 1 m selang seling diberi warna putih, merah atau hitam dan setiap desimeter diberi tanda dengan paku kuning, sedangkan jarak dalam sentimeter dikira-kirakaan (diukur dengan pita ukur) lihat gambar 10). Kayu ukur dipakai sebagai landasan

alat penyipat datar untuk mendatarnya, dalam pengukuran bila memakai kayu ukur, jarak ukur diambil sepanjang kayu ukur (3 m atau 5m).



Gambar 10

3. Yalon (Anjir)

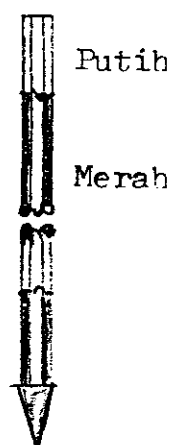
Yalon bila ditinjau dari jenis bahan pembuatannya, dapat dibagi atas dua jenis

1. Yalon dari kayu

Yalon yang terbuat dari kayu mempunyai bentuk penampang segitiga dan bulat, dengan diameter $3/8-1$ inci, pada bahagian bawahnya diberi sepatu besi yang runcing. Guna sepatu besi supaya mudah menancapkannya ke dalam tanah dan juga untuk menghindari yalon jangan cepat rusak. Tinggi yalon dibuat 2 meter dan diberi warna merah putih selang seling setiap 10 cm (gambar 11).

2. Yalon dari pipa besi

Yalon yang terbuat dari pipa besi dengan panjang 2 m dan diameter $3/8 - 1$ inci dan pada bagian bawahnya diruncingkan. Guna diruncingkan supaya mudah menancapkan ke dalam tanah, yalon diberi warna merah putih setiap jarak 10 cm selang seling. (Gambar 12).



Gambar 11



Gambar 12

4. Alat pengaman pengukuran

Untuk menjaga keselamatan bagi sipelaksana dalam melakukan pengukuran, maka diperlukan alat pengaman seperti topi dan sepatu.

Topi digunakan untuk melindungi kepala pekerja dari sengatan matahari, sedang sepatu dipergunakan untuk melindungi kaki sipekerja jangan ampai luka di lapangan.

C. Syarat-Syarat Alat Ukur Penyipat Datar Sederhana

Dalam menggunakan alat ukur penyipat datar, supaya mendapatkan hasil yang layak dan optimal, maka alat harus baik komponennya dan memenuhi syarat-syarat yang dipunyai oleh alat tersebut. Komponen dari alat ukur penyipat datar telah diatur sedemikian rupa oleh pabrik, yang diperhatikan dalam pemakaian cuma syarat-syaratnya.

1. Garis bidik harus sejajar dengan garis arah bidang nivo
2. Garis arah bidang nivo harus tegak lurus pada sumbu utama (sumbu kesatu).

D. Teknik pengukuran Beda Tinggi dan Jarak Dengan Alat Ukur Penyipat Datar Sederhana.

1. Alat penyipat datar dari kayu (Water pas)

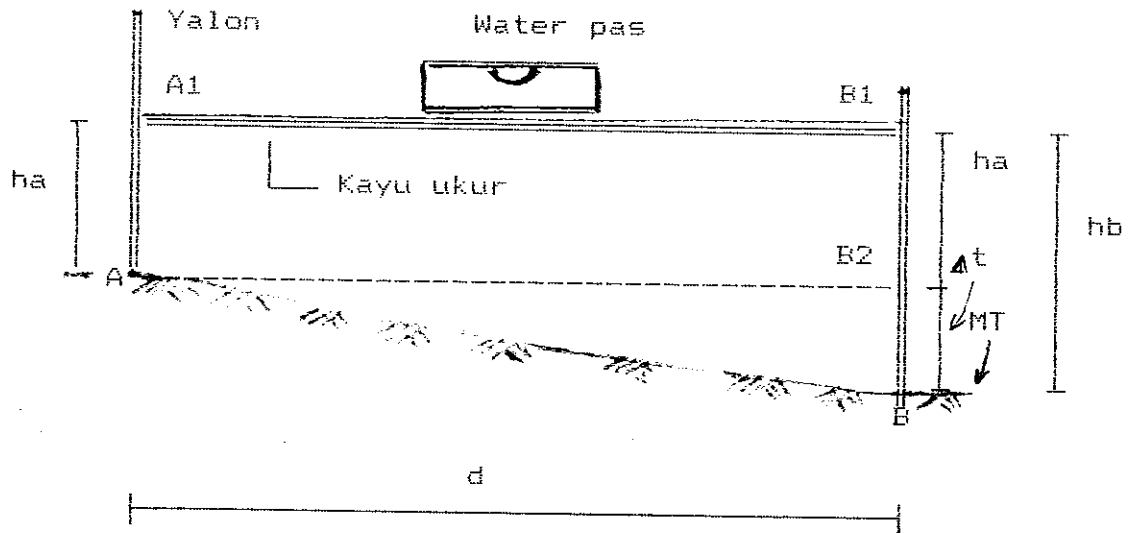
Pengukuran beda tinggi dengan alat ini dapat dilakukan oleh tiga sampai empat orang tenaga, satu buah water-pass, satu buah meteran, satu buah pita ukur, satu buah

kayu ukur dan beberapa buah yalon (tergantung pada jarak yang diukur).

Dalam melakukan pengukuran kayu ukur digunakan sebagai alat bantu untuk mendatarkan/melevelkan waterpas, jarak titik yang akan diukur tidak bisa terlalu jauh (sepanjang kayu ukur), cara pengukuran adalah ssebagai berikut (lihat gambar 13).

- a. Tentukan titik yang akan diukur sesuai dengan keadaan lapangan (misalnya titik A ke B).
- b. Tancapkan yalon dititik A dan B tegak lurus oleh orang pertama dan kedua, orang ketiga membawa kayu ukur dan waterpa sedangkan orang keempat membawa meteran dan alat tulis.
- c. Tempatkan kayu ukur orang ketiga dalam posissi mendatar/horizontal dengan bantuan waterpas yang diletakkan di atas kayu ukur dan gelembung nivo harus berada ditengah-tengah.
- d. Bila gelembung nivo telah berada di tengah-tengah maka kayu ukur sudah horizontal, pegang ujung kayu ukur oleh orang pertama dan kedua pada yalon di titik A dan B lalu tandai pada yalon tersebut (A1 dan B1).
- e. Ukur tinggi dari muka tanah ke A1 dan B1 yang terdapat pada yalon di titik A dan B dengan meteran (h_a dan h_b).
- f. Hitung beda tinggi antara titik A dan B dari hasil pengukuran dititik $A = A'$ dan $b = B'$ (lihat gambar 13).
- g. Beda tinggi antara titik A dan B = $A1 - B1 = h_a - h_b = t$
- h. Ukur jarak datar dari titik A ke B dengan pita ukur (sepanjang kayu ukur).
- i. Dari hasil pengukuran diatas dapat dihitung jarak miring antara titik-titik A ke B (lihat ABB_2)
 Jarak $AB_2 =$ diketahui dari hasil pengukuran (sepanjang kayu ukur). $BB_2 =$ beda tinggi = t .

$$\begin{aligned} \text{Maka jarak miring } AB &= \sqrt{(AB_2)^2 + (BB_2)^2} \\ &= \sqrt{d^2 + \Delta t^2} \end{aligned}$$



Gambar 13

Contoh perhitungan :

Hasil pengukuran di lapangan didapat data sebagai berikut.

$$h_a = 0,850 \text{ m}$$

$$h_b = 2,550 \text{ m}$$

$$A_1 B_1 = A_2 B_2 = 5,000 \text{ m}$$

Hitunglah beda tinggi antara titik A dan B, serta jarak miring (jarak A ke B)

Jawab : Beda tinggi (Δt) = $h_a - h_b$

$$= 0,850 \text{ m} - 2,550 \text{ m}$$

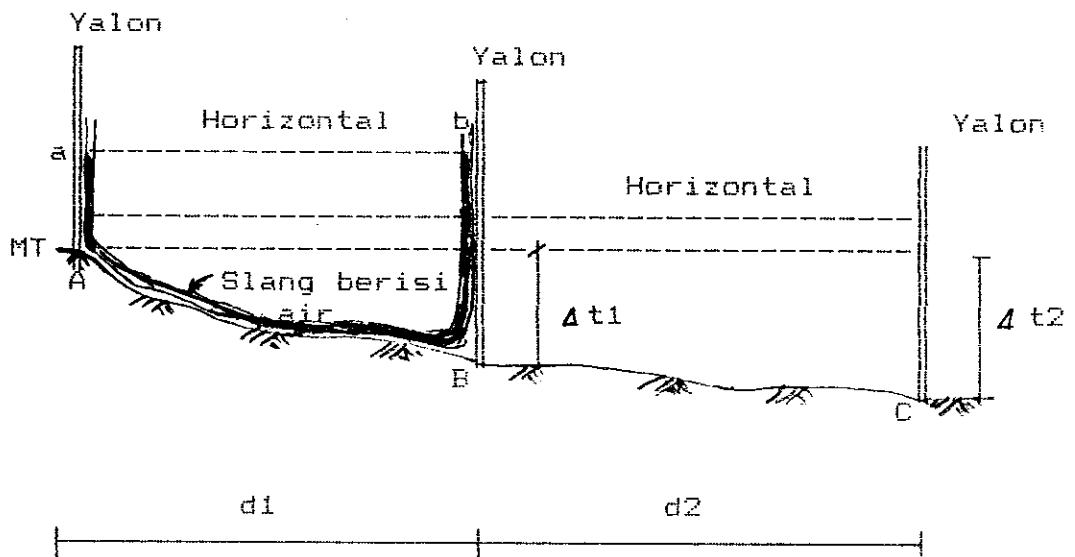
$$= -1,700 \text{ m (berarti daerahnya menurun).}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak miring (AB)} &= \sqrt{d^2 + \Delta t^2} \\
 &= \sqrt{(5)^2 + 1,7)^2} \\
 &= \sqrt{25 + 2,890} \\
 &= 5,281
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Atau (AB)} &= \sqrt{(AB_2)^2 + (BB_2)^2} \\
 &= \sqrt{(5)^2 + (BB_1 - B_1B_2)^2} \\
 &= \sqrt{(5)^2 + (2,550 - 0,856)^2} \\
 &= 5,281
 \end{aligned}$$

2. Alat penyipat datar dari slang plastik

Pengukuran beda tinggi dan jarak dengan alat ini dapat dilakukan oleh tiga orang tenaga, satu buah slang plastik bening yang berdiameter 10 mm, satu meteran, satu buah pita ukur, beberapa buah yalon (tergantung kebutuhan) dan air yang bersih, cara pengukuran perhatikan gambar 14.



Gambar 14

- a. Pasang yalon tegak lurus dititik yang akan diukur beda tinggi dan jaraknya (titik A, B dan C).
- b. Ambil slang plastik dan isi air seperlunya.
- c. Periksa slang yang telah berisi air jangan ada bagian yang bocor dan gelembung-gelembung udara di dalamnya.
- d. Orang pertama membawa ujung slang ke titik A dan orang kedua ketitik B, sedangkan orang ketiga siap dengan meteran/pita ukur dan alat-alat tulis.
- e. Orang pertama dan kedua menempelkan ujung slang pada yalon di titik A dan B dengan hati-hati, hingga ujung slang tidak bergerak dan air dalam slang dibiarkan sampai tenang.
- f. Setelah permukaan air kedua ujung slang tenang, maka orang ketiga mengukur tinggi air dari permukaan tanah ke permukaan air dalam slang dengan meteran dititik A (A ke a) dan dititik B (B ke b) dan ukur jarak horizontal a ke b dengan pita ukur.
- g. Ulangi pengukuran sampai tiga kali dan ambil rata-ratanya.
- h. Kemudian orang kedua pindah ke titik C, sedangkan orang pertama letak di titik A dan lakukan hal yang sama seperti hal di atas (langkah c - g) hingga didapat tinggi pengukuran di titik A dan C.
- i. Dari hasil pengukuran di atas dapat dihitung jarak dan beda tinggi antara titik A, B dan C seperti di bawah ini.
 - 1) Misalkan tinggi pengukuran di titik A tiga kali pengukuran b_1, b_2 dan b_3 , di titik B tiga kali pengukuran m_1, m_2 dan m_3 .

Rata-rata tinggi pengukuran di titik A =

$$\frac{b_1 + b_2 + b_3}{3} = b$$

526.36

Sam

Ⓢ

2147/K/2000-ii 2/2

Rata-rata tinggi pengukuran di titik B =

$$\frac{m1 + m2 + m3}{3} = m$$

Maka beda tinggi antara titik A dengan titik B

$$(\Delta t) = b - m$$

Jarak antara titik a ke b (d1) dapat diukur langsung dengan pita ukur.

$$\text{Jarak A ke B (jarak miring)} = \sqrt{(d1)^2 + (\Delta t)^2}$$

Contoh perhitungan.

Hasil pengukuran di lapangan didapat data sebagai berikut;

b1 = 0,625 m

b2 = 0,624 m

b3 = 0,626 m

m1 = 2,125 m

m2 = 2,126 m

m3 = 2,124 m

d1 = 25,000 m

Beda tinggi antara A dan B (Δ t) = b - m

$$b = \frac{0,625 \text{ m} + 0,624 \text{ m} + 0,626 \text{ m}}{3} = 0,625 \text{ m}$$

$$m = \frac{2,125 \text{ m} + 2,126 \text{ m} + 2,124 \text{ m}}{3} = 2,125 \text{ m}$$

$$t = 0,625 - 2,125 = -1,500 \text{ m (berarti daerah pengukuran menurun.)}$$

$$\text{Jarak A ke B} = \sqrt{(d1)^2 + (\Delta t)^2}$$

$$= \sqrt{25^2 \text{ m} + 1,5^2 \text{ m}}$$

$$= 25,045 \text{ m}$$



BAB III

ALAT UKUR PENYIPAT DATAR OPTIS

Untuk pengukuran beda tinggi (ketinggian) dan jarak horizontal antara titik dengan titik lainnya dilapangan, selain menggunakan alat penyipat datar sederhana juga menggunakan alat ukur penyipat datar optis. (Instrumen penyipat datar). Pemakaian alat penyipat datar optis dalam pengukuran lebih cepat dan lebih teliti daripada alat ukur tanah penyipat datar sederhana.

Alat ukur penyipat datar optis, di Indonesia sampai saat ini masih didatangkan dari luar negeri (masih mengimpor) antara lain dari Swis, Jerman, Jepang, Amerika, Belanda dan negara penghasil lainnya. Dikarenakan negara pengimpor alat jauh dari negara Indonesia sudah pasti ongkos perjalanan besar, sehingga harganya sangat mahal di Indonesia. Untuk mencegah alat jangan rusak dan menghemat biaya pemeliharaan (service) maka perlu ditanamkan rasa cinta dan rasa memiliki pada alat tersebut.

Dalam pemakaian alat harus hati-hati, teliti dan penuh tanggung jawab, supaya alat terpelihara dengan baik dan hasil pengukuran memuaskan. Seperti pepatah berikut "Bila bekerja dengan alat yang baik berarti sudah separoh menyelesaikan pekerjaan, tetapi sebaliknya bila bekerja dengan alat yang tidak baik pekerjaan akan terbangun begitu saja sehingga membuang-buang waktu". seperti pepatah asing "Time is money" waktu adalah uang, jadi membuang waktu sama dengan membuang uang.

Untuk mencegah alat tetap baik dan tahan lama dalam perbaikan, kita/sipemakai dan sipenyimpan harus kenal dengan alat dan mengetahui fungsi dan kegunaan setiap bagian-bagian dari alat tersebut.

A. Bagian-Bagian Alat Ukur Penyipat Datar Optis

Konstruksi alat ukur penyipat datar optis (instrumen penyipat datar) berbeda-beda sesuai dengan rancangan negara pembuatnya, meskipun demikian bagian-bagian yang pen-

ting dari alat tersebut mempunyai bagian yang sama seperti:

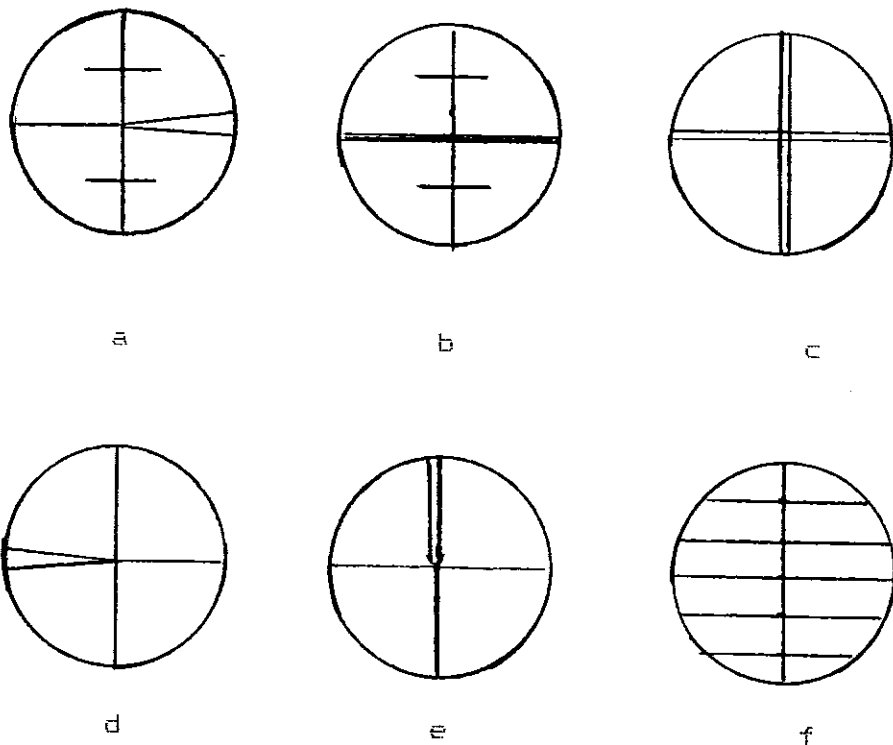
1. Teropong

Teropong alat penyipat datar optis dalam bentuk yang paling sederhana dilengkapi atas dua lensa, yaitu lensa obyektif (lensa benda) dan lensa okuler (lensa mata). Lensa obyektif terletak di muka teropong, sedangkan lensa okuler terletak di belakang teropong. Kedua lensa ini ditempatkan pada teropong sedemikian rupa, hingga kedua sumbu optisnya berimpit. Lensa obyektif (lensa benda) mempunyai jarak titik api besar, sedangkan lensa okuler (lensa mata) mempunyai jarak titik api kecil, sebab lensa okuler berfungsi hanya sebagai lap untuk membidik objek.

Untuk menghilangkan atau memperkecil kesalahan dalam pengukuran maka lensa obyektif dan okuler dibuat beberapa buah lensa yang mempunyai koefisien bias dan jari-jari bidang lengkungan yang berlainan.

Selain dari lensa teropong juga dilengkapi dengan benang diafragma (benang silang) yang terletak pada bagian belakang dan dimuka lensa okuler. Benang diafragma pada alat ukur penyipat datar lama dibuat dari benang laba-laba (benang ekor kuda), sedangkan pada alat-alat penyipat datar baru (modern) digoreskan pada kaca, bentuk dari benang silang bermacam-macam seperti; dua benang mendatar dan dua benang tegak (gambar 15.a), dua benang mendatar dan dua benang tegak (gambar 15.b), dua benang tegak dan satu benang mendatar (gambar 15.c), satu benang tegak dan satu benang mendatar setengah dari lingkaran salib sumbu (gambar 15.d), tiga benang mendatar dan satu benang tegak (gambar 15. e), lima benang mendatar dan satu benang tegak (gambar 15.f).





