

1K-4-60-94

# PENGUKURAN KOORDINAT TITIK CARA POLIGON



*[Handwritten signature]*

MILIK PERPUSTAKAAN IKIP PADANG	
TERIMA TGL	13-12-94
SUMBER/HARGA	hd KRI
KOLEKSI	
NO INVENTARIS	1831/hy/94-p1(2)
KLASIFIKASI	620.1 Sum PD

Oleh :

**Drs. Sumarya**

FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN  
INSTITUT KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
PADANG

1991

MILIK UPT PERPUSTAKAAN  
IKIP. PADANG

## KATA PENGANTAR

Pembangunan fisik di Indonesia pada saat ini sangat pesat, sehingga lahan yang tersedia untuk program pembangunan fisik harus selaras dengan rencana pembangunan fisiknya. Untuk membuat rencana tata letak bangunan termasuk di dalamnya bangunan perumahan serta sarana dan prasarana, irigasi, sungai, waduk, bendungan, dermaga, lapangan terbang, jalan dan lain sebagainya diperlukan peta topografi, peta situasi. Peta situasi sangat diperlukan untuk perencanaan tata letak bangunan, sehingga dalam pelaksanaan pembangunan fisik tidak menyimpang dari rencana semula.

Pembuatan peta situasi ada beberapa tahap :

1. Pengukuran batas lahan (titik batas).
2. Pengukuran kedudukan bangunan, sungai dan lain-lain.
3. Pengukuran ketinggian tanah (kontur).

Pada buku ini akan diuraikan mengenai pengukuran titik batas dengan cara mengikat poligon.

Pengukuran poligon dipergunakan untuk mengukur koordinat titik batas lebih dari satu titik. Kegunaan pengukuran poligon disamping menentukan koordinat titik batas, bisa untuk menentukan luas cara koordinat, sebagai titik ikat untuk pengukuran detail situasi dan kontur.

Materi yang dibicarakan di dalam buku ini dapat dipergunakan sebagai bekal yang berguna untuk menentukan koordinat lebih satu titik cara poligon, untuk perencanaan berikutnya. Mudah-mudahan buku ini dapat dipergunakan oleh

mahasiswa Fakultas Teknik Sipil dan perencanaan, Kejuruan, Pertanian dan kehutanan.

Penulis menyadari dengan diterbitkannya buku pengukuran koordinat titik cara poligon, masih banyak kekurangan-kekurangan mengenai apa yang telah diuraikan.

Untuk kesempurnaan buku ini, dimohon kepada para pembaca untuk mengoreksi serta saran-saran bagi perbaikan buku ini.

Atas karunia Allah SWT serta doa Ibu Bapak dan anak istri, penulis dapat menyelesaikan pembuatan buku ini, Amin.

Padang, Februari 1991

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	iii
DAFTAR TABEL .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vi
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Pengertian Umum .....	1
B. Satuan Ukuran .....	1
C. Menentukan Koordinat Titik .....	6
BAB II. ALAT UKUR TEODOLIT	
A. Prinsip Dasar Teodolit .....	15
B. Macam-macam Merek dan Jenis Teodolit..	16
BAB III. CARA-CARA PENGUKURAN SUDUT MENDATAR	
A. Cara Reiterasi (Tunggal) .....	39
B. Cara Repetisi (Berulang) .....	45
BAB IV. MENENTUKAN KOORDINAT TITIK CARA POLIGON	
A. Uraian Umum .....	49
B. Bentuk Poligon .....	49
C. Metode Pengukuran .....	50
D. Masalah-Masalah Pada Poligon Terikat Sempurna .....	56
E. Peninjauan mengenai Pembagian Kesalahan Penutup .....	62
F. Menentukan Azimut Mula atau Akhir de- ngan Orientaring Pukul Rata .....	69

G. Pencegahan Pengaruh dari Kesalahan Sudut dan Jarak pada Poligon .....	71
H. Pengukuran Poligon dengan Bousul .....	85
I. Bangun Poligon .....	91
J. Menghitung Titik Simpul dari Poligon ....	97
K. Contoh Perhitungan Poligon .....	100
DAFTAR PUSTAKA .....	116

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kwadran .....	10
2. Pengukuran Sudut .....	42
3. Perhitungan Sudut Datar .....	47
4. Sudut Azimut Mula dan Akhir dengan Orientering .....	71
5. Toleransi Sudut dalam Kota Poligon Utama ...	77
6. Toleransi Sudut luar Kota Poligon Utama dan Poligon Detail .....	77
7. Toleransi Sudut Poligon Detail .....	78
8. Toleransi pada Poligon Utama .....	82
9. Toleransi Linier medan Kurang baik.....	82
10. Toleransi pada Poligon Detail .....	84
11. Toleransi Linier .....	85
12. Perhitungan Poligon Tertutup .....	111
13. Perhitungan Poligon Terbuka .....	115

## DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
1.	Garis Lurus .....	7
2.	Garis Berpotongan Tegak Lurus .....	7
3.	Kedudukan Titik Berpedoman Terhadap Garis Lurus .....	8
4.	Pembagian Kwadran .....	9
5.	Sudut Jurusan .....	10
5a.	Koordinat Titik .....	13
6.	Pembacaan Proyeksi Sudut .....	16
7.	Konstruksi Piringan Horizontal dan Vertikal Serta Sumbu I dan II Teodolit .....	16
8.	Hubungan Sudut Miring dan Zenith .....	17
9.	Teropong .....	23
10.	Penempatan dari Benang Silang .....	24
10a.	Beberapa Bentuk Benang Silang .....	24
11.	Nivo Tabung .....	25
12.	Nivo Kotak .....	26
13.	Konstruksi Sumbu Konis .....	27
14.	Konstruksi Sumbu Cylindris .....	28
15.	Teodolit Repetisi dan Reiterasi .....	28
16.	Teodolit Pentax TH 20 .....	30
17.	Pembacaan Sudut .....	32
18.	Sudut Vertikal .....	34
19.	Statip (Kaki Tiga) .....	35
20.	Pengukuran Sudut Cara Reiterasi .....	39

21.	Pengukuran Sudut Cara Repetisi .....	46
22.	Poligon Tertutup .....	50
23.	Poligon Terbuka .....	50
24.	Poligon Bebas .....	52
25.	Poligon Terikat .....	53
26.	Poligon Terikat Sempurna .....	55
27.	Poligon Tertutup .....	57
28.	Poligon Terikat Sempurna Terbuka .....	58
29.	Koreksi Sudut Arah .....	64
30.	Perubahan Arah .....	66
31.	Menentukan Sudut Azimut .....	70
32.	Pengukuran Poligon .....	74
33.	Poligon dengan Sisi Pendek .....	75
34.	Perubahan Bentuk Poligon Terbuka .....	81
35.	Alat Ukur Ruang .....	86
36.	Penyimpangan Kesalahan Sudut Pada Poligon ..	87
37.	Kesalahan Sudut Pada Poligon .....	89
38.	Konstruksi Menara .....	96
39.	Titik Simpul Poligon .....	97

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Pengertian Umum

Pembangunan fisik sangat memerlukan lahan, material, peralatan dan tenaga kerja baik sebagai perencana, pelaksana maupun pengawasan.

Sebelum dilakukan pekerjaan fisik perlu direncanakan bangunan tersebut sesuai yang diinginkan dengan hasil data di lapangan. Data yang diperlukan di lapangan untuk perencanaan terdiri data area tanah, kondisi tanah termasuk di dalamnya kekuatan susunan lapisan tanah untuk menopang bangunan, tes air dan sebagainya. Mengenai area (luas) tanah perlu pengukuran untuk dibuat gambar (peta). Peta adalah gambaran dari keadaan lapangan terhadap bentuk gambar yang dilihat dari atas secara vertikal terhadap bidang datar dengan syarat tertentu.

Syarat peta :

1. Mempunyai skala
2. Mempunyai proyeksi
3. Mempunyai legenda (symbol)
4. Mempunyai keterangan tertulis.

Dalam pembuatan peta diperlukan data ukur yang diambil dari pengukuran, seperti :

1. Pengukuran titik kerangka
2. Pengukuran horizontal dan vertikal.

Untuk mendapatkan data titik kerangka yaitu dengan pengukuran cara poligon sedangkan jarak dan ketinggian titik dengan pengukuran horizontal dan vertikal.

Penulis akan menguraikan menentukan koordinasi titik cara poligon.

## B. Satuan Ukuran

Ukuran sangat diperlukan untuk rancangan (perencanaan) fisik, baik untuk membuat pakaian maupun bangunan.

Pembuatan bangunan tanpa rencana akan mengalami kesulitan dan hasilnya tidak baik, begitu juga perencanaan tanpa data ukur dari lapangan akan mendapatkan perencanaan yang kurang sempurna dan tidak mencapai sasaran. Jadi ukuran merupakan satuan yang sangat penting.

Satuan ukuran terdiri dari :

1. Satuan ukuran panjang
  2. Satuan ukuran luas
  3. Satuan ukuran sudut.
1. Satuan ukuran panjang

Pada pengukuran jarak diambil ukuran standard panjang, yaitu meter internasional atau meter

standard yang disimpan di Bureau Internasional des poids et mesures breteuil dekat Paris.

Panjang meter standard adalah seper sepuluh juta panjang meridian bumi dan merupakan jarak antara dua garis pada kedua ujung meter standard. Meter standard dibuat dari logam supaya tahan lama. Logam jika kepanasan akan memuai karena meter standard dibuat dari logam, maka meter standard akan dipengaruhi oleh suhu dan keadaan lain diudara.

Pada konperensi ukuran dan berat meter internasional tahun 1927 ditentukan panjang satu meter, dengan menggunakan panjang gelombang garis merah kadmium.

$$\lambda = 0,634.846,96 \text{ m}$$

$$\mu = \text{mikron} = 0,001 \text{ mm}$$

1 meter = 1.553.164,13 dari garis merah kadmium. Ukuran panjang dinyatakan dengan kelipatan-kelipatan meter (m) yaitu ; Km, Hm, dam, m, Cm, mm.

$$1 \text{ Km} = 1000 \text{ m}$$

$$1 \text{ m} = 1 \text{ m}$$

$$1 \text{ hm} = 100 \text{ m}$$

$$1 \text{ dm} = 0,1 \text{ m}$$

$$1 \text{ dam} = 10 \text{ m}$$

$$1 \text{ cm} = 0,01 \text{ m}$$

$$1 \text{ mm} = 0,001 \text{ m}$$

## 2. Satuan Ukuran Luas

Luas adalah besarnya suatu daerah pengukuran dalam 2 (dua) dimensi di atas permukaan tanah. Ukuran luas yang digunakan pada ilmu ukur tanah, adalah meter kwadrat ( $\text{m}^2$ ).

$$1\text{m}^2 = 1 \text{ m}^2 \quad 1 \text{ acre (a)} = 100 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ ha (hektar)} = 10.000 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ km}^2 = 1.000.000 \text{ m}^2$$

Untuk memudahkan menulis atau menghindari pangkat dua sebagai kwadrat dianjurkan untuk menggunakan huruf Q untuk kwadrat.

### 3. Satuan ukuran sudut

Sudut adalah seluruh dua buah arah dari suatu titik sudut pengamatan dalam menentukan sudut dinyatakan dengan satuan ukuran yang diambil dari alam. Yang dimaksudkan alam adalah bumi, dimana bentuk bumi adalah bulat (lingkaran).

Lingkaran adalah sebagai dasar untuk menyatakan besarnya sudut. Lingkaran dibagi empat bagian dimana tiap bagian dinamakan kwadran.

Dalam pengukuran sudut kita mengenal 4 macam yaitu :

#### a. Cara seksagesimal

Dalam cara seksagesimal, lingkaran dibagi dalam 360 bagian dimana tiap bagian dinyatakan dalam derajat ( $^{\circ}$ ).

Tiap derajat ( $^{\circ}$ ) dibagi 60 bagian, dimana tiap bagian dinyatakan dalam menit ( $'$ ).

Tiap menit ( $'$ ) dibagi 60 bagian, dimana tiap bagian dinyatakan dalam detik/sekon ( $"$ )

Pola cara seksagesimal lingkaran dibagi 4 bagian,

bagian tersebut dinamakan kwadran, tiap kwadran sebesar  $90^\circ$ .

Cara menuliskan sudut adalah sebagai berikut :

$$\text{sudut} = 184^\circ 19' 45,7''$$

b. Cara centesimal/desimal

Pada cara centesimal, lingkaran dibagi dalam 400 bagian dimana tiap bagian dinyatakan dalam grade (g). Tiap grade dibagi dalam 100 bagian, dimana tiap bagian dinyatakan dalam centigrade (c).

Begitu juga tiap centigrade dibagi 100 bagian dan dinyatakan dalam centigrade (cc).

Lingkaran dibagi 4 bagian, yaitu bagian tersebut dinamakan kwadran tiap kwadran sama dengan 100 g. Keuntungan dalam sistem ini adalah suatu sudut dapat ditulis menggunakan angka desimal.

$$\begin{aligned} \text{Contoh : } \beta &= 365 \text{ g } 15 \text{ c } 58 \text{ cc} \\ &= 365,1558 \text{ g} \end{aligned}$$

c. Cara radial/radian

Satu radial/radian adalah sudut titik pusatnya suatu busur lingkaran yang besarnya sama dengan panjang jari-jari.

$$1 \text{ radian} = \text{busur AB} = R$$

$$\text{Sebuah sudut lurus} = \pi \text{ radial}$$

$$\pi \text{ rad} = 180^\circ$$

$$1 \text{ rad} = \frac{180^\circ}{\pi} = \frac{180^\circ}{3,14} = 57,3^\circ$$

## d. Pembagian derajat campuran

Dalam pembagian derajat campuran yaitu hubungan antara seksagesimal dan cara sentisimal.

Cara seksagesimal lingkaran dibagi 360  $\rightarrow$   $^{\circ}$  derajat.

Cara sentisimal lingkaran dibagi 400  $\rightarrow$  g (grade)

Cara seksagesimal                      Cara sentisimal

360 $^{\circ}$

400 $^g$

$$1^{\circ} = 1,111^g$$

$$1^g = 0,9^{\circ}$$

$$1' = 1,85185185^c$$

$$1^c = 0,54'$$

$$1'' = 3,08641975^{cc}$$

$$1^{cc} = 0,324''$$

Hubungan dengan radial

$$2 \pi \text{ radial} = 360^{\circ} = 400^g$$

$$1 \text{ Radial} = \frac{(360 \times 60 \times 60)''}{2 \times 3,14159} = \frac{(400 \times 100 \times 100)^{cc}}{2 \times 3,14159}$$

$$= 206.265'' = 636620^{cc}$$

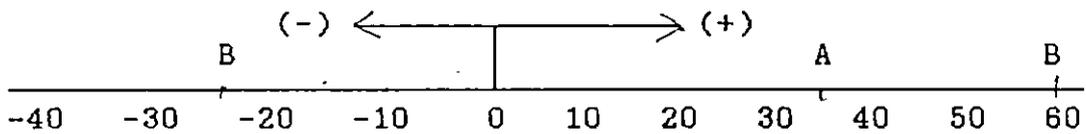
## C. Menentukan Koordinat Titik

## 1. Menentukan kedudukan titik

Untuk menggambarkan titik-titik kerangka, kita harus menentukan koordinat titik-titik kerangkanya, maka untuk itu diperlukan

1. Arah
2. Jarak
3. Sudut

a. Jika titik berada pada satu garis lurus.



Gambar 1. Garis Lurus

(Soetomo, 1977 ; 22)

$$\text{Titik A} = + 35$$

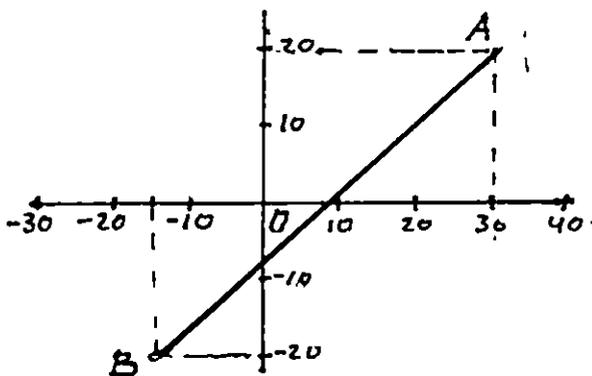
$$\text{Titik C} = + 60$$

$$\text{Titik B} = - 25$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak d BA} &= X_a - X_b \\ &= +35 - (-25) \\ &= + 60 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak d Ac} &= X_c - X_a \\ &= + 60 - (35) \\ &= + 25 \end{aligned}$$

2. Jika titik berada pada dua garis lurus yang berpotongan tegak lurus.



Garis x-x = absis

Garis y-y = ordinat

Titik A berada pada koordinat A [+ 30; +20]

Titik B berada pada koordinat B[-15; -20]

Gambar 2. Garis Berpotongan Tegak Lurus

Untuk menghitung jarak dua titik digunakan rumus Pythagoras.

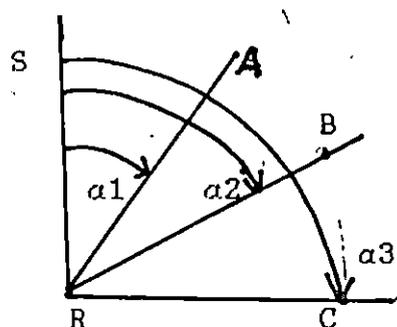
$$\begin{aligned} d X &= X_A - X_B \\ &= 30 - (-15) = 45 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d Y &= Y_A - Y_B \\ &= 20 - (-20) \\ &= 40 \end{aligned}$$

Jarak  $d AB = ?$

$$\begin{aligned} d AB &= \sqrt{X^2 + Y^2} \\ &= \sqrt{(45)^2 + (40)^2} \end{aligned}$$

3. Jika titik berada dengan menentukan titik patokan terhadap garis lurus.



Kedudukan titik;

A dinyatakan dengan jarak

$d RA$ , sudut  $\alpha 1$

B dinyatakan dengan jarak

$d RB$ , sudut  $\alpha 2$

C dinyatakan dengan jarak

$d RC$ , sudut  $\alpha 3$

Gambar 3. Kedudukan Titik Berpedoman Terhadap Garis Lurus

(Soetomo, 1977 ; 25)

## 2. Menentukan sudut jurusan.

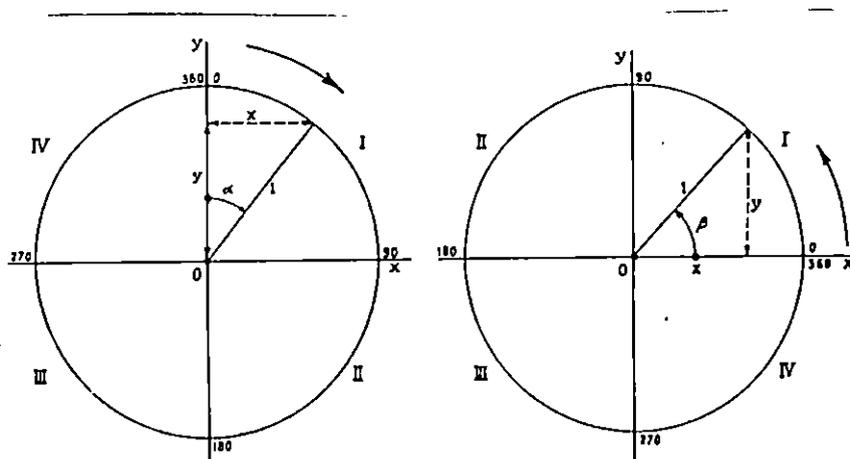
### a. Pembagian kwadran

Lingkaran dibagi 4 bagian, tiap bagianm dinamakan kwadran.

Kwadran pada ilmu ukur tanah berbeda perhitungannya dengan kwadran trigonomteri.

Perbedaannya pada kwadran trigonomteri putarannya dimiliki dari sumbu X positif gerakannya berlawanan dengan arah jarum jam. Sedangkan pada kwadran ilmu ukur tanah dimulai dari sumbu Y positif dan berputar searah jarum jam.

Untuk lebih jelas bisa dilihat pada gambar di bawah ini.



Ilmu Ukur Tanah

Ilmu Ukur Sudut

Gambar 4. Pembagian Kwadran

(Soetomo, 1977 ; 28)

$$\sin \alpha = \frac{X}{1} = X$$

$$\sin \beta = \frac{Y}{1} = Y$$

$$\cos \alpha = \frac{Y}{1} = Y$$

$$\cos \beta = \frac{X}{1} = X$$

$$\operatorname{Tg} \alpha = \frac{X}{Y}$$

$$\operatorname{Tg} \beta = \frac{Y}{X}$$

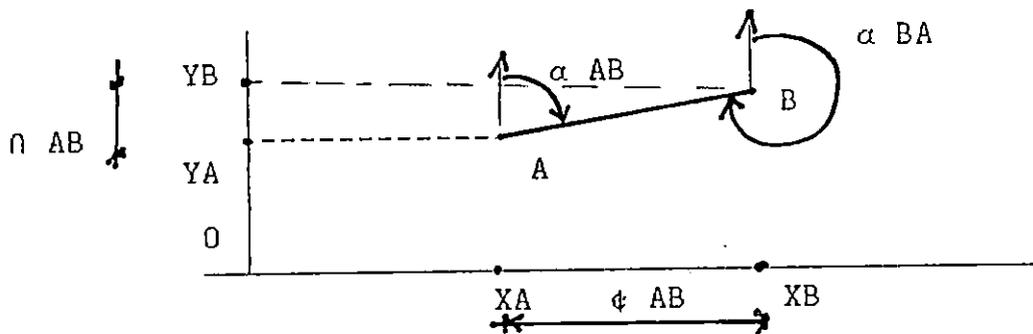
Mengenai harga sinus, cosinus, tangen serta radian bisa dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Kwadran (Soetomo, 1977 ; 30)

Ilmu Ukur Tanah					Ilmu Ukur Sudut				
Kwadran	I	II	III	IV	Kwadran	I	II	III	IV
Absis X	+	+	-	-	Absis X	+	-	-	+
Oronat Y	+	-	-	+	Oronat $\beta$ Y	+	+	-	-
Sin $\alpha$ $\rightarrow$ X	+	+	-	-	Sin $\beta$ $\rightarrow$ Y	+	+	-	-
Cos $\alpha$ $\rightarrow$ Y	+	-	-	+	Cos $\beta$ $\rightarrow$ X	+	-	-	+
Tg $\alpha = \frac{X}{Y}$	+	-	+	-	Tg $\beta = \frac{Y}{X}$	+	-	+	-

Kwadran I  $\rightarrow$   $\alpha$  AB =  $\alpha$   
 II  $\rightarrow$   $\alpha$  AB =  $180^\circ - \alpha$   
 III  $\rightarrow$   $\alpha$  AB =  $180^\circ + \alpha$   
 IV  $\rightarrow$   $\alpha$  AB =  $360^\circ - \alpha$

b. Mencari sudut jurusan



Gambar 5. Sudut Jurusan  
(Soetomo, 1977 ; 26)

Titik A (XA ; YA)

B (XB ; YB)

$\alpha$  AB = Sudut jurusan yang dimulai dari arah utara  
sampai pada garis AB.