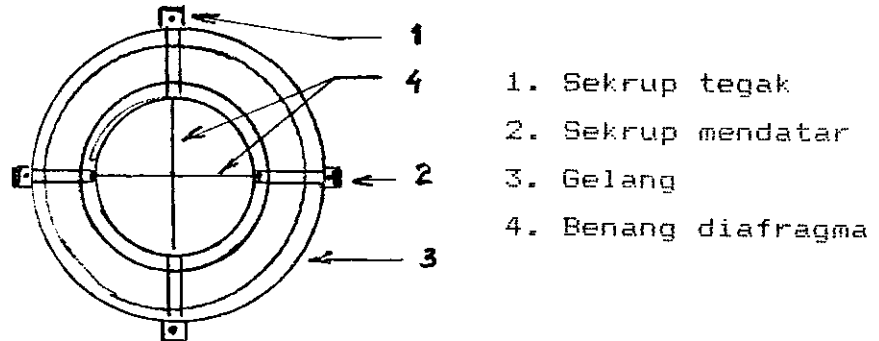
Gambar 15
Bentuk-Bentuk Benang Diafragma
(Benang silang)

Benang silang bentuk gambar 15.a sampai gambar 15.d, hanya dipergunakan untuk mencari beda tinggi, sedangkan bentuk gambar 15.c dan 15.f dapat dipakai untuk mencari jarak optis dan beda tinggi.

Garis lurus yang menghubungkan titik tengah lensa obyektif dengan titik potong tengah benang diafragma dinamakan garis bidik.

Garis bidik pada beberapa alat ukur penyipat datar optis mempunyai keadaan tertentu dan titik tengah lensa obyektif tidak dapat dirobah, maka untuk menghubungkan titik tengah lensa obyektif dengan titik potong tengah benang diafragma dengan mengubah tempat titik potong dua benang diafragma pada sumbunya. Untuk merobah benang diafragma, maka benang diafragma tersebut ditempatkan pada suatu gelang di dalam tabung yang

dinamakan tabung diafragma. Gelang dapat digeser di dalam tabung diafragma ke atas ke bawah dan ke kanan ke kiri dengan jalan memutar empat ekrup gelang, dua sekrup untuk menggeser tegak dan dua sekrup untuk menggeser mendatar. Perhatikan gambar 16.



Gambar 16
Diafragma

Teropong dikatakan baik apabila garis bidik diarahkan kesuatu titik bayangan titik tersebut berimpit pada titik potong dua benang diafragma.

Bayangan yang dihasilkan teropong pada umumnya ada dua macam yaitu. Bayangan vertikal terbalik diperbesar dan bayangan vertikal diperbesar.

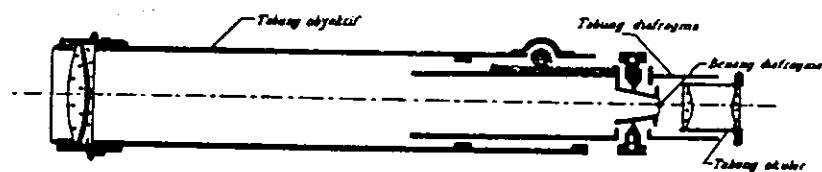
Bayangan vertikal terbalik diperbesar biasanya dihasilkan oleh teropong astronomi, teropong ini dalam pemakaiannya kita harus menggunakan rambu ukur (bak ukur) dengan angka-angka terbalik, sehingga pada bayangan terbalik angka-angka itu dapat dibaca tegak.

Bayangan vertikal diperbesar dihasilkan oleh teropong terestris, teropong ini dalam pemakaiannya cukup memakai bak ukur (rambu ukur) dengan angka-angka tegak (biasa), karena teropong terestris ini telah dilengkapi dengan prisma balik.

Pada konstruksi lama teropong terdiri atas tiga tabung berturut-turut dari muka teropong yaitu ; tabung obyektif dan dilengkapi dengan lensa obyektif, tabung diafragma yang dilengkapi dengan benang diafragma (benang silang), tabung diafragma bisa

keluar masuk tabung objektif dan tabung okuler yang dilengkapi dengan lensa okuler, tabung okuler dapat keluar masuk pada tabung diafragma.

Dengan demikian teropong bisa diperpanjang dan diperpendek, tergantung pada jauh dekatnya obyek yang dibidik. Bentuk dari teropong lihat gambar 17.



Gambar 17

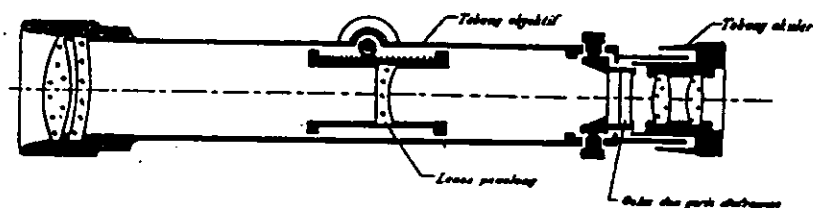
Referensi : Ilmu Ukur Tanah oleh
Wongsotjitro. 1980. h. 92

Pada konstruksi baru teropong alat penyipat datar optis terdiri hanya atas dua tabung, yaitu tabung objektif dan dilengkapi dengan lensa obyektif serta tabung okuler yang dilengkapi dengan lensa okulernya. Tabung okuler bisa keluar masuk tabung obyektif. Di dalam tabung objektif ditempatkan lensa penolong dan benang diafragma yang letaknya tidak jauh dari tabung okuler. Lensa penolong dapat digerakkan maju mundur di dalam tabung objektif dengan menggunakan sekrup lensa penolong.

Kegunaan dari lensa penolong adalah untuk membantu memperjelas bayangan yang masuk ke dalam teropong melalui lensa obyektif.

Panjang teropong pada konstruksi baru ini tetap dan tidak berubah seperti teropong konstruksi lama, umumnya panjang teropong lebih pendek dari konstruksi lama dan diatas teropong selalu ada alat pembidik kasar (penolong), dengan alat bidik ini teropong dapat

diarahkan ke sasaran secara kasar, bentuk teropong lihat gambar 18.



Gambar 18

Referensi ; Ilmu ukur tanah oleh

Wongsotjitro. 1980. h. 93.

a. Pekerjaan-pekerjaan yang harus dilakukan pada waktu menggunakan teropong (garis bidik diarahkan ke sasaran/titik pengukuran) adalah sebagai berikut:

- 1) Arahkan teropong (garis bidik) ke titik pengukuran secara kasar dengan menggunakan alat bidik kasar yang terletak di atas teropong.
- 2) Geser tabung okuler secara halus keluar atau ke dalam tabung diafragma pada konstruksi lama, keluar atau ke dalam tabung objektif pada konstruksi baru, sehingga benang diafragma terlihat jelas dari belakang lensa okuler. Sehingga didapat jarak lihat yang terang antara diafragma dengan mata.
- 3) Supaya dapat melihat dengan terang bayangan titik yang dibidik, maka perlulah menempatkan bayangan titik tersebut dibidang benang diafragma.

Pada teropong konstruksi lama dengan cara menggeser-geserkan tabung diafragma keluar atau ke dalam tabung objektif secara halus, sedangkan pada teropong konstruksi baru dengan cara menggeser lensa pembantu ke muka atau ke belakang secara halus.

Bila bayangan titik yang dibidik belum tepat terletak dibidang benang silang diafragma, ini dikatakan ada paralaks (kesalahan lihat).

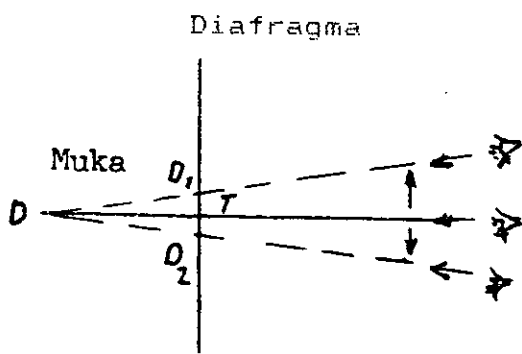
Cara untuk menentukan adanya paralaks, letakkan bayangan titik yang dibidik pada bidang benang silang diafragma, lalu mata digoyangkan ke atas dan ke bawah maka akan terjadi dua kemungkinan.

- a) Bayangan titik yang dibidik terletak di muka bidang benang silang diafragma.
- b) Bayangan titik yang dibidik terletak dibelakang bidang benang silang diafragma.

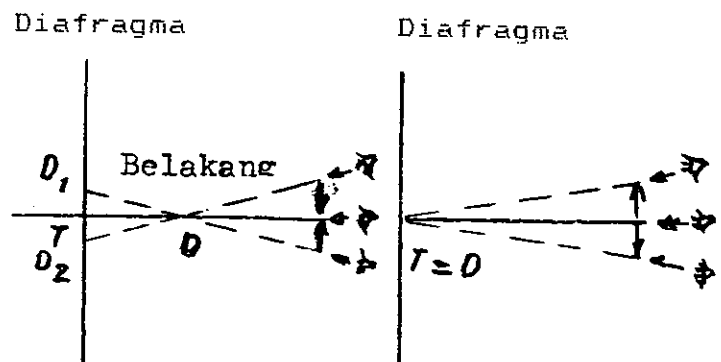
Jika terjadi bayangan titik yang dibidik berpindah kearah yang sama dengan kepindahan mata, maka ini adalah suatu tanda bahwa bayangan titik yang dibidik tersebut terletak dimuka bidang benang silang diafragma (gambar 19.a).

Jika bayangan titik yang dibidik pindah kearah yang berlawanan dengan kepindahan mata, maka bayangan titik yang dibidik terletak dibelakang bidang benang silang diafragma (gambar 19.b).

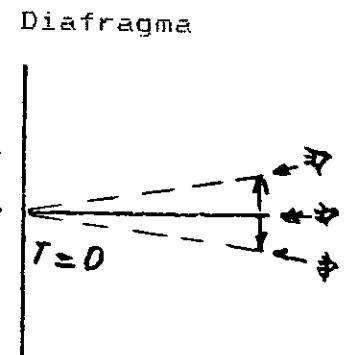
Untuk menghilangkan dua hal di atas geserkanlah tabung diafragma ke muka atau ke belakang secara halus, sehingga bayangan titik yang dibidik berimpit dengan titik potong benang silang diafragma, kemudian goyangkan mata ke atas dan ke bawah sampai bayangan kelihatan tetap dititik potong benang silang diafragma. (gambar 19.c).



Gambar 19.a



Gambar 19.b



Gambar 19.c

Dimana pada gambar ; D = bayangan

T = Titik potong benang
silang diafragma

---> = goyangan mata

—> = Perpindahan bayangan

b. Cara Penilaian teropong

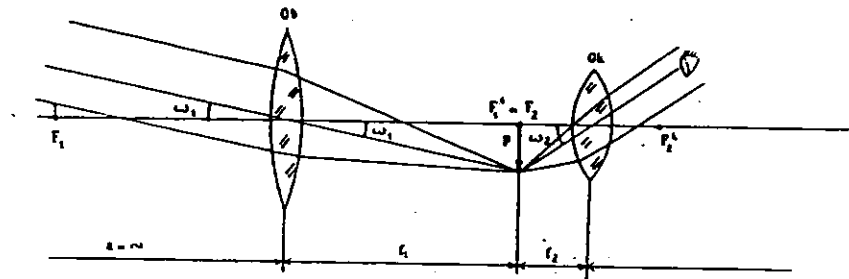
Untuk menentukan penilaian suatu teropong diperlukan sifat-sifat teropong sebagai berikut.

1) Pembesaran

Pembesaran pada teropong alat penyipat datar optis adalah perbandingan sudut pandang W_2 dan W_1 , dengan sudut pandang W_1 dimana mata biasa melihat benda yang jauh letaknya dengan sudut W_2 .

Pada teropong letak benda dibuat jauh dari lensa obyektif, yaitu terletak dititik api F_1 dari lensa obyektif, sehingga bayangan merupakan benda bagi lensa okuler yang bekerja pada teropong. Akibatnya letak bayangan harus di dalam jarak titik api F_2 lensa okuler. Maka sekarang bayangan terakhir harus terletak jauh, akibatnya benda untuk lensa okuler harus terletak dibidang muka titik api lensa okuler. Sehingga titik api (F_1) lensa obyektif akan berimpit dengan titik api (F_2) lensa okuler. Pada gambar 20 dibawah

ini dapat dilihat sudut pandang W_1 pada ruang lensa obyektif (O_b) dan sudut pandang W_2 pada ruang lensa okuler (O_k).



Gambar 20

Referensi : Ilmu Ukur Tanah, oleh
Wongsotjitro. 1980. h. 95.

$$W_1 = \frac{P}{f_1} \quad \text{dan} \quad W_2 = \frac{P}{f_2}$$

$$P = \frac{W_2}{W_1} = \frac{1}{f_2}$$

Dimana ; P = Pembedaran

W_1 = Sudut pandang pada ruang lensa obyektif.

W_2 = Sudut pandang pada ruang lensa okuler

f_1 = Jarak titik api (fokus) lensa obyektif

f_2 = Jarak titik api (fokus) lensa okuler.

Pada teropong, lensa okuler bekerja sebagai lup dan f_2 kecil, sehingga kesalahan pada f_2 berpengaruh besar terhadap pembedaran (P) bayangan. Dengan memperbesar f_1 dan memperkecil f_2 akan diperoleh pembedaran (P).

Untuk menghindari ruangan penglihatan kecil dan teropong jangan terlalu panjang, caranya yaitu menggabungkan meteran keduanya sehingga dapat mencapai 28 x, dengan menggunakan stelsel lensa.

2) Penerangan

Semua lensa maupun alat yang bisa dilihat memerlukan cahaya sebagai penerangan terhadap obyek tersebut. Maka untuk dapat melihat obyek dengan teropong perlu penerangan. Penerangan disini maksudnya adalah perbandingan antara kekuatan penerangan pada selaput mata sewaktu kita melihat benda menggunakan teropong dengan tanpa teropong.

Penerangan bayangan yang diperoleh dengan teropong dari suatu benda adalah sebanding dengan banyaknya sinar cahaya yang jatuh pada satuan luas bayangan. Banyaknya sinar cahaya ini sebanding juga dengan jumlah sinar cahaya yang masuk ke dalam teropong dan sebanding pula dengan luas lensa obyektif.

Misalnya ; Banyaknya cahaya yang mencapai mata, masing-masing L dan L' , maka kekuatan penerangan adalah :

$$H = \frac{L}{N^2} \dots \text{Untuk mata tanpa teropong}$$

$$H' = \frac{L'}{L^2} \dots \text{Untuk mata dengan teropong}$$

N^2 = luas bayangan

H = kekuatan penerangan tanpa teropong

H' = kekuatan penerangan dengan teropong

$$\text{Penerangan relatif (h)} = \frac{H'}{H} = \frac{L' N^2}{L N'^2}$$

Misalnya : D = pupil masuk

d = pupil keluar dari teropong

o = diameter pupil mata yang ditempatkan pada pupil keluar teropong, maka banyaknya cahaya dalam mata ;

Tanpa teropong $L = \lambda o^2$

dengan teropong $L' = \lambda' . d^2$

Dimana λ' adalah lebih besar dari λ , semua ini disebabkan oleh cahaya yang melalui pupil masuk D . Semuanya disatukan lagi melalui pupil keluar d .

$$\lambda : \lambda' = D^2 : d^2$$

$$L' : L = D^2 : d^2$$

$$P^2 = \frac{N}{N^2}$$

$$h = \frac{D^2}{o^2 \cdot P^2}$$

Harga o disini biasanya lebih besar dari harga d . Pada suhu cuaca panas terik harga o bisa naik sama dengan harga d , maka;

$$h = \frac{D^2}{d^2 \cdot P^2}$$

$$P = \frac{D}{d}$$

$$h = \frac{D^2}{d^2 \left(\frac{D}{d} \right)^2} \longrightarrow h = 1$$

Ini penerangan relatif maximum, yang bisa dicapai teropong. Untuk memperbesar penerangan relatif, harga D diperbesar, tapi jalan pupil

keluar teropong ikut juga diperbesar, tidak ada artinya dikarenakan akan melebihi diameter pupil keluar mata. Karena $D_2 = \pm 5 \text{ mm}$, maka nilai

$$\text{terang teropong menjadi; } h = \frac{1}{5} \cdot \frac{(D \cdot \text{MM})^2}{F^2}$$

3) Daya pemisah dari teropong

Yang dimaksud dengan daya pemisah dari teropong, yaitu daya dari teropong untuk dapat memisahkan (membedakan) detail. Terutama dalam pemakaian stelsel lensa-lensa, maka halangan sinar disebabkan penyerapan (absorpsi) serta pemantulan berbagai-bagai permukaan lensa-lensa, ini yang menyebabkan berkurangnya daya dari teropong.

Misalnya : Σt = adalah daya pemisah dengan teropong.

Σm = adalah daya pemisah mata tanpa teropong.

Yang terjadi pada bayangan optif jika tidak ada gangguan, maka seharusnya;

$$\Sigma m : \Sigma t = p$$

p = pembesaran dari teropong (ideal)

Tetapi yang terjadi (nyata) kita peroleh adalah:

$$\Sigma m : \Sigma t = p_s$$

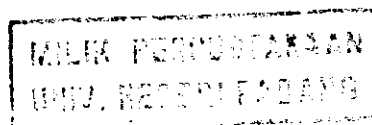
$$n \frac{p_s}{p} \cdot 100 \%$$

Ini disebut efek kegunaan dari teropong.

Efek kegunaan ini biasanya antara 55% - 80%.

4) Refleksi dari lensa

Refleksi cahaya banyak terjadi terutama antara batas "glas udara". Supaya pada lensa tidak terjadi pengurangan kekuatan cahaya, untuk itu harus mengusahakan agar refleksi sekecil



mungkin. Biasanya diantara kedua lensa yang berhubungan memakai pelapis zat kimia, sifat dari zat kimia ini dapat menahan refleksi cahaya (Coated lens).

Pada lensa kita bisa melihat yang menyebabkan warna biru keabu-abuan, warna ini akan hilang jika melihat tegak lurus pada lensa.

Zat kimia ini pada lensa akan menambah kekuatan cahaya sampai 25% - 50%.

5) Lapangan Penglihatan

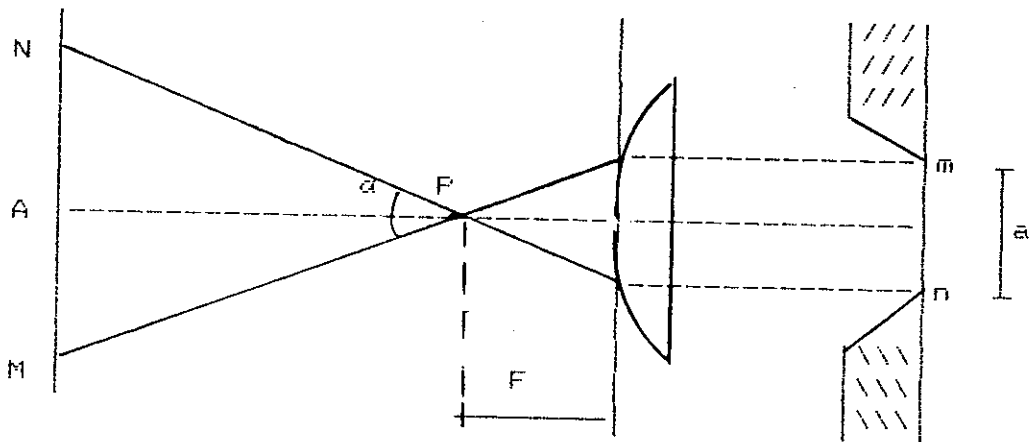
Lapangan penglihatan adalah sudut lihat terbear dari benda yang masih dapat dilihat dengan teropong.

$$\text{Lapangan penglihatan} = \alpha'_{\text{max}} = \frac{a}{F} \rho''$$

Harga max ini pada umumnya ditentukan oleh diafragma yang berada sedikit sesudah fokus muka dari okuler (kira-kira dibelakang fokus belakang obyektif yang ditempatkan dalam tabung okuler). Pada diafragma ditempatkan benang salip, jika

$$\text{kita ambil diameter } a = 0,5 f, \alpha = 0,5 \frac{f}{F} \rho''$$

$$0,5 \frac{\rho''}{F} \text{ dibulatkan } \frac{30}{F} \text{ dalam derajat.}$$



Gambar 21

TABEL I
PEMBESARAN DAN LAPANGAN PENGLIHATAN

F	10	20	30	40
α	3°	1°30'	1°	0°35'

Pada tabel terlihat, makin besar pembesaran makin kecil lapangan penglihatan.

Untuk mengukur berapa besarnya lapangan penglihatan teropong yaitu dengan mengukur sudut dari dan titik yang membatasi lapangan penglihatan tersebut, atau pada jarak diafragma yang tetap, kita membaca panjang benda yang dibatasi oleh ujung-ujung diafragma tersebut.

Penentuan lapangan penglihatan umumnya dilakukan dengan sejumlah pengamatan dengan berbagai-bagai jarak benda.

Karena jarak F konstant, maka rumus lapangan penglihatan menjadi :

$$\alpha'' = \frac{MN}{(AC - F)} \times 20625$$

c. Bentuk Konstruksi Teropong Yang Baru

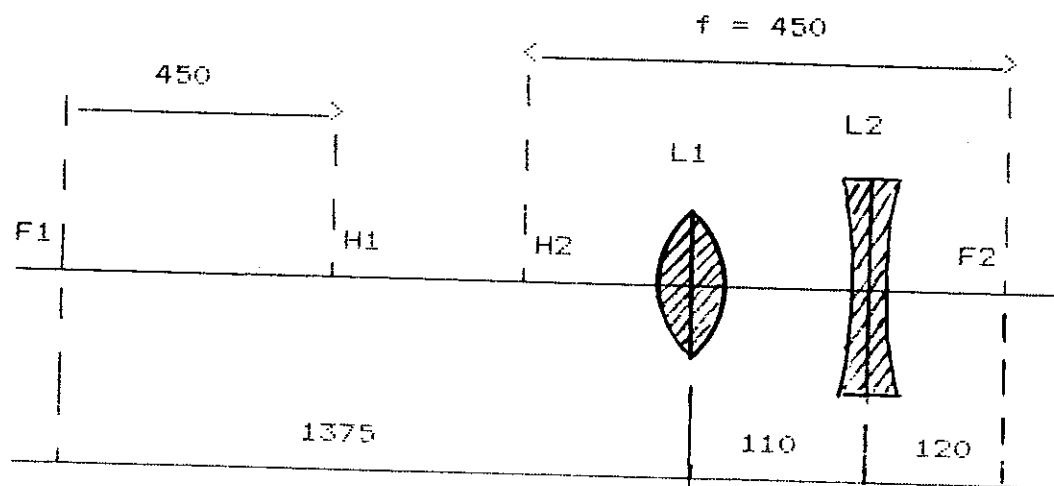
1) Tele obyektif.

Makin majunya teknologi, akibat keinginan dari manusia untuk menyelesaikan suatu masalah dengan tepat dan baik. Akibat dari hal tersebut diatas timbul peralatan-peralatan baru yang lebih modern dan akurat.

Begitu juga untuk peralatan ukur tanah seperti keinginan untuk mendapatkan teropong dengan pembesaran yang baik dengan panjang teropong yang kecil menyebabkan dibuat konstruksi dari obyektif gabungan dimana jarak bakar obyektif gabungan menjadi besar sekali tetapi jarak bakar belakang letaknya dekat pada obyektif.

Hasil seperti ini diperoleh dengan gabungan lensa positif dengan jarak bakar yang besar dan lensa negatif dengan jarak kecil. Jarak antara kedua lensa itu sedikit lebih besar dari jumlah kedua jarak bakar lensa-lensa tadi.

Contoh :



Gambar 22

$f_1 = + 150 \text{ mm}$ tebal lensa diabaikan

$f_2 = - 60 \text{ mm}$

Menurut rumus ; (30^a) , $(27^a, b)$

$$\text{Jarak gabungan ; } f = \frac{f_1 \cdot f_2}{f_2^e} = \frac{150 \times 60}{20} = 450 \text{ mm}$$

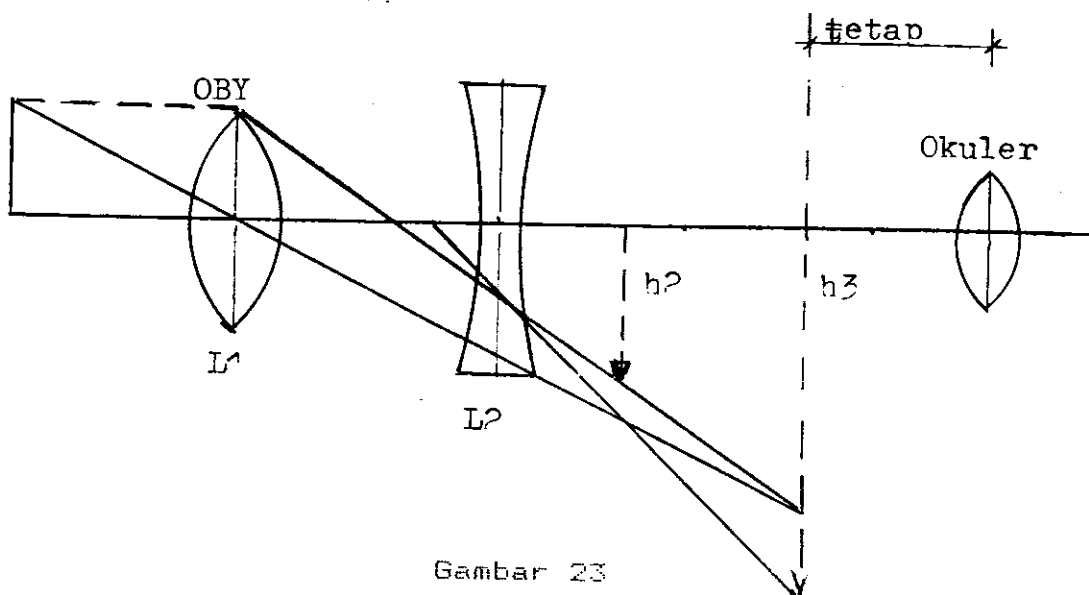
$$\text{Jarak } L_1 \text{ F}_1 = \frac{f_1 f_2 - e f_2}{f_1 + f_2 - e} = + 1375$$

$$L_2 \text{ F}_2 = \frac{f_1 \cdot f_2 - e f_2}{f_1 + f_2 - e} = + 120$$

Lensa gabungan merupakan lensa positif.

Dari titik F_1 dan F_2 dapat menetapkan titik-titik utama H_1 dan H_2 dari lensa gabungan. Disini bisa kita lihat bahwa jarak fokus depan dari lensa gabungan dapat besar sekali sedang jarak fokus belakang lebih kecil sehingga perbesaran dapat menjadi besar, tanpa teropong menjadi lebih panjang.

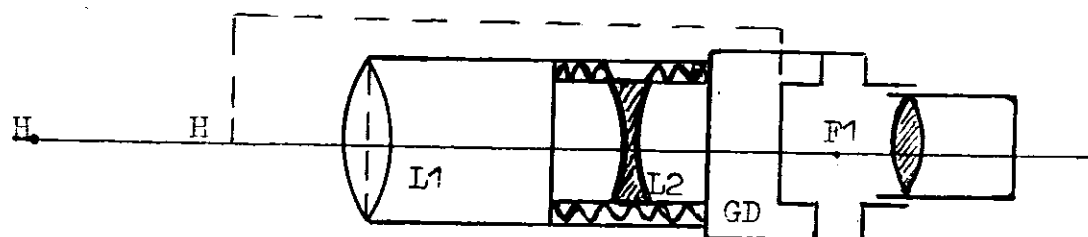
2) Teropong Dengan Lensa Penyetel Central (Centralo instel las)



Teropong yang dipakai sekarang (yang modern) seperti WILD, KERN dan lain-lain tabung okuler tidak dapat digerak-gerakkan lagi terhadap tabung teropong (teropong telah menjadi satu keseluruhan).

Menyetel teropong artinya menempatkan bayangan yang diperoleh dari obyektif dimuka okuler sehingga dapat dilihat dengan jelas. Untuk mengerjakannya sekarang tidak lagi mengeluarkan masukkan okuler, tetapi menempatkan antara obyektif dan okuler suatu lensa negatif, disebut lensa penyetel. Lensa ini dapat digerak-gerakkan dengan sekrup. Titik pusat optisnya harus bergerak sepanjang sumbu optis.

Kedudukan bayangan pada teropong terhadap okuler biasanya tetap (bayangan pada diaphragma) sehingga percobaan jarak benda menyebabkan perubahan jarak bayangan oleh obyektif tetapi dengan menyetel lensa sentral, maka bayangan tetap dijatuhkan pada diaphragma.



Gambar 24

Teropong Dengan Lensa Penyetel Central.

$f_1 = + 136 \text{ mm}$	$L1H_5 = + 209,23 \text{ mm}$
$f_2 = - 101 \text{ mm}$	$L2E_5 = 55,38, \text{mm}$
$a = + 100 \text{ mm}$	$L1F_5 = 420,55 \text{ mm}$
$f_s = + 211,32 \text{ mm}$	$L2F'_5 = 55, \text{ mm}$

2. Nivo (Libel)

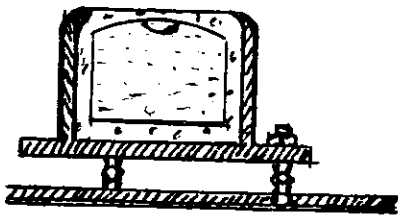
Nivo adalah suatu alat yang dipergunakan sebagai sarana untuk membuat arah horizontal dan vertikal.

Nivo menurut bentuknya dibagi tiga macam yaitu :

a. Nivo kotak.

Nivo kotak yaitu terdiri dari kotak dari gelas yang dimasukkan montur dari logam. Kotak dari gelas dibuat bentuk bidang lengkung dengan jari-jari yang cukup besar.

Kotak gelas yang berisi cairan ini dipanaskan sehingga terjadi penguapan dan udara keluar setelah cairan dingin, maka cairan pengecil, maka terjadilah ruangan hampa yang dinamakan gelembung.



Gambar 25.

Pada bagian atas kotak gelas ditandai dengan lingkaran digambar diatas gelas.

Garis singgung pada titik tertinggi (tengah-tengah) lingkaran disebut garis arah nivo.

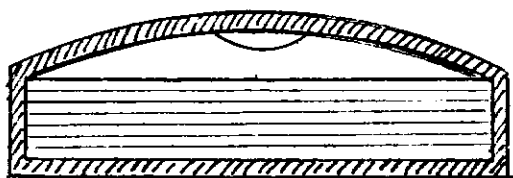
Pada nivo kotak, yaitu garis singgung pada tengah-tengah gelembung disebut garis horizontal.

Nivo dikatakan datar, teratur, seimbang konsidern, nispellen jika gelembung berada di tengah-tengah. Pada umumnya nivo kotak diletakkan di atas plat dari alat ukur dan berdiri diatas tiga sekrup penyetel. Ketiga sekrup penyetel diputar, maka nivo dapat diatur.

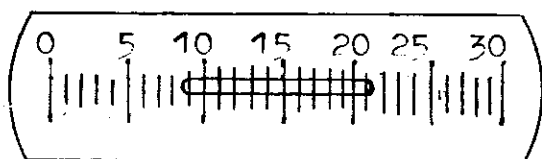
Nivo dikatakan teratur, ini berarti bahwa sumbu tegak (sumbu putar) sudah vertikal karena sumbu ini berdiri tegak lurus di atas plat alat ukur.

b. Nivo Tabung

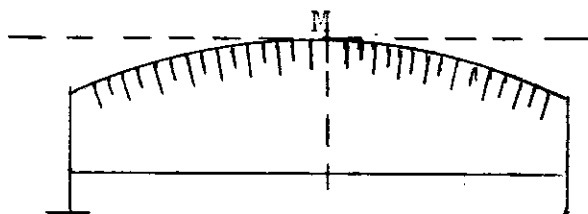
Nivo tabung adalah benda berbentuk tabung yang terbuat dari gelas berbentuk cylinder. Pada bagian atas sebelah dalam diasah dalam arah memanjang membentuk benda dengan lingkaran (perputaran) dengan jari-jari besar serta diisi oleh cairan ether atau alkohol.



Gambar 26.a



Gambar 26.b

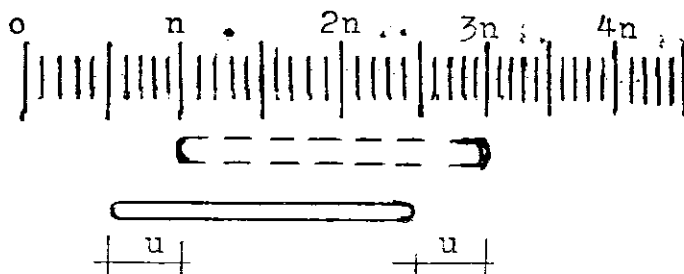


Gambar 26.c

ini sebenarnya adalah garis singgung pada titik tertinggi dari nivo. Kedudukan garis singgung ini horizontal. Dan pada bagian atas nivo terdapat suatu pembagian, dimana pembagian ini dalam pars (Paryse linen), yaitu $1 \text{ pars} = 2,256 \text{ mm}$.

Pembagian ini adalah :

1. Dari kiri ke kanan atau sebaliknya.

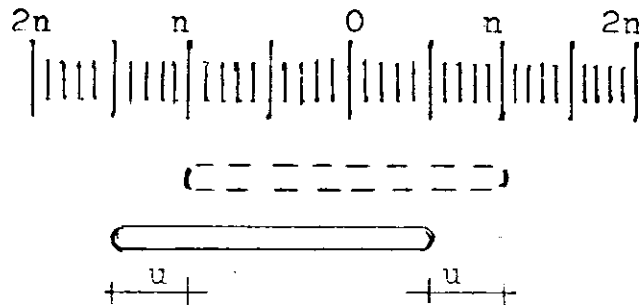


Gambar 27

Pada pembuatan nivo tabung, mula-mula tabung diisi cairan ether, sesudah itu dipanaskan, supaya udara keluar kemudian tabung ditutup. Jika cairan dalam tabung sudah dingin dan mengecil, maka terjadilah ruangan hampa yang diisi oleh uap eter.

Ruangan hampa berisi uap eter ini disebut gelembung udara karena sifat dari gaya berat maka gelembung ini selalu berada pada bagian lingkaran yang tertinggi dari bagian atas nivo. Seperti terlihat pada gambar garis singgung di tengah - tengah gelembung,

2. Setangkup yaitu terdapat 2 bagian yang dimulai dari titik nol di tengah-tengah.



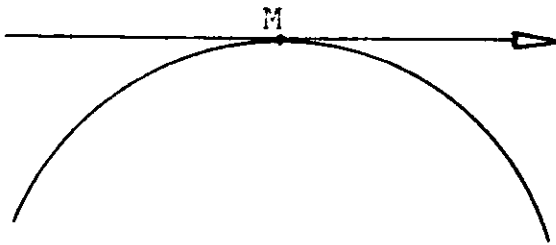
Gambar 28

Pada bagian-bagian nivo, yaitu garis-garis tersebut dinamakan 1 bagian nivo.

Jika gelembung setangkup terhadap titik tengah pembagian dinamakan gelembung dalam keadaan seimbang.

Garis singgung pada titik tengah nivo adalah garis tatap pada tabung nivo dinamakan juga garis arah.

Seperti pada gambar disebelah ini titik M disebut juga titik arah. Pada gelembung kondisi dalam keadaan seimbang, maka garis arah nivo horizontal karena berhimpitan dengan garis singgung pada tengah-tengah pembagian.

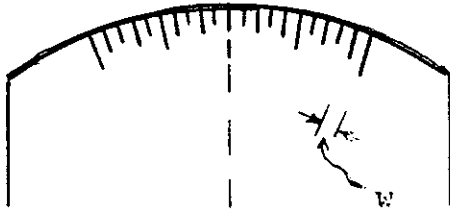


Gambar 29.

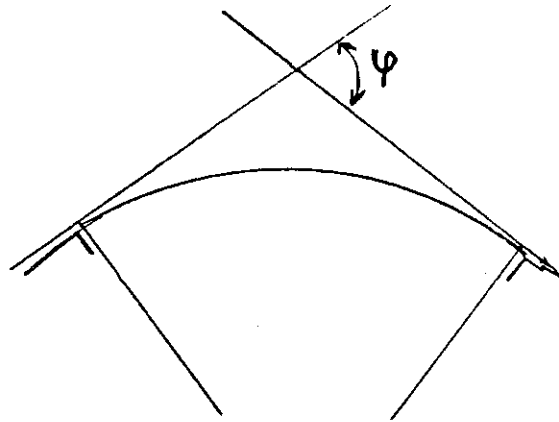
c. Harga sudut dari nivo

Pada pesawat perubahan helling yang dibuat oleh garis arah nivo, jika gelembung berpindah satu bagian nivo ini dinamakan harga sudut dari nivo.

Harga sudut dari nivo (W) dinyatakan dalam sekonde sexagesimal untuk tiap pars.