$\alpha$  BA = Sudut jurusan yang dimulai dari arah utara  
sampai pada garis BA  
=  $\alpha$  AB +  $180^\circ$

$$\phi$$
 AB = XB - XA

$$\eta$$
 AB = YB - YA

$$\begin{aligned} \text{Tg } \alpha \text{ AB} &= \frac{\phi \text{ AB}}{\eta \text{ AB}} \\ &= \frac{(XB - XA)}{(YB - YA)} \end{aligned}$$

Dari hitungan ini didapat harga

Sudut  $\alpha$  AB = .....

Sudut  $\alpha$  BA =  $\alpha$  AB +  $180^\circ$

Dalam mencari sudut jurusan tergantung sudut hitungan terletak pada kwadran berupa. Sehingga sudut jurusan yang sebenarnya didapat,

Kwadran I, Sudut jurusan  $\alpha$  AB =  $\alpha$

II, Sudut jurusan  $\alpha$  AB =  $180^\circ - \alpha$

III, Sudut jurusan  $\alpha$  AB =  $180^\circ + \alpha$

IV, Sudut jurusan  $\alpha$  AB =  $360^\circ - \alpha$

Dimana: = Adalah sudut jurusan hasil hitungan dari

$$\text{tg } \alpha = \frac{\phi}{\eta} \text{ ----> } \alpha = \dots$$

$\alpha$  AB = adalah sudut jurusan yang sebenarnya.

Untuk lebih jelasnya, maka kita lihat pada contoh berikut ini.

Diketahui titik koordinat A (XA ; YA) dan B (XB ; YB)

$$XA = -2486,7 \text{ m}$$

$$XB = -2153,9 \text{ m}$$

$$YA = +1587,7 \text{ m}$$

$$YB = +924,3 \text{ m}$$

Pertanyaan ; berapa harga sudut jurusan  $\alpha$  AB?

Penyelesaian ;

$$\begin{aligned} \text{Tg } \alpha \text{ AB} &= \frac{\phi \text{ AB}}{\Omega \text{ AB}} \\ &= \frac{XB - XA}{YB - YA} \\ &= \frac{-2153,9 - (-2486,7)}{924,3 - 1587,7} \\ &= \frac{+ 332,8}{- 663,4} \text{ ----> Kwadran II} \end{aligned}$$

$$\alpha \text{ AB} = 26^{\circ} 38' 40''$$

Maka sudut jurusan yang sebenarnya adalah ;

$$\begin{aligned} \alpha \text{ AB} &= 180^{\circ} - \alpha \text{ AB} \\ &= 180^{\circ} - 26^{\circ} 38' 40'' \\ &= 153^{\circ} 21' 20'' \end{aligned}$$

Jadi harga  $\alpha$  AB pada kwadran IV sebesar

$$\alpha \text{ AB} = 153^{\circ} 21' 20''$$

3. Mencari titik koordinat B, jika diketahui titik koordinat A ( $X_A$  ;  $Y_A$ ).

$\alpha_{AB}$  = diketahui

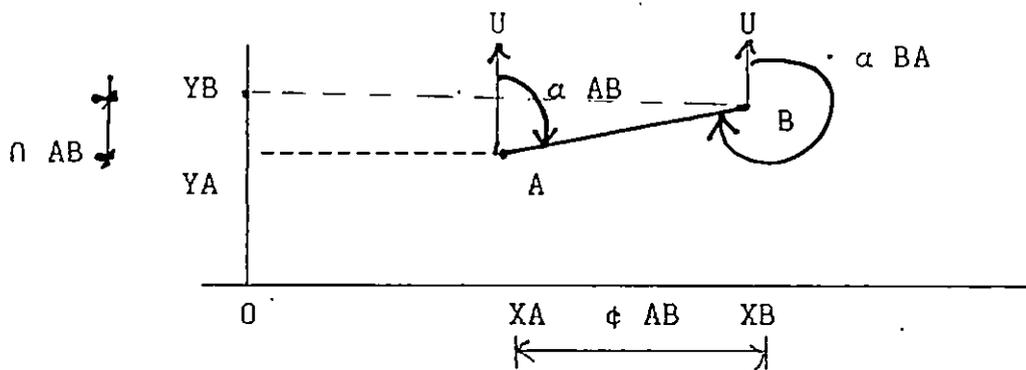
$$\sin \alpha_{AB} = \frac{X_B - X_A}{AB} = \frac{\phi_{AB}}{d_{AB}} \rightarrow \phi_{AB} = d_{AB} \sin \alpha_{AB}$$

$$\cos \alpha_{AB} = \frac{Y_B - Y_A}{AB} = \frac{\eta_{AB}}{d_{AB}} \rightarrow \eta_{AB} = d_{AB} \cos \alpha_{AB}$$

$$d_{AB} = \frac{X_B - X_A}{\sin \alpha_{AB}} = \frac{Y_B - Y_A}{\cos \alpha_{AB}}$$

$$X_B = X_A + AB \sin \alpha_{AB}$$

$$Y_B = Y_A + AB \cos \alpha_{AB}$$



Gambar 5a. Koordinat Titik

( Soetomo, 1977 ; 27)

Contoh :

Diketahui koordinat titik A [ $+15,00$  ;  $+ 10,00$ ]

Sudut jurusan  $AB = 30^\circ$  dan  $AB = 60$  meter

Pertanyaan berapa koordinat titik B

Penyelesaian Perhitungan

$$\phi_{AB} = d_{AB} \sin \alpha_{AB}$$

$$= 60 \sin 30^\circ$$

$$= 30 \text{ Meter}$$

$$X_B = X_A + d_{AB} \sin \alpha_{AB}$$

$$= 15 + 30$$

$$= 45 \text{ Meter}$$

$$\eta_{AB} = d_{AB} \cos \alpha_{AB}$$

$$= 60 \cos 30^\circ$$

$$= 51,96 \text{ Meter}$$

$$Y_B = Y_A + d_{AB} \cos \alpha_{AB}$$

$$= 10 + 51,96$$

$$= 61,96 \text{ meter}$$

Jadi koordinat titik B [+45,00 ; + 61,96]

## BAB II

### ALAT UKUR THEODOLIT

#### A. Prinsip Dasar Theodolit

Theodolit adalah alat ukur untuk mengukur arah dan sudut.

Pengukuran dengan alat ukur theodolit adalah untuk mendapatkan bayangan dari keadaan lapangan dengan menentukan tempat kedudukan titik-titik di atas permukaan bumi terhadap satu sama lainnya.

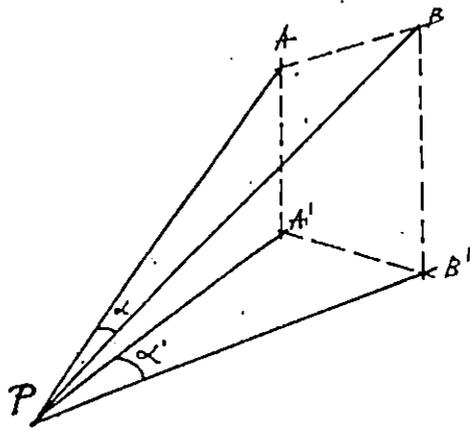
Untuk mendapatkan hubungan antara titik-titik, baik yang mendatar maupun tegak memerlukan data ukur sudut.

Prinsip dasar Theodolit

1. Untuk mendapatkan langsung membaca proyeksi dari sudut, kita harus mempunyai alat yang tidak boleh menunjukkan perselisihan dalam membaca pada pembagian piringan horizontal (datar) sewaktu alat mengarah ke A dan A' (lihat Gambar no. )
2. Kita harus mempunyai alat yang dapat mengarah kesemua titik di lapangan.

Untuk memenuhi kedua syarat prinsip dasar theodolit adalah ;

1. Garis vizir harus dapat berputar terhadap dua sumbu yang saling tegak lurus, dimana sumbu ke I (vertikal) tegak lurus sumbu ke II (horizontal).
2. Garis vizir harus tegak lurus sumbu datar.



Gambar 6. Pembacaan Proyeksi Sudut

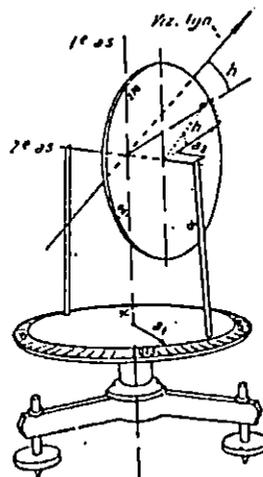
(Soetomo, 1977 ; 201)

Keterangan gambar ;

A dan B adalah titik dilapangan

P tempat kedudukan Theodolit

$\alpha$  = Proyeksi sudut



Gambar 7. Konstruksi piringan Horizontal dan Vertikal Serta Sumbu I dan II Theodolit.

(Yakub Rais, 1976 ; 15)

teropong, diarahkan ke titik A, maka akan dibaca sudut pada pembagian lingkaran datar kedua-dukan alhidade dan teropong turut diputar dan diarahkan ke B, kita baca kedudukan alhidade terhadap lingkaran datar tadi, selisih kedua bacaan adalah sudut  $\alpha$ .

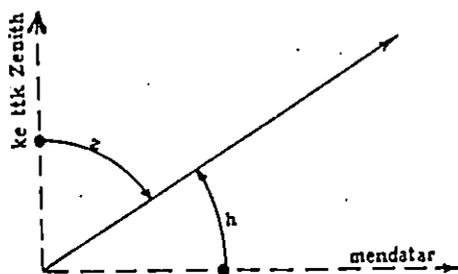
Dalam ilmu geodesi, sudut  $\alpha$  tidak mempunyai arti sama sekali karena bayangan keadaan lapangan akan digambar di atas kertas gambar yang datar.

Untuk mendapatkan proyeksi sudut  $\alpha$ , yaitu sudut  $\alpha'$  untuk digambar di atas bidang datar diperlukan pengukuran sudut pada piringan skala mendatar.

Pada gambar no. 8, dapat dilihat sudut tegak  $\beta$  yang merupakan sudut antara jurusan dengan proyeksi mendatar jurusan tersebut. Sudut tegak  $\beta$  diukur dengan skala lingkaran yang letaknya tegak lurus. Jika diketahui jarak antara PA' antara titik P dan A dengan sudut  $\beta$  A, maka dapat dihitung AA' yang merupakan beda tinggi antara P dan A.

Beda tinggi AA' = PA' tg  $\beta$  A

Beda tinggi AA' dapat digunakan untuk membayangkan hubungan tegak antara P dan A.



Gambar 8. Hubungan Sudut Miring dan Zenith  
(Soetomo, 1977 ; 201)

Untuk mendapatkan keadaan garis tegak PA, maka dibuat bidang tegak lurus yang melalui PA seperti terlihat pada gambar 10, buat garis mendatar dan garis tegak melalui titik P. Sudut antara PA dan garis mendatar dinamakan sudut miring  $h$  dan sudut antara PA dan garis tegak lurus dinamakan sudut Zenith  $Z$ , karena garis tegak lurus yang ditarik selalu melalui titik zenith. Hubungan antara sudut miring  $h$  dan sudut zenith adalah

$$h + Z = 90^\circ.$$

Pengukuran sudut, jika garis PA kearah bawah maka sudut miring  $h$  letak di bawah garis mendatar diberi tanda negatif.

Dalam pengukuran sudut vertikal didapat sudut ke atas positif dan kebawah garis mendatar negatif ( $0^\circ - 90^\circ$ ) sedangkan sudut Zenith  $Z$  selalu mempunyai tanda positif. ( $0^\circ - 180^\circ$ )

## B. Macam-macam, merek dan jenis teodolit

### 1. Macam-macam theodolit

Alat ukur theodolit ada dua macam;

#### a. Theodolit tipe sumbu ganda (repetisi)

Theodolit sumbu ganda adalah theodolit yang dipergunakan untuk pengukuran dengan ketelitian rendah.

Theodolit tipe ganda mempunyai dua buah sumbu pada bagian dalam dan bagian luar, sehingga

memungkinkan dengan pengukuran sudut pengulangan (repetisi), theodolit ini tidak cocok dengan untuk pengukuran teliti karena pembacaan sudut sampai menit. Theodolit tipe sumbu ganda disebut juga dengan Theodolit tachimetri, mikroskop pembacaan dipasang disamping okuler teropong. Pembacaan hanya dilakukan pada satu bagian lingkaran bersumbu karena pengaruh exentrisitas lingkaran pada penyipatan detail amat kecil dan jika perlu dapat diabaikan dengan mengukur sudut pada dua posisi teropong.

Ketelitian pembacaan  $\pm 0,1'$

b. Theodolit tipe sumbu tunggal reiterasi.

Theodolit tipe sumbu tunggal (reiterasi) disebut alat pengukuran satu arah.

Pada alat ukur ini ketelitian pembacaan sudut teliti, memenuhi kebutuhan mengukur jarak secara optis. Theodolit ini bisa dipergunakan untuk pengukuran teliti seperti pengukuran Poligon, trimulasi. Pembacaan sudut horizontal dan vertikal sampai detail/sekon sedangkan theodolit repetisi sampai menit.

2. Merek dan tipe jenis theodolit

Merek dan tipe jenis theodolit banyak macamnya. Tergantug negara pembuat serta keperluan pengukuran dilapangan, seperti :

a. Merek theodolit

- Merek WILD, buatan Swiss
  - Merek Kern, buatan Swiss
  - Merek Zeiss, buatan Jerman
  - Merek Topeon, buatan Jepang
  - Merek pentax, buatan Jepang
  - Merek Nikon, buatan Jepang
  - Merek Shoksha, buatan Jepang
- dan lain-lain.

b. Tipe jenis theodolit

Tipe jenis alat ukur theodolit tergantung jenis pekerjaan.

Misalnya jenis To, To S, pada alat ukur theodolit ini pembacaan sudut sampai menit, untuk pengukuran teliti tidak bisa. Pada alat ukur jenis ini arah utara magnetis menunjukkan nol derajat secara otomatis sehingga disebut theodolit Nol (0).

Alat ukur ini bisa dilakukan untuk pengukuran tachimetri, seperti situasi dan konturing.

Jenis/tipe T1, T2, T3, T16, TH10, Th20, TC1, D13, S, RDS dan lain-lain, pembacaan sudut horizontal dan vertikal sampai detik/sekon. Alat ukur theodolit ini bisa dipergunakan untuk pengukuran teliti, seperti pengukuran poligon, triangulasi.

c. Bagian-bagian alat ukur theodolit.

Alat ukur theodolit terdiri dari beberapa bagian, yaitu :

1. Lensa dan teropong
  2. Alat vizir
  3. Niveau
  4. Konstruksi sumbu dan alat pergerakan halus (mikro skrup) dan alat alat.
  5. Alat pembacaan
  6. Statip (kaki tiga)
1. Lensa dan Teropong

Teropong adalah alat untuk melihat benda yang jauh dengan jarak jelas. Pada teropong ada dua bentuk, yaitu teropong okuler dan teropong objektif tiap teropong memakai lensa.

Ada dua macam teropong :

a. Teropong dioptris

Yaitu teropong yang memakai stelsel lensa dan prisma

b. Teropong Katadioptris

Yaitu teropong yang memakai kaca.

Teropong dioaptris, dibagi dalam dua macam;

1) Teropong astronomis

Yaitu teropong yang memberi bayangan virtuil, terbalik, diperbesar.

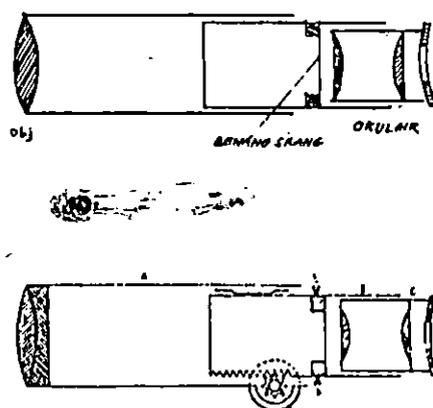
## 2) Teropong teristis

Yaitu teropong yang memberi bayangan tegak virtuil diperbesar.

Dalam geodesi pada umumnya dipakai teropong dioptis yang pertama, menggunakan prinsip teropong dari kepler yang terdiri dari lensa positif (objektif) dan lensa negatif (okuler) sebagai teropong (loupe).

Objektif memberi bayangan nyata, terbalik, dan diperkecil dan diperbesar oleh okuler sedangkan keadaan terbaliknya tidak berubah. Jika kita melihat suatu benda yang jauh, maka bayangan benda ini akan jatuh pada bayangan benda bukan objektif. Supaya bayangan benda jatuh pada benda bahan okuler dan supaya kita dapat melihat bayangan benda yang diperbesar terbalik dengan tajam untuk mata normal harus mengusahakan mengalihkan perubahan. Begitu juga bentuk mata abnormal, kita harus merubah okuler, supaya mata kita jangan mengadakan akomodasi untuk dapat melihat dengan tajam.

Untuk menjaga perubahan melihat jauh dan dekat dengan tajam, maka okuler harus ditempatkan pada tabung yang berlainan dan dibuat dengan sistem gigi dan ronsel serta sumbu optesnya berhimpitan.



Gambar 9. Teropong

(Yakub Rais, 1976 ; 16)

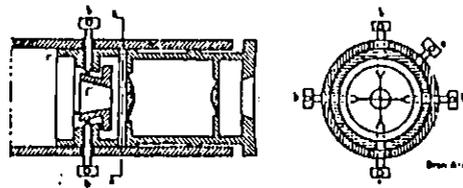
## 2. Alat VIZIR

Garis vizir adalah garis tetap untuk mengarah yang diperoleh sebagai garis penghubung antara titik tengah optis dan objektif dan titik silang dari benang silang yang ditempatkan pada diaphragma.

Benang silang pada teodolit lama dibuat dari benang laba-laba (Spinrag-draden), sedangkan pada teodolit modern digaris (etsen) pada kaca. Garis vizir dapat dirubah-ubah terhadap tabung teropong terhadap diaphragma dapat digeser horizontal dan vertikal dalam bilangan mempergunakan sekrup b.

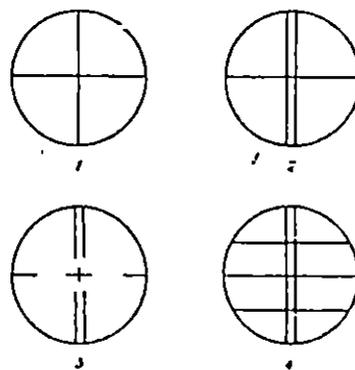
Dengan membuka sekrup tekan c, maka lingkaran r beserta sekrup koreksi b dapat diputar mela-

lui sumbu teropong, maka dengan ini bisa memasang benang silang horizontal dan vertikal.



Gambar 10. Penempatan dari Benang Silang

(Yakub Rais, 1976 ; 22)



Gambar 10a. Beberapa bentuk benang silang

(Yakub Rais ; 1976 ; 22)

### 3. NIVO

Nivo adalah berbentuk tabung atau kotak dari gelas berbentuk cylinder dan diisi cairan ether atau alkohol.

Nivo ada dua bentuk :

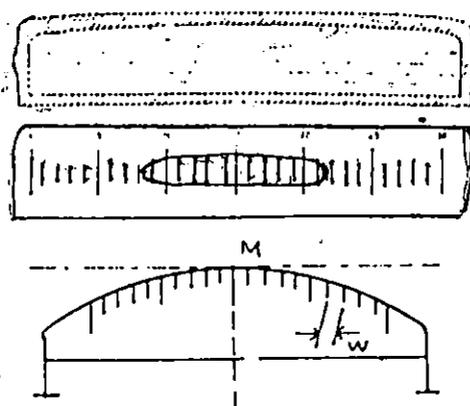
a. Bentuk tabung

b. Bentuk kotak

a. Bentuk tabung

Tabung gelas, mula-mula diisi cairan ether, kemudian dipanaskan supaya keluar udara kemudian tabung ditutup. Setelah cairan ether mendingin dan mengecil, maka ruangan hampa yang menguap cairan ethernya menjadi gelembung udara (bel, libel).

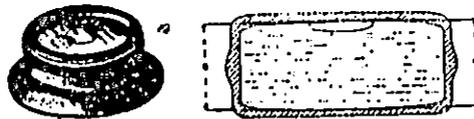
Gelembung udara, selalu berada pada lingkaran yang tertinggi dari bagian atas nivo akibat gaya berat.



Gambar. 11. Nivo Tabung  
(Yakub Rais, 1976 ; 24)

b. Bentuk kotak

Nivo kotak, berbentuk bulat, gelombang udara berada ditengah-tengah kotak kaca, prinsip kerja sama seperti nivo tabung.



Gambar. 12. Nivo Kotak

(Yakub Rais, 1976 ; 15)

4. Konstruksi sumbu dan alat-alat penggerak halus serta alat klem.

a. Konstruksi sumbu

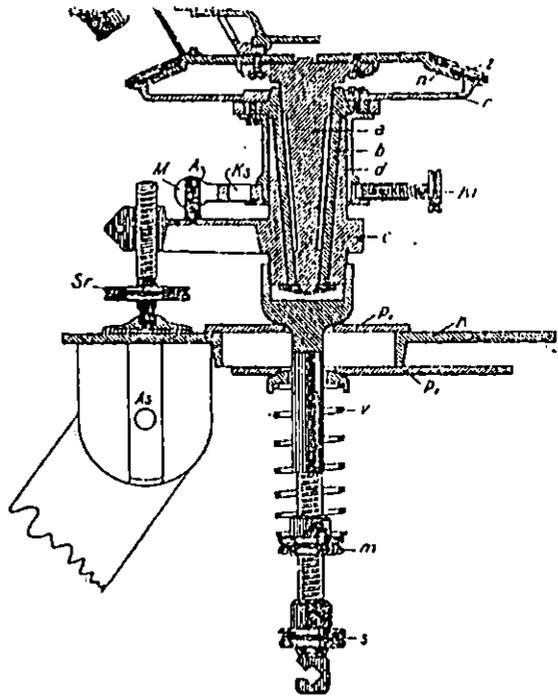
Sumbu teodolit maupun uniterpass dan BTM (Bonsule Tranche Monutain) dan sebagainya terdiri dari bentuk yang sederhana A yang berputar dalam bus B.

Sumbu harus tepat masuk dalam bus B sehingga tidak goyang waktu diputar dan ini bisa dicapai dengan bentuk sumbu yang konis. Dengan adanya perbaikan teknis, sekarang terdapat sumbu berbentuk cylinder. Pada sumbu cylinder mempunyai keuntungan bahwa

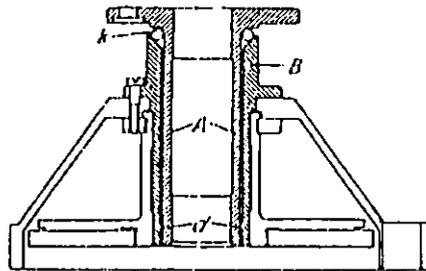
perputarannya lebih ringan dan tidak menjadi lebih ringan atau berat dengan perubahan temperatur seperti pada sumbu konis.

Pada sumbu cylinder terdiri dari dua macam baja yang berlainan kekerasannya, sedangkan pada konstruksi sumbu konis terdiri dari tembaga dan kuningan (brass).