Gambar 30.a



Gambar 30.b

d. Panjang gelembung

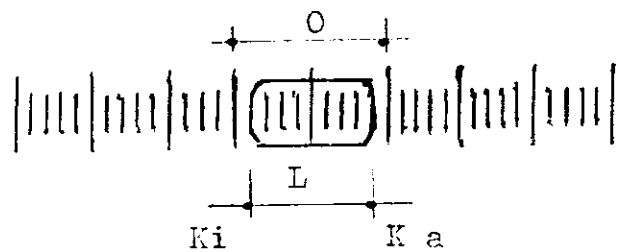
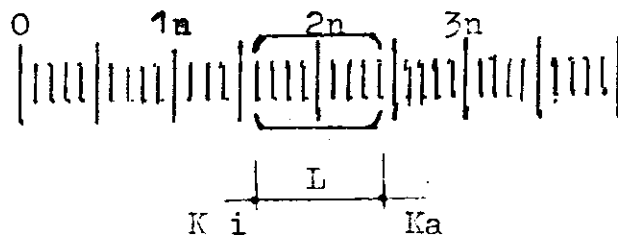
Panjang gelembung pada nivo dinyatakan sebagai berikut:

1. Pada pembagian menaik dari kiri ke kanan, selisih pembacaan dari ujung-ujung gelembung.

$$L = K_a - K_i$$

2. Pada pembagian setangkup adalah jumlah pembacaan kedua ujung-ujung gelembung.

$$L = K_a + K_i$$



Gambar 31

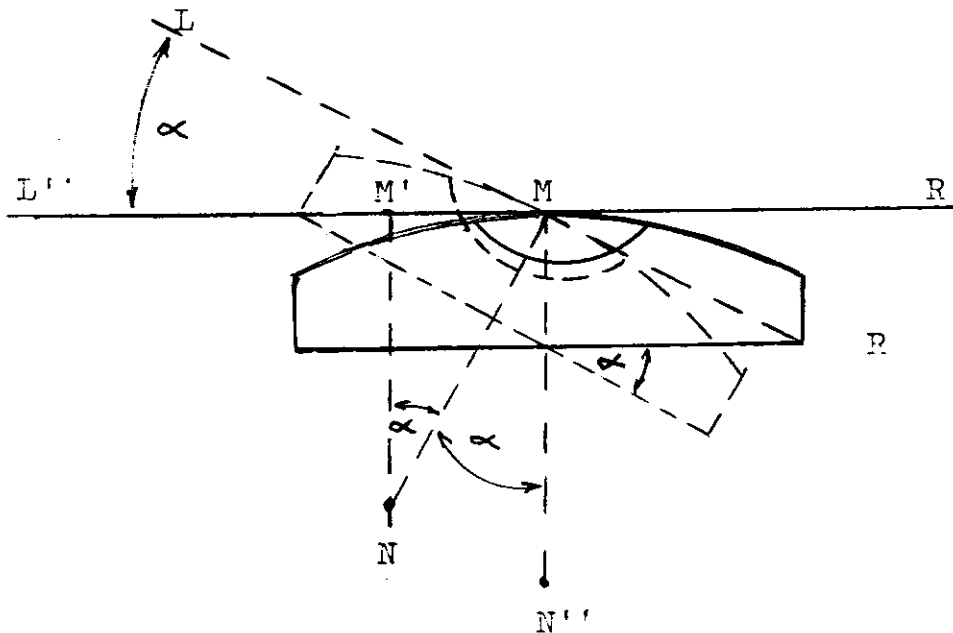
Pada gambar tersebut diatas, K_a dan K_i adalah pembacaan ujung-ujung gelembung pada sebelah kanan dan kiri dari titik O lainnya.

e. Kedudukan gelembung

Gelembung yang berada ditengah-tengah, kedudukan gelembung ditentukan oleh kedudukan ujung-ujung gelembung.

Pada pembagian dari kiri ke kanan: setengah ($\frac{1}{2}$) jumlah pembacaan ujung-ujung gelembung. Pada pembagian setangkup: setengah ($\frac{1}{2}$) selisih pembacaan ujung-ujung gelembung.

Jika kedudukan garis arah tidak horizontal, maka titik arah M tidak lagi menjadi titik yang tertinggi. Dengan kata lain tengah-tengah gelembung tidak lagi berhimpitan dengan M' , sehingga gelembung akan menyimpang.



Gambar 32

Besarnya penyimpangan gelembung adalah ukuran untuk menentukan helling α dari garis arah.

Kalau U banyaknya bagian nivo dari busur $M M'$ dan W harga sudut, maka :

$$\alpha = \angle L M L' = \text{busur } M N' \\ = U W \text{ rad}$$

f. Menentukan penyimpangan gelembung

1. Pada pembagian dari kiri ke kanan

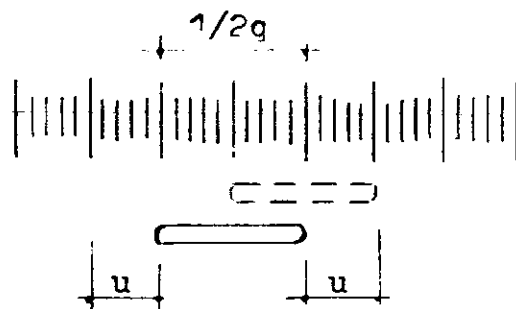
Pada nivo, terdapat gelembung yang sering bergerak ke kiri dan kanan, jika berubah kedudukan dan jika sudah mendatar gelembung berada di tengah-tengah. Titik tegak gelembung adalah :

$$\frac{1}{2} (K_a + K_i)$$

Mengingat $\frac{1}{2} q$ pertengahan pembagian (q panjang pembagian), maka penyimpangan :

$$U = \frac{1}{2} q - \frac{1}{2} (K_a + K_i) \text{ atau}$$

$$2U = q - (K_a + K_i)$$



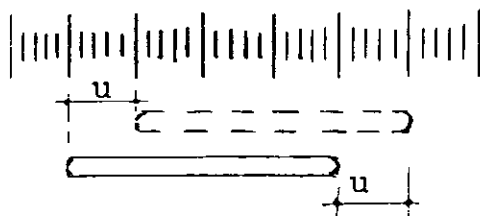
Gambar 33

Kalau $\frac{1}{2} (K_a + K_i) > \frac{1}{2} q$, maka penyimpangan negatif gelembung ke kanan.

2. Pada pembagian dari kanan ke kiri sama seperti no.1 memberikan :

$$2 U = (K_a + K_i) - q$$

3. Pada pembagian setangkup.



Gambar 34

U negatif jika $K_a > K_i$

Panjang gelembung:

$$L = K_a + K_i$$

$$\frac{1}{2}L = \frac{1}{2} (K_a + K_i)$$

maka

$$U = \frac{1}{2} L - K_a$$

$$U = \frac{1}{2} (K_i - K_a)$$

Penyimpangan positif.

Untuk rumus-rumus tersebut diatas yaitu dengan perjanjian bahwa penyimpangan ke kiri diambil positif. Jika penyimpangan sebaliknya, maka rumus-rumus diatas semua berubah tanda.

Sebagai contoh;

1. Pembagian dari kiri ke kanan.

$$\begin{aligned} q &= 40 & \text{Panjang gelembung} &: 20,5 \\ K_i &= 6,5 & \text{Kedudukan gelembung} &: 16,8 \\ K_a &= 27,0 & 2 U &= 6,5 \text{ (kekiri)} \end{aligned}$$

2. Pembagian dari kanan ke kiri

$$\begin{aligned} q &= 40 & \text{Panjang gelembung} &: 19,5 \\ K_i &= 20,1 & \text{Kedudukan gelembung} &: 10,4 \\ K_a &= 0,6 & 2 U &= -19,3 \text{ (kekanan)} \end{aligned}$$

3. Pembagian setangkup

$$\begin{aligned} K_i &= 4,2 & \text{Panjang gelembung} &: 4,5 \\ K_a &= 0,3 & \text{Kedudukan gelembung} &: \\ & & \text{Penyimpangannya } 2 U &= 3,9 \text{ (kekiri)} \end{aligned}$$

4. Idem

$$\begin{aligned} K_i &= 0,3 & \text{Panjang gelembung} &: 4,5 \\ K_a &= 5,0 & \text{Kedudukan gelembung} &: U \\ & & 2 U &= -4,7 \text{ (kekanan)} \end{aligned}$$

g. Sensitivity (sifat perasa)

Nivo sensitivity (perasa) adalah jika suatu perubahan heliing α yang kecil dari garis arah menyebabkan penyimpangan U yang besar dari rumus

$$\alpha = U \cdot W$$

$$\text{atau } \frac{\alpha}{U} = W$$

Kita lihat bahwa jika U besar dibandingkan dengan α kecil, maka W kecil dan harga sudut nivo kecil lebih perasa dari pada nivo dengan harga sudut besar. Jika didapat harga W besar disebut nivo tidak perasa.

3. Sekrup tangan

Sekrup tangan sering juga disebut sekrup pemutar teropong arah horizontal/sekrup penggerak teropong secara horizontal, sekrup ini terdapat dibawah teropong.

Kegunaan dari sekrup tangan adalah untuk memutar teropong sangat sedikit sekali, agar arah bidikan tepat pada sasaran/di tengah-tengah rambu ukur.

4. Sekrup ungkit

Sekrup ini sering disebut sekrup pengubah letak, terletak di bawah teropong dan bagian tengah-tengah alat. Sekrup ungkit digunakan untuk mengubah letak alat dan membantu mempercepat penyetelan alat (melepelkan), sebelum distel dengan sekrup penyetel.

5. Cincin rotasi lingkaran

Cincin rotasi lingkaran digunakan untuk menentukan besar sudut dari arah utara ke suatu titik yang ditinjau (Azimuth) atau untuk menentukan besar sudut dari arah satu titik ke titik lainnya. Bacaan sudut awal/ (Azimuth) selalu distel nol derajat.

6. Sekrup levelling

Sekrup levelling sering juga disebut sekrup penyetel, sekrup ini banyaknya tiga buah yang terletak pada bagian bawah teropong. Untuk membuat alat/teropong, agar datar, maka sekrup ini diputar ke kiri atau ke kanan sambil memutar sekrup diperhatikan posisi gelembung udara yang terdapat di dalam tabung nivo (circuler spirit level) yang terdapat pada alat/instrument.

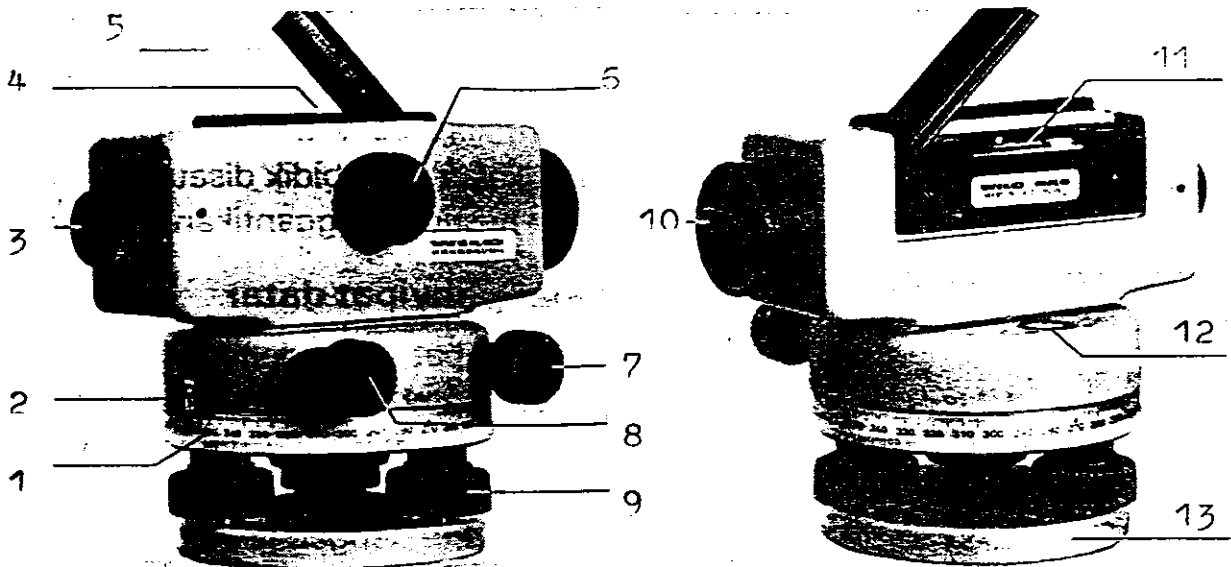
7. Statip (kaki tiga)

Statip pada konstruksi lama biasanya dibuat dari kayu dan dicat kuning dihubungkan dengan alat-alat sambungan besi. Statip ini akan berpengaruh oleh perubahan iklim dan suhu, sehingga pengukuran akan jelek/salah.

Pada konstruksi baru statip dibuat dari aluminium yang dihubungkan dengan alat-alat sambung dan sekrup

yang disesuaikan dengan pemuaian dan penyusut aluminium, sehingga tidak mempengaruhi terhadap alat dalam pengukuran.

Statip digunakan untuk tempat meletakkan dan penyetel alat dalam pengukuran, untuk mengetahui lebih jelas bagian-bagian dari alat penyipat datar optik (levelling optik) lihat gambar 35 dan statip gambar 36.



- | | |
|-----------------------------|--------------------------------|
| 1. Lingkaran horizontal | 7. Sekrup penggerak horizontal |
| 2. Penunjuk skala lingkaran | 8. Sekrup ungkit |
| 3. Lensa okuler | 9. Sekrup levelling |
| 4. Alat bidik kasar | 10. Lensa obyektif |
| 5. Cermin nivo | 11. Nivo tabung |
| 6. Sekrup penyetel fokus | 12. Nivo kota |
| | 13. Kepala kaki tiga |

Gambar 35

Referensi : Ilmu dan Alat Ukur Tanah
Oleh : Heinzfrich. 1991. h. 11.



Gambar 36

Referensi : Buku Petunjuk Alat Ukur Penyipat Datar, Topcon Surveying Instruments

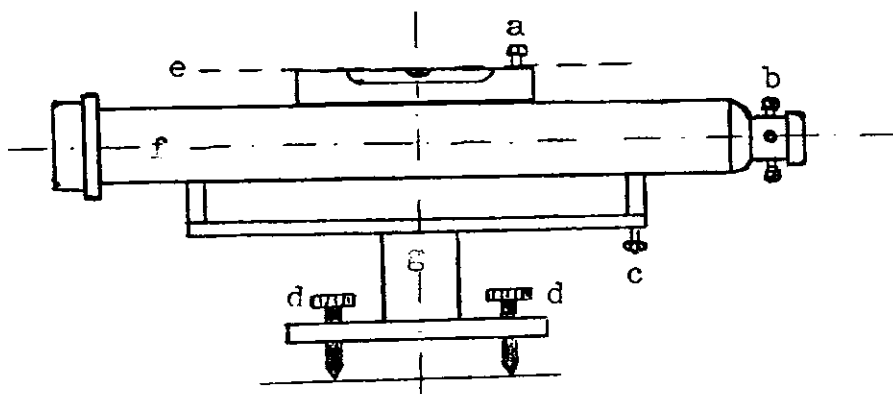
B. Macam-Macam Alat Ukur Penyipat Datar Optis

Berdasarkan konstruksi dan pabrik pengeluarannya alat ukur penyipat datar optis dapat dibagi atas:

1. Alat ukur penyipat datar semua bagiannya tetap.

Alat ini teropong hanya dapat diputar dengan sumbu kesatu sebagai sumbu putar dan teropong dapat digerakkan turun naik dengan sekrup penggerak teropong.

Untuk melevelkan alat dapat distel dengan tiga sekrup penyettel (sekrup levelling), berpedoman pada nivo tabung yang terdapat diatas teropong. Alat dikatakan stel/level apabila gelembung nivo sudah main (ditengah-tengah). Bagian-bagian yang penting dari alat ukur penyipat datar ini lihat gambar 37 dan keterangan dibawah ini.



Gambar 37

- Keterangan gambar.
- a. Sekrup koreksi nivo
 - b. Sekrup koreksi diafragma
 - c. Sekrup penggerak teropong
 - d. Sekrup levelling
 - e. Garis arah nivo
 - f. Garis bidik
 - g. Sumbu kesatu

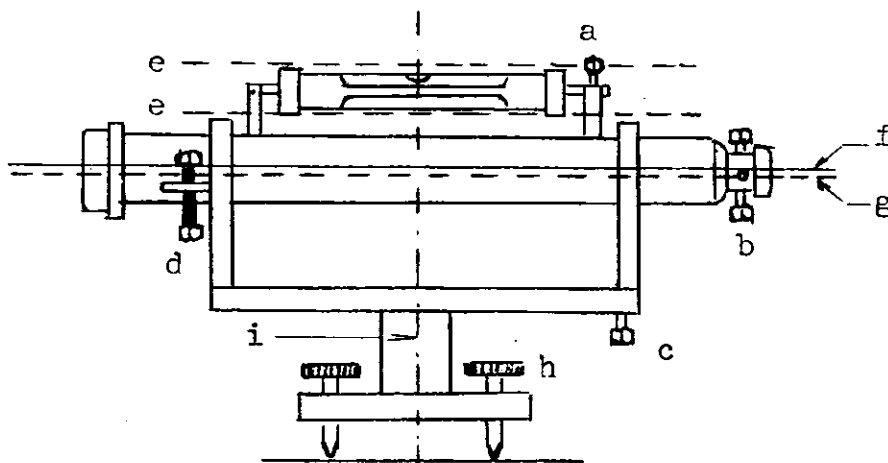
2. Alat penyipat datar dengan nivo revversi dan sumbu mekanis.

Alat model kedua ini teropong dapat diputar dengan sumbu kesatu sebagai sumbu putar dan dapat pula diputar secara halus melalui sumbu mekanis dengan bantuan sekrup pemutar teropong. Sumbu mekanis teropong biasanya telah dibuat oleh pabrik sejajar dengan dua garis arah nivo dan garis bidik berimpit dengan sumbu mekanis.

Untuk melevelkan teropong dapat distel dengan sekrup pengubah letak dan tiga sekrup levelling. Penyetelan secara kasar dapat dilakukan dengan sekrup pengubah letak, secara halus dengan tiga sekrup levelling.

Setiap penyetelan baik secara kasar maupun secara halus harus berpedoman pada nivo tabung yang terletak diatas teropong. Alat dikatakan level/stel bila gelembung nivo sudah main (telah ditengah-tengah)

Pada model kedua ini konstruksi alat terdiri atas dua bagian yaitu; bagian bawah dan bagian atas. Bila sekrup pengubah tegak teropong dilonggarkan teropong bisa diangkat/dipisahkan dengan bagian bawah. Bagian-bagian yang penting dari alat model ini dapat dilihat pada gambar 38 dan keterangan dibawah ini.



Gambar 38

- Keterangan gambar :
- a. Sekrup koreksi nivo
 - b. Sekrup koreksi diafragma
 - c. Sekrup pengubah tegak teropong
 - d. Sekrup pemutar teropong
 - e. Garis arah nivo
 - f. Sumbu mekanis
 - g. Garis bidik
 - h. Sekrup levelling
 - i Sumbu kesatu

3. Alat ukur penyipat datar dengan sumbu mekanis dan nivo terletak di atas sumbu kesatu.

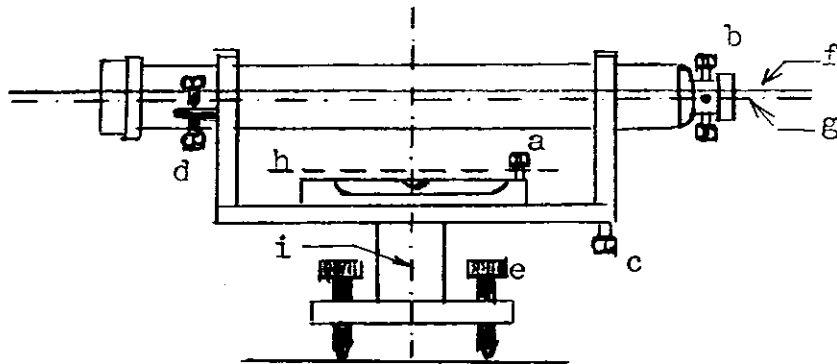
Konstruksi alat model kedua ini bila teropong diputar dengan sumbu mekanis yang ikut berputar garis bidik sedangkan garis arah nivo tidak.

Bila teropong diputar dengan sumbu kesatu; garis bidik, garis arah nivo dan sumbu mekanis akan ikut berputar bersama-sama. Maka alat model ketiga ini sumbu mekanis tidak bisa dipakai sebagai garis penolong untuk membuat garis bidik sejajar dengan garis arah nivo.

Untuk melevelkan/mendatarkan teropong distel dengan tiga sekrup levelling dan sekrup pengubah tegak teropong. Penyetelan secara kasar dapat dilakukan dengan sekrup pengubah tegak teropong, sedang untuk penyetelan secara halus dilakukan dengan tiga sekrup levelling.

Penyetelan baik secara kasar maupun secara halus harus berpedoman pada nivo kotak yang terletak diatas sumbu kesatu. Alat dikatakan level/datar apabila gelembung nivo sudah terletak ditengah-tengah.

Pada model ketiga ini alat terdiri atas dua bagian yaitu bagian atas (teropong) dan bagian bawah (nivo, tiga sekrup levelling dan kerangka). Apabila sekrup pengubah tegak teropong dilonggarkan, teropong dapat diangkat dari komponen bawah bagian bawah. Bentuk dan bagian dari alat ini dapat dilihat pada gambar 39.



Gambar 39

- Keterangan :
- a. Sekrup koreksi nivo
 - b. Sekrup koreksi diafragma
 - c. Sekrup pengubah tegak teropong
 - d. Sekrup pemutar teropong
 - e. Sekrup levelling
 - f. Sumbu mekanis
 - g. Garis bidik
 - h. Garis arah nivo
 - i. Sumbu kesatu/utama

4. Alat penyipat datar yang mempunyai landasan persegi dan nivo terletak di atas teropong.

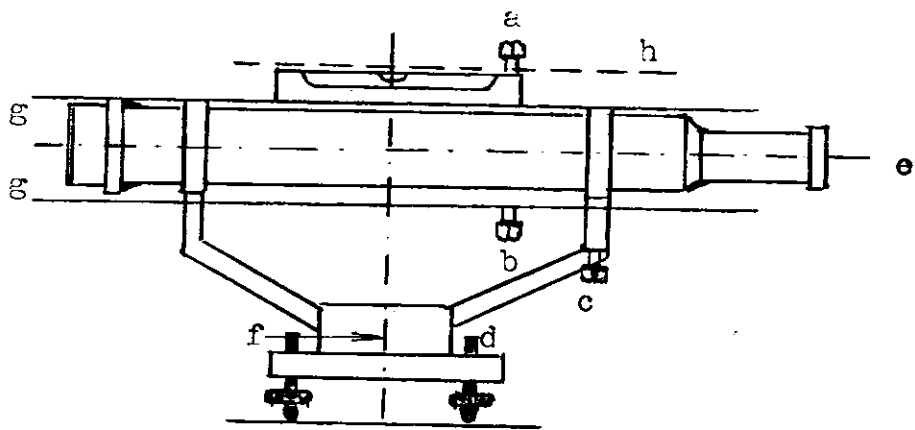
Alat penyipat datar model keempat ini teropong ditempatkan diatas landasan persegi, yang mempunyai garis landasan. Garis landasan dapat digunakan pemban-

tu untuk membuat garis bidik sejajar dengan garis arah nivo.

Teropong dapat diputar dengan sumbu kesatu sebagai sumbu putar. Bila teropong diputar dengan sumbu kesatu, teropong, garis arah nivo, garis landasan dan landasan persegi akan ikut berputar bersamaan.

Untuk penyetelan alat dapat dilakukan dengan tiga sekrup levelling dan sekrup pengubah tegak teropong. Sekrup pengubah tegak teropong digunakan untuk penyetelan alat secara kasar, sedangkan sekrup levelling untuk penyetelan secara halus.

Dalam penyetelan baik secara kasar maupun secara halus harus berpedoman pada gelembung nivo yang terdapat diatas teropong. Alat dikatakan level/datar bila gelembung nivo sudah terletak ditengah-tengah. Bagian-bagian yang penting dari alat ini dapat dilihat pada gambar 40.



Gambar 40

- Keterangan gambar :
- a. Sekrup koreksi nivo
 - b. Sekrup koreksi diafragma
 - c. Sekrup pengubah tegak teropong
 - d. Tiga sekrup levelling
 - e. Garis bidik
 - f. Sumbu utama
 - g. Garis landasan.

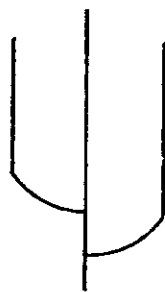
5. Alat ukur penyipat datar khusus

Pada dasarnya alat ukur penyipat datar (leveling) terdiri atas empat konstruksi, seperti diuraikan diatas. Tapi pada saat sekarang perkembangan perusahaan-perusahaan yang bergerak dalam pembuatan alat levelling telah memperbaiki (menambah/mengurangi) beberapa komponen agar mudah cepat distel serta dapat menghasilkan pengukuran yang memuaskan.

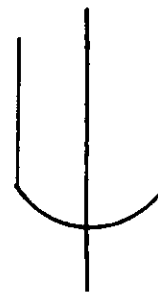
Setiap perusahaan alat ukur penyipat datar optik (levelling) memproduksi beberapa tipe dan setiap tipe terdiri atas beberapa model. Dalam buku ini akan diuraikan tipe alat ukur penyipat datar Top Con dan Wild, karena alat ukur inilah yang banyak dipakai saat ini di dalam pengukuran.

Walaupun tipe dan model alat ukur penyipat datar bermacam-macam, prinsip dan cara kerjanya sama satu sama lainnya.

Seperti diketahui syarat utama dari alat ukur penyipat optik adalah garis bidik harus sejajar dengan garis arah nivo, maka untuk mempermudah penyetelan alat, perusahaan menambah sekrup koinsidensi dan nivo U (nivo koinsidensi). Sekrup koinsidensi digunakan untuk mendatarkan garis bidik (menyetel) garis bidik agar sejajar dengan garis arah nivo yang berpedoman pada nivo koinsidensi. Untuk mengetahui apakah garis bidik telah sejajar dengan garis arah nivo, perhatikan apakah nivo koinsidensi sudah main (berbentuk huruf U) lihat gambar 41.



Gelembung belum main



Gelembung main

Gambar 41

Selain dari penambahan nivo U untuk mendatarkan garis bidik, ada juga dengan penambahan nivo tabung yang terletak di atas teropong dan distel dengan sekrup ungkit.

Meskipun perusahaan yang memproduksi alat ukur penyipat datar telah mengatur agar syarat utama sudah terpenuhi, apabila nivo alat telah main (ditengah-tengah) baik nivo kotak maupun nivo tabung/nivo U. Walaupun telah diatur sedemikian rupa, alat akan dapat berubah akibat pengangkutan, benturan dan sebagainya.

Maka beberapa pabrik diantaranya perusahaan Hurburg Ltd di Swis yang memproduksi Wild dan Tokyo optikal co Ltd di Jepang yang memproduksi Top Con berusaha membuat alat levelling garis bidik selalu dalam keadaan mendatar. Pada alat seperti ini garis bidik akan selalu otomatis apabila alat didatarkan/distel dengan sekrup levelling. Sehingga pada alat penyipat datar seperti ini tidak ada nivo tabung (nivo U), cuma yang ada hanya nivo kotak untuk membuat sumbu kesatu tegak lurus.

Tipe dari alat ukur penyipat datar Top Con yang diproduksi oleh pabrik Tokyo optikal co Ltd dan alat ukur penyipat datar Wild yang diproduksi oleh pabrik Gurburg ltd, mempunyai model kualitas dan ketelitian yang hampir sama.

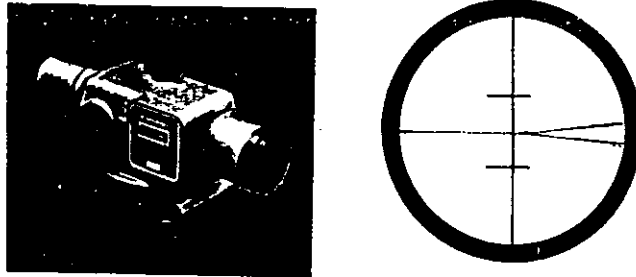
a. Alat ukur penyipat datar Top Con

1) Model AT-D.2

Top Con At-D.2 mempunyai pembesaran teropong 32x dengan lensa objektif 40 mm, fokus jarak bidik terpendek 1,80 m, rasio stadia 1 : 100 dan mempunyai tombol penggerak horizontal kembar. Pembidik kasar dapat dipakai untuk bidikan sasaran yang tepat. Pola irisan benang silang disesuaikan dengan irisan-irisan stadia.

Tingkat ketepatan yang dapat dicapai dalam 1 km untuk pengukuran ganda adalah $\pm 1,5$ mm tanpa menggunakan mikrometer optik.

Peralatan tambahan pada alat ini antara lain lensa diagonal, plat pengatur kedudukan, penerangan dan mikrometer optik. Bentuk Top Con model At-D.2 lihat gambar 42.



Gambar 42

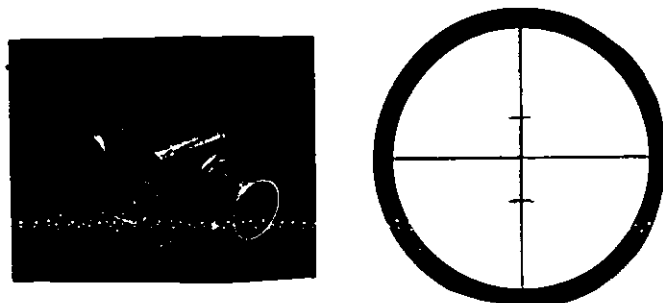
Referensi : Top Con Surveying Instruments oleh Tokyo Optical co. Ltd.1986. h. 2.

2) Model AT-D.3

Top Con AT-D.3 mempunyai pembesaran teropong 26x dengan lensa objektive 30 mm, fokus jarak bidik terpendek 1,80 m, rasio stadia 1 : 100 dan mempunyai tombol penggerak halus horizontal kembar.

Tingkat ketelitian yang dapat dicapai dalam 1 km pada pengukuran ganda $\pm 2,5$ mm tanpa menggunakan mikrometer optik. Untuk mempercepat bidikan rambu dibidik terlebih dahulu secara kasar, dengan pembidik kasar.

Peralatan tambahan antara lain; lensa mata diagonal dan plat pengatur kedudukan bentuk dari Top Con AT-D.3 lihat gambar 43.



Gambar 43

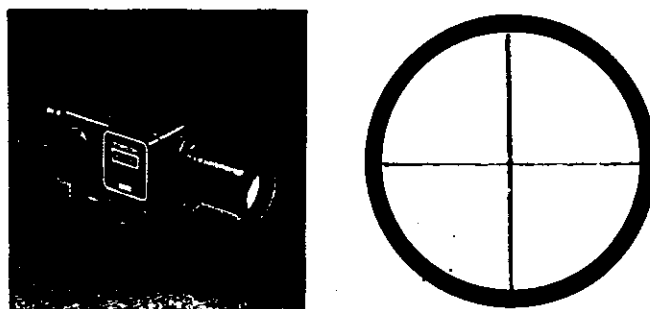
Referensi : Top Con Surveying Instruments oleh Yokyo Optical Co. Ltd 1986. h. 3.

3) Model AT-D.4

Alat ukur penyipat datar Top Con At-D.4 mempunyai pembesaran teropong 26x dengan lensa objective 30 mm dan fokus jarak bidik minimum 1,00 m.

Pencapaian tingkat ketelitian dalam 1 km pada pengukuran ganda $\pm 2,5$ mm tanpa mikrometer optik. Untuk mempercepat mencari rambu, rambu dibidik dengan pembidik kasar jarak pandang maksimum jelas memberi corak warna jingga tua.

Peralatan tambahan lainnya mempunyai lensa mata diagonal dan plat pengatur titik pusat, bentuk alat ukur penyipat datar Top Con AT-D.4 lihat gambar 44.



Gambar 44

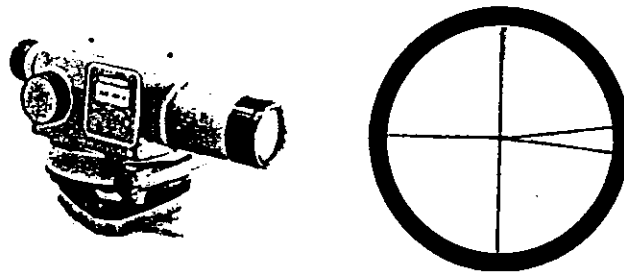
Referensi : Top Con Surveying Instruments oleh
Tokyo Optical Co. Ltd 1986.h.3.

4) Model AT-M.3

Alat ukur penyipat datar Top Con AT-M.3 mempunyai fokus jarak bidik terpendek nol meter, pembesaran teropong 26x, dengan lensa objektive 40 mm, konstruksi tahan air. Penggerak halur

horizontal tanpa klem pengunci. Lingkaran sudut horizontal dibagi dalam skala 0 - 359°.

Tingkat ketelitian pengukuran ganda dalam 1 km dengan toleransi 2,0 mm tanpa mikrometer optik. Penglihatan bidikan kasar, bentuk dari alat ini lihat gambar 45.



Gambar 45

Referensi : Top Con Surveying Instruments oleh Tokyo Optikal Co. Ltd. 1986.h. 4.

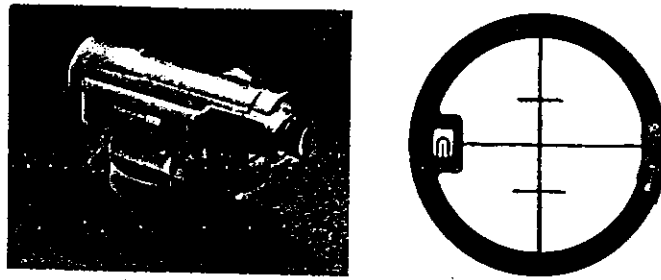
5) Tilting Level Model TS.2

Alat ukur penyipat datar Top Con tilting level model TS.2 mempunyai pembesar teropong, 32x, dengan fokus jarak bidik minimum 1,40 m.

Tingkat ketelitian yang dapat dicapai pada pengukuran ganda dalam 1 km dengan toleransi $\pm 2,0$ mm tanpa mikrometer optik.

Teropong mempunyai nivo koinsidensi (nivo U) yang ditempelkan disamping dalam ruang teropong konstruksi alat tahan air dengan gas nitrogen kering yang tertutup.

Untuk mempercepat mencari sasaran, rambu dibidik dengan pembidik kasar terlebih dahulu. Penggerak halus vertikal (sekrup koinsidensi) untuk mengatur kemiringan sampai ± 16 sekon, bentuk dari alat tilting level TS.2 lihat gambar 46.



Gambar 46

Referensi ; Top Con Instruments oleh

Tokyo Optikal Co. Ltd 1986.h. 5.

Kualitas dan ketelitian dari alat ukur penyipat datar Top Con dari setiap model di atas perhatikan tabel di bawah ini.

TABEL II
KUALITAS DAN KETELITIAN ALAT UKUR
PENYIPAT DATAR TOP CON

Model	AT-D.2	AT-D.3	AT-D.4	AT-M.3	TS.2
1	2	3	4	5	6
Teropong					
1. Lensa objektif	40 mm	30 mm	30 mm	40 mm	45 mm
2. Pembesaran	32 x	26x	26x	26x	32x
3. Ruang pandang	1° 20'	1° 20'	1° 10'	1° 10'	1° 20'
4. Fokus minimum	1,80 m	1,80 m	1,00 m	0 m	1,4 m
5. Rasio jarak	100	100			
Lingkaran horizontal					
1. Diameter	88 mm	88 mm	88 mm	88 mm	
2. Pembagian minimum	1° (19)	1° (19)	1° (19)	1° (19)	

1	2	3	4	5	6
Rentang Penyipat Datar otomatis	± 15	± 15	± 15	± 15	
Tingkat Sentivitas					
1. Nivo kotak	10 ½ mm	10 ½ mm	10 ½ mm	10 ½ mm	6 ½ mm
2. Nivo tabung					40 ½mm
Ketepatan					
Penyipang Baku untuk 1 km pada pengukuran ganda.	$\pm 1,5$ mm	$\pm 2,5$ mm	$\pm 2,5$ mm	$\pm 2,0$ mm	± 2 mm
Berat					
1. Beralatan	2,3 kg	2,2 kg	2,2 kg	2,3 kg	2 kg
2. Kotak	1,2 kg	1,2 kg	1,2 kg	1,2 kg	1,2 kg

Referensi; Top Con Surveying Instruments oleh Tokyo Optikal Co Ltd 1986.h. 6 - 7.

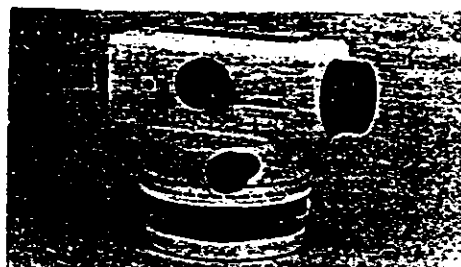
b. Alat Ukur Penyipat datar Wild

1) Model Nao/Nako

Wild NAO small automatic level adalah alat yang digunakan untuk pengukuran dan pekerjaan konstruksi, khususnya di lokasi pekerjaan pembangunan gedung-gedung yang sulit.

Waktu mendatarkan alat ukur Wild Nao harus menyetel bundaran gelembung nivo kelihatan seimbang pada titik pusatnya, dengan menggunakan tombol. Penggeseran untuk mendapatkan sasaran/gambar yang tepat dalam pekerjaan alat diputar horizontal. Jarak pandang fokus bidikan minimum 0,90 m.

Wilds model Nako berwarna merah mempunyai kumpulan persatuan negara yang bermutu baik (bronsor G.1.142.e) bentuk dari alat Wild Nao/Nako lihat gambar 47.



Gambar 47

Referensi : Ilmu dan Alat Ukur Tanah oleh
Heinz Frick. 1991. h. 179.

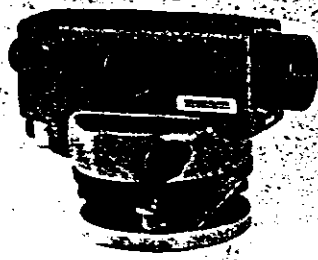
2) Model NA.1/Nak 1

Wild NA 1 Engineer's Automatic level adalah alat yang digunakan Insinyur-Insinyur untuk keahlian teknik konstruksi dan pengukuran.

Untuk membuat garis horizontal pada alat ini harus menstel bundaran gelembung nivo ke titik pusat hingga kelihatannya seimbang, dengan menggunakan sekrup tegak/sekrup ungit jarak bidik terpendek (fokus minimum) 1,00 m.

Perubahan perjalanan putaran instrument tidak akan berhenti pada satu titik bila diputar terus menerus.

Model NAK 1 sama seperti NA 1, tetapi alat ini mempunyai kaca lingkaran hampa yang mengelilingi plat paralel ekstra dan bermanfaat bagi sekrup micrometer untuk membantu ketahanan lensa objective (brosur G1. 143 c) bentuk dari alat Wild NA 1/NAK 1 lihat gambar 48.



Gambar 48

Referensi : Ilmu dan Alat Ukur Tanah oleh
Heinz Frick. 1991. h. 179.

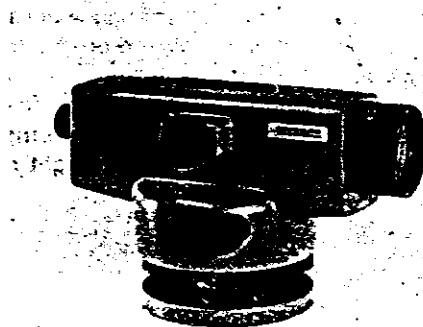
3) Model NA 2/NAK 2

Wild NA.2 Universal Automatic level adalah alat spesialisasi untuk pengukuran surveying, engineering dan industri serta alat serba guna.