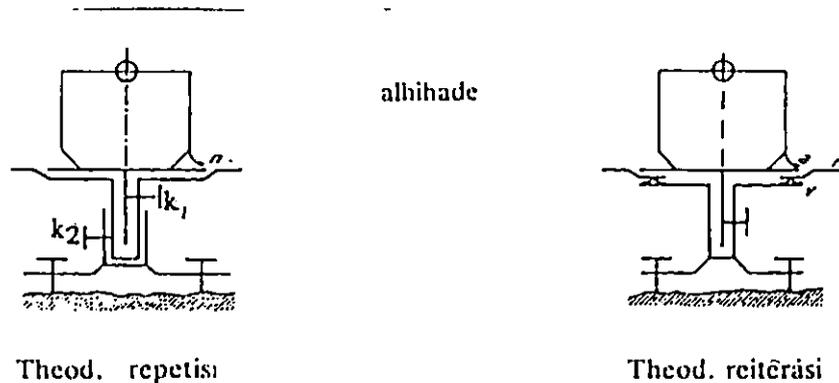
Melihat dari konstruksi sumbu pertama, kita mengenal dua macam teodolit, yaitu teodolit repetisi dan teodolit reiterasi.



Gambar. 13 Konstruksi sumbu Konis  
(Yakub Rais, 1976 ; 38)



Gambar. 14 Konstruksi Sumbu cylindris  
(Yakub Rais, 1976 ; 38)



Gambar 15. Teodolit Repetisi dan Reitasi  
(Yakub Rais ; 1976 ; 38)

Pada teodolit repetisi sumbu pertama berputar dalam suatu tabung (bus), tabung beserta sumbu dapat berputar terhadap suatu tabung luar.

Tabung dalam memikul lingkaran pembagian

datar, lingkaran pembagian diklem terhadap tabung luar.

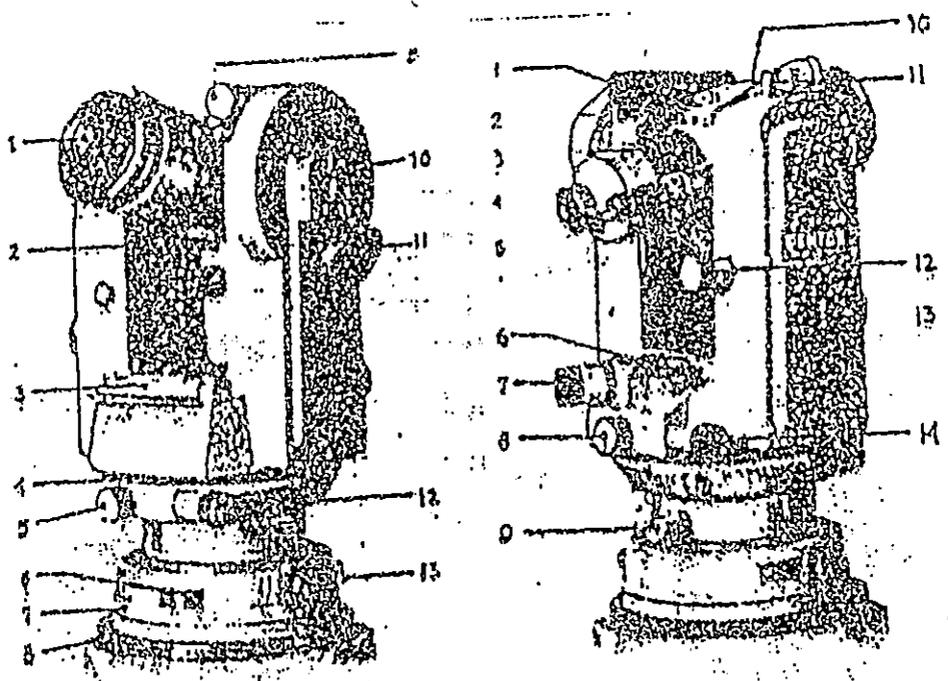
Cara memutar lingkaran pembagian untuk suatu pengukuran arah, sebagai berikut :

- 1) K2 diklem (lihat gambar 15), K1 dilepis kemudian teropong diputar sampai pada pembacaan yang kita ingini.
- 2) K1 diklem, K2 dilepas dan teropong diarahkan ketitik yang dituju (objek) (pembacaan lingkaran pembagian datar tidak berubah).
- 3) Jika K2 diklem dan K1 dilepas, maka ini berarti kita memulai mengukur arah.

Teodolit reitasi prinsipnya banyak terdapat pada teodolit modern, seperti pentax, Th10, Th20, Wild, T2 dan lain-lain.

Pada jenis ini lingkaran pembagian datar dapat dirobah-robah, sewaktu sumbu I diklem (teropong tidak berobah arah) dengan perpotongan knop penyetel yang bekerja dengan roda gigi.

Nama Bagian-bagian Theodolit Pentax TH 20



Gambar 16. Theodolit Pentak TH 20

(Instruction Book Theodolit Pentak TH 20, .... ; 4)

Nama Bagian Theodolit Pentax TM 20

- |                                  |  |
|----------------------------------|--|
| 1. Lensa obyektif                | 1. Kompas                              |
| 2. Sekrup Penerang benang silang | 2. Pembidik tujuan/<br>Vizir           |
| 3. Nivo tabung datar             | 3. Pengatur fokus                      |
| 4. Cincin rotasi lingkaran       | 4. Lensa okuler                        |
| 5. Sekrup pengunci               | 5. Lensa pembaca lingkaran<br>(nonius) |
| 6. Sekrup leveling               |  |
| 7. Plat mendatar                 | 6. Nivo lingkaran                      |

- |                           |                                     |
|---------------------------|-------------------------------------|
| 5. Sekrup pengunci        | 5. Lensa pembaca lingkaran (nonius) |
| 6. Sekrup leveling        | 6. Nivo lingkaran kotak             |
| 7. Plat mendatar          | 7. Teleskop titik kotak             |
| 8. Plat kaki (plat bawah) | 8. Sekrup pengunci bagian atas.     |
| 9. Jarum magnet           | 9. Pengikat dan pemindah            |
| 10. Plat pengikat         | 10. Nivo teleskop                   |
| 11. Kaca reflektor        | 11. Sekrup pengunci teleskop.       |
| 12. Sekrup tangent        | 12. Sekrup tangent teleskop         |
| 13. Sekrup pengunci alat  | 13. Sekrup lensa mikrometer.        |
|                           | 14. Sekrup tangent atas.            |

b. Alat penggerak halus dan klem

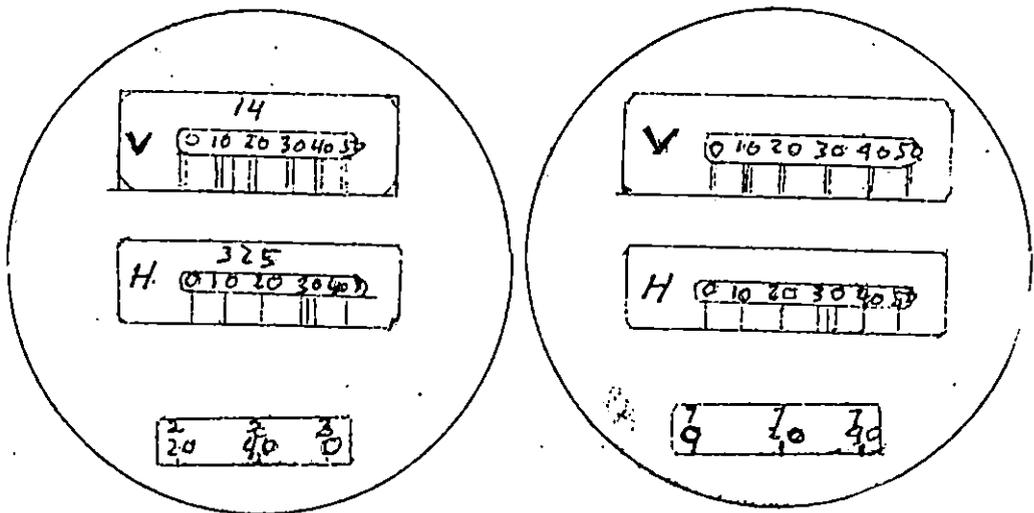
Untuk mendapatkan bidikan (sasaran) yang tepat dan jelas, setelah dikerjakan pengarahannya dengan menggunakan tangan lebih baik untuk menetapkan sasaran menggunakan sekrup mikrometer atau sekrup penggerak halus baik horizontal maupun vertikal dan terlebih dahulu sekrup /klem pengunci dikunci dahulu.

Pertama klem pengunci alat dilonggarkan kemudian teropong diarahkan ke sasaran dengan

permintaan pembidik kasar/berbentuk segitiga putih kemudian lihat teropong, jika tidak jelas putar sekrup penjelas. Apabila sasaran belum tepat maka sekrup pengunci/klem dikunci dan putar sekrup penggerak halus sampai sasaran tepat.

#### 5. Alat pembaca

Pada alat teodolit, alat baca sudut ada dua, yaitu sudut horizontal dan sudut vertikal. Alat baca sudut horizontal dan vertikal untuk jenis To, ToS dan T1, T2, dan seterusnya perbedaannya pada ketelitian. Misalnya untuk To pembacaan sudut sampai menit sedangkan untuk T2, T3 dan seterusnya pembacaan sampai detik/sekon.



Gambar 17. Pembacaan Sudut

(Instruction Book Pentax TH 20, ....., 13)

## Cara membaca sudut

### a. Membaca sudut horizontal.

Sudut horizontal dipergunakan untuk proyeksi sudut pada peta.

#### Cara pembacaan sudut horizontal

- 1) Stel alat teodolit dalam keadaan horizontal dan buka replektor  $\pm 45^{\circ}$  menghadap ke atas atau arah sinar matahari.
- 2) Aturlah teleskop pada objek pertama dan kencangkan sekrup pengunci no. 5 (gambar no.16). Setelah tepat dibidik dengan memutar sekrup tangan no. 12 (gambar 16)
- 3) Lihat lingkaran pembaca horizontal dan pindahkan posisi replektor sampai skala derajat terhitung dengan jelas.
- 4) Lihat lingkaran pembaca dan putar pengatur lensa pada nomis sampai lingkaran derajat terlihat jelas (gambar 17 ).
- 5) Putar knop mikrometer sampai garis ukuran berada diantara dua garis derajat (gambar 17 ).
- 6) Baca angka derajat pada tanda huruf H (horizontal). Seperti pada gambar no. 17 terlihat bacaan menunjukkan angka  $325^{\circ} 32' 40''$ .

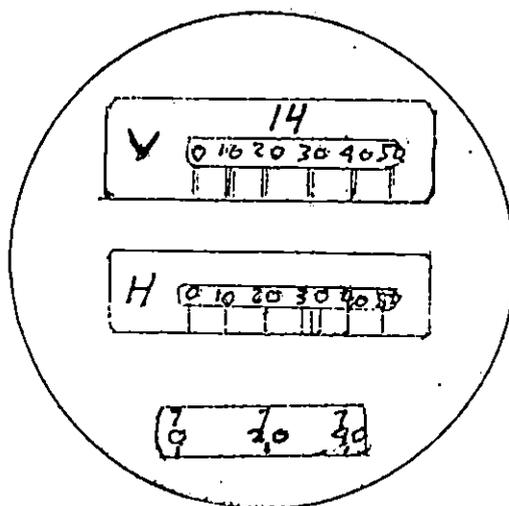
b. Membaca sudut vertikal

Dalam membaca sudut vertikal gunanya untuk mencari sudut miring antara titik-titik yang vertikal.

Pembacaan sudut bisa dilihat pada lingkaran pembacaan vertikal.

Prosedur penyetelan untuk mencari sudut miring sama seperti pada cara sudut horizontal, hanya arah yang berbeda. Pada sudut horizontal, arah mendatar sedangkan pada sudut miring arah vertikal.

Pada gambar no. 18, terlihat bacaan sudut vertikal menunjukkan angka  $14^{\circ} 17' 20''$ .



Gambar 18. Sudut Vertikal

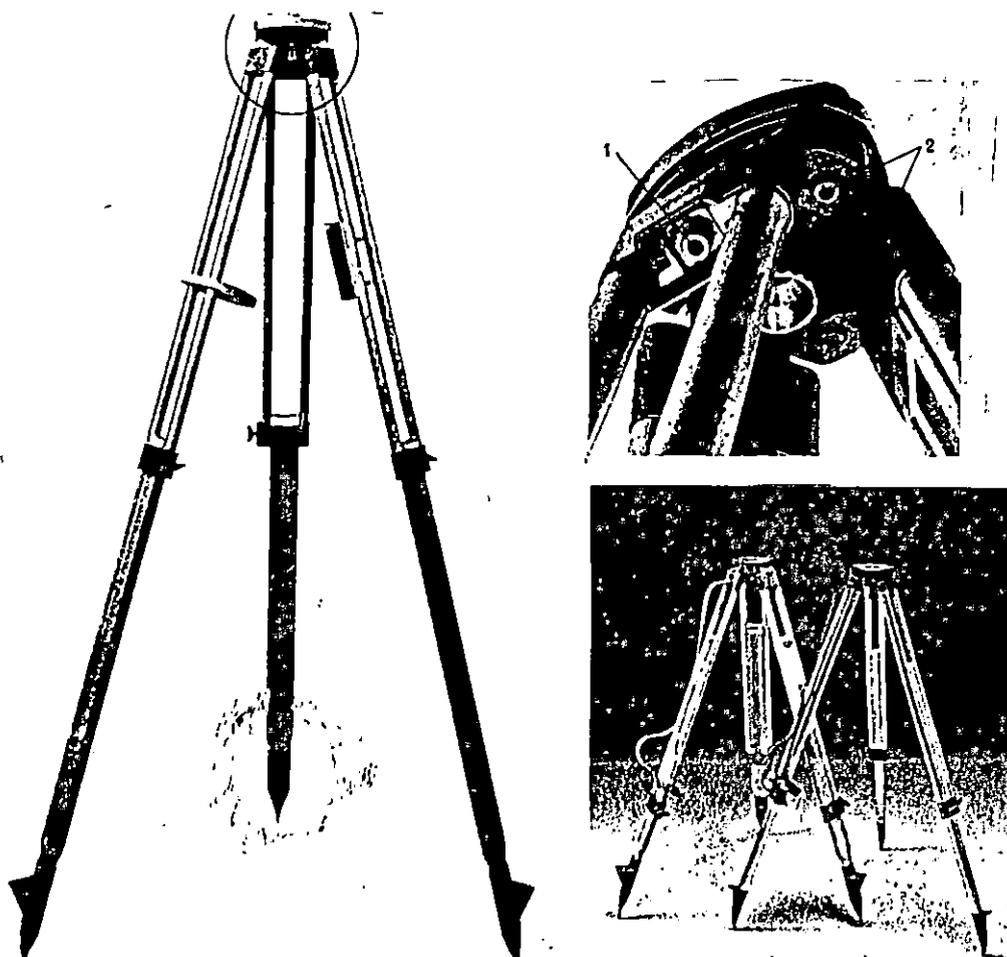
(Instruction book theodolite Pentax TH20.... ; 13)

c. Statip (Kaki Tiga)

Kaki tiga (Statip/tripod) adalah tempat kedudukan untuk menyokong alat teodolit diatas permukaan tanah, dimana alat teodolit adalah klem diatas landasan. Statip dan dikunci dengan baut pengunci yang terdapat pada bagian atas landasan. Statip ada dua macam

a) Yang terbuat dari kayu

b) Yang terbuat dari aluminium



Gambar 19. Statip (Kaki Tiga)

(Heinz Frick, 1979 ; 21)

#### D. Cara Mengatur dan mempergunakan alat ukur teodolit.

Sebelum alat teodolit dipergunakan terlebih dahulu alat ukur teodolit harus distel di atas kaki tiga, begitu juga sebelum alat diletakkan diatas statip (kaki tiga). Kaki tiga tersebut harus diletakkan (dipasang) diatas permukaan tanah dengan piringan atas (piringan kedudukan alat) mendatar (level) dengan menyetel sekrup penyetel pada kaki. Untuk lebih jelasnya akan diuraikan cara mengatur dan mempergunakan alat ukur teodolit seperti pada langkah kerja berikut ini.

##### Langkah kerja

1. Persiapkan alat ukur teodolit dan kaki tiga yang akan dipergunakan serta perlengkapannya.
2. Ambil statip dan pasang/dirikan diatas permukaan tanah dengan memperkirakan piringan kedudukan alat mendatar.
3. Keraskan sekrup kaki tiga, jika piringan sudah datar dan kedudukan statip tidak goyang.
4. Letakkan alat ukur teodolit diatas piringan atas statip dan kunci dengan baut pengunci yang ada pada statip.
5. Jika kaki tiga dipasang pada tanah yang ada patok kayu/beton, maka pasang unting-unting pada baut kaki tiga.
6. Bila unting-unting belum tepat diatas paku/beton kayu, geserkan teodolit dengan terlebih dahulu

- sekrup pengencang (baut pengunci) dilonggarkan sampai unting-unting tepat di atas paku.
7. Bila pada teodolit memakai centering (teropong untuk menentukan ketepatan alat diatas titik beton/kayu, maka benang silang pada centering harus tepat diatas titik pusat (paku) kayu/beton dengan menggeser-geser alat sampai tanda silang pada centering tepat diatas titik kayu/beton dengan terlebih dahulu melonggarkan baut pengunci.
  8. Jika sudah tepat alat teodolit, maka teodolit dikunci dengan baut pengunci jangan terlalu kuat dan jangan terlalu lemah.
  9. Stel teodolit dalam posisi level (datar) yaitu gelembung pada nivo harus berada ditengah-tengah. Menyetel teodolit supaya datar, yaitu dengan memutar sekrup penyetel level (3 buah), sebagai berikut :
    - a. Putar dua sekrup penyetel keluar/kedalam sampai gelembung berada ditengah-tengah.
    - b. Putar theodolit  $90^{\circ}$  dan jangan lupa longgarkan sekrup pengunci, kemudian kunci kembali.
    - c. Putar dua buah sekrup penyetel level keluar/kedalam sampai gelembung berada ditengah-tengah.
    - d. Ceking gelembung, yaitu dengan memutar teodolit kesegala arah dan lihat gelembungnya berada di tengah-tengah, teodolit sudah siap untuk dipergu-

nakan jika belum stel seperti pada points 9a sampai 9c.

10. Untuk membaca sudut jurusan, yaitu stel skala lingkaran sudut, bacaan horizontal menunjukkan angka 0 begitu juga pada nomius menunjukkan 0, pada waktu menyetel sudut, sekrup pengunci bagian atas dan bawah dilonggarkan. Jika sudah menunjukkan angka nol (0) semua sekrup atas dikunci.
11. Putar teropong dan arahkan keutara magnetis dan ini bisa dilihat pada bousule (teropong magnetik). Pada teropong magnet akan terlihat garis yang bergerak-gerak berada di tengah-tengah dua garis tegak. Jika sudah berada di tengah-tengah, alas sudah menunjukkan arah utara magnetis dan kunci sekrup bagian bawah.
12. Tentukan sebuah titik (jalon) pada tempat yang akan diukur sudut (misal alat pada titik A dan jalon pada titik B).
13. Longgarkan sekrup pengunci bagian atas dan sekrup pengunci bawah terkunci, kemudian putar teropong kearah titik B, kemudian baca sudut horizontal.
14. Untuk membaca sudut vertikal baca pada huruf V dengan terlebih dahulu menyetel sudut dengan memutar mikrometer seperti yang telah diuraikan pada cara membaca sudut vertikal, jika sudah bisa dibaca, baca sudut vertikal.

### BAB III

#### CARA-CARA PENGUKURAN SUDUT MENDATAR

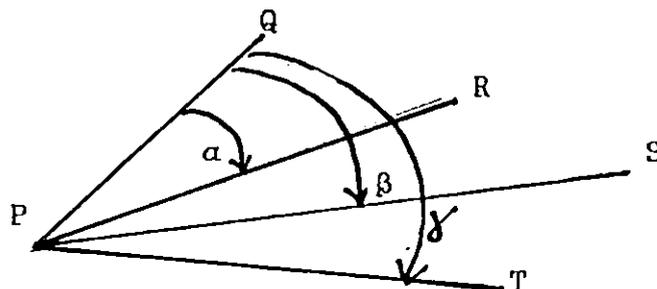
Pengukuran sudut mendatar, diperlukan untuk mengetahui sudut antara perpotongan dua garis dalam suatu area. Jika sudah didapatkan sudut mendatar dan jarak mendatar, maka dapat dihitung luas mendatar serta kedudukan titik tersebut.

Untuk mendapatkan nilai pengukuran sudut mendatar seteliti mungkin, dapat kita gunakan dengan dua cara yaitu ;

- A. Cara reiterasi (tunggal)
- B. Cara repetisi (berulang)
- A. Cara reiterasi (Tunggal)

Cara reiterasi adalah cara untuk pengukuran sudut mendatar dari sebuah titik (berdiri alat) terhadap titik-titik yang dibidik secara berkelanjutan sebanyak  $n$  kali tetapi pembacaan lingkaran dilakukan sesudah tiap-tiap pembidikan.

Untuk lebih jelasnya, mari kita lihat pengukuran sudut mendatar seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 20. Pengukuran Sudut Cara Reiterasi  
(Soetomo, 1977 : 215)

Pada gambar di atas terlihat titik P, merupakan titik pusat pertemuan beberapa sudut jurusan, yaitu sudut jurusan ke titik Q, R, S dan T. Dari pengukuran ini, didapatkan sudut  $\alpha$ ,  $\beta$  dan  $j$ .

Pada pembacaan sudut jurusan mulai dari Q, R, S dan T teropong yang dibidikan adalah teropong biasa (Teropong I) pada waktu pergi. Untuk pembacaan sudut pulang yang dimulai dari titik T berakhir dititik Q dipakai teropong luar biasa (Teropong II) yaitu teropong biasa dibalik sehingga didapat teropong luar biasa (teropong II).

Selisih pembacaan teropong luar biasa (LB) dengan teropong biasa (B), titik permulaan titik Q berakhir dititik T, sedangkan pada pembacaan pulang dengan teropong dibalikkan (luar biasa) titik permulaan T dan berakhir dititik Q. Dari pengukuran pergi dan pulang selama satu kali pengukuran dinamakan pengukuran seri.

Untuk menghindari kesalahan secara beruntun (periodik), maka pengukuran dilakukan dengan menggunakan sebanyak mungkin tempat pada skala lingkaran kemudian dari hasil pengukuran diambil angka rata-rata.

Kesalahan-kesalahan yang timbul biasanya diakibatkan oleh pengaruh ;

1. Suhu ; maka pada ruangan diatur suhu yang tetap

2. Cahaya ; Untuk mendapatkan penerangan yang baik, maka cahaya yang masuk harus diatur dengan baik sehingga penerangan ruangan menjadi baik.
3. Kotoran/debu; Supaya alat dalam keadaan baik dan terang, maka ruang ditutup dengan baik supaya debu tidak masuk.

Walaupun dari ketiga unsur sudah terpenuhi serta pengaruh-pengaruh lainnya, tapi pada skala lingkaran masih terjadi kesalahan. Kesalahan ini biasanya pada suatu tempat satu bagian skala terlalu besar dan ditempat yang lain harus ada satu bagian skala pada lingkaran tetap yaitu  $360^{\circ}$  atau  $400^{\text{g}}$ . Maka akibat berputar  $360^{\circ}$  atau  $400^{\text{g}}$  akan didapat kesalahan yang sama dan dinamakan kesalahan periodik. Pengukuran sudut mendatar dilapangan dilakukan dalam beberapa seri, tiap-tiap seri menggunakan satu daerah skala lingkaran, alat pembaca antara dua seri digeserkan sebanyak  $180^{\circ} : n$ .

Dimana  $n$  = Jumlah seri yang telah ditentukan sebelumnya.

Contoh pengukuran dilakukan 2 seri, maka penggeseran seri =  $180^{\circ} : 2 = 90^{\circ}$ . Kesimpulannya seri pertama dimulai dengan  $0^{\circ}$  kemudian seri kedua dimulai dari  $90^{\circ}$ .

Tabel 2 Pengukuran Sudut

Titik Sasaran	Peletakan I	Teropong II	Rata-rata tunggal	Jurusan Pertama Dibuat Jur. Nol	Jurusan	Ket
	° ' "	° ' "				
1	2	3	4	5	6	7
Q	00 05 20	180 05 10	00 05 15	00 00 00	00 00 00	
R	25 45 30	205 45 28	25 45 29	25 40 14	25 40 14,5	
S	80 20 10	260 20 20	80 20 15	80 15 00	80 15 00	
T	160 30 15	340 30 09	160 30 12	160 24 57	160 24 56,5	
Q	90 05 22	270 05 12	90 05 17	00 00 00	00 00 00	
R	115 45 33	295 45 31	115 45 32	25 40 15	25 40 14,5	
S	170 20 12	15 20 22	170 20 17	80 15 00	80 15 00	
T	250 30 16	195 30 10	250 30 13	160 24 56	160 24 56,5	

Dari contoh tabel perhitungan sudut cara reiterasi. Kita bisa melihat cara perhitungan sudut.

Dimana pengukuran dilakukan 2 seri, berarti penggeseran seri adalah  $180^{\circ} : 2 = 90^{\circ}$ .

Jadi seri pertama dimulai  $Q = 0^{\circ}$  dan seri kedua  $Q = 90^{\circ}$ .

Pada tabel lajur 1 adalah titik sasaran yaitu Q, R, S dan T ada dua seri.

Pada lajur kolom 2 dan 3 adalah peletakan teropong I (biasa) dan teropong II (luar biasa).

Jika pembacaan pada teropong II =  $180^{\circ}$  sehingga selisih pembacaan teropong I dan teropong II adalah  $180^{\circ}$ .

Pada lajur 4, rata-rata tunggal adalah penjumlahan teropong I dan teropong II dibagi dua, seperti contoh.

$$Q = \frac{00^{\circ} 0,5' 20'' + 00^{\circ} 05' 10''}{2} = 00^{\circ} 05' 15''$$

Pada teropong II, harga sudut dipakai dari teropong I

Pada lajur/kolom 5, yaitu jurusan pertama dibuat 0, berarti setiap sudut permulaan sebagai jurusan adalah  $0^{\circ}$  bagi setiap seri pengukuran.

Seperti contoh seri pertama pada titik sasaran

$$Q = 00^{\circ} 00' 00''$$

$$R = \text{rata-rata tunggal R} - \text{rata tunggal Q}$$

$$= 25^{\circ} 45' 29'' - 00^{\circ} 05' 15''$$

$$= 25^{\circ} 40' 14''$$

$$S = \text{Rata-rata tunggal S} - \text{rata-rata tunggal Q}$$

$$= 80^{\circ} 20' 15'' - 00^{\circ} 05' 15''$$

$$= 80^{\circ} 15' 00''$$

$$T = \text{Rata-rata tunggal T} - \text{rata-rata tunggal Q}$$

$$= 160^{\circ} 30' 12'' - 00^{\circ} 05' 15''$$

$$= 160^{\circ} 24' 57''$$

Begitu juga untuk seri yang kedua setiap titik yang dicari harus dikurangi dengan rata-rata tunggal Q =  $90^{\circ} 05' 17''$

$$\text{Pada titik sasaran } Q = 00^{\circ} 00' 00''$$

$$R = \text{Rata-rata tunggal R} - \text{rata-rata tunggal Q}$$

$$= 115^{\circ} 45' 32'' - 90^{\circ} 05' 17''$$

$$= 25^{\circ} 40' 15''$$

S = Rata-rata tunggal S - rata-rata tunggal Q

$$= 170^{\circ} 20' 17'' - 90^{\circ} 05' 17''$$

$$= 80^{\circ} 15' 00''$$

T = Rata-rata tunggal T - rata-rata tunggal Q

$$= 250^{\circ} 30' 13'' - 90^{\circ} 05' 17''$$

$$= 160^{\circ} 24' 56''$$

Pada lajur/kolom 6 yaitu sudut jurusan adalah rata-rata dari semua seri. Seperti contoh dua seri, maka sudut jurusan kedua seri tiap titik sasaran dijumlahkan dan dibagi dua.

$$\text{Titik Q} = \frac{\text{Q seri 1} + \text{Q seri 2}}{2}$$

$$= \frac{00^{\circ} 00' 00'' + 00^{\circ} 00' 00''}{2}$$

$$= 00^{\circ} 00' 00''$$

$$\text{Titik R} = \frac{\text{R seri 1} + \text{R seri 2}}{2}$$

$$= \frac{25^{\circ} 40' 14'' + 25^{\circ} 40' 15''}{2}$$

$$= 25^{\circ} 40' 14,5''$$

$$\text{Titik S} = \frac{\text{S seri 1} + \text{S seri 2}}{2}$$

$$= \frac{80^{\circ} 15' 00'' + 80^{\circ} 15' 00''}{2} = 80^{\circ} 15' 00''$$

$$\begin{aligned} \text{Titik T} &= \frac{T \text{ seri 1} + T \text{ seri 2}}{2} \\ &= \frac{160^{\circ} 24' 57'' + 160^{\circ} 24' 56''}{2} \\ &= 160^{\circ} 24' 56,5'' \end{aligned}$$

Dari hasil pengukuran dan perhitungan, maka didapat harga sudut yang sebenarnya.

$$\begin{aligned} \text{Sudut } \alpha &= \text{sudut QPR} = \text{Sudut bacaan R} - \text{sudut bacaan Q} \\ &= 25^{\circ} 40' 14,5'' - 00^{\circ} 00' 00'' \\ &= 25^{\circ} 40' 14,5'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sudut } \beta &= \text{sudut RPS} = \text{sudut bacaan S} - \text{Sudut bacaan R} \\ &= 80^{\circ} 15' 00'' - 25^{\circ} 40' 14,5'' \\ &= 54^{\circ} 34' 45,5'' \end{aligned}$$

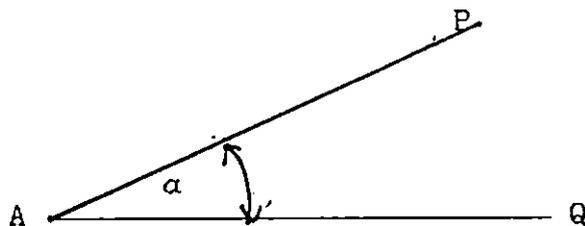
$$\begin{aligned} \text{Sudut } \gamma &= \text{sudut SPT} = \text{Sudut bacaan T} - \text{sudut bacaan S} \\ &= 160^{\circ} 24' 56,5'' - 80^{\circ} 15' 00'' \\ &= 80^{\circ} 09' 56,5'' \end{aligned}$$

#### B. Cara Repetisi (berulang)

Cara repetisi adalah cara untuk menentukan besarnya satu sudut antara dua jurusan.

Kalau pada reiterasi menentukan sudut lebih dari satu, sedangkan pada cara repetisi hanya satu sudut.

Seperti terlihat pada gambar sudut yang dicari, maka kita ukur pada skala lingkaran berskala  $n$  kali sehingga besarnya sudut adalah  $1/n$  hasil pengukuran kelipatan  $n$  sudut itu.



Gambar 21. Pengukuran Sudut Cara Repetisi

(Soetomo, 1977 ; 219)

Cara pengukuran sudut mendatar cara repetisi, kita bisa lihat contoh pada gambar.

Titik A sebagai titik pusat sudut sedangkan titik P dan titik Q adalah titik jurusan.

Sudut yang sebenarnya dicari adalah sudut  $PAQ = \alpha$

Jalannya pengukuran alat distel diatas titik A, kemudian arahkan ketitik P, dengan membuka sekrup pengunci, setelah dapat dikunci. Jika garis bidik belum tepat dengan garis benang diaprigma, tepatkan dengan menggerakkan sekrup penggerak halus horizontal, kemudian baca sudut horizontal serta catat pada buku ukur (bacaan pertama). Setelah itu buka sekrup pengunci dan pesawat arah ketitik Q, setelah tepat kunci sekrup pengunci jika garis bidik belum tepat putar sekrup penggerak halus horizontal sampai tepat benang diaprigma dengan garis bidik, kemudian baca sudut horizontal (bacaan kedua) pada buku ukur.

Dengan cara yang sama diulang beberapa kali supaya didapat harga sudut yang teliti.

Tabel 3. Perhitungan Sudut Datar (Soetomo, 1977 ; 221)

Titik Sasaran	Pembacaan Nomius I	Pembacaan Nomius II	Pembacaan rata-rata Nomius I dan II	Jurusan Pertama Dibuat Jur. Nol .	Sudut Yang di ukur	Keterangan
1	2	3	4	5	6	8
P	00 05 12	05 14	00 05 13	00 00 00		360° dilintasi tiga kali
1 x Q	120 04 16	04 18	120 04 17	119 59 04	119 59 04	
4 x Q	118 01 32	01 34	118 01 33	1197 56 20	119 59 05	

Seperti contoh perhitungan pada tabel, terlihat sudut yang dicari adalah sudut PAQ dimana alat berada dititik A.

Alat distel dititik A, kemudian buka sekrup pengunci diarahkan teropong ketitik P kunci sekrup pengunci dan tepatkan dengan menggunakan sekrup penggerak halus sudut tepat baca sudut horizontal dititik P =  $00^{\circ} 05' 12''$  (nomius I) dan P =  $00^{\circ} 05' 14''$  (nomius II). Buka sekrup pengunci dn arahkan ketitik Q jika sudah tepat baca sudut horizontal Q =  $120^{\circ} 04' 16''$  (nomius) dan Q =  $120^{\circ} 04' 18''$  (nomius II). Dengan cara yang sama pengukuran diulang sebanyak 4 (empat) kali kemudian dicatat pada buku ukur seperti terlihat pada tabel.

Pada pembacaan awal bacaan titik P =  $00^{\circ} 05' 13''$  dan pembacaan awal titik Q =  $120^{\circ} 04' 17''$  sedangkan

pembacaan akhir titik Q =  $118^{\circ} 01' 33''$  sudut yang diukur sekali =  $120^{\circ} 04' 17'' - 00^{\circ} 05' 13''$   
 =  $119^{\circ} 59' 04''$

Sedangkan pada pembacaan akhir titik Q =  $119^{\circ} 56' 20''$ , ini berarti garis  $360^{\circ}$  sudah dilintasi sebanyak tiga kali. Jadi harga  $119^{\circ} 59' 04''$  harus ditambah  $3 \times 360^{\circ}$  kemudian dikurangi  $00^{\circ} 05' 13''$  baru dibagi 4, yaitu untuk mendapatkan besarnya sudut yang diukur dengan 4 x repetisi sudut =  $\{ (118^{\circ} 01' 33'' + 3 \times 360^{\circ}) - 00^{\circ} 05' 13'' \} : 4 = 119^{\circ} 59' 05''$ .

Sedangkan satu kali pengukuran didapat harga sudut sebesar  $119^{\circ} 59' 04''$ .

## BAB IV

### MENENTUKAN KOORDINAT TITIK CARA POLIGON

#### A. Uraian Umum

Poligon adalah suatu rangkaian atau jaringan titik atau segi banyak.

Koordinat titik dari poligon harus dicari berdasarkan pengikatan terhadap salah satu titik tetap yang sudah mempunyai koordinat titik dan ketinggian titik terhadap titik awal poligon maupun titik akhir poligon.

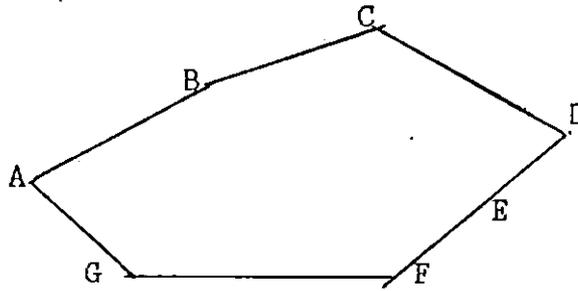
Untuk menentukan koordinat titik poligon diperlukan data lapangan dari hasil pengukuran, yaitu jarak dan sudut dari titik poligon. Koordinat titik poligon dapat ditentukan dari hasil perhitungan data sudut dan jarak. Pengukuran poligon tujuannya untuk menentukan titik kerangka peta atau titik-titik batas dari lokasi tanah, sehingga dalam pengukuran ini perlu ketelitian yang tinggi.

#### B. Bentuk Poligon

Poligon mempunyai dua bentuk

1. Poligon tertutup
2. Poligon terbuka.
1. Poligon tertutup

Poligon tertutup adalah poligon dimana titik awal dan akhir sama, baik sudut azimuth awal maupun akhir begitu juga koordinat titik awal dan koordinat titik akhir sama.

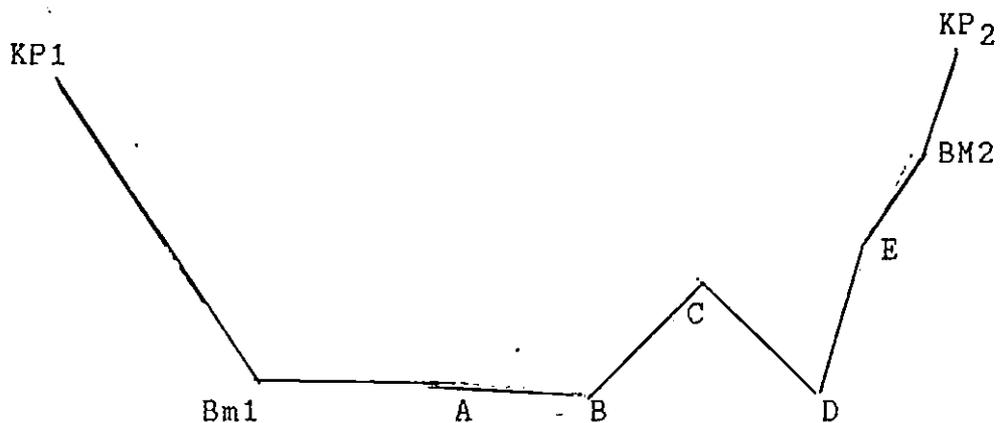


Gambar 22. Poligon Tertutup

(Rais, 1976 ; 108)

## 2. Poligon terbuka

Poligon terbuka yaitu poligon dimana titik awal dan akhir tidak sama baik sudut azimuth awal maupun sudut azimuth akhir begitu juga koordinat titik awal dan titik akhir.



Gambar 23. Poligon Terbuka

(Rais ; 1976 ; 108)

## C. Metoda Pengukuran Poligon

Pengukuran poligon dilapangan adalah untuk mendapatkan sudut dan jarak. Hasil pengukuran sudut dan jarak dari lapangan sudah bisa menggambarkan poligon

diatas gambar/peta. Agar poligon terarah (terorientasi) dalam penggambaran maka salah satu perlu diketahui sudut azimuth (sudut arah).

Sudut azimuth adalah sudut yang dihitung terhadap utara magnetis terhadap garis yang ditinjau. Arah utara magnetis berimpit dengan sumbu Y pada gambar (peta).

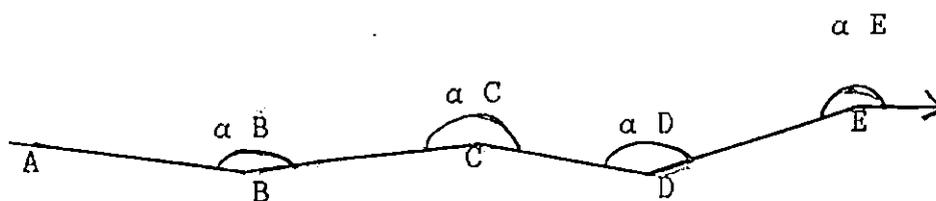
Dalam pengukuran disamping sudut dan jarak, termasuk sudut azimuth awal atau akhir pengukuran perlu diikatkan terhadap titik yang sudah mempunyai koordinat titik dan ketinggian titik dari permukaan laut rata-rata. Pengikatan titik awal atau akhir terhadap titik yang sudah diketahui adalah untuk menentukan titik-titik koordinat pada poligon yang ditinjau.

Metoda pengukuran poligon ada 3 bentuk yaitu :

1. Poligon bebas (lepas)
2. Poligon terikat
3. Poligon terikat sempurna.

1. Poligon bebas

Poligon bebas adalah poligon yang hanya memerlukan sudut dan dan jarak untuk penggambaran di peta dan tidak terikat pada sistem koordinat yang ada serta tidak menghiraukan terhadap orientasi (arah) pada poligon. Penggambaran titik-titik poligon di peta tidak memerlukan perhitungan dan ukuran, hasil pengukuran sudut dan jarak, cukup dengan penggambaran garis dan sudut saja.



Gambar 24. Poligon Bebas

(Rais, 1976 ; 108)

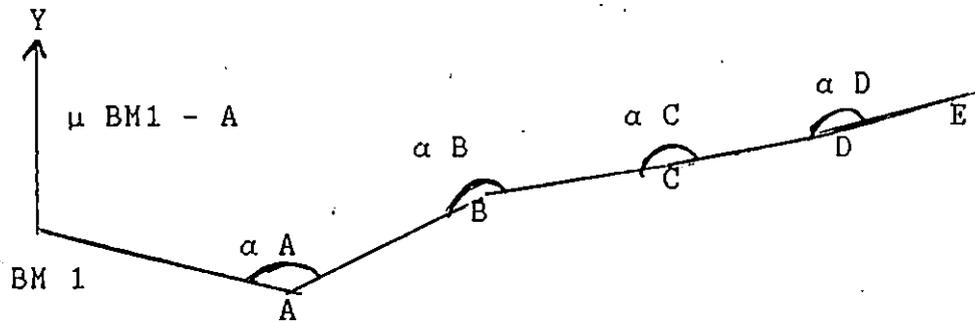
## 2. Poligon terikat

Poligon terikat adalah poligon yang terikat pada syarat tertentu.

Syarat poligon terikat adalah :

- a. Titik awal terikat terhadap titik yang sudah mempunyai koordinat titik dan ketinggian titik.
- b. Garis awal mempunyai sudut azimuth.

Pada poligon terikat disamping, data ukur sudut titik poligon dan jarak, maka sudut awal arah (azimut) perlu guna penggambaran yang terorientasi (terarah) di peta. Untuk penggambaran koordinat titik poligon diperlukan perhitungan sudut azimuth garis pada poligon dan jarak serta koreksi sudut dan jarak. Untuk mendapatkan sudut azimuth bisa dilakukan pengukuran langsung dengan alat ukur sudut (BTM = Bousule Tranch Montase) atau theodolit dan menentukan azimuth dengan perantaraan matahari.



Gambar 25. Poligon terikat

(Rais, 1976 ; 40)

Seperti terlihat pada gambar poligon terikat titik yang ditinjau (dicari) adalah titik A, B, C, D dan E. Titik-titik tersebut diikatkan terhadap titik BMI yang sudah mempunyai koordinat titik BM1 ( $X_{BM1}$  ;  $Y_{BM1}$ ).

Hasil pengukuran dilapangan adalah ;

a. Sudut azimut  $\mu$  BM1 - A ( $\mu$  BM1-A). b. Sudut titik poligon ;  $\alpha$  A,  $\alpha$  B,  $\alpha$  C,  $\alpha$  D.

c. Jarak  $d$  BM1-A;  $d$  A-B,  $d$  B-C;  $d$  C-D dan  $d$  D-E.

Perhitungan

a. Perhitungan sudut azimut

$\mu$  BM1 - A = diketahui dari hasil pengukuran dilapangan.

$$\mu_{A-B} = \mu_{BM1-A} + \alpha_A \pm 180^\circ$$

$$\mu_{B-C} = \mu_{A-B} + \alpha_B \pm 180^\circ$$

$$\mu_{C-D} = \mu_{B-C} + \alpha_C \pm 180^\circ$$

$$\mu_{D-E} = \mu_{C-D} + \alpha_D \pm 180^\circ$$

## b. Perhitungan koordinat titik

$$X A = X_{BM1} + d_{BM1-A} \sin \mu_{BM1-A}$$

$$X B = X A + d_{A-B} \sin \mu_{A-B}$$

$$X C = X B + d_{B-C} \sin \mu_{B-C}$$

$$X D = X C + d_{C-D} \sin \mu_{C-D}$$

$$X E = X D + d_{D-E} \sin \mu_{DE}$$

## 3. Poligon terikat sempurna

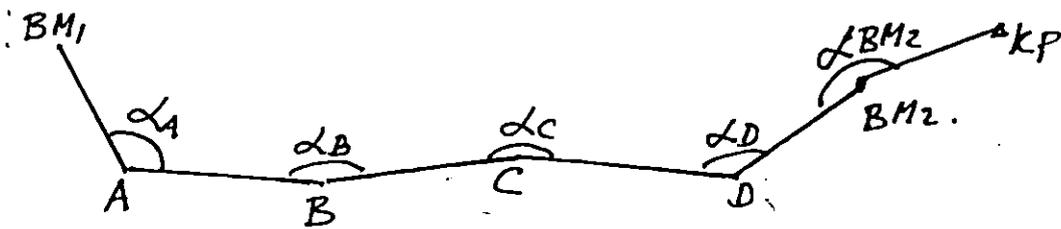
Poligon terikat sempurna adalah poligon terikat yang diberi koreksi sebagai syarat tambahan.

Syarat poligon terikat sempurna

- a. Titik awal dan akhir terikat pada titik yang sudah mempunyai koordinat titik.
- b. Garis awal dan garis akhir mempunyai sudut arah (Azimut).
- c. Koreksi sudut
- d. Koreksi jarak.

Poligon terikat sempurna yang titik awal dan titik akhirnya tidak berhimpitan (bersatu) menurut bentuk disebut poligon terbuka.

Poligon terikat sempurna yang titik awal dan titik akhirnya berhimpitan (bersatu) menurut bentuk disebut poligon tertutup.



Gambar 26. Poligon Terikat Sempurna

(Rais, 1976 ; 110)

Pada gambar poligon terikat sempurna, terlihat titik awal pengukuran A diikatkan terhadap titik BM1 yang sudah mempunyai koordinat titik. Titik akhir pengukuran poligon D diikatkan terhadap titik BM2 yang sudah mempunyai koordinat titik.

Hasil pengukuran dilapangan

- a. Sudut azimuth BM1 - A ( $\mu_{BM1 - A}$ )
- b. Sudut azimuth BM2 - KP
- c. Sudut  $\alpha_A$ ,  $\alpha_B$ ,  $\alpha_C$ ,  $\alpha_D$ ,  $\alpha_{BM2}$
- d. Jarak  $d_{BM1}$ ,  $d_{A-B}$ ,  $d_{B-C}$ ,  $d_{C-D}$ ,  $d_{D-BM2}$  dan  $d_{BM2 - KP}$

Perhitungan

- a. Koreksi sudut

$\Sigma$  Sudut pengukuran =  $(n - 2) \times 180^\circ \pm \Sigma K$  sdt  
untuk bentuk poligon tertutup.