Untuk mengimbangi posisi ketelitian ketinggian pada alat ini cukup menekan tombol kontrol.

Pembesaran lensa mata/bayangan tegak mempunyai pilihan 32x atau 40x. Kejelasan sasaran bagus, walaupun digerakkan secara kasar. Perjalanannya putaran penggeseran sekrup dengan knob tak habis-habisnya ke segala posisi.

Model wild nak. 2, mempunyai glass lingkaran dengan perkiraan 1° (19) brosur b.1.108c, bentuk dari alat wild NA.2/NAK 2 lihat gambar 49.



Gambar 49

Referensi : Ilmu dan Alat Ukur Tanah oleh
Heinz Frick. 1991. h. 179.

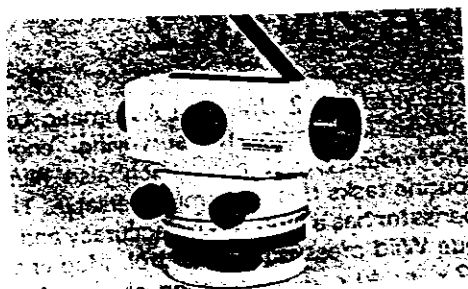
4) Model N.05/NK.05

Wild N.05, tilting level adalah alat ukur penyipat datar yang baik dan mudah digunakan untuk pekerjaan pembangunan arah mendatar, sumber perencanaan bagi para ahli ukur tanah, untuk pengukuran luas dan berbagai penyamarataan.

Fokus jarak bidik terpendek 0,80 m (3,6 ft), cocok untuk menentukan lokasi. Mudah untuk meratakan alat dengan sekrup penyetel dan mudah membuka tabung gelembung nivo. Untuk melindungi nivo dengan melipat tutup cermin ke bawah.

Perhentian putaran perjalanan alat yang baik dengan menggunakan sekrup.

Model NK.05 mempunyai metal lingkaran dengan perkiraan $0,1^\circ$ (brosur b.1.150.c), bentuk dari alat ukur penyipat datar wild N.05/NK.05 periksa gambar 50.



Gambar 50

Referensi : Ilmu dan Alat Ukur Tanah oleh Heinz Frick. 1991. h. 180.

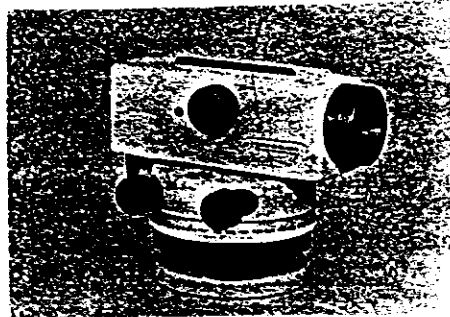
5) Model N.1/NK.1

Wild N.1 engineers level adalah alat ukur penyipat datar yang rapi dengan kualitas daya guna seperti tilting level.

Palin cocok untuk penyamarataan bermacam-macam lokasi pengukuran dalam survveying dan engineering.

Pembesaran bayangan tegak teleskop 23x dan fokus jarak bidik terpendek 0,70 m. Ketelitian penyetulan gelembung nivo $\pm 1,15''$.

NK.1 mempunyai sebuah metal lingkaran untuk pengukuran dan sebelah luarnya terletak pembagian sudut $0,1^\circ$ ($0,1^g$) bronsur G.1.154.c, bentuk dari alat levelling wild N.1/NK.1 perhatikan gambar 51.



Gambar 51

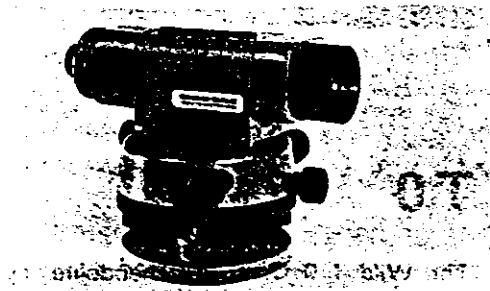
Referensi : Ilmu dan Alat Ukur Tanah oleh
Heinz Frick. 1991. h. 181.

6) Model N.2/NK.2

Wild N.2/NK.2 engineers level adalah sebuah instruments yang teliti untuk survveying, engineering, konstruksi dan industri pembuatan bayangan tegak 30x.

Dalam meletakkan gelembung nivo, sekrup diputar beberapa putaran ke bawah, seperti tilting level, perhentian putaran juga dengan sekrup.

Pengukuran sudut horizontal alat NK.2 terdapat pada bagian luar glas lingkaran. Alat ini mempunyai plat paralel mikrometer sebagai alat bantu untuk menempatkan pengukuran, lensa dan prisma (bronsur. G.1.131.c). Bentuk dari alat wild N.2/NK.2 perhatikan gambar 52.



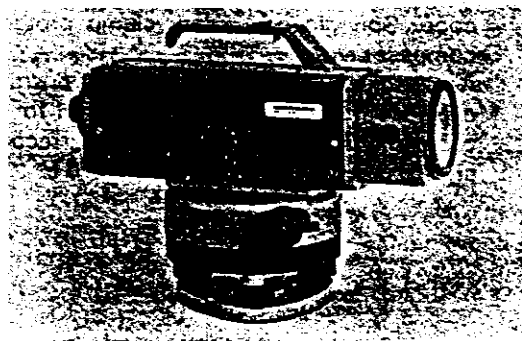
Gambar 52

Referensi : Ilmu dan Alat Ukur Tanah oleh
Heinz Frick. 1991. h. 181.

7) Model N.3

Wild N.3 precision level adalah sebuah instruments terkenal dalam pekerjaan permulaan yang cocok untuk geodetik kontrol. Pengukuran yang berhubungan dengan pembangunan industri.

Alat ini mempunyai sebuah tanda panah dalam gelembung nivo, gelembung dikatakan main apabila tanda panah tepat di tengah-tengah. Pemutaran sekrup dalam penyetelan sama dengan putaran tilting level, brunsur N.145.e. Bentuk dari alat ini perhatikan gambar 53.



Gambar 53

Referensi : Ilmu dan Alat Ukur Tanah oleh
Heinz Frick. 1991. h. 182.

Kualitas dan ketelitian dari alat ukur penyipat datar Wild dari setiap model di atas perhatikan tabel III di bawah ini.

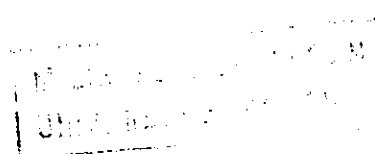
TABEL III
KUALITAS DAM KETELITIAN ALAT UKUR
PENYIPAT DATAR WILD

Model	NA 0 NAK.0	NA.1 NAK.1	NA.2 NAK.2	N.05 NK.05	N.1 NK.1	N.2 NK.2	N3
1. Pembesaran teropong bayangan tegak E bayangan terbalik U	20 E	24 E	32/40 E	19 E	23 E	30	11-47 E
2. ϕ Lensa objektif (mm)	30	38	45	25	30	40	52
3. Konstant stadia	100	100	100	100	100	100	100
4. Jarak bidik terpendek (m)	0,90	1,00	1,60	0,80	0,70	1,60	0,40
5. Kepekaan nivo tabung per 2 mm. Ketelitian menyotel gelembung.	- 0,8"	- 0,5"	- 0,3"	60" 10"	60" 1,5	30" 0,8"	10" 0,2"
6. Medan pandangan dalam mm/100 m	3,80	3,20	2,40	4,00	3,600	2,80	1,80
7. Kesalahan normal pada penyipat datar 1 km pulang pergi.	$\pm 2,50$	1,5	0,30	± 5	2,50	1	0,2
8. Berat alat	1,80	2,10/2,20	2,40/2,90	1,80	1,7/1,8	2,2/2,8	5,1
9. Buku petunjuk	6.2.106 d 6.1.142.c	6.2.107d 6.1.143c	6.2.108d 6.1.108c	6.2.150d 6.1.150c	6.2.151d 6.2.154c	6.2.103d 6.1.131c	6.155d 6.145c

Keterangan :

- 1 = kesalahan pada jarak bidik 30 m = ± 1 m
- 2 = Menurut mistar dan cara penyipat yang digunakan
- 3 = Dengan mikrometer berkaca-datar-plan-paralel
- 4 = tergantung pada jarak bidik

Referensi : Ilmu dan Alat Ukur Tanah
Oleh Henz Frick. 1991. h. 19



C. Syarat-Syarat Alat Ukur Penyipat Datar Optis

Untuk mempermudah dan mendapatkan hasil yang akurat dari suatu pekerjaan pengukuran dengan alat ukur penyipat datar, maka alat sebelum digunakan harus memenuhi syarat-syarat yang dipunyai oleh alat tersebut. Berarti alat harus diatur terlebih dahulu sebelum digunakan.

Seperti yang telah diuraikan pada bab II.C diatas syarat utama yang harus dipenuhi oleh semua macam/tepi alat ukur penyipat datar adalah : garis bidik di dalam teropong harus sejajar dengan garis arah nivo.

Sedangkan pada alat ukur penyipat datar optis untuk mempercepat dan memudahkan pengukuran harus pula memenuhi dua syarat tambahan yakni; pertama garis arah nivo harus tegak lurus pada sumbu kesatu alat ukur penyipat datar dan syarat kedua benang mendatar diafragma (benang tegak) harus tegak lurus pada sumbu kesatu alat ukur penyipat datar.

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh semua tipe dan model alat ukur penyipat datar optik Top Con dan Wild sebelum dipergunakan (dilakukan pekerjaan pengukuran) adalah :

1. Garis bidik teropong harus sejajar dengan garis arah nivo.
2. Garis arah nivo harus tegak lurus pada sumbu utama.
3. Garis mendatar diafragma harus tegak lurus pada sumbu utama.

D. Penyetelan Alat Ukur Penyipat Datar Optis.

Setiap alat ukur penyipat datar selalu disertai buku petunjuk, data-data tentang alat ukur penyipat datar Top Con dan Wild lihat bab III B.5.a dan B pada tabel II dan III memberi petunjuk mengenai cara penggunaan/penyetelan alat penyipat datar tersebut.

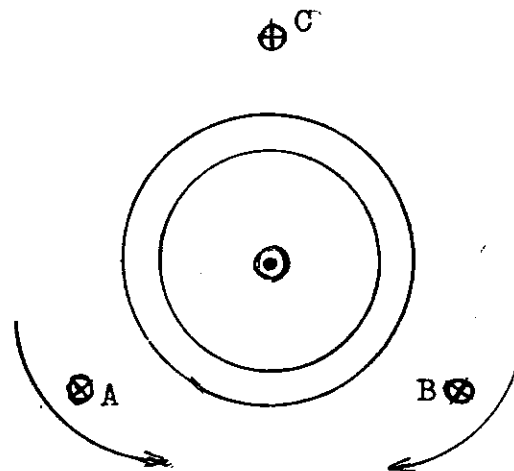
Atas dasar petunjuk tersebut alat ukur penyipat datar model Top con dan Wild, cara penggunaan cukup memperhatikan prinsip-prinsip buku petunjuk tersebut.

Dalam buku ini khusus diuraikan tentang pengaturan nivo, sebab setiap alat ukur penyipat datar yang diproduksi pabrik membuat/mengusahakan garis bidik sejajar dengan garis arah nivo atau memakai sekrup ungkit dan koindidensi.

Alat ukur penyipat datar pada umumnya hanya mempunyai satu nivo kotak atau satu nivo kotak dan satu nivo tabung, cara penyetelan adalah sebagai berikut;

1. Pentelan nivo kotak

- a. Pasang statif sedemikian rupa di atas tanah dan injak ketiga kaki statif masuk dalam tanah hingga piringan statif mendatar.
- b. Pasang alat ukur di atas piringan dengan batang berulir.
- c. Buatlah gelembung nivo ketengah-tengah antara dua sekrup A dan B dengan jalan memutar sekrup A dan B kearah keluar atau kedalam lihat gambar 54.



Gambar 54

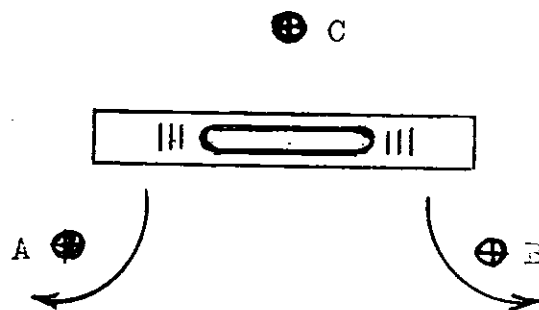
- d. Bila gelembung nivo belum tepat/setengah gelembung dalam lingkaran putarlah sekrup penyetel C.
- e. Putar instrumen 180° perhatikan gelembung nivo apakah tetap atau berpindah, bila pindah stel kembali dengan sekrup penyetel A, B atau C hingga instrumen

bila diputar sekeliling gelembung tetap ditengah-tengah, maka alat boleh dikatakan telah stel (bisa dipergunakan).

- f. Bila instrumen dilengkapi dengan nivo konsidensi, instrumen dikatakan stel apabila bayangan gelembung berimpit (lihat gambar 41), hal ini dapat dicapai dengan memutar sekrup koinsidensi (Fine tilting knob).

2. Penyetel nivo tabung

- a. Pasanglah statif dan instrumen sedemikian rupa seperti penyetelan nivo kotak.
- b. Letakkan ujung-ujung nivo tabung sejajar dengan dua sekrup pengatur A dan B.
- c. Ketengahkan gelembung dengan menggunakan dua sekrup pengatur A dan B yang diputar sama-sama keluar atau ke dalam sampai gelembung ditengah-tengah.
- d. Putar instrumen 90° , perhatikan gelembung apakah tidak ditengah lagi, bila tidak ketengahkan kembali dengan menggunakan sekrup C.



Gambar 55

- e. Gelembung sudah di tengah-tengah putar instrumen 180° dan perhatikan gelembung, bila gelembung tidak ditengah-tengah lagi, maka setengah kesalahan dihapus dengan kedua sekrup pengatur dan setengah lagi dihapus dengan sekrup koreksi nivo.

f. Bila instrumen dilengkapi nivo kotak dan nivo tabung nivo kotak terletak bahagian bawah teropong, penyetelan sama seperti di atas (diatur dengan 3 sekrup pengatur).

Nivo tabung terletak diatas teropong. Penyetelan nivo ini dapat dilakukan dengan sekrup pengubah tegak teropong atau sekrup ungkit.

g. Bila semua gelembung nivo sudah ketengah-tengah (sudah main) berarti tiga syarat dari alat ukur penyipat datar sudah terpenuhi.

E. Pengecekan Alat Ukur Penyipat Datar Optis

Supaya tidak terjadi kesalahan pada saat pengukuran di lapangan disebabkan alat/instrumen, maka alat perlu dikoreksi sebelum dipergunakan untuk pengukuran.

Kesalahan dapat terjadi perubahan bagian alat yang belum dibetulkan dan adanya parallax, yang dimaksud dengan parallax (lihat Bab II.A.1.a).

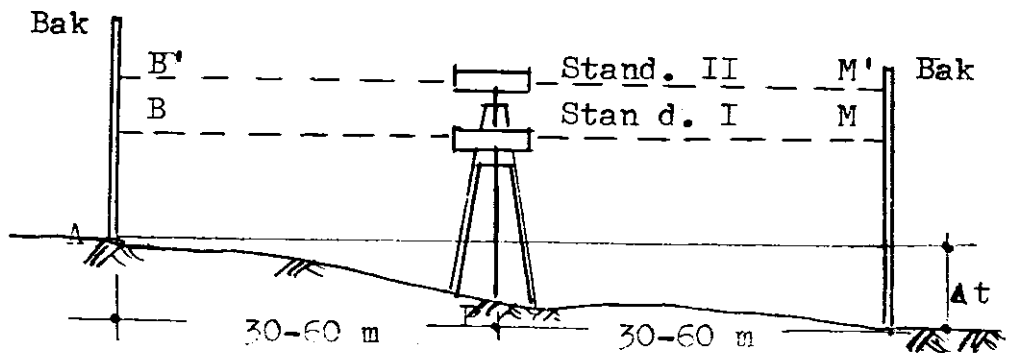
Alat dikatakan baik apabila telah memenuhi tiga syarat yang dipunyai oleh alat penyipat datar yaitu;

- Garis bidik teropong harus sejajar dengan garis arah nivo.
- Garis arah nivo harus tegak lurus pada sumbu kesatu.
- Garis mendatar diafragma harus tegak lurus pada sumbu kesatu.

Untuk mengetahui apakah ketiga syarat diatas telah dipenuhi, maka perlu diadakan pengecekan.

1. Pengecekan syarat utama

- a. Alat ditempatkan antara dua titik sistem doble stand



Gambar 56

- 1) Alat penyipat datar (instrumen) distel antara dua titik (titik A dan B) betul-betul di tengah dan dalam garis lurus A - B.
- 2) Dirikan bak ukur/rambu ukur di titik A dan B tegak lurus.
- 3) Arahkan alat ke rambu dititik A serta baca bacaan benang (B_a , B_t dan B_b).

$$4) \text{ Cek bacaan } B_t = \frac{B_a + B_b}{2} \text{ dengan maksimum}$$

tiga desimal dibelakang koma.

- 5) Putar instrumen dan arahkan ke rambu B baca bacaan benang (B_a , B_t dan B_b) serta cek B_t seperti cara di atas (stand. I).
- 6) Turunkan/naikkan instrumen dan stel serta lakukan pekerjaan seperti 3 - 4 diatas (stand II).
- 7) Hitung beda tinggi antara A dan B (Δt) stand I dan stand II.

Stand I. $\Delta t = B - M$ (B_t belakang - B_t muka).

Stand II. $\Delta t = B' - M$

- 8) Hitung jarak optis

Stand I $AB = (B_a \cdot B - B_b \cdot B) 100 + (B_a \cdot M - B_b \cdot M) 100$

Stand II $AB = (B_a \cdot B' - B_b \cdot B') 100 + (B_a \cdot M' - B_b \cdot M') 100$

- 9) Bila beda tinggi (Δt) = $B - M = B' - M'$ dan jarak optis stand I = stand II = jarak pita (langsung) maka alat dapat dikatakan baik (adjustment baik).

- 10) Bila $B - M \neq B' - M'$ dan jarak stand I \neq stand II \neq jarak pita, alat dikatakan tidak baik perlu diperbaiki sebelum dipakai.