$\Sigma$  Sudut pengukuran =  $(\mu_{akhir} - \mu_{awal}) + n \cdot 180^\circ \pm \Sigma K$  sdt  
untuk bentuk poligon terbuka.

b. Perhitungan sudut azimut

c. Perhitungan koreksi jarak

d. Perhitungan koordinat titik

#### D. Masalah perataan Pada Poligon Terikat Sempurna

Pada poligon terikat dan bebas masalah perataan tidak diambil mengingat setiap pengamatan atau pengukuran dilapangan sudah cukup untuk menggambarkan titik-titik poligon pada pengukuran ini tidak perlu koreksi. Untuk poligon terikat sempurna diperlukan kontrol (koreksi) pada kesalahan dari hasil pengamatan. Kontrol hasil pengamatan adalah :

1. Kontrol sudut untuk perhitungan sudut azimut.
2. Kontrol jarak dan selisih koordinat.

1. Kontrol sudut untuk perhitungan sudut azimut Kontrol sudut untuk poligon terikat sempurna bentuk tertutup dan terbuka berbeda.

a. Kontrol sudut untuk poligon tertutup

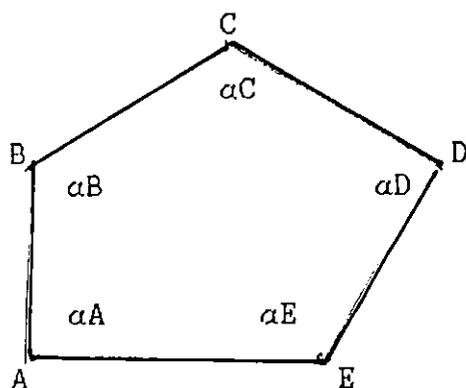
$$\sum \text{Sudut hasil perhitungan} = (n - 2) \times 180^\circ \pm k \text{ sdt}$$

Dimana ; n = jumlah titik poligon

2 = Konstanta

= Jumlah koreksi sudut = d s

$$\text{Koreksi tiap sudut} = \frac{\sum K \text{ sdt}}{\sum n} = sr = \frac{ds}{n}$$



Gambar 27. Poligon Tertutup

Perhitungan koreksi tiap sudut sering didapat harga dibelakang koma dari titik. Untuk menghindari harga koma dari detik sering dibulatkan, hanya ada harga koreksi sudut yang tidak sama besar, sehingga koreksi angka desimal  $< 0,5$  detik dihilangkan sedangkan desimal  $> 0,5$  dibulatkan keatas.

Sudut yang besar diberikan kepada sudut yang terbesar setelah diberi koreksi, maka bila akan menghitung sudah azimut.

Seperti terlihat pada gambar 27 poligon terikat tertutup, dimana titik poligon adalah A, B, C, D, dan E dan sudut azimint awal adalah  $\mu AB$ .

Sedangkan sudut titik adalah :  $\alpha A$ ,  $\alpha B$ ,  $\alpha C$ ,  $\alpha D$  dan  $\alpha E$ .

Perhitungan koreksi sudut.

$$\Sigma \text{ sdt} = (n - 2) \times 180^\circ \pm \Sigma k \text{ sdt}$$

$$\text{sdt} = (5 - 2) \times 180^\circ \pm \Sigma k \text{ sds}$$

$$K \text{ tiap sdt} = \frac{\Sigma k \cdot \text{sdt}}{\Sigma n} = s$$

Perhitungan sudut Azimut

$\mu_{AB}$  = diketahui

$$\mu_{BC} = \mu_{AB} + 180^\circ - (\alpha_B \pm K \alpha_B)$$

$$\mu_{CD} = \mu_{BC} + 180^\circ - (\alpha_C \pm K \alpha_C)$$

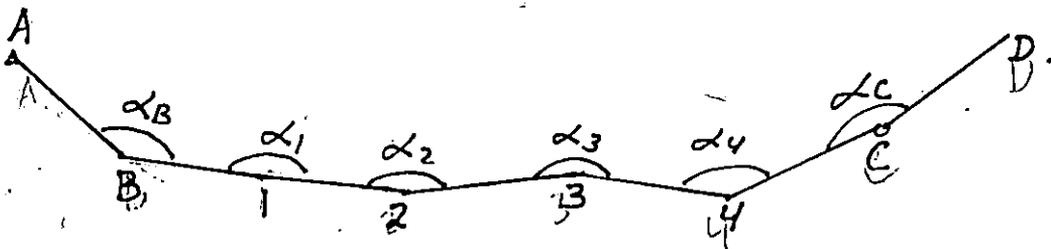
$$\mu_{DE} = \mu_{CD} + 180^\circ - (\alpha_D \pm K \alpha_D)$$

$$\mu_{EA} = \mu_{DE} + 180^\circ - (\alpha_E \pm K \alpha_E)$$

$$\mu_{AB} = \mu_{EA} + 180^\circ - (\alpha_A \pm K \alpha_A)$$

Pada perhitungan sudut azimut  $\alpha_{AB}$  merupakan azimut akhir sebagai kontrol perhitungan sudut azimut karena sudut azimut awal ( $\mu_{AB}$ ) akan sama dengan sudut azimut akhir  $\mu_{AB}$  karena poligon terikat tertutup yaitu sudut azimut awal sama dengan sudut azimut akhir.

b. Kontrol Sudut Poligon terikat terbuka.



Gambar 28. Poligon terikat sempurna terbuka

Pada gambar di atas poligon terikat sempurna terbuka sudut azimuth awal ( $\mu_{AB}$ ) dan sudut azimuth akhir ( $\mu_{CD}$ ) sudut yang ditinjau :  $\alpha_B, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_c$ . Koreksi sudut ( $S$ )

$$\Sigma \text{ Sudut} = (\mu_{\text{akhir}} - \mu_{\text{awal}}) + n \times 180^\circ \pm \Sigma k \text{ sdt.}$$

$$\Sigma \text{ sdt} = (\mu_{CD} - \mu_{AB}) + n \times 180^\circ \pm \Sigma k \text{ sdt}$$

$$k \text{ sdt} = \text{tiap sudut} = \frac{\Sigma K \text{ sdt}}{\Sigma n} = S_n = \frac{d s}{\Sigma n}$$

$S_n$  = koreksi tiap titik

Perhitungan koreksi sudut azimuth

1. Jika sudut yang ditinjau arah ke atas seperti terikat pada gambar.

$\mu_{AB}$  = diketahui

$$\mu_{B-1} = \mu_{AB} + (\alpha_B \pm K \alpha_B) - 180^\circ$$

$$= \mu_{AB} - 180^\circ + (\mu_B \pm K \alpha_B)$$

$$\mu_{1-2} = \mu_{B-1} - 180^\circ + (\alpha_1 \pm K \alpha_1)$$

$$\mu_{2-3} = \mu_{1-2} - 180^\circ + (\alpha_2 \pm K \alpha_2)$$

$$\mu_{3-4} = \mu_{2-3} - 180^\circ + (\alpha_3 \pm K \alpha_3)$$

$$\mu_{4-c} = \mu_{3-4} - 180^\circ + (\alpha_4 \pm K \alpha_4)$$

$$\mu_{C-D} = \mu_{4-C} - 180^\circ + (\alpha_C \pm K \alpha_c)$$

2. Jika sudut yang ditinjau arah kebawah

$\mu_{AB}$  = diketahui

$$\mu_{B-1} = \mu_{AB} + 180^\circ - (\alpha_B \pm K \alpha_B)$$

$$\mu_{1-2} = \mu_{B-1} + 180^\circ - (\alpha_1 \pm K \alpha_1)$$

$$\mu_{2-3} = \mu_{1-2} + 180^\circ - (\alpha_2 \pm K \alpha_2)$$

$$\mu_{3-4} = \mu_{2-3} + 180^\circ - (\alpha_3 \pm K \alpha_3)$$

$$\mu_{4-C} = 3-4 + 180^\circ - (\alpha_4 \pm K \alpha_4)$$

$$\mu_{C-D} = 4-C + 180^\circ - (\alpha_C \pm K \alpha_C)$$

## 2. Kontrolle jarak dan selisih koordinat

Kontrolle jarak dan selisih koordinat untuk poligon terikat sempurna bentuk tutup dengan poligon terikat sempurna bentuk terbuka berbeda.

### a. Kontrolle jarak untuk poligon tertutup.

$$\sum d \sin \mu = 0$$

$$\sum Kx = \frac{\sum kx}{\sum d} = d i$$

$$\sum \cos \mu = 0$$

$$KY = \frac{\sum k \mu}{\sum d} \times d i$$

Dimana ;

$\sum d \sin \mu$  = Jumlah jarak dalam arah proyeksi sisi poligon terhadap sumbu X.

$\sum d \cos \mu$  = Jumlah jarak dalam arah proyeksi sisi poligon terhadap sumbu Y.

$x = \sum Kx$  = Jumlah koreksi jarak arah proyeksi sumbu X

$y = \sum KY$  = Jumlah koreksi jarak arah proyeksi sumbu Y

$X_n = \sum Kx$  = Koreksi jarak poligon arah sumbu X

$$Y_n = \sum KY = \text{Koreksi jarak poligon arah sumbu Y.}$$

$d_i =$  Jarak titik ke titik poligon.

$d =$  jumlah jarak poligon.

Perhitungan koordinat titik absis

$X_a =$  diketahui

$$X_B = X_A + [d_{AB} \sin \mu_{AB} \pm K_{XAB}]$$

$$X_C = X_B + [d_{BC} \sin \mu_{B-C} \pm K_{X_{B-C}}]$$

$$X_D = X_C + [d_{CD} \sin \mu_{CD} \pm K_{XCD}]$$

$$X_E = X_D + [d_{DE} \sin \mu_{DE} \pm K_{XDE}]$$

$$X_A = X_E + [d_{EA} \sin \mu_{EA} \pm K_{XEA}]$$

Ordinat

$A =$  diketahui

$$B = Y_A + (d_{AB} \cos \mu_{AB} \pm K_{YAB})$$

$$C = Y_B + (d_{BC} \cos \mu_{BC} \pm K_{YBC})$$

$$D = Y_D + (d_{CD} \cos \mu_{CD} \pm K_{YCD})$$

$$E = Y_D + (d_{DE} \cos \mu_{DE} \pm K_{YDE})$$

$$A = Y_E + (d_{EA} \cos \mu_{EA} \pm K_{YEA})$$

b. Kontrol jarak untuk poligon terbuka

$$\sum d \sin \mu = (X_{\text{akhir}} - X_{\text{awal}}) \pm \sum kX$$

$$kX = \frac{\sum Kx}{\sum d} \times d \text{ masing-masing}$$

$$\sum d \cos = (Y_{\text{akhir}} - Y_{\text{awal}}) \pm \sum Ky$$

$$kY = \frac{\sum kY}{\sum d} \times d \text{ masing-masing}$$

Perhitungan koordinat titik

Absis

$X_A = \text{diketahui}$

$X_B = X_A + [d_{AB} \sin \mu_{AB} \pm K_{XAB}]$

$X_1 = X_B + [d_{B-1} \sin \mu_{B-1} \pm K_{XB-1}]$

$X_2 = X_1 + [d_{1-2} \sin \mu_{1-2} \pm K_{X1-2}]$

$X_3 = X_2 + [d_{2-3} \sin \mu_{2-3} \pm K_{X2-3}]$

$X_4 = X_3 + [d_{3-4} \sin \mu_{3-4} \pm K_{X3-4}]$

$X_C = X_4 + [d_{4-C} \sin \mu_{4-C} \pm K_{X4-C}]$

Ordinat

$Y_A = \text{diketahui}$

$Y_B = Y_A + [d_{AB} \cos \mu_{AB} \pm k_{YAB}]$

$Y_1 = Y_B + [d_{B-1} \cos \mu_{B-1} \pm k_{YB-1}]$

$Y_2 = Y_1 + [d_{1-2} \cos \mu_{1-2} \pm k_{Y1-2}]$

$Y_3 = Y_2 + [d_{2-3} \cos \mu_{2-3} \pm k_{Y2-3}]$

$Y_4 = Y_3 + [d_{3-4} \cos \mu_{3-4} \pm k_{Y3-4}]$

$Y_C = Y_4 + [d_{4-C} \cos \mu_{4-C} \pm k_{Y4-C}]$ .

$\Sigma K_X$  dan  $\Sigma K_Y$  adalah kesalahan penutup untuk selisih absis dan ordinat akibat kesalahan ini jarak perlu dikoreksi sebesar  $K_X$  untuk absis dan  $K_Y$  untuk ordinat.

#### E. Peninjauan mengenai pembagian kesalahan penutup...

Kesalahan pada poligon adalah kesalahan penutup sudut dan kesalahan penutup jarak.

Untuk pengamatan sudut perlu diberi koreksi sudut

begitu juga pengamatan jarak. Koreksi jarak dan koreksi u jarak maka koreksi harus memenuhi syarat  $(g^{uu}) + (g^{ww})$  minimum, dimana  $g$  adalah berat dari tiap pengamatan metode secara exat ini jarang dipergunakan pada poligon, yang dipergunakan dalam poligon adalah cara pendekatan.

Pada cara pendekatan bekerja 2 (dua) tingkat; Pertama kesalahan penutup sudut dibagi rata kepada semua sudut yang terikat dan jika koreksi sudut jika habis dibagi rata maka sudut yang terbesar diberi koreksi terbesar. Setelah sudut dikoreksi kemudian menghitung sudut azimuth dan jarak. Berdasarkan sudut azimuth selanjutnya menghitung proyeksi sisi sumbu X dengan harga  $d \sin \mu$  dan proyeksi sumbu Y dengan harga  $d \cos \mu$  dan kesalahan penutup dalam arah X dan Y adalah  $\sum KX$  dan  $\sum KY$ .

Kesalahan penutup ini diratakan dengan jalan diberi koreksi pada masing-masing proyeksi dari sisi sebanding dengan panjang sisi itu sendiri dengan absis.

$$X_i = k X = \frac{\sum KX}{\sum d} \times d_i$$

$$Y_i = k Y = \frac{\sum KY}{\sum d} \times d_i$$

Dimana :

$X_i = k X =$  Koreksi jarak pada sisi X

$Y_i = k Y =$  Koreksi jarak pada sisi Y

$kX =$  kesalahan penutup pada sisi X

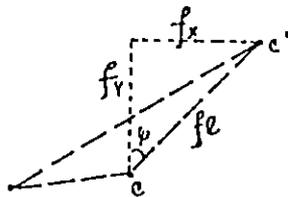
$kY$  = Kesalahan penutup pada sisi Y

$i$  = Jarak sisi titik koordinat.

Setelah didapat proyeksi yang sudah dikoreksi, maka menghitung koordinat titik dengan proyeksi sisi dimulai dari titik awal yang diketahui koordinat titik sampai titik akhir. Karena titik adalah sudah akhir sudah diketahui koordinat titik, maka perhitungan titik akhir sebagai kontrol, yaitu perhitungan titik akhir harus sama dengan titik akhir yang diketahui.

Kesalahan penutup  $kX$  dan  $kY$  bersama-sama mengakibatkan perubahan kedudukan titik akhir C sebesar.

$$k_1 = \sqrt{kX^2 + kY^2} \quad \text{dan dengan sudut azimuth } \mu$$



Gambar 29. Koreksi Sudut Arah  
(Rais, 1976. 112)

$k_1$  disebut kesalahan liner dan  $\mu$  adalah perpotongannya oleh karena pembagian kesalahan ini harus sedemikian rupa, sehingga menghilangkan  $K_1$ . Menghilangkan  $K_1$  dicapai apabila tiap sisi poligon dalam arah  $K_1$  dan

yang mempunyai sudut azimut  $\mu$  hanya mendapat pembetulan di dalam arah memanjang. Sedangkan sisi tegak lurus arah  $\mu$  hanya mengalami perubahan perputaran sudut dan pembetulan sudut arah.

Sisi  $A_i - A_{i+1}$  dengan sudut azimut  $\mu$ , akan mengalami pembetulan dan tergantung selisih arah  $\mu - \mu_i$ .

Koreksi dalam arah memanjang adalah sebanding dengan  $l \cos(\mu - \mu_i)$  dan koreksi sudut azimuth (arah  $(\frac{dV}{di})$ )

adalah sebanding dengan  $\sin(\mu - \mu_i)$ .

Untuk sisi adalah

$$dl = li \cos(\mu - \mu_i)$$

$$dV = li \sin(\mu - \mu_i)$$

Perbandingan tersebut dapat dijadikan persamaan.

$$dl = k \cdot li \cos(\mu - \mu_i)$$

$$= k \cdot li (\cos \mu \cos \mu_i + \sin \mu \sin \mu_i)$$

$$dV = k \cdot li \sin(\mu - \mu_i)$$

$$= k \cdot li (\sin \mu \cos \mu_i - \cos \mu \sin \mu_i)$$

Dimana  $k$  adalah faktor perbandingan

$$\sin \mu = \frac{kX}{kl}$$

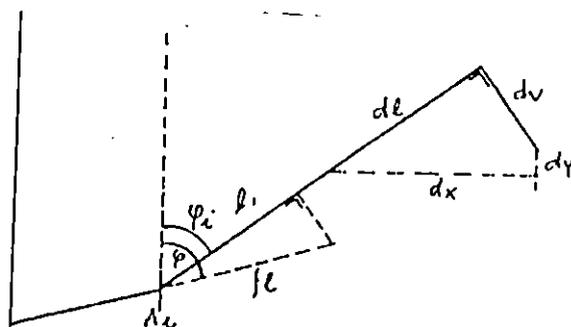
$$\cos \mu = \frac{kY}{kl}$$

$$dl = k \frac{li}{kl} (k \mu \cos \mu_i + kX \sin \mu_i)$$

$$dV = k \frac{li}{kl} (kX \cos \mu_i - kY \sin \mu_i)$$

Mencari hubungan antara perubahan memanjang dan melintang diantar dengan proyeksi terhadap sumbu X dan sumbu Y.

Rumus transparansi.



Gambar 30. Perubahan Arah

(Rais, 1976; 112)

$$d l = d X_i \sin \mu_i + d \mu_i \cos \mu_i$$

$$d v = d X_i \cos \mu_i - d \mu_i \sin \mu_i$$

$$d X_i \sin \mu_i + d \mu_i \cos \mu_i = K \frac{l_i}{k l} (k \mu \cos \mu_i + K \sin \mu_i)$$

$$d X_i \cos \mu_i - d \mu_i \sin \mu_i = k \frac{l_i}{k l} (k X \cos \mu_i - K y \sin \mu_i)$$

dimana

$$d X_i = k \frac{l_i}{k l} k x \text{ dan}$$

$$d Y_i = k \frac{l_i}{K l} K Y$$

Untuk seluruh poligon menjadi

$$d x = kx = K \frac{(1)}{K_i} \cdot Kx$$

$$d Y = KY = K \frac{(1)}{K_l} \cdot KY$$

$$\text{dimana } K = \frac{k_l}{\sum l}$$

Proyeksi S pada sudut yang diukur dan X pada d sin  $\alpha$  dan Y pada d cos  $\alpha$  dihitung dengan logaritma.

Sebagai prinsip ;

1. Untuk menentukan S diambil lebih dahulu rata-rata

$$S_r = \frac{\sum d_s}{n} ; \text{ bila } d_s \text{ jumlah } S \text{ dan}$$

$$n = \text{banyaknya sudut karena } \frac{\sum d_s}{n} \text{ tidak merupa-}$$

kan angka bulat maka diambil harga rata-rata yang dibutuhkan menjadi angka bulat. Jumlah harga rata-rata tidak selalu sama dengan  $\sum d_s$ , jadi ada halnya

$S_n$  diambil  $>$  atau  $<$   $S_r$  maka s yang menyimpang dari harga rata-rata  $S_r$  diberikan kepada sudut yang mempunyai kaki terkecil.

2. X dan Y diberikan sebanding dengan jarak pada

$$X_n = d_n \frac{\sum d_x}{\sum d}$$

$$Y_n = d_n \frac{\sum d_y}{\sum d}$$

Kalau perlu dibulatkan untuk angka desimal  $< 0,5$ , dihilangkan dan  $> 0,5$  dibulatkan ke atas.

$$X = d \sin \mu$$

$$Y = d \cos \mu$$

Dengan harga  $k$  ini kita masukkan ke dalam rumus  $d X_i$  dan  $d Y_i$ , yaitu koreksi untuk masing-masing sisi (proyeksi sisi).

$$d X_i = \frac{k_l}{\sum l} \cdot \frac{l_i}{k_l} \cdot K_x = \frac{l_i}{\sum l} \cdot k_x$$

$$d Y_i = \frac{K_l}{\sum l} \cdot \frac{l_i}{k_l} \cdot K_Y = \frac{l_i}{\sum l} \cdot K_Y$$

Untuk perhitungan koordinat titik cara poligon menggunakan tabel. Perhitungan bisa menggunakan cara logaritma maupun mesin hitung. Mengisi formulir (tabel ukur) jika mempergunakan logaritma maka harus dihitung  $\log \sin \mu$ ,  $\log d$ ,  $\log \cos$  atau  $\log \sin$ ,  $\log d + \log \sin \mu$ ,  $\log d + \log \cos \mu$  atau  $\cos \mu$ , tetapi jika menggunakan mesin hitung tidak perlu dengan log, cukup  $\sin \mu$ ,  $\cos \mu$   $d \sin \mu$  dan  $d \cos \mu$ . Cara pengisian formulir, pertama mengisi sudut yang diukur, kemudian sudut azimuth awal dan akhir, jarak. Setelah itu koreksi sudut azimuth selanjutnya koreksi jarak kemudian koordinat titik.

Untuk poligon terbuka koreksi sudut ( $\sum k \alpha$ ) adalah;

$(\mu \text{ akhir} - \mu \text{ awal}) + n \cdot 180 \pm k \alpha = \Sigma \text{ sdt}$  yang diukur.

Koreksi sisi;

$$(X \text{ akhir} - X \text{ awal}) \pm \Sigma Kx = \Sigma d \sin \mu.$$

$$(Y \text{ akhir} - Y \text{ awal}) \pm \Sigma KY = \Sigma d \cos \mu.$$

#### F. Menentukan azimut mula atau akhir dengan orientering pukul rata.

Azimut awal atau azimut akhir pada umumnya diperoleh dari pengikatan lebih dari satu titik tetap. Pengikatan lebih dari satu titik untuk memberikan kontrol terhadap kemungkinan terjadinya penyimpangan sebesar dari koordinat titik pengikat. Penyimpangan pada titik tetap diakibatkan perhitungan sistem perataan tidak sama permulaannya. Dari bermacam-macam azimith mula atau akhir dan arah keliling pada titik awal (mula) dan titik akhir, kita bisa menghitung besarnya sudut orientering, yaitu sudut antara arah no. 1 dari arah keliling (arah reduksi) dan garis antara dari mana semua azimut mulai dihitung ;  $\mu - X \text{ red} = 0$ .

Dari hasil pengukuran sudut orientering maka kita hitung orientering pukul rata.

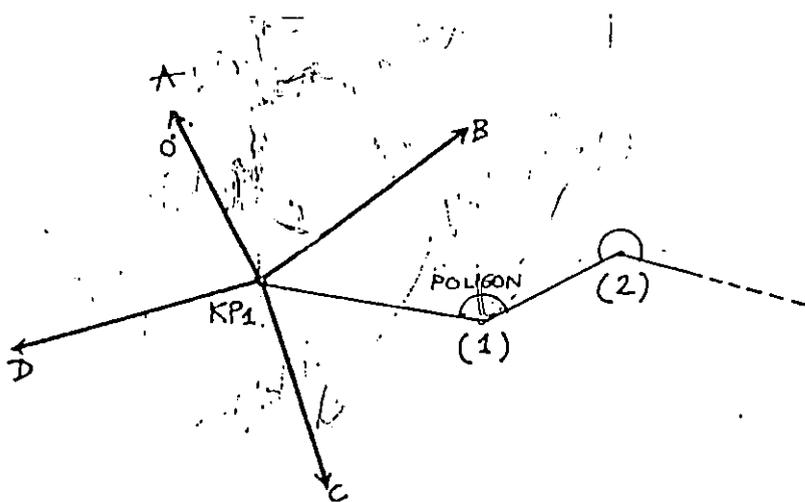
$$O \text{ pkr} = \frac{(0)}{n} = \frac{\Sigma 0}{n},$$

dimana ;  $O \text{ pkr}$  = orientering pukul rata

$\Sigma O =$  jumlah sdt orientering

$n =$  jumlah titik sudut

Setelah didapat orientering pukul rata, maka kita menghitung kembali azimuth yang kita tetapkan dengan orientering pukul rata.



Gambar 31. Menentukan sudut azimuth

(Rais, 1976 ; 117)

Tabel 4: Sudut azimuth mula dan akhir dengan orientering pukul rata.

(Rais, 1976 ; 117)

Titik & Arah	Azimuth dihitung	Arah diukur red	Orientering O = - X O pkr = O/n	Azmuth ditetapkan O pkr + = t	V= -( + O) [V] = nol
k P1					
A	350° 25' 10"	0° 00' 00"	350° 25, 11"	350° 25' 11"	-1
B	70° 40' 20"	80° 15' 10"	350° 25' 10"	70° 30' 21"	-1
(1)	-	120° 20' 20"	-	120° 20' 31"	-
C	165° 30' 40"	175° 05' 30"	350° 25' 11"	165° 30' 41"	-1
D	270° 10 30"	279° 45' 20"	350° 25' 13"	270° 10' 31"	-1
		O Pkr	350° 25' 11"		-4

Azimuth yang ditetapkan adalah azimuth yang diperoleh dari sisi KP1 - 1 sebesar 120° 20' 31". Azimuth inilah yang dipakai sebagai azimuth awal dalam perhitungan poligon. Azimuth yang dihitung ini adalah azimuth yang dihitung dengan orientering pukul rata.

#### G. Pencegahan pengaruh dari kesalahan sudut dan jarak pada poligon.

##### 1. Kesalahan dalam sudut

Kesalahan dalam sudut sering terjadi waktu pengukuran sudut di lapangan yang menimbulkan kesalahan penutup sudut.

Sumber-sumber kesalahan sudut ;

- a. Kesalahan dalam mengarah dan membaca theodolit.
- b. Kesalahan dalam memusatkan (center) theodolit di atas titik.
- c. Kesalahan dalam arah pengikat (azimut) awal dan azimut akhir) sebagai akibat dari kesalahan koordinat dari titik-titik pengikat dan titik orientering (titik tetap yang diarah baik dari titik awal atau titik akhir poligon).

Kesalahan akibat arah dan membaca sudut dengan theodolit, ini tergantung dari jenis theodolit yang dipakai.

Theodolit mempunyai macam merek, type, tiap type mempunyai kesalahan menengah untuk tiap pengukuran sudut tunggal.

Macam-macam type alat pembacaan theodolit seperti type koinsidensi, type penyetelan symetri (mikroskop skrup, mikroskop sikrometer optis), type mikroskop skala, type pembacaan dengan nomius.

Kesalahan akibat sudut bisa dikurangi atau dkecilkan, yaitu dengan menentukan jumlah seri pengukuran sudut yang diperlukan untuk suatu jenis alat, agar mendapatkan ketelitian yang dikehendaki. Kesalahan-kesalahan kedua dan ketiga diatas dapat dapat disamakan karena pengaruh kedua persamaan ini akan berkurang, jika titik yang diarah makin jauh.

Kesalahan ini akan tetap (konstan) karena tidak dapat dihilangkan dengan memperbesar jumlah seri pengukuran.

Untuk tiap-tiap kondisi pesawat theodolit. Menurut ilmu hitung pengamatan, jika  $L$  kesalahan menengah dalam menentukan titik pusat theodolit maupun signal, maka kesalahan menengah dari sudut yang disebabkan oleh kesalahan pemusatan adalah :

$$m_e = f^{cc} \frac{e}{l} \sqrt{6}$$

Dimana ;  $l$  = panjang kaki-kaki dari sudut (dianggap sama panjang)

Jika ;  $e = 1$  mm dan  $l = 200$  m, maka  $m_e = 7,8^{cc}$

$e = 2,5$  mm dan  $l = 50$  m, maka  $m_e = 78^{cc}$

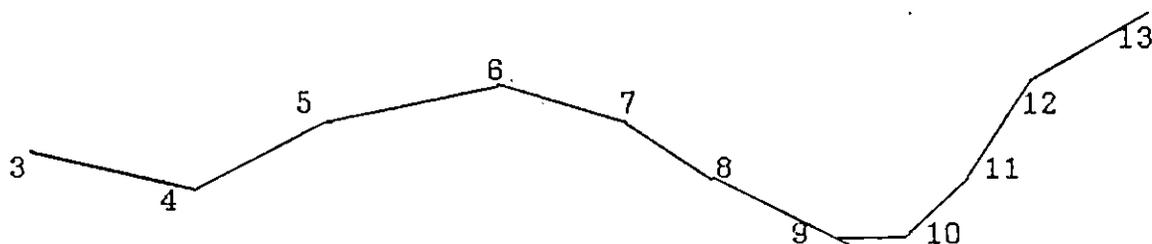
Pengaruh kesalahan akibat pemusatan (centre ring fout) pada sisi yang pendek cepat bertambah besar dari pada kesalahan pengamatan dengan theodolit sendiri.

Kesalahan-kesalahan akibat pembacaan sudut dapat dicegah seperti berikut ini.

- a. Kesalahan dalam arah-arah pengikat dapat dicegah apabila kita mengambil titik-titik pengikat yang jauh.
- b. Kaki-kaki poligon supaya diambil sama panjang, karena ketelitian tiap-tiap sudut akan sama jika kaki poligon tidak sama panjang ketelitian tiap sudut tidak sama. Pembagian kesalahan penutup

sudah secara sama untuk semua sudut bisa tercapai apabila sisi kaki poligon sama. Atas dasar tiap sudut mempunyai ketelitian yang sama.

Apabila dalam poligon tidak dapat dihindari adanya sisi yang pendek, seperti terlihat pada gambat ini.



Gambar 32. Pengukuran Poligon

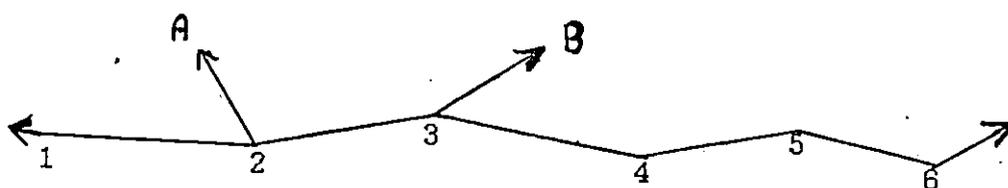
(rais, 1976 ; 118)

Sisi-sisi pendek dapat dipotong oleh sisi 4-8 dan 8-12, sisi-sisi tersebut tidak diukur panjangnya tetapi arahnya dapat diukur, misalnya waktu alat berdiri titik 14 diukur arahnya ke titik 3,5 dan 8. Pada waktu berdiri titik 8, arahnya diukur ketitik 4, 7, 12 dan 9, begitu juga dititik 12 diukur arah ke 8, 11 dan 15. Pada saat meratakan sudut-sudut maka poligon tersebut menjadi bentuk 3-4-8-12-13 sesudah sudut azimuth dari sisi poligon dihitung, maka bagian poligon 4-5-6-7-8 dan

8-9-10-11-12 diratakan sebagai arah pengikat 4-8 dan 8-12.

Kesalahan penutup koordinat  $f_x$  dan  $f_y$  dibagi atas seluruh poligon 3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-12.

Kesalahan akibat pengaruh sisi pendek dapat dihilangkan dengan mengadakan orientering perantara pada ujung-ujung sisi pendek ketitik tetap lainnya yang jauh.



Gambar 33. Poligon dengan sisi pendek

(Rais, 1976 ; 119)

Pertama poligon dihitung seperti biasa dengan mempergunakan titik 2 dan 3. Setelah didapat koordinat titik 2 dan 3 dan koordinat titik pengikat A dan B diketahui, maka titik pengikat A dan B, maka dihitung azimuth 2-A dan azimuth 3 - B. Sudut azimuth yang didapat ini dipakai sebagai sudut azimuth pengikat masing-masing untuk poligon sebelah kiri titik 2 dan sebelah kanan titik 3. Untuk memperkecil akibat pengaruh kesalahan dalam koordinat titik 2 dan 3, maka titik 2 dan 3 diarahkan kesatu titik tetap yang letaknya jauh sekali.

c. Jika kedua cara pencegahan tersebut diatas sudah dapat dipergunakan, maka terpaksa dilakukan pengukuran sudut dengan pemusatan terpaksa, seperti pengukuran terowongan atau tambang dikota atau desa yang rapat bangunannya.

Untuk mengatasi kesalahan pengukuran sudut pada poligon perlu koreksi dan harga koreksi itu tidak boleh melebihi dari harga kesalahan maksimum atau toleransi. Harga toleransi sudut adalah sebagai berikut ;

a. Toleransi sudut dalam kota poligon utama.

Maksimum kesalahan penutup sudut suatu poligon

$$\text{Rumus } T = 0,4 \sqrt{n}$$

Dimana ; T = Toleransi

n = banyaknya titik

Jika diikatkan pada suatu azimuth astronomis atau dari azimuth dari orde yang lebih tinggi

$$\text{Rumus : } T = 0,4 \sqrt{n + 1}$$

Tabel 5. (Sugiharjo, 1981 ; 3)

n	T Dalam menit	T <sup>1</sup> Dalam menit
1		1,4
2		1,6
3	0,7	1,7
4	0,8	1,8
5	0,9	1,9
6	1,0	2,0
7	1,1	2,1
9	1,2	2,2
11	1,3	2,3
12	1,4	2,4
14	1,5	2,5
16	1,6	2,6
18	1,7	2,7
20	1,8	2,8
22	1,9	2,9
25	2,0	3,0
28	2,1	3,1
30	2,2	3,2
33	2,3	3,3
36	2,4	3,4
39	2,5	3,5
42	2,6	3,6
46	2,7	3,7
50	2,8	3,8

b. Toleransi sudut luar kota poligon utama dan kota poligon detail.

Maksimum kesalahan penutup sudut poligon.

$$\text{Rumus } T = 0,8 \sqrt{n}$$

Dimana T = toleransi

n = Banyaknya titik poligon

Jika diikatkan pada suatu arimut astronomis atau azimuth dari orde yang lebih tinggi.

$$\text{Rumus : } T' = 0,8' \sqrt{n + 1}$$

Tabel 6. (Sugihardjo, 1981 ; 4).lm4

n	T Dalam menit	T' Dalam menit	n	T dalam menit	T' dalam menit
1	-	1,8	26	4,1	5,1
2	-	2,1	27	4,2	5,2
3	1,4	2,4	29	4,3	5,3
4	1,6	2,6	30	4,4	5,4
5	1,8	2,8	32	4,5	5,5
6	2,0	3,0	33	4,6	5,6
7	2,1	3,1	34	4,7	5,7
8	2,2	3,2	36	4,8	5,8
9	2,4	3,4	38	4,9	5,9
10	2,5	3,5	39	5,0	6,0
11	2,6	3,6	41	5,1	6,1
12	2,8	3,8	42	5,2	6,2
13	2,9	3,9	44	5,3	6,3
14	3,0	4,0	46	5,4	6,4
15	3,1	4,1	47	5,5	6,5
16	3,2	4,2	49	5,6	6,6
17	3,3	4,3	50	5,7	6,7
18	3,4	4,4			
19	3,5	4,5			
20	3,6	4,6			
21	3,7	4,7			
23	3,8	4,8			
24	3,9	4,9			
25	4,0	5,0			

## c. Toleransi sudut poligon detail

Maksimum kesalahan penutup sudut suatu poligon.

$$\text{Rumus } T = \sqrt{n}$$

Dimana ; T = Toleransi dalam menit

n = Banyaknya titik poligon

Jika diikatkan pada suatu azimut astronomis atau azimut dari orde yang lebih tinggi.

$$\text{Rumus ; } T' = n + 1$$

Tabel 7. (Sugihardjo, 1981 ; 5)

n	T dalam menit	T' dalam menit	n	T dalam menit	T' Dalam menit
1	-	2,0	24	4,9	5,9
2	-	2,4	25	5,0	6,0
3	1,7	2,7	26	5,1	6,1
4	2,0	3,0	27	5,2	6,2
5	2,2	3,2	28	5,3	6,3
6	2,4	3,4	29	5,4	6,4
7	2,6	3,6	30	5,5	6,5
8	2,8	3,8	31	5,6	6,6
9	3,0	4,0	32	5,7	6,7
10	3,2	4,2	33	5,8	6,8
11	3,3	4,3	34	5,9	6,9
12	3,5	4,5	35	6,0	7,0
13	3,6	4,6	36	6,1	7,1
14	3,7	4,7	37	6,2	7,2
15	3,9	4,9	38	6,3	7,3
16	4,0	5,0	41	6,4	7,4
17	4,1	5,1	42	6,5	7,5
18	4,2	5,2	44	6,6	7,6
19	4,4	5,4	45	6,7	7,7
20	4,5	5,5	46	6,8	7,8
21	4,6	5,6	47	6,9	7,9
22	4,7	5,7	49	7,0	8,0
23	4,8	5,8	50	7,1	8,1

## 2. Kesalahan dalam pengukuran panjang

Kesalahan jarak yang kasar akan timbul pada kesalahan akhir  $f_X$  dan  $f_Y$  pada selisih koordinat  $X$  dan  $Y$ .

Pada sisi poligon dengan perbandingan  $f_x/f_y$  kira-kira sama dengan perbandingan  $Y/X$  untuk poligon yang hampir lurus tidak mungkin terjadi karena pembagian  $Y/X$  selalu sama. Suatu kesalahan kasar pada sisi poligon akan timbul pada perhitungan beda tinggi dan ini bisa dihindarkan dengan suatu penyipatan datar

dilapangan sehingga kesalahan kasar tidak ada lagi pada perhitungan.

Kesalahan pengukuran jarak ada dua, yaitu ;

a. Kesalahan tak terduga

Kesalahan tak terduga adalah kesalahan yang ukuran jarak dilakukan dengan menggunakan pengukur jarak optis.

b. Kesalahan konstan

Kesalahan konstan adalah kesalahan yang diakibatkan oleh pengukuran yang menggunakan alat ukur ban ukur (pegas ukur), papan ukur dan sebagainya.

Pada pengukuran jarak poligon akan dihindangi oleh kedua kesalahan tersebut, apalagi pengukuran menggunakan pegas ukur sering terjadi kesalahan sistematis (konstan), ini pengaruh terlalu panjang atau terlalu pendek atau kurang tertarik (regang) kesalahan jarak menggunakan alat ukur theodolit diakibatkan kesalahan pembacaan atau koreksi pembacaan yang mengakibatkan kesalahan jarak karena dikalikan dengan kelipatan 100 (seratus), misalnya ;

$$\text{Jarak } D = 100 \times (B_a - B_b)$$

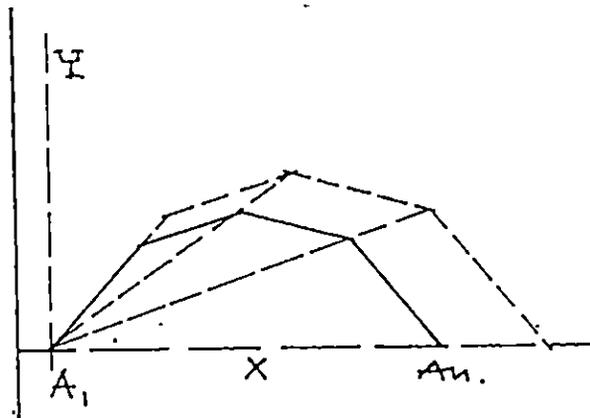
$$D = \text{Jarak}$$

$$100 = \text{angka kelipatan dari pembesaran}$$

$$B_a = \text{Bacaan benang atas}$$

$$B_b = \text{Bacaan benang bawah.}$$

Pada poligon tertutup, kesalahan sistematis tidak kelihatan walaupun ada, karena tidak menunjukkan adanya perubahan bentuk. Pada poligon terbuka kesalahan sistimatis kelihatan karena terjadi pergeseran/perubahan bentuk.



Gambar 34. Perubahan Bentuk Poligon Terbuka

(Rais, 1976 ; 120)

Seperti terlihat pada gambar di atas, poligon A adalah bentuk poligon terbuka yang seharusnya, sedangkan gambar poligon B adalah bentuk poligon terbuka yang terjadi akibat adanya kesalahan jarak. Jadi disini terlihat adanya perubahan bentuk.

Untuk mengatasi kesalahan pengukuran jarak pada poligon perlu koreksi dan harga koreksi itu tidak boleh melebihi dari harga kesalahan maximum atau toleransi.

Untuk lebih jelasnya akan diberikan harga toleransi berdasarkan keadaan medan dan bentuk poligon. Harga toleransi jarak terbagi dalam beberapa bagian, sebagai berikut :

a. Toleransi pada poligon utama

1) Toleransi linear medan baik.

Selisih maximum yang diperbolehkan antara dua ukuran pergi-pulang sebuah sisi poligon utama menggunakan alat pegas ukur.

$$\text{Rumus: } T = 0,001 \sqrt{(4,4 \sqrt{L})^2 + (0,15 L)^2} + 0,001$$

Dimana ; T = Toleransi dalam meter

L = Ukuran jarak dalam meter

Tabel 8. (Suhardjono ; 1981, 1)

L (m)	T (m)
1	0,02
11	0,03
30	0,04
57	0,05
91	0,06
130	0,07
175	0,08
223	

Jika titik poligon ditandai dengan jelas, T dikurangi 1 sentimeter.

2) Toleransi linear medan kurang baik

Selisih maksimum yang diperbolehkan antara dua

ukuran pergi-pulang sebuah sisi poligon utama alat pegas ukur.

$$\text{Rumus : } T = 0,001 \sqrt{(6 \sqrt{L})^2 + (0,2 L)^2 + 0,01}$$

Dimana + T = toleransi dalam meter

L = ukuran jarak dalam meter

Tabel 9. (Sugihardjo, 1981 ; 1)

L (m)	T (m)
1	0,02
6	0,03
17	0,04
33	0,05
53	0,06
77	0,07
105	0,08
136	0,09
169	0,10
204	

Jika titik poligon ditandai dengan jelas, T dikurangi 1 senti meter.

b. Toleransi pada poligon detail

1) Toleransi liner

Selisih maksimum yang diperbolehkan antara dua ukuran pergi-pulang sebuah sisi poligon detail atau garis lurus.

$$\text{Rumus } T = 0,001 \sqrt{(9 \sqrt{L})^2 + (0,3 L)^2 + 0,01}$$

Dimana ; T = toleransi dalam jarak

L = ukuran jarak dalam meter.

Tabel 10. (Sugihardjo, 1981 ; 2)

L (m)	T (m)
1	0,02
3	0,03
8	0,04
15	0,05
24	0,06
36	0,07
49	0,08
65	0,09
82	0,10
100	0,11
120	0,12
141	

Jika titik poligon ditandai dengan jelas, T dikurangi 1 sentimeter.

## 2) Toleransi Liner

Selisih maximum yang diperbolehkan antara ukuran jarak langsung dan hitungan koordinat.

$$\text{Rumus } T = 0,001 \sqrt{(11\sqrt{L})^2 + (0,3 L^2 + P)}$$

(dalam kota)

$$T = 0,001 \sqrt{(13\sqrt{L})^2 + (0,3 L)^2 + P}$$

(luar kota).

Dimana ; T = toleransi dalam meter

L - Jarak dalam meter

P = 1 sentimeter, jika salah satu ujung garis berupa pilar atau benda tetap lainnya.

P = 2 sentimeter, jika kedua titik ujungnya garis berupa pilar atau benda tetap lainnya.

Tabel 11. (Sugihardjo, 1981 ; 3)

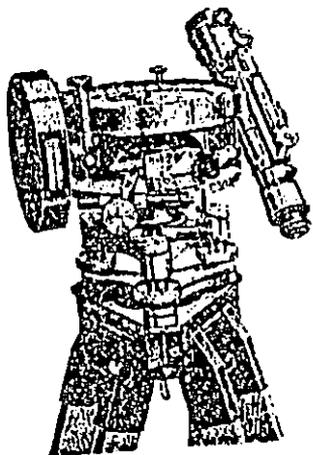
Dalam kota L (m)	t masih ditambah P (m)	Luar kota L (m)
2	0,01	1
5	0,02	4
10	0,03	7
17	0,04	11
25	0,05	17
34	0,06	24
45	0,07	31
57	0,08	40
71	0,09	50
86	0,10	60
102	0,11	72
119	0,12	85
137	0,13	98
156	0,14	112
	0,15	127
	0,16	143
	0,17	160
	0,18	

#### H. Pengukuran Poligon dengan bousul (bousul poligon)

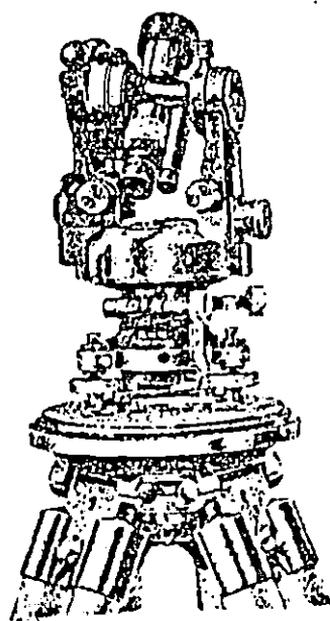
Pengukuran sudut azimuth atau sudut arah (jurusan) dari sisi poligon tidak ditentukan secara langsung dengan pengukuran sudut dengan theodolit pada tiap titik sudut poligon maupun menggunakan bousule. Yang diukur adalah azimuth pertama dan akhir dari poligon tersebut menggunakan bousule.

Untuk pengukuran sudut azimuth (jurusan) menggunakan alat ukur.

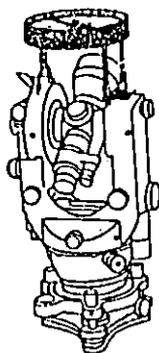
1. BTM (Bousule Trans Mentagno)
3. Theodolit bousule
4. Theodolit dengan ofzet bousule.