Contoh : Jarak langsung AP = PB = 30 m

Bacaan rambu stand I	B	Ba = 1,281
		Bt = 1,131
		Bb = 0,981
	M	Ba = 1,620
		Bt = 1,470
		Bb = 1,320
Bacaan rambu stand II	B'	Ba = 1,213
		Bt = 1,063
		Bb = 0,913
	M'	Ba = 1,552
		Bt = 1,402
		Bb = 1,252

$$\text{Cek Bt stand I B} \quad \text{Bt} = \frac{1,281 + 0,981}{2} = 1,131 \text{ OKE}$$

$$\text{M} \quad \text{Bt} = \frac{1,620 + 1,320}{2} = 1,470 \text{ OKE}$$

$$\text{Cek Bt stand II B'} \quad \text{Bt} = \frac{1,213 + 0,913}{2} = 1,063 \text{ OKE}$$

$$\text{Cek Bt stand I M'} \quad \text{Bt} = \frac{1,552 + 1,252}{2} = 1,402 \text{ OKE}$$

Beda tinggi (Δt) antara A dan B

$$\text{Stand I} \quad \Delta t = 1,131 - 1,470 = -0,339$$

$$\text{Stand II} \quad \Delta t = 1,063 - 1,402 = -0,339$$

$$t \text{ stand I} = t \text{ stand II} = -0,339 \longrightarrow \text{Oke}$$

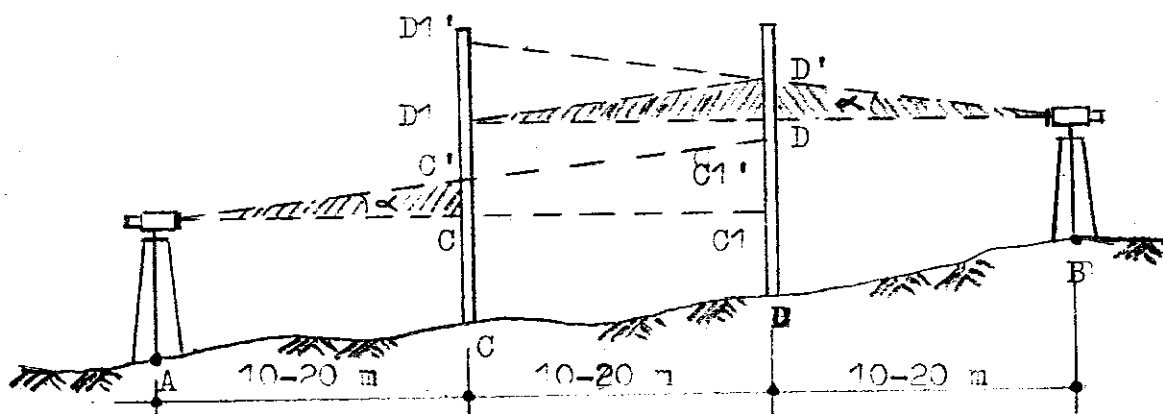
Jarak optis (A - B)

$$\begin{aligned} \text{Stand I} \quad AB &= (1,281 - 0,981) 100 + \\ &\quad (1,620 - 1,320) 100 = 60 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Stand II } AB = (1,213 - 0,913) 100 + \\ (1,552 - 1,252) 100 = 60 \text{ m}$$

Jarak optis stand I = stand II = jarak pita = 60m
Berarti alat sudah memenuhi persyaratan dan bisa dipakai untuk pengukuran.

b. Alat disamping antara dua titik



Gambar 57

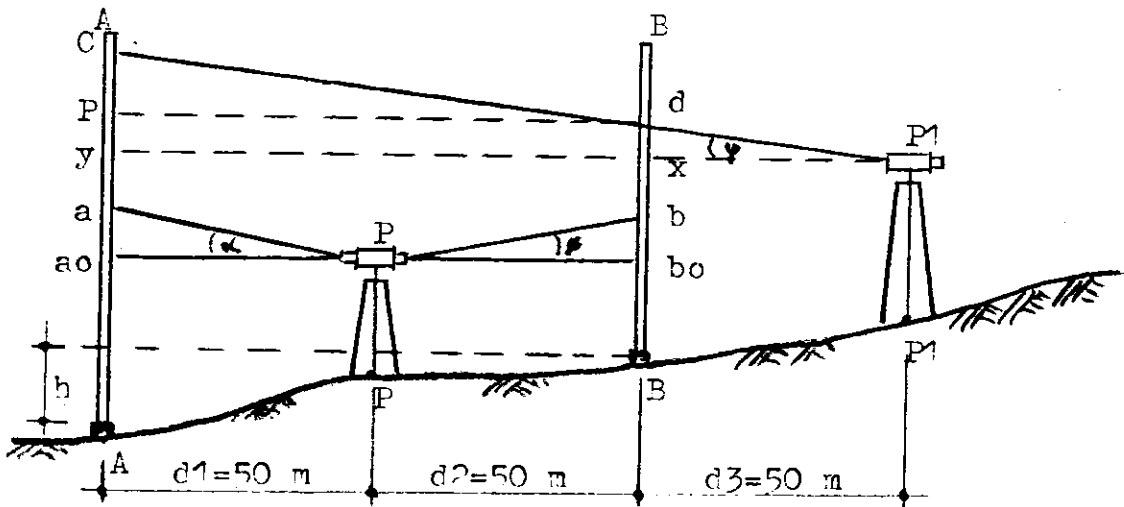
- 1) Ambil jarak A ke B sepanjang 1 slag (30 - 60 m) dan bagi tiga jarak A ke B didapat titik C dan D
- 2) Birikan bak ukur dititik C dan D betul-betul tegak lurus dengan bantuan nivo bak.
- 3) Dirikan alat yang akan dicek dititik A dan stel hingga gelembung nivo berada ditengah-tengah.
- 4) Arahkan alat ke titik C baca bacaan rambu = C dan pindahkan rambu dititik C ke titik D baca bacaan rambu = D.
- 5) Pindahkan alat ke titik B dan stel hingga gelembung nivo ditengah-tengah.
- 6) Arahkan alat ke titik D baca bacaan rambu = D dan pindahkan rambu dari titik D ke titik C baca-bacaan rambu = C1.
- 7) Cek hasil bacaan, bila garis bidik betul-betul horizontal maka $D1 - C = D - C1$.

Jika garis bidik tidak horizontal membuat sudut α , alat dititik A bacaan rambu dititik C =

C' dan di titik D = C1'. Alat dititik B bacaan rambu dititik D = D' dan dititik C = D1.

- 8) Untuk menentukan bacaan yang sebenarnya dititik C alat berada di B, tarik garis sejajar dari bacaan C' - C'1 pada titik D' sehingga didapat garis D' - D1 pada rambu di titik C, sehingga didapat hasil bacaan
 $D1 - C' = D' - C1'$
 $D1 = C' - C1' + D'$..., Perhatikan tanda +, -
- 9) Bila bacaan D1' lebih besar dari D1 ulangi percobaan beberapa kali sampai didapat nilai sama.
- 10) Setelah nilai sama atur garis bidik dengan memutar sekrup koreksi diafragma sampai benang silang (Bt) berimpit di harga D1.
- 11) Bila alat levelling mempunyai sekrup ungkit, benang silang tidak digeser melainkan cukup dengan mengoreksi nivo sedangkan benang silang (Bt) berimpit pada D1.

c. Alat diantara dan disamping dua titik.



Gambar 58

Alat di P jika gelombang di tengah-tengah (garis bidik/garis arah nivo) bacaan di A ----- ao
 bacaan di B ----- bo

MUDA PERANG...
 No: ...

Beda tinggi h ----- ao - bo
 Jika, garis bidik # dengan garis arah nivo
 bacaan di A ----- a
 bacaan di B ----- b
 Beda tinggi h ----- a - b
 $= (ao + aoa) - (bo + b bo)$
 $= (ao - bo) - (aoa - bob)$

$$\Delta P aoa = \overset{3}{=} \Delta P bob \text{ ----- } aoa = bob$$

$a - b = ao - bo = h$ ----- karena alat ukur ditem-
 patkan di tengah-tengah.

Alat di P1

$$p = d + h$$

$$\begin{aligned} Cp &= c - p = c - (d + h) \\ &= c - a + b - d \\ &= -a + b + c - d \end{aligned}$$

$$\Delta P1 d.x \overset{3}{=} \text{dop}$$

dx : 50 dan CP : 100 dx = 1/2 CP

$$dx = \frac{1}{2} CP$$

$$= \frac{1}{2} (-a + b + c - d)$$

$$x = d - dx$$

$$= d - \frac{1}{2} (-a + b + c - d)$$

$$= \frac{1}{2}a - \frac{1}{2}b - \frac{1}{2}c = \frac{1}{2}d + d$$

$$= \frac{1}{2}a - \frac{1}{2}b - \frac{1}{2}c + 1 \frac{1}{2}d.$$

Karena CP = 2 dx dan Py = dx, maka CY = 3 dx

$$Y = c - cy$$

$$= c - 3 dx$$

$$= c - \frac{3}{2} (-a + b + c - d)$$

$$= c + \frac{3}{2}a - \frac{3}{2}b - \frac{3}{2}c + \frac{3}{2}d$$

$$= +\frac{3}{2}a - \frac{3}{2}b - \frac{1}{2}c + \frac{3}{2}d.$$

Setelah harga x dan y ketemu, arahkan garis bidik ke rambu ukur B yaitu di titik x dan ke rambu ukur A di titik Y. Jika garis bidik (Bt) tidak dapat dititik X dan Y maka putar sekrup koreksi diapragma sampai bidikan jatuh pada titik x dan y.

Contoh : Diket : Jarak d1 = d2 = d3 = 50 m

$$a = 1,724$$

$$b = 1,586$$

$$c = 2,208 \text{ dan } d = 1,892$$

Ditanya : cari harga x dan y

$$\text{Jawab : beda tinggi (h)} = a - b$$

$$= 1,724 - 1,586$$

$$= +0,138$$

$$P = d + h = 1,892 + 0,138 = 2,030$$

$$cP = c - p = 2,208 - 2,030 = 0,178$$

$$dx = 1/2 cp = 1/2 0,178 = 0,089$$

$$x = d - dx$$

$$= 1,892 - 0,089 = 1,803$$

$$cy = 3 dx = 3 \times 0,089 = 0,267$$

$$y = c - cy = 2,208 - 0,267 = 1,941$$

Setelah didapat harga x dan y arahkan garis bidik ke titik y dengan memutar sekrup koreksi diafragma, dan garis bidik pada titik B harus jatuh pada titik x, maka hasil perhitungan.

$$y - x = h = a - b$$

$$y - x = 1,941 - 1,803 = 0,138$$

$$h = 1,724 - 1,586 = 0,138$$

$$y - x = h = a - b = 0,138 \longrightarrow \text{Oke}$$

Soal 1. Diket : Jarak $d_1 = d_2 = d_3 = 50 \text{ m}$

$$a = 1,543 \quad b = 1,240$$

$$c = 2,021 \quad d = 1,650$$

Ditanya : harga x dan y

2. Diket : Jarak $d_1 = d_2 = 50 \text{ m}$ $d_3 = 40 \text{ m}$

$$a = 1,640 \quad b = 1,430$$

$$c = 2,420 \quad d = 1,870$$

Ditanya : Harga x dan y

2. Pengecekan syarat kedua dan ketiga.

a. Dirikan statif diatas titik polygon, buka sekrup statif.

- Keraskan sekrup statif

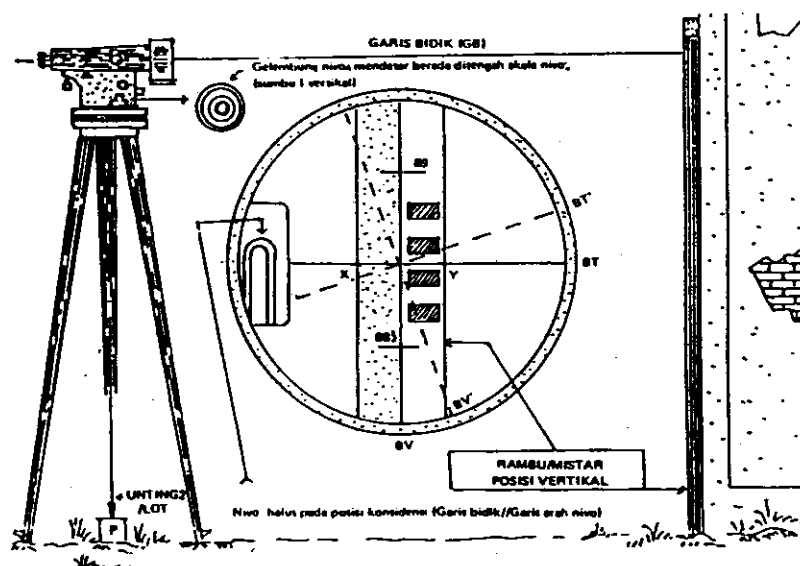
- Injak kaki statif sedalam mungkin sampai stabil

- Atur dasar atas (kepala) statif sedatar mungkin.

- b. Pasang alat waterpas, keraskan sekrup penghubung secukupnya.
- c. Pasang unting-unting (lot) di bawah alat waterpas.
- d. Atur centering unting-unting tepat di atas titik poligon, dengan jalan menggeser alat di atas kepala statif, kemudian kencangkan sekrup penghubung.
- e. Ketengahkan nivvo mendatar (nivo kotak dengan 3 sekrup penyetel A, B dan C).
- f. Buka sekrup pengunci gerakan mendatar dan putar teropong dengan sumbu I sebagai sumbu putar.
- g. Perhatikan nivo mendatar, bila gelembung tetap di tengah, berarti pengaturan sumbu I tegak lurus benar.
Bila nivo tidak di tengah lagi, atur kembali hingga memenuhi syarat.
- h. Arahkan teropong pada sasaran tertentu (misal sudut dinding tembok bangunan, maupun rambu ukur), secara benar dengan mengincar vizier v, kemudian keraskan sekrup gerakan mendatar.
- i. Incar sasaran melalui teropong :
 - Bila bayangan kabur, atur dengan sekrup, pengatur lensa objektif.
 - Bila benang silang tidak nampak jelas, atur dengan sekrup pengatur diafragma.
- j. Tetapkan (impitkan benang silang vvertikal dengan sumbu bayangan sasaran dengan memutar sekrup gerakan halus mendatar.
 - Gerakkan mata ke atas dan ke bawah untuk mengetahui ada tidaknya parallax.
 - Bila bayangan tampak ikut bergerak, maka atur sekrup pengatur diafragma, hingga bayangan tetap saja, walau mata digerakkan ke atas/ke bawah.
- k. Garis mendatar diafragma (BT) oleh pabrik telah dibuat tegak lurus sumbu I.
Periksalah apakah BT benar-benar tegak lurus sumbu I sebagai berikut:

- Sasaran rambu harus dalam keadaan vertikal.
 - Impitkan lebih dulu bayangan sumbu sasaran rambu dengan benang vertikal diafragma dengan menggerakkan sekrup gerakan halus datar.
 - Tepatkan benang mendatar dengan garis mendatar pada target (xy) dengan memutar sekrup miring (sekrup b) ataupun dengan memutar sekrup pengungkit teropong.
- l. Bila BT berimpit dengan bayangan xy dari sasaran, maka BT adalah mendatar.
 - m. Atur nivo hingga koinsidensi dengan memutar sekrup miring.
 - Putar teropong dengan sumbu I sebagai sumbu putar (buka lebih dulu sekrup pengunci gerakan mendatar.
 - Kencangkan kembali sekrup pengunci gerakan mendatar setelah teropong diputar dan perhatikan kembali nivo halus..

Bayangan harus tetap dalam posisi koinsidensi.
 - n. Koreksi alat selesai



Gambar 59

Referensi ; Latihan Praktek Ukur Tanah dan Pemetaan oleh Sumarian D.S. 1979. h. 59.

F. Alat-Alat Bantu Penyipat Datar Optis

Dalam melakukan pengukuran jarak dan beda tinggi di lapangan dengan alat ukur penyipat datar optis diperlukan alat-alat bantu seperti : yalon, pita ukur (meteran), pen ukur, payung dan alat-alat pengaman (sepatu, payung) serta yang tak kalah pentingnya adalah;

1. Rambu ukur

Rambu ukur sering disebut bak ukur/mistar ukur terbuat dari kayu atau aluminium dan panjangnya ada 3 atau 4 m, bahkan ada yang 6 m. Karena panjang maka untuk mempermudah pengangkutan bak ukur dibuat dapat dilipat/disarungkan setiap 1,50 m (2,00 m).

Skala rambu ukur dibuat dalam cm, setiap cm ada blok merah, putih atau hitam. Untuk memudahkan pembacaan tiap meter diberi warna ujung berbeda, merah, putih, hitam dan kuning-putih saling selang seling. Setiap 1 m diberi dua bagian yang terdiri atas 5 cm berbentuk balok-balok dan 5 cm lagi berbentuk huruf E, dengan warna merah atau hitam, sesuai dengan warna meternya.

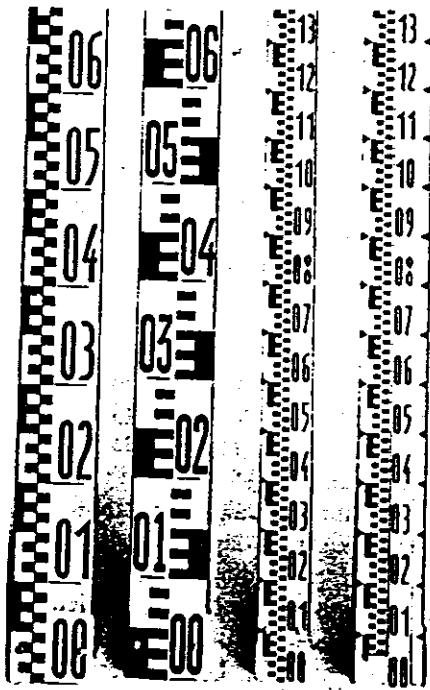
Supaya kelihatan terang bacaan benang diafragma pada bak ukur setiap bagian cm dibuat blok-blok yang berlainan sebelah kiri atau kanan dengan warna merah dan putih atau hitam dan putih.

Angka-angka pada rambu ukur umum dibuat setiap 1 dm (10 cm) dan setiap m. Bila benang diafragma misalnya terletak 7 cm (1.E + 2 balok) di atas kaki mistar, maka bacaan ditulis 0 m dan 0 dm, sehingga menjadi 0,070 m, bentuk dari rambu ukur lihat gambar 60.

2. Unting-unting

Unting-unting terbuat dari besi atau kuningan yang berbentuk selinder dan pada bagian ujungnya dibuat runcing, sedangkan bahagian atas dibuat berbentuk gelang (sekrup) yang dilobangi untuk mengikatkan benang (lihat gambar 61).

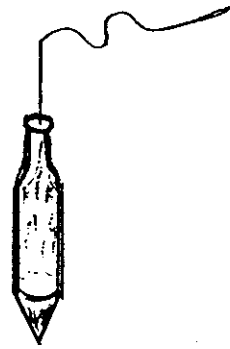
Gunanya unting-unting adalah sebagai arah/penunjuk permulaan pengukuran dari alat levelling dan sebagai patokan sumbu utama yang digantungkan dibawah alat levelling.



Gambar 60

Referensi : Ilmu Ukur Tanah oleh

Wongsotjitro.1980.h.159



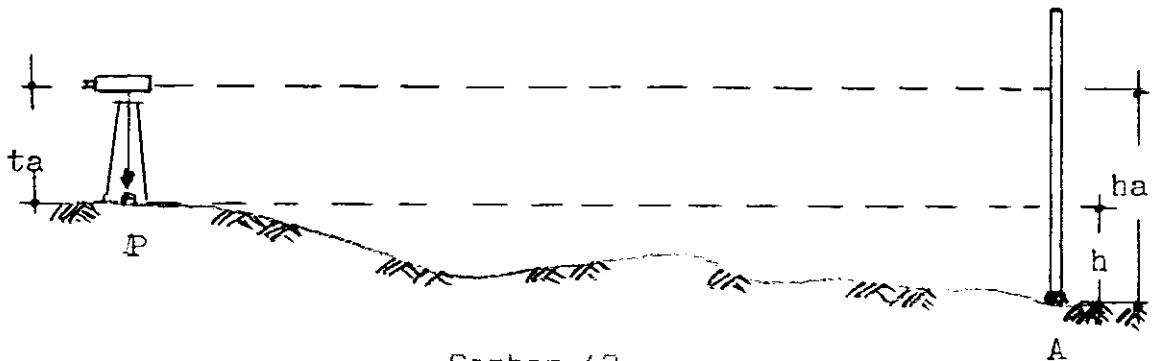
Gambar 61

BAB IV
PENGUKURAN PENYIPAT DATAR OPTIS

A. Pengukuran Beda Tinggi

Untuk menentukan beda tinggi/selisih ketinggian antara dua titik, berdasarkan keadaan lapangan dapat dilakukan dengan tiga cara penempatan alat instrument.