BTM



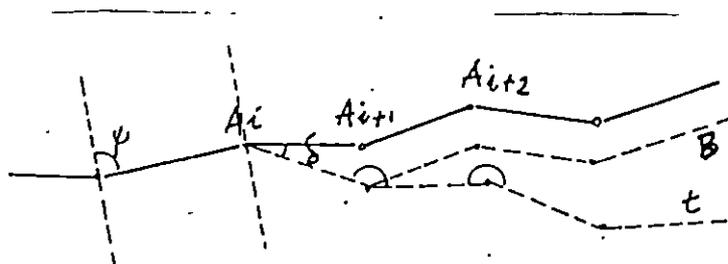
Teodolit Ofzet Bousule



Teodolit Bousule

Gambar 35. Alat Ukur Ruang  
(Rais, 1976 ; 121)

Pengukuran poligon dengan bousule mempunyai keuntungan karena tiap-tiap sisi poligon diukur sudut arah atau azimut sehingga tidak tergantung pada sisi sebelumnya. Disamping keuntungan tiap sisi poligon tidak dihitung karena sudah langsung didapat di lapangan tidak terdapat penambatan kesalahan sudut azimut atau sudut arah pada tiap sisi tidak seperti menggunakan teodolit. Jika suatu poligon diukur sudut-sudutnya menggunakan teodolit, seperti terlihat pada gambar no. pada titik A terjadi kesalahan sebesar  $d$ , maka azimut dari sisi berikutnya akan bertambah besar atau kecil sebesar sudut atau kecil sebesar sudut kesalahannya. Sudut azimut sisi berikutnya akan dihitung dari sudut azimut awal dan azimut sebelumnya.



Gambar 36. Penyimpangan Kesalahan Sudut Pada Poligon  
(Rais, 1976 ; 122)

Seperti terlihat pada gambar no 36, poligon akan menyimpang dimulai titik yang terjadi kesalahan sebesar (garis  $t$ ). Apabila pada titik tersebut dilakukan pengukuran dengan bousule, maka pada titik berikutnya B sewaktu mengukur ke C sudut azimutnya menjadi benar 98

kembali dan harga terjadi pengeseran sejajar dari poligon yang sebenarnya. (garis B)

Dari kedua pengukuran poligon menggunakan alat theodolit dan bousule timbul pertanyaan mana yang paling teliti. Dalam penyelidikan Prof. TR. Roelops, yang menyelidiki tentang perambatan kesalahan pada poligon dengan azimuth perantara khususnya pengaruh perambatan kesalahan ini terdapat penyimpangan melintang pada titik tengah poligon yang diikat sempurna, maka rumus yang dapat menjadi pedoman adalah sebagai berikut :

$$\frac{q_{th}}{q_{bous}} \approx \frac{m}{n} \cdot \frac{n}{48}$$

Dimana  $q_{th}$  = Penyimpangan melintang pada titik tengah poligon yang diikat sempurna, serta sudut-sudutnya diukur dengan theodolit.

$q_{bous}$  = Penyimpangan melintang pada titik tengah pada bousule poligon.

$n$  = Kesalahan menengah dalam pengukuran sudut tunggal dengan theodolit.

$m$  = kesalahan menengah dalam pengukuran sudut tunggal dengan bousule.

$n$  = banyaknya titik poligon.

Jika harga  $m = 0,5$  dan  $q = 5$ , maka rumus diatas menjadi

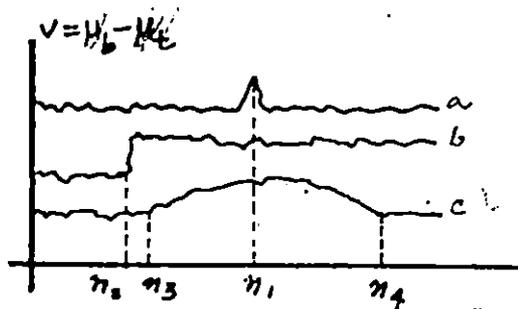
$$\frac{q_{th}}{q_{bous}} \approx \frac{n}{10 \sqrt{48}} \approx \frac{n}{69}$$

Kesimpulan adalah ;

Jika  $n > 68$  pengukuran bousule lebih menguntungkan

$n < 68$  pengukuran dengan theodolit lebih menguntungkan.

Pada theodolit bousule kesalahan kasar dapat dikontrol, karena tiap sisi poligon bisa langsung dibaca dari data lapangan sudut azimuth magnetis sedangkan dengan theodolit tanpa bousulle tidak didapat secara langsung tiap sisi poligon sudut azimuth magnetisnya. Kalau kita bandingkan dari kedua pengukuran ini akan didapat perbedaan konstan dan jika terdapat perbedaan yang menyolok dapat kita ambil beberapa kesimpulan.



Gambar 37. Kesalahan Sudut Pada Poligon

(Rais, 1976 ; 123)

Seperti terlihat pada gambar 37, sebagai ordinat adalah  $V = \mu_b - \mu_t$  dan sebagai absis adalah banyaknya titik poligon.

Pada grafik A, menunjukkan bahwa titik n1 terjadi kesalahan kasar dalam membaca sudut magnetis. Pada grafik b, terjadi kesalahan membaca sudut dengan theodolit pada titik n2 sedangkan pada grafik c antara titik n3 dan n4 terjadi gangguan seperti antara titik n3 dan n4 diambil menggunakan pengukuran dengan theodolit.

Pengukuran dengan BTM, biasanya hanya memberi kontrol pada kedua ujung dari tiap-tiap sisi poligon yang dibaca sudut azimuth magnetisnya.

BTM banyak dipergunakan di Indonesia dibandingkan di Eropah, sebab selain kecilnya perambatan kesalahan dibandingkan theodolit, seperti ;

1. Perubahan harian deklinasi jarum magnetik di Indonesia kira-kira 3' atau 4' sedangkan di eropa adalah 10'.
2. Berhubung jauhnya jarak kutup magnetis, maka perubahan deklinasi pada pergerakan dari barat ke timur dan sebaliknya, di Indonesia adalah 0.7' sedangkan di eropa 4,5' untuk 10 km.

Pengukuran menggunakan BTM di eropa mulai terdesak dan kadang disukai karena sering terjadi gangguan badai magnetis yang kadang-kadang dalam waktu singkat memberi penyimpangan sebesar  $1^{\circ}$  disamping itu gangguan masa besi, arus listrik dan lain sebagainya.

Penggunaan BTM, untuk daerah rapat bangunan maupun daerah industri tidak dipergunakan karena banyak gang-

guan magnetis sedangkan untuk daerah sawah, hutan dan pegunungan banyak dipergunakan karena gangguan magnetis sedikit (hampir tidak ada). Pada daerah persawahan hutan dan pegunungan, pemetaan tidak memerlukan ketelitian tinggi mengingat peta skala sangat kecil, untuk peta situasi seperti ini baik pengukuran poligon maupun situasi atau detailnya biasanya langsung dikerjakan menggunakan alat ukur BTM.

Pengukuran poligon dikota sebagai titik kerangka tetap dalam kota yang merupakan perluasan dari titik trengulasi, maka poligon kota memerlukan ketelitian tinggi dan dikerjakan secara khusus oleh jawatan pendaftaran tanah atau badan Pertanahan nasional dulunya agraria. Pada titik poligon kota, titik sudutnya diukur dengan theodolit dan sisi poligon jaraknya diukur menggunakan pegas ukur. Pengukuran jarak poligon, bisa dilakukan dengan alat redaksi optik yaitu EDM (Electro Distance Meter) yaitu alat ukur electro optis yang lebih teliti dengan jangkauan jauh (panjang).

#### I. Bangun Poligon

Bentuk poligon, tergantung dari keadaan lapangan. Bentuk poligon banyak dipergunakan pada daerah kota, daerah datar dan daerah yang padat bangunan.

Untuk mendapatkan koordinat titik-titik poligon dalam stelsel proyeksi peta (di Indonesia memakai proyeksi

polyeder), maka titik poligon tersebut diikatkan terhadap titik trengulasi disekitar lokasi tersebut. Apabila titik-titik triangulasi tidak terdapat diikat dengan lokasi poligon (belum rapatnya jaringan triangulasi), maka diadakan penentuan titik insidentil, dengan cara mengikat kemuka atau cara mengikat kebelakang sampai dekat titik tersebut dengan titik poligon dan bisa kita ikatkan.

Dalam ilmu ukur tanah untuk mendapatkan titik-titik, yaitu bekerja dengan prinsip dari besar ke kecil.

1. Pengukuran poligon primer
2. Pengukuran poligon sekunder
3. Pengukuran poligon tertier
4. Pengukuran poligon Q meter.

Poligon sebagai perapat yang terakhir diikatkan pada titik tertier atau Q meter.

Di Indonesia penentuan titik tertier dan Q meter sebagian besar ditentukan secara insidentil sehingga ketelitiannya jauh lebih kurang dari jawatan pendaftaran tanah, untuk itu jaringan poligon diikatkan sekurang-kurangnya pada titik sekunder dari dinas topong rapi.

Titik sekunder dikota sangat jarang terdapat dalam jumlah banyak apalagi diluar pulau Jawa, untuk itu perlu dirapikan jaringan titik tetap sekunder dengan jalan membuat triangulasi kota.

Setelah jaringan kota selesai, maka dibangun jaringan

poligon. Jaringan pertama yang menghubungkan titik tetap dengan triangulasi kota disebut bangunan poligon primer, kemudian jaringan poligon primer dirapatkan lagi dengan jaringan poligon sekunder yang diikatkan dengan jaringan poligon primer.

Prinsip kerja dari besar ke kecil, adalah prinsip kerja perapatan untuk menghilangkan pengaruh perambatan kesalahan. Dalam pembuatan jaringan poligon sekunder kadangkala belum rapat, maka dengan jaringan poligon tertier yang diikatkan pada poligon sekunder.

#### 1. Jaringan Poligon Primer.

Yaitu jaringan poligon yang diikatkan langsung pada jaringan triangulasi kota dan harus memenuhi syarat ketelitian yang tinggi.

Jaringan poligon primer merupakan jaringan dasar untuk merepatkan titik-titik selanjutnya. Pengukuran sisi poligon menggunakan pegas ukur dengan koreksi suhu dan dibawah tegangan yang konstan. Jarak sisi poligon diukur pergi pulang dan sudut dilakukan pengukuran dua seri rangkap.

Theodolit yang dipergunakan pada umumnya mempunyai kesalahan menengah dalam pengukuran arah tunggal antara  $0,3'' - 6''$  atau  $1^{\text{cc}} - 20^{\text{cc}}$ .

#### 2. Jaringan Poligon Sekunder

Yaitu jaringan yang diikatkan langsung pada jaringan poligon primer, sisinya kadang-kadang diukur khusus

dengan pegas ukur atau diperoleh langsung dengan pengukuran detail. Pengukuran jarak atau panjang menggunakan pegas ukur pergi pulang tanpa memperhitungkan koreksi suhu dan tegangan, pengukuran sudut cukup satu seri rangkap dengan alat ukur yang mempunyai ketelitian menengah 0,1 ; seperti theodolit dengan nonmis, mikropkop skala atau garis.

Perbedaan ketelitian didasarkan kepada perbedaan panjang antara poligon primer dan sekunder. Sisi poligon sekunder atau tertier dapat langsung dipakai sebagai garis ukur bagi pengukuran detail baik secara extrapolasi maupun metoda koordinat tegak lurus atau secara interpolasi.

### 3. Jaringan Poligon Tertier.

Yaitu jaringan yang diikatkan langsung pada jaringan poligon sekunder.

Pengukuran jarak dilakukan menggunakan pegas ukur tanpa memperhitungkan suhu dan tegangan.

### 4. Jaringan Poligon Q meter

Yaitu jaringan yang diikatkan langsung pada jaringan poligon tertier.

Pengukuran jarak dilakukan dengan pegas ukur tanpa memperhitungkan suhu dan tegangan.

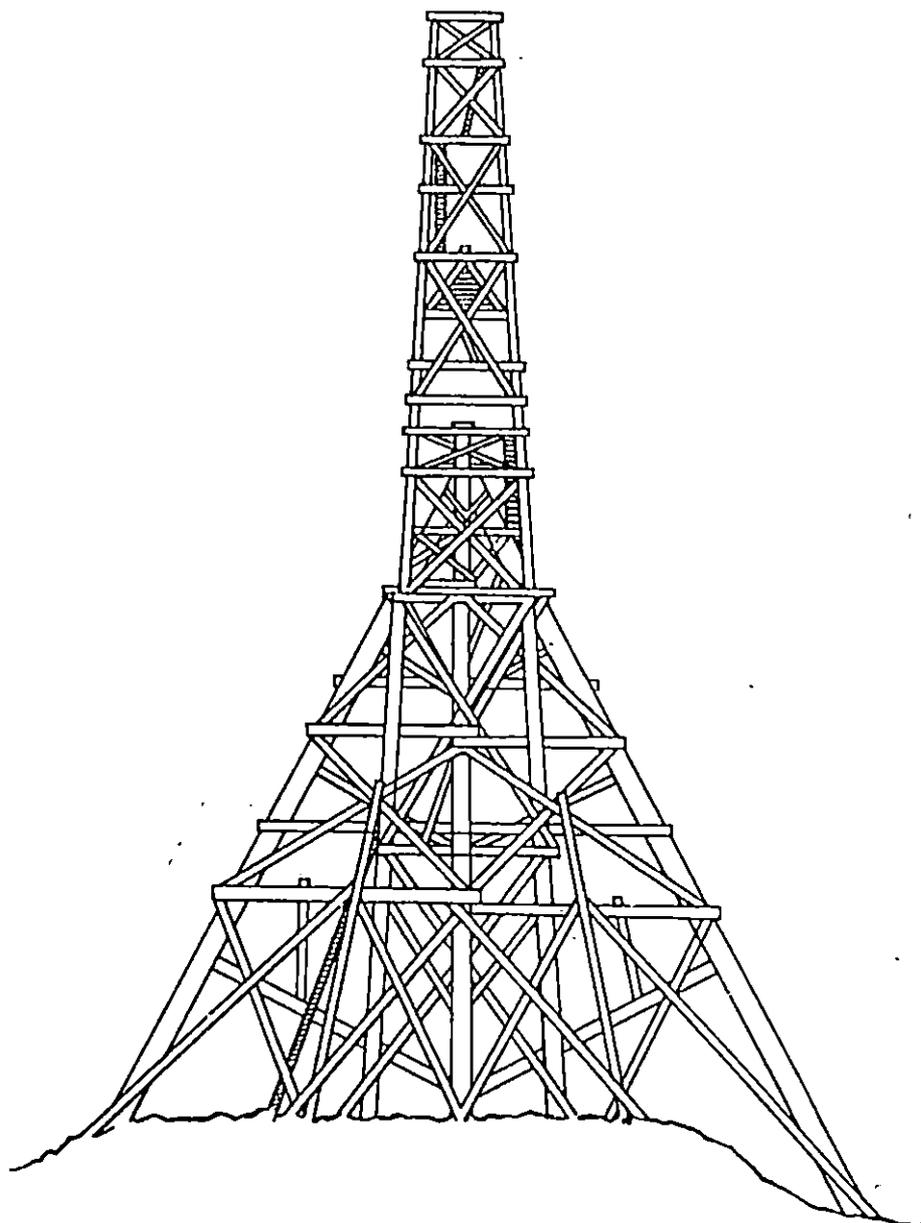
Tanda-tanda dan titik-titik poligon kota dibuat dari tiang (tugu) beton yang ditanam disepanjang jalan raya,

sungai, dan lokasi lainnya yang berdekatan satu sama lainnya.

Tugu beton biasanya tidak tinggi karena akan mengganggu lalu lintas atau perjalanan sehingga ditempatkan diatas permukaan tanah atau jalan tidak tinggi seperti tugu, yaitu kira-kira 0,3 meter. Titik poligon kota jumlahnya banyak dan ketinggian tugu relatif rendah, maka untuk memudahkan pencarian titik tersebut, dibuatkan kartu pengenalan.

Dalam pekerjaan triangulasi kota pada umumnya sering menemui kesulitan untuk melihat titik-titik triangulasi kota, karena rumah-rumah serta kantor dan bangunan lain sering menghalanginya begitu pohon-pohon besar. Untuk memudahkan melihat titik triangulasi kota satu sama lain, maka dibangun konstruksi menara kayu atau bambu seperti terlihat pada gambar no. 39.

Dalam pengukuran triangulasi atau poligon jika ingin menempatkan alat ukur diatas titik, maka alat ditempatkan diatas menara, tapi jangan lupa letak alat tersebut harus sentris diatas titik yang ada diatas permukaan tanah. Pembuatan konstruksi menara tidak hanya pada triangulasi atau poligon kota tetapi hampir semua pengukuran arah yang tidak bisa dilihat karena halangan bangunan maupun tumbuh-tumbuhan.



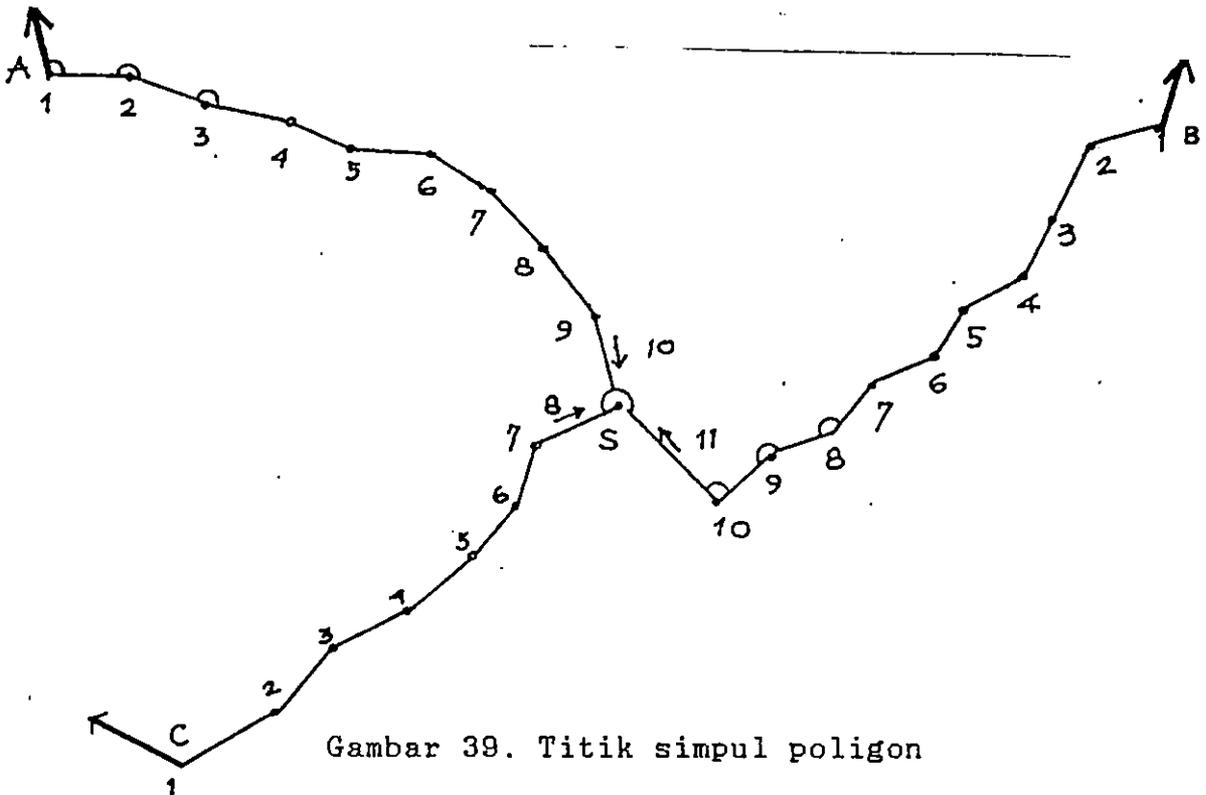
Gabar 38. Konstruksi Menara

(Rais, 1976 ; 127)

J. Menghitung titik simpul dari poligon.

Titik simpul adalah titik gabungan antara tiga atau lebih poligon. Seperti terlihat pada gambar. Titik S adalah titik simpul dari poligon AS, BS dan CS, sedangkan titik A, B dan C merupakan titik tetap awal dan terdapat juga azimuth awal sebagai pengikut.

Apabila tiap poligon yaitu AS, BS dan CS dihitung tersendiri akan didapat harga koordinat titik S. Berbeda satu sama lain, untuk itu perlu dihitung perataan titik simpul. Perataan ini simpul adalah untuk menetapkan satu koordinat titik S yang dapat dari tiga atau lebih koordinat serta lebih dari satu pengamatan dengan memakai ilmu hitung pengamatan.



Gambar 39. Titik simpul poligon

(Rais, 1976 ; hal. 128)

## Prinsip kerja perhitungan titik simpul

### 1. Perataan azimuth

Seperti terlihat pada gambar no. 39 titik simpul poligon, dipilih azimuth S - 10 sebagai azimuth bersama. Azimuth bersama S - 10 ( $\mu$  S - 10), didapat dari perhitungan masing-masing poligon, yaitu :

Dari poligon A ;  $\mu$  S - 10 =  $111^{\circ} 23,6 = 111^{\circ} 21,0 + 2,6'$

Dari poligon B ;  $\mu$  S - 10 =  $111^{\circ} 22,0 = 111^{\circ} 21,0 + 1,0'$

Dari poligon C ;  $\mu$  S - 10 =  $111^{\circ} 21,2 = 111^{\circ} 21,0 + 0,2'$

Setelah didapat azimuth  $\mu$  S - 10 dari ketiga poligon, maka untuk memudahkan perhitungan selanjutnya kita tentukan besaran sudut azimuth pendekatan sebesar  $\mu$  S - 10 =  $111^{\circ} 21,0$ , sisa dari masing-masing sudut azimuth kita anggap sebagai pengamatan yang akan diratakan.

Pada masing-masing poligon dimasukkan faktor "berat" yang berbanding terbalik dengan banyaknya sudut poligon.

Poligon A ; banyaknya sudut poligon = 10, beratnya =  $1/10$ .

Poligon B ; banyaknya sudut poligon = 11, beratnya =  $1/11$ .

Poligon C ; banyaknya sudut poligon = 8 beratnya  $1/8$ .

Beratnya berbanding  $1/10, 1/11, 1/8 : 10 : 9,1 : 12,5$ . Menurut ilmu hitung pengamatan, jika ada sejum-

lah pengamatan  $P_1, P_2, \dots, p_n$ , dengan berat masing-masing :  $g_1, g_2, \dots, g_n$ .

Pengamatan pukul rata didapat dari rumus :

$$\frac{(gp)}{(g)} = \frac{g_1 p_1 + g_2 P_2 + \dots + g_n p_n}{g_1 + g_2 + \dots + g_n}$$

Azimut pukul rata dari  $s - 10$ , adalah ;

$$\begin{aligned} \mu_{s-10} &= 111^\circ 21,0' + \frac{(10 \times 2,6) + (8,1 \times 1,0) + (12,5 \times 0,2)}{10 + 8,1 + 12,5} \\ &= 111^\circ 22,7' \end{aligned}$$

Setelah didapat azimut pukul rata, maka masing-masing poligon diadukan. Korelasi azimut kembali misalnya poligon A mendapat koreksi azimut sebesar  $111^\circ 22,7' - 111^\circ 23,6 = -09$ .

Koreksi ini dibagi rata atas azimut sisi-sisinya.

## 2. Peratakan koordinat

Perhitungan perataan titik simpul (S) didapat setelah selesai perhitungan azimut pembetulan masing-masing poligon.

Perhitungan koordinat titik S;

Dari poligon A;

$$X_S + 3428,5 \text{ m} = +3427,0 + 1,5 \text{ m}$$

$$Y_S = -1749,3 \text{ m} = -1747,3 \text{ m} = -1747,0 - 2,3 \text{ m}.$$

Dari poligon B;

$$X_S = +3429,7 \text{ m} = +3427,0 + 2,7 \text{ m}$$

$$Y_S = -1747,7 \text{ m} = -1747,0 - 0,7 \text{ m}$$

Dari poligon C;

$$XS = +3427,2 = +3427,0 + 0,2 \text{ m}$$

$$YS = -1751,1 = -1747,0 - 4,1 \text{ m}$$

Berat adalah bilangan-bilangan yang berbanding terbalik dengan jumlah panjang sisi poligon.