1. Alat ditempatkan diatas salah satu titik



Gambar 62

Alat diletakkan di atas titik P, rambu ukur didirikan di atas titik A tegak lurus. Alat distel dengan gelembung nivo di tengah-tengah (main) teropong diarahkan ke rambu ukur di titik A dan dibaca bacaan benang tengah (Bt) = h_a .

Angka yang ditunjukkan h_a ini adalah menyatakan jarak dari alat rambu ukur (bacaan 0,000 rambu). Ukur tinggi pertengahan alat dari atas patok (T_a) maka beda tinggi antara P dengan A adalah $h = T_a - h_a$ (perhatikan tanda plus atau minus). Bila tanda plus berarti dari P ke A naik dan bila tanda minus berarti menurun.

Contoh :

Tinggi alat (T_a) = 1,420 m

Bacaan benang diafragma (h_a) = 1,970 m

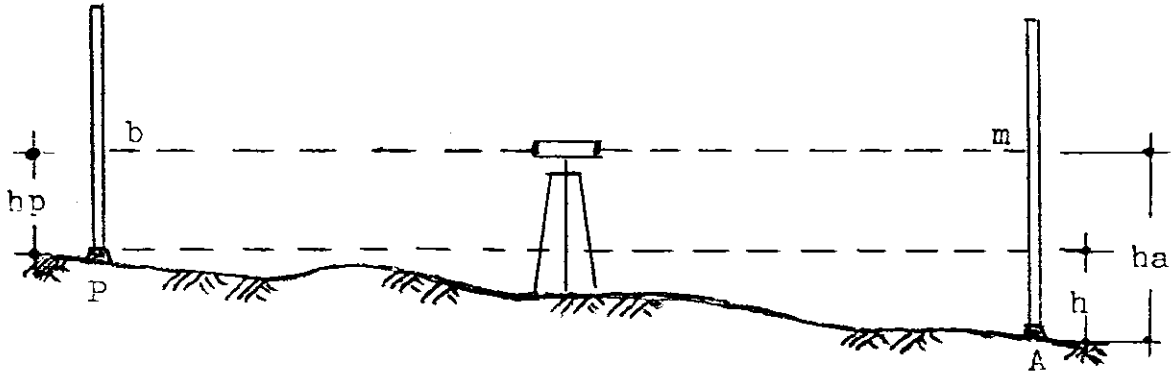
Maka beda tinggi (h) = $T_a - h_a$

$$= 1,420 - 1,970$$

$$= -0,550 \text{ m}$$

(menurun)

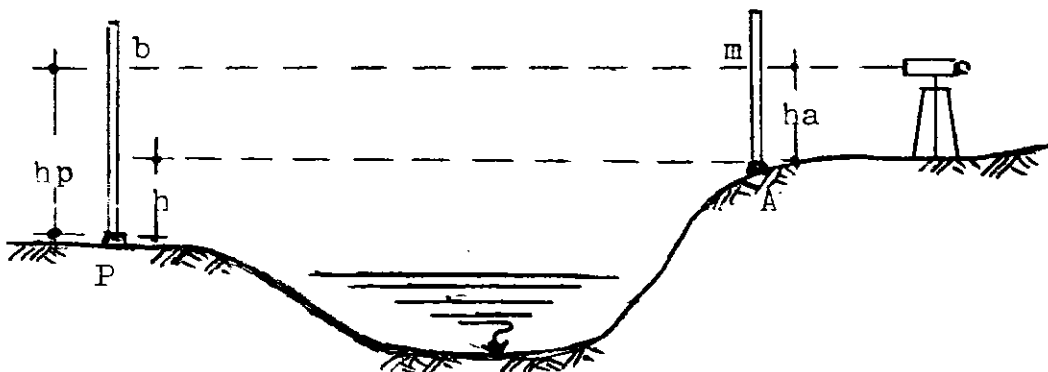
2. Alat ditempatkan antara dua titik



Gambar 63

Alat ditempatkan dan distel sampai gelembung nivo main kira-kira pertengahan antara titik P dengan titik A dan tidak perlu dalam garis lurus P - A. Di titik P dan A didirikan bak ukur tegak lurus. Arahkan teropong ke rambu ukur di titik P atau ke belakang dan baca bacaan benang diafragma = hp kemudian putar teropong searah jarum jam dan arahkan ke bak ukur di titik A atau ke muka dan baca bacaan benang diafragma = ha . Angka-angka bacaan bak ukur selalu mengatakan jarak antara angka yang dibaca dengan alas bak ukur. Maka beda tinggi antara titik p dengan titik A adalah $h = hp - ha$ perhatikan tanda)

3. Alat diletakkan disamping antara dua titik



Gambar 64

Akibat keadaan lapangan tidak selalu dapat menempatkan alat di atas titik atau diantara dua titik, misalnya antara titik P dan titik A ada selokan seperti gambar 64, maka dengan jalan menenpatkan alat disamping/sebelah kiri titik P atau disebelah kanan titik A, jadi diluar garis P-A.

Rambu ukur didirikan tegak lurus di titik P dan A. Arahkan teropong ke bak ukur di titik P (belakang dan baca bacaan benang diafragma = h_p , kemudian arahkan teropong ke bak ukur di titik A (muka) dan baca bacaan benang diafragma = h_a .

Beda tinggi antara P dengan A adalah $h = h_p - h_a$.

atau bacaan belakang - bacaan muka $h = b - m$.

Dari ketiga cara pengukuran beda tinggi antara dua titik di atas, cara menempatkan alat diantara dua titik yang paling teliti, karena kesalahan yang mungkin ada pada pengaturan dapat saling memperkecil apalagi bila alat betul-betul diletakkan dengan jarak yang sama antara kedua titik dan akan hilang pengaruh tidak sejajarnya garis bidik dengan garis arahj nivo (pengaruh syarat utama aalat ukur penyipat datar optis).

Bila diketahui ketinggian salah satu titik dari permukaan air alaut yang tenang pada hasil pengukuran di atas maka ketinggian titik lain bisa dihitung dengan rumus:

Tinggi titik = tinggi titik diketahui \pm beda tinggi.

Contoh : Perhatikan gambar 64 di atas

Diketahui : tinggi titik P diatas permukaan air laut +
2,250 m

Bacaan benang diafragma (Bt) di titik A (h_a) =
1,245 m

Ditanya : Tinggi titik A

Jawab : Beda tinggi antara titik P dengan A adalah

$$h = h_p - h_a$$

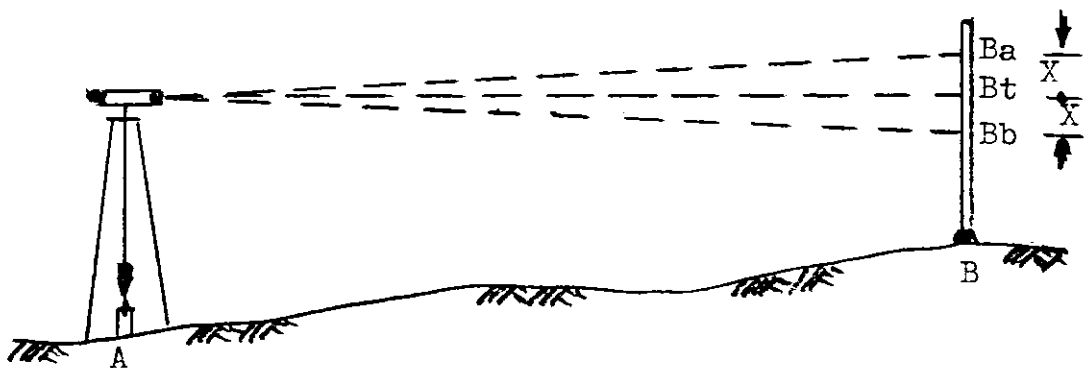
$$= 2,875 \text{ m} - 1,245 \text{ m}$$

$$= 1,630 \text{ m (naik dari titik P ke titik A)}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi titik A} &= \text{tinggi titik P} + \text{beda tinggi} \\
 &= 2,250 \text{ m} + 1,630 \text{ m} \\
 &= 3,880 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

B. Pengukuran Jarak

Alat ukur penyipat datar selain digunakan untuk pengukuran beda tinggi juga dapat dipakai untuk pengukuran jarak, tergantung pada bentuk konstruksi benang diafragma (benang silang). Bila benang silang terdiri atas benang tegak dan satu benang mendatar, maka konstruksi ini khusus untuk pengukuran beda tinggi. Tetapi bila konstruksi benang silang terdiri atas benang tegak dan tiga buah benang mendatar yaitu; benang atas (Ba), benang tegak (Bt) dan benang bawah (Bb). Maka konstruksi benang silang seperti ini dipakai untuk pengukuran jarak dan beda tinggi. Dalam mendapatkan jarak optis dipergunakan bacaan benang atas dan benang bawah yang selalu mempunyai jarak simetris dengan benang tengah (lihat gambar 65). Jarak antara benang tengah (Bt ke benang atas (Ba) sama dengan jarak antara benang tegak (Bt) ke benang bawah (Bb), sehingga $Bt = 1/2 (Ba + Bb)$ atau $2 Bt = (Ba + Bb)$.



Gambar 65

Jarak optis dihitung berdasarkan rasio jarak/konstanta statia alat = 100 cm (lihat tabel II dan III), maka jarak optis dapat dihitung dengan rumus;

$$L = (Ba - Bb) \times 100$$

L = jarak optis

Ba = bacaan benang atas

Bb = bacaan benang bawah

100 = konstanta statia

Contoh :

Pengukuran dilakukan dari titik A ke titik B. Alat ditempatkan di titik A dengan gelembung di tengah-tengah (main) teropong diarahkan ke titik B yang sebelumnya didirikan bak ukur tegak lurus dan didapat bacaan benang di titik B sebagai berikut;

$$Ba = 1,620 \text{ m}$$

$$Bt = 1,320 \text{ m}$$

$$Bb = 1,020 \text{ m}$$

Untuk mengetahui apakah bacaan benang betul, dapat dicek dengan rumus;

$$2 Bt = Ba + Bb$$

$$2 \times 1,320 = 1,620 + 1,020$$

$$2,6400 \quad \text{-----} \rightarrow \text{Oke}$$

$$\text{Jarak optis} = (Ba - Bb) \times 100$$

$$= (1,620 - 1,020) \times 100$$

$$= 60 \text{ m}$$

Apakah jarak optis yang didapat dari perhitungan betul (bisa dipakai), maka harus dibandingkan dengan jarak pita atau apakah masuk dalam toleransi. Bila jaraknya sama dengan jarak pita atau masuk dalam toleransi, maka jarak tersebut dapat dipakai.

Dalam mengecek jarak optis harus berpedoman pada keadaan permukaan tanah; datar, lereng atau curam. Permukaan tanah dikatakan datar dengan kemiringan 0 - 3%, lereng dengan kemiringan > 3% - 10%, sedangkan bila kemiringan besar dari 10 % dikatakan curam. Rumus-rumus untuk cek jarak optis berdasarkan keadaan permukaan tanah adalah;

3) Kesalahan pembacaan

Untuk memperkecil/menghilangkan kesalahan ini pembacaan dilakukan berdua dengan teman dan bila alat mempunyai tumbul kontrol seperti pentax AL.2, tekan tumbul kontrol dan baca pembacaan kembali.

4) Kesalahan pencatatan data ukur

Dalam pengukuran sebaiknya pencatat data orang yang membidik dan setelah dicatat dibidik kembali. Bila pencatatan dilakukan oleh orang lain, maka sipencatat harus menyebutkan sambil mencatat dan terdengar oleh sipembidik.

b. Disebabkan rambu ukur

1) Penempatan rambu ukur tidak pertikal

Kesalahan ini dapat diatasi dengan mempergunakan nivo rambu.

2) Perpanjangan rambu ukur tidak sempurna.

Dalam memperpanjang/menarik rambu usahakan sampai tumbul rambu sempurna masuk dalam kedudukannya.

3) Perbedaan titik nol rambu ukur.

Untuk menghilangkan kesalahan ini pakai landasan rambu ukur, bila memakai rambu dua buah jumlah slag perseksi dibuat genap dan penempatan rambu dipotong slang sling setiap ganti slag.

2. Kesalahan alat

a. Disebabkan oleh petugas

1) Penyetelan instrumen yang tidak sempurna.

Alat harus distel seperti cara 1.a.2 di atas dan bila tak mau distel alat harus dikalibrasi.

2) Adanya parallax pada saat pengukuran

Untuk menghilangkan stel benang diafragma dengan sekrup diafragma sampai tidak adanya parallax dan kontrol kedudukan benang dengan sekrup kontrol.

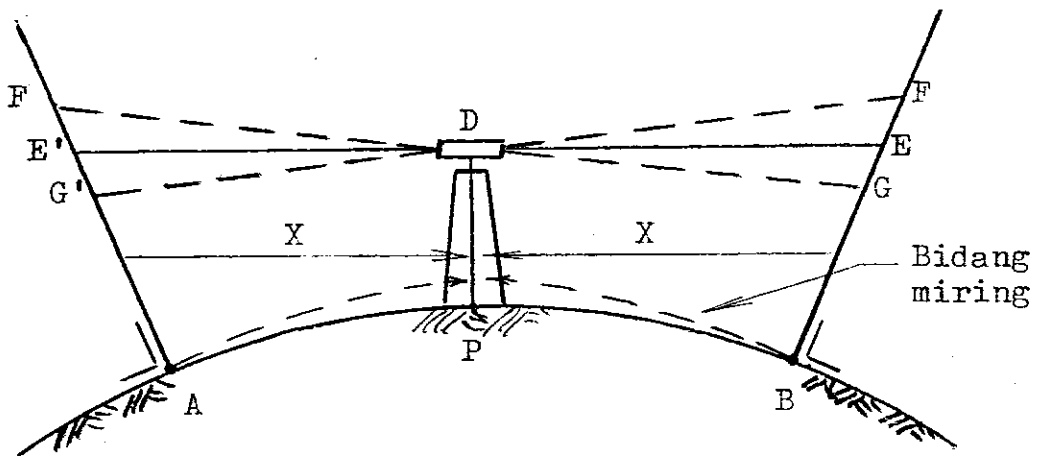
b. Disebabkan oleh rambu ukur

1) Graduasi rambu ukur yang tidak teliti.

Untuk perbaikinya, rambu ukur harus dikalibrasi.

- 2) Kesalahan indek rambu ukur.
 - 3) Sambungan rambu yang tidak sempurna.
3. Kesalahan karena keadaan alam.
- a. Pengaruh lengkungan bumi.

Karena permukaan bumi tidak datar (berbentuk sferis), maka pengaruh lengkungan bumi harus diperhitungkan seperti rumus di bawah ini. Untuk memperkecil atau mengabaikan selain dari perhitungan dapat dilakukan dengan jalan menempatkan alat betul-betul diperhitungkan antara luar rambu ukur (Σ jarak belakang = Σ jarak muka) diwaktu melakukan pengukuran.



Gambar 67

$$EG = \frac{X^2}{2.R} \longrightarrow EG = \text{pengaruh kesalahan lengkungan bumi.}$$

X = Jarak alat ke rambu ukur

R = jari-jari bumi

EF = pengaruh kesalahan repraksi

$$\text{sinar} = \frac{0,14 \cdot X^2}{2.R}$$

DG = Bidang nivo yang melalui titik D
dan memotong rambu di G

DE = Garis bidik horizontal.

b. Pengaruh sinar matahari langsung

Sinar matahari langsung dapat merobah kondisi instrumen, sehingga terjadi kesalahan garis arah nivo. Pengaruh ini dapat diatasi dengan cara memayungi instrumen.

c. Pengaruh refraksi udara

Sebagaimana telah diketahui dari ilmu Fisika, bekas cahaya yang melintasi udara dengan kerapatan yang berbeda-beda akan direfraksikan. Semakin dekat di atas permukaan tanah temperatur udara berubah-ubah, akibat panas permukaan tanah, dengan demikian ketelitian bacaan akan berkurang.

Untuk mengatasi hal ini usaha dalam melakukan pekerjaan jarak bidikan sependek mungkin dan jangan melakukan pengukuran jam 11.00 - 15.00 bila hari panas terik.

d. Berobahnya posisi instrumen dan rambu ukur.

Karena berat sendiri instrumen dan rambu ukur bisa terbenam jika ditempatkan di atas tanah lunak. Untuk mengatasi hal ini buatlah penyangga statip dan rambu ukur pakai landasan rambu.

E. Penilaian Hasil Pengukuran

Untuk menentukan baik buruknya hasil pengukuran instrumen penyipat datar, apakah hasil pengukuran harus diulangi atau tidak. Maka harus memenuhi batas harga kesalahan yang dapat diterima adalah.

1. Pengukuran dilakukan pergi pulang atau doble stand.

Hasil pengukuran tidak boleh lebih besar dari;

$k_1 = \pm (2 \sqrt{S \text{ km}}) \text{ mm}$ untuk pengukuran tingkat pertama

$k_2 = \pm (3 \sqrt{S \text{ km}}) \text{ mm}$ untuk pengukuran tingkat kedua

$k_3 = \pm (6 \sqrt{S \text{ km}}) \text{ mm}$ untuk pengukuran tingkat ketiga

2. Pengukuran yang diikat oleh dua titik ujung pangkalnya diketahui keetinggiannya.

Hasil pengukuran beda tinggi yang didapat tidak boleh berselisih besar dari :

$T_1 = \pm (2 \pm 2 \sqrt{S \text{ km}}) \text{ mm}$ untuk pengukuran tingkat pertama

$T_2 = \pm (2 \pm 3 \sqrt{S \text{ km}}) \text{ mm}$ untuk pengukuran tingkat kedua

$T_3 = \pm (2 \pm 6 \sqrt{S \text{ km}}) \text{ mm}$ untuk pengukuran tingkat ketiga

S.km = jarak pengukuran dalam kilometer

Catatan : Besarnya ketelitian pengukuran untuk rencana teknis, tergantung pada maksud dan tujuan serta permintaan kontraktornya.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Frick, Heinz. 1991. Ilmu dan Ukur Tanah, Yogyakarta. Yayasan Kanisius.
- , 1980. Alat Ukur Tanah dan Penggunaannya. Yogyakarta. Yayasan Kanisius.
- F. Mulkan, Subhi. Dkk. 1979. Ilmu Ukur Wilayah. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan.
- Gayo, Yusuf. M. dkk. 1992. Pengukuran Topografi dan Teknik Pemetaan. Jakarta. PT. Pradnya Paramita.
- Samian. 1992. Ilmu Ukur Tanah Seri Alat Sederhana Padang. FPTK IKIP Padang.
- Soemarlan. DS. Dkk. 1979. Latihan Praktek Ukur Tanah dan Pemetaan. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan.
- Tokyo Optikal. Co. Ltd. 1986. Tapeon Surveying Instruments. Japan.
- Wongsojitro, Soetomo, 1992. Ilmu Ukur Tanah. Yogyakarta. Yayasan Kanisius.
- , 1980. Ilmu Ukur Tanah. Yogyakarta. Yayasan Kanisius.