Misalnya jumlah panjang sisi poligon AS = 1234,5 m, BS = 2643,0 m dan CS = 1756,7 m, maka perbandingan berat dari masing-masing poligon adalah :

$$\frac{1}{1234,5} ; \frac{1}{2643} ; \frac{1}{1756,7} = 8,1 - 3,8 : 5,7$$

Maka koordinat titik S, ditetapkan

$$Xs = 3427,0 \frac{(8,1 \times 1,5) + (3,8 \times 2,7) + (5,7 \times 0,2)}{8,1 + 3,8 + 5,7}$$

$$= 3428,4 \text{ m}$$

$$YS = -1747,0 \frac{(8,1 \times 2,3) + (3,8 \times 0,7) + (5,7 \times 4,1)}{8,1 + 3,8 + 5,7}$$

$$= -1749,5 \text{ m}$$

Setelah didapat koordinat titik S maka titik poligon lainnya dapat dihitung dengan koreksi jarak  $d \sin \mu$  dan  $d \cos \mu$  dari masing-masing sisi poligon.

## K. Contoh Perhitungan Poligon

### 1. Dari pengukuran poligon tertutup

Dari pengukuran poligon tertutup A B C D E F G H I J didapat data ukur;

Sudut azimut awal AB =  $8^{\circ} 03' 50''$

Sudut yang diukur

A =  $140^{\circ} 10' 00''$

B =  $192^{\circ} 33' 10''$

C =  $140^{\circ} 51' 33''$

D =  $116^{\circ} 39' 35''$

E =  $90^{\circ} 16' 05''$

F =  $177^{\circ} 48' 40''$

G =  $190^{\circ} 47' 41''$

H =  $82^{\circ} 21' 45''$

I =  $180^{\circ} 45' 45''$

J =  $127^{\circ} 42' 05''$

Jarak yang diukur

AB = 32,83 m

BC = 43,21 m

CD = 20,36 m

DE = 79,41 m

EF = 48,10 m

FG = 38,22 m

GH = 23,36 m

HI = 47,96 m

JA = 18,81 m

Koordinat titik A [ 0,000 ; 0,000 ]

Hitunglah koordinat titik B, C, D, E, F, G, H, I dan J.

## Penyelesaian

## a) Perhitungan koreksi sudut

$$\Sigma sdt = (n - 2) \times 180^\circ \pm \Sigma k \alpha$$

$$1439^\circ 56' 29'' = (10 - 2) \times 180^\circ \pm \Sigma k \alpha$$

$$1439^\circ 56' 29'' = 1440^\circ + \Sigma k \alpha$$

$$\Sigma k \alpha = +0^\circ 03' 31'' < T = 4,2 \text{ ---} \rightarrow 0k$$

$$k \alpha = \frac{\Sigma K \alpha}{10}$$

$$= 0^\circ 00' 21,1''$$

## b) Perhitungan sudut azimuth

$$1) \mu AB = 8^\circ 3' 50''$$

$$\begin{aligned} 2) \mu BC &= \mu AB + 180^\circ - (\alpha B + \mu K \alpha B) \\ &= 80^\circ 3' 50'' + 180^\circ - (140^\circ 33' 10'' + 0^\circ 0' 2,1'' \\ &= 355^\circ 30' 18,9'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \mu CD &= \mu BC + 180^\circ - (\alpha C + k \alpha C) \\ &= 355^\circ 30' 18,9'' + 180^\circ - (140^\circ 51' 33'' + \\ &\quad 2,1'') \\ &= 394^\circ 38' 24,8'' \\ &= 34^\circ 38' 24,8'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4) \mu DE &= \mu CD + 180^\circ - (\alpha D + k \alpha D) \\ &= 34^\circ 38' 24,8'' + 180^\circ - (116^\circ 39' 45'' + \\ &\quad 21,1'') \\ &= 97^\circ 58' 18,7 \end{aligned}$$

- 5)  $\mu EF = \mu DE + 180^\circ - (\alpha E + k\alpha E)$   
 $= 97^\circ 58' 18,7'' + 180^\circ - (90^\circ 16' 26,1'' + 21,1)$   
 $= 187^\circ 41' 52,6''$
- 6)  $\mu FG = \mu EF + 180^\circ - (\alpha F + K \alpha F)$   
 $= 187^\circ 41' 52,6'' + 180^\circ - (177^\circ 48' + 21,1'')$   
 $= 189^\circ 52' 51,5''$
- 7)  $\mu GH = \mu FG + 180^\circ - (\alpha G + K \alpha G)$   
 $= 189^\circ 52' 51,5'' + 180^\circ - (190^\circ 47' 41'' + 21,1'')$   
 $= 179^\circ 4' 49,4''$
- 8)  $\mu HI = \mu GH + 180^\circ - (\alpha H + K \alpha H)$   
 $= 179^\circ 4' 49,4'' + 180^\circ - (82^\circ 21' 45'' + 21,1'')$   
 $= 276^\circ 42' 43,3''$
- 9)  $\mu IJ = \mu HI + 180^\circ - (\alpha I + K \alpha I)$   
 $= 276^\circ 42' 43,3'' + 180^\circ - (180^\circ 45' 45'' + 21,1'')$   
 $= 275^\circ 56' 37,2''$
- 10)  $\mu JA = \mu IJ + 180^\circ - (\alpha J + K \alpha J)$   
 $= 275^\circ 56' 37,2'' + 180^\circ - (127^\circ 42' 26,1'' + 21,1'')$   
 $= 328^\circ 14' 11,1''$

$$\begin{aligned}
 11) \mu_{AB} &= \mu_{JA} + 180^\circ - (\alpha_A + K \alpha_A) \\
 &= 328^\circ 14' 11,1'' + 180^\circ - (140^\circ 10' 00'' + \\
 &= 21,1'' \\
 &= 8^\circ 03' 50'' \text{ -----} \rightarrow \text{Ok}
 \end{aligned}$$

c) Perhitungan koreksi jarak

1) Koreksi jarak pada sumbu X

$$\sum K X = d \sin \mu = 0 \pm \sum k X$$

$$K X = \frac{K X}{d} \times d$$

$$\begin{aligned}
 X_{AB} &= d_{AB} \sin \mu_{AB} = 32,83 \times \sin 8^\circ 3' 50'' = \\
 &4,605 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_{BC} &= d_{BC} \sin \mu_{BC} = 43,21 \times \sin 355^\circ 30' \\
 &18,9'' = -3,386 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_{CD} &= d_{CD} \sin \mu_{CD} = 20,36 \times \sin 34^\circ 38' 28,4'' \\
 &= 11,573 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_{DE} &= d_{DE} \sin \mu_{DE} = 79,41 \times \sin 97^\circ 58' 18,7 \\
 &= 78,643 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_{EF} &= d_{EF} \sin \mu_{ET} = 48,10 \times \sin 187^\circ 41' 52,6 \\
 &= -6,443 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_{FG} &= d_{FG} \sin \mu_{FG} = 38,22 \times \sin 189^\circ 52' 51,5 \\
 &= -6,559 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_{GH} &= d_{GH} \sin \mu_{GH} = 23,36 \times \sin 179^\circ 4' 49,4'' \\
 &= 0,375 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_{HI} &= d_{HI} \sin \mu_{HI} = 47,96 \sin 276^\circ 42' 42,3'' \\
 &= -47,631 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{IJ} &= d_{IJ} \sin \mu_{IJ} = 18,81 \sin 275^\circ 56' 37,2'' \\ &= -18,709 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{JA} &= d_{JA} \sin \mu_{JA} = 23,44 \sin 328^\circ 14' 11,1'' \\ &= -12,339 \text{ m} \end{aligned}$$

---


$$\Sigma X = \Sigma d \sin \mu = +0,129 \text{ m}$$

$$\Sigma d \sin \mu = 0 \pm \Sigma KX \rightarrow \Sigma KX = -0,129 \text{ m}$$

Koreksi jarak KX

$$K_{XAB} = \frac{-0,129}{375,7} \times 32,83 = -0,011 \text{ m}$$

$$K_{XBC} = \frac{-0,129}{375,7} \times 43,21 = -0,015 \text{ m}$$

$$K_{XCD} = \frac{-0,129}{375,7} \times 20,36 = -0,007 \text{ m}$$

$$K_{XDE} = \frac{-0,129}{375,7} \times 79,41 = -0,028 \text{ m}$$

$$K_{XEF} = \frac{-0,129}{375,7} \times 48,10 = -0,017 \text{ m}$$

$$K_{XFG} = \frac{-0,129}{375,7} \times 38,22 = -0,013 \text{ m}$$

$$K_{XGH} = \frac{-0,129}{375,7} \times 32,36 = -0,008 \text{ m}$$

$$K_{XHI} = \frac{-0,129}{375,7} \times 47,96 = -0,016 \text{ m}$$

$$K_{XIJ} = \frac{-0,129}{375,7} \times 18,81 = -0,006 \text{ m}$$

$$K XJA = \frac{-0,129}{375,7} \times 23,44 = -0,008 \text{ m}$$

---


$$K X = -0,129$$

2) Koreksi jarak pada sumbu Y

$$\Sigma Y = \Sigma d \cos \mu$$

$$YAB = d AB \cos \mu AB = 32,83 \cos 8^\circ 3' 50'' = 32,505 \text{ m}$$

$$YBC = d CD \cos \mu BC = 43,21 \cos 355^\circ 30' 18,9'' = 43,077 \text{ m}$$

$$YDE = d DE \cos \mu DE = 79,41 \cos 97^\circ 58' 18,7 = 11,013 \text{ m}$$

$$YEF = d EF \cos \mu EF = 48,10 \cos 187^\circ 41' 52,6 = -47,667 \text{ m}$$

$$YFG = d FG \cos \mu FG = 38,22 \cos 180^\circ 52' 51,5'' = -37,653 \text{ m}$$

$$YGH = d GH \cos \mu GH = 23,36 \cos 179^\circ 04' 49,4'' = -23,357 \text{ m}$$

$$YHI = d HI \cos \mu HI = 47,96 \cos 276^\circ 42' 32,3'' = 5,606 \text{ m}$$

$$YIJ = d IJ \cos \mu IJ = 18,81 \cos 275^\circ 56' 37,2'' = 1,948 \text{ m}$$

$$YJA = d JA \cos \mu JA = 23,44 \cos 328^{\circ} 14' 11,1''$$

$$= 19,929$$

---


$$\Sigma d \cos \mu = 0,126 \text{ m}$$

$$\Sigma d \cos \mu = 0 + \Sigma KY$$

$$\Sigma KY = -0,126 \text{ m}$$

$$K YAB = \frac{-0,126}{375,7} \times 32,83 = -0,011 \text{ m}$$

$$K YBC = \frac{-0,126}{375,7} \times 43,21 = -0,014 \text{ m}$$

$$K YCD = \frac{-0,126}{375,7} \times 32,83 = -0,007 \text{ m}$$

$$K YDE = \frac{-0,126}{375,7} \times 79,41 = -0,027 \text{ m}$$

$$K YEF = \frac{-0,126}{375,7} \times 48,10 = -0,016 \text{ m}$$

$$K YFG = \frac{-0,126}{375,7} \times 38,22 = -0,013 \text{ m}$$

$$K YGH = \frac{-0,126}{375,7} \times 23,36 = -0,008 \text{ m}$$

$$K YHI = \frac{-0,126}{375,7} \times 47,96 = -0,076 \text{ m}$$

$$K YIJ = \frac{-0,126}{375,7} \times 18,81 = -0,006 \text{ m}$$

$$K_{YJA} = \frac{-0,126}{375,7} \times 23,44 = -0,008 \text{ m}$$


---


$$\Sigma KY = -0,126 \text{ m}$$

c. Perhitungan Koordinat titik

1) Absis (sumbu X)

$$X_A = + 0,000$$

$$\begin{aligned} X_B &= X_A + (d_{AB} \sin \mu_{AB} + K_X AB) = 0 + (4,605 - \\ &\quad 0,011) \\ &= +4,594 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_C &= X_B + d_{BC} \sin \mu_{BC} + K_X BC = 4,594 + (-3,386 - \\ &\quad 0,015) \\ &= +1,193 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_D &= X_C + d_{CD} \sin \mu_{CD} + K_X CD = 1,193 + (11,573 - \\ &\quad 0,007) \\ &= +12,759 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_E &= X_D + d_{DE} \sin \mu_{DE} + K_X DE \\ &= +12,759 + (78,643 - 0,028) \\ &= +91,374 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_F &= X_E + d_{EF} \sin \mu_{EF} + K_X EF \\ &= +91,374 + (-6,443 - 0,017) \\ &= + 84,914 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_G &= X_F + d_{FG} \sin \mu_{FG} + K_X FG \\ &= +84,914 + (-6,559 - 0,013) \\ &= +78,342 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 XH &= XG + d GH \sin \mu GH + KX GH \\
 &= +78,342 + (0,375 - 0,008) \\
 &= +78,709
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 XI &= XH + d HI \sin \mu HI + KX HI \\
 &= +78,709 + (-47,631 - 0,016) \\
 &= +31,062
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 XJ &= XI + d IJ \sin \mu IJ + KX IJ \\
 &= +31,062 + (-18,709 - 0,006) \\
 &= +12,347
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 XA &= XJ + d JA \sin \mu JA + KX JA \\
 &= +12,347 + (-12,339 - 0,008) \\
 &= +0,000
 \end{aligned}$$

2) Ordinatat (Sumbu Y)

$$YA = + 0,000$$

$$\begin{aligned}
 YB &= YA + d AB \cos \mu AB + KY AB \\
 &= 0 + (32,505 + 0,011) \\
 &= + 32,494
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 YC &= YB + d BC \cos \mu BC + KY BC \\
 &= 32,494 + (43,077 - 0,014) \\
 &= +75,557
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 YD &= YC + d CD \cos \mu CD + KY CD \\
 &= + 75,557 + (16,751 - 0,007) \\
 &= + 92,301
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 YE &= YD + d DE \cos \mu DE + KY DE \\
 &= + 92,301 + (-11,013 - 0,027) \\
 &= + 81,261
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 YF &= YE + d EF \cos \mu EF + KY EF \\
 &= +81,261 + (-47,667 - 0,016) \\
 &= + 33,578
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 YG &= YF + d FG \cos \mu FG + KY FG \\
 &= + 33,578 + (-37,653 - 0,013) \\
 &= -4,088
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 YH &= YG + d GH \cos \mu GH + KY GH \\
 &= -4,088 + (-23,357 - 0,008) \\
 &= -27,453
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 YI &= YH + d HI \cos \mu HI + KY HI \\
 &= -27,453 + (5,606 - 0,076) \\
 &= -21,863
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 YJ &= YI + d IJ \cos \mu IJ + KY IJ \\
 &= -21,863 + (1,948 - 0,006) \\
 &= -19,921
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 YA &= YI + d JA \cos \mu JA + KY JA \\
 &= -19,921 + (19,929 - 0,008) \\
 &= 0,000.
 \end{aligned}$$

Tabel 12. Perhitungan Poligon Tertutup

No.	Sudut Dalam ( $\alpha$ )	Koreksi sudut K sdt	Sudut Azimut $\mu$	Jarak d (m)	Segitiga X		Segitiga Y		Koordinat	
					d sin $\mu$	K x	d cos $\mu$	KY	X	Y
A	140° 10' 00''	21,1							+ 0,000	+0,000
			8° 03' 50"	32,83	4,605	-0,011	32,505	-0,011		
B	192° 33' 10''	21,1"							+ 4,594	+54,494
			355° 30' 18,9"	43,21	-3,386	-0,015	43,077	-0,077		
C	140° 51' 33''	21,1"							+ 1,193	+75,557
			34° 38' 24,8"	20,36	11,573	-0,007	16,751	-0,007		
D	116° 39' 45''	21,1"							+12,759	+92,301
			97° 58' 18,7"	79,41	78,643	-0,028	-11,013	-0,027		
E	90° 39' 45''	21,1"							+91,374	+81,261
			187° 41' 52,6"	48,10	-6,443	-0,017	-47,667	-0,016		
F	177° 48' 40''	21,1"							+84,914	+33,578
			189° 52' 51,5"	38,22	-6,559	-0,013	-37,653	-0,013		
G	190° 47' 41''	21,1"							+78,342	- 4,088
			179° 04' 49,4"	23,36	0,375	-0,008	-23,357	-0,008		
H	82° 21' 45''	21,1"							+78,709	-27,453
			276° 42' 43,3"	47,96	-47,631	-0,016	5,606	-0,016		
I	180° 45' 45''	21,11							+31,062	-21,863
			328° 14' 11,1"	18,81	-18,709	-0,006	1,984	-0,006		
J	127° 42' 05''	21,11							+12,347	-19,921
			08° 03' 50"	23,44	-12,339	-0,008	19,929	-0,008		
A									+ 0,000	+ 0,000
	1439° 56' 29''	0° 3' 31"		375,7	+ 0,129	-0,129	+ 0,126	-0,126		
	E sdt	$\Sigma k \alpha$		$\Sigma d$	$\Sigma d \sin \mu$	$\Sigma K x$	$\Sigma d \cos \mu$	$\Sigma KY$		

## 2. Diketahui hasil pengukuran poligon.

Diantara titik A dan B dibuat sebuah poligon terbuka dengan 5 titik, yaitu titik 1, 2, 3, 4 dan 5.

Titik awal pengukuran adalah titik A dan titik akhir pengukuran titik B. Azimut awal AP dan azimut akhir BQ.

Data ukur sebagai berikut :

Koordinat titik A [-2.789,54 ; + 1.228,94]  
 B [-3.117,68 ; + 1.378,67]  
 P [-2.094,76 ; + 1.489,20]  
 Q [-3.012,87 ; + 1.346,71]

Sudut	Jarak
A = 293° 27' 40''	A - 1 = 99,94 m
1 = 59° 21' 00''	1 - 2 = 73,83 m
2 = 236° 38' 56''	2 - 3 = 75,70 m
3 = 179° 35' 18''	3 - 4 = 67,04 m
4 = 179° 29' 11''	4 - 5 = 72,20 m
5 = 139° 02' 21''	5 - B = 81,19 m
B = 29° 56' 02''	

Pertanyaan ; Hitung koordinat titik 1, 2, 3, 4 dan 5.

Penyelesaian ;

Untuk menyelesaikan poligon terbuka bentuk terikat sempurna, harus memenuhi syarat ;

- a) Titik awal dan akhir mempunyai koordinat titik.
- b) Garis awal dan akhir mempunyai sudut azimuth.

Dilihat dari data poligon tersebut, baru syarat kedua koordinat titik yang terpenuhi sedangkan sudut azimuth awal dan akhir belum dan harus dicari dulu dari koordinat titik yang diketahui.

- 1) Menentukan azimuth awal dan azimuth akhir.

$$\text{tg } \mu \text{ AP} = \frac{XP - XA}{YP - YA}$$

$$= \frac{(-2.094,76 - (-2789,54))}{1.489,20 - 1228,94}$$

$$\mu AP = 69^{\circ} 27' 51''$$

$$\begin{aligned}\mu PA &= \mu AP + 180^{\circ} \\ &= 69^{\circ} 27' 51'' + 180^{\circ} \\ &= 249^{\circ} 27' 51''\end{aligned}$$

atau

$$\begin{aligned}\operatorname{tg} \mu PA &= \frac{XA - XP}{YA - YP} \\ &= \frac{-2789,54 - (-2094,76)}{1228,94 - 1489,20} \\ &= \frac{-694,78}{-260,26} \quad \text{-----} \rightarrow \text{Kwadrant III}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu PA &= 180^{\circ} + 69^{\circ} 27' 51'' \\ &= 249^{\circ} 27' 51''\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\operatorname{tg} \mu BQ &= \frac{XQ - XB}{YQ - YB} \\ &= \frac{-3012,87 - 3117,68}{1346,71 - 1378,67} \\ &= \frac{+104,81}{-31,96} \quad \text{-----} \rightarrow \text{Kwadrant II}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu BQ &= 180^{\circ} - 73^{\circ} 02' 30'' \\ &= 106^{\circ} 57' 30''\end{aligned}$$

## 2) Koreksi sudut

$$\Sigma \text{ sdt} = (\mu ak - \mu aw) + \text{no. } 180^{\circ} \pm \Sigma k \alpha$$

$$1117^{\circ} 30' 28'' = (106^{\circ} 57' 30'' - 249^{\circ} 27' 51'') + 70 \quad 180^{\circ}$$

$$\pm \Sigma k \alpha$$

$$1117^{\circ} 30' 28'' = 1117^{\circ} 29' 39'' \pm \Sigma k \alpha$$

$$\Sigma k \alpha = -49''$$

$$\begin{aligned} k \alpha &= \frac{\Sigma k \alpha}{n} \\ &= \frac{-49''}{7} \\ &= -7'' \end{aligned}$$

### 3) Perhitungan sudut azimut.

$$\mu PA = 249^{\circ} 27' 51''$$

$$\begin{aligned} \mu A - 1 &= \mu PA + (\alpha A + K \alpha A) - 180^{\circ} \\ &= 249^{\circ} 27' 51'' + (293^{\circ} 27' 40'' - 7'') - 180^{\circ} \\ &= 2^{\circ} 55' 24'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu 1 - 2 &= \mu A - 1 + (\alpha 1 + K \alpha 1) \\ &= 2^{\circ} 55' 24'' + (59^{\circ} 21' 00'' - 7'') - 180^{\circ} \\ &= 242^{\circ} 16' 17'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu 2 - 3 &= \mu 1 - 2 + (\alpha 3 + K \alpha 3) - 180^{\circ} \\ &= 242^{\circ} 16' 17'' + (236^{\circ} 38' 56'' - 7'') - 180^{\circ} \\ &= 298^{\circ} 55' 06'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu 3 - 4 &= \mu 1 - 2 + (\alpha 3 + K \alpha 3) - 180^{\circ} \\ &= 298^{\circ} 55' 06'' + (179^{\circ} 35' 118'' - 7'') - 180^{\circ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu 4 - 5 &= \mu 3-4 + (\alpha 4 + K \alpha 4) - 180^{\circ} \\ &= 298^{\circ} 30' 17'' + (179^{\circ} 29' 11'' - 7'') - 180^{\circ} \\ &= 297^{\circ} 59' 21'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu 5 - B &= \mu 4-5 + (\alpha 5 + K \alpha 5) - 180^{\circ} \\ &= 297^{\circ} 59' 21'' + (139^{\circ} 02' 21'' - 7'') - 180^{\circ} \end{aligned}$$

$$= 257^{\circ} 01' 35''$$

$$\mu_{BQ} = \mu_5 - B + (\alpha_B + K \alpha_B) - 180^{\circ}$$

$$= 257^{\circ} 01' 35'' + (29^{\circ} 56' 02'' - 7'') - 180^{\circ}$$

$$= 106^{\circ} 57' 30''$$

Untuk perhitungan koordinat titik bisa dilihat pada tabel perhitungan poligon terbuka.

Tabel 13. Perhitungan Poligon Terbuka

No.	Sudut	K sdt	Azimut $\mu$	Jarak d (m)	Segitiga X		Segitiga Y		Koordinat	
					d sin $\mu$	K x	d cos $\mu$	KY	X	Y
P	.	.	.	.	.	.	.	.	-2074,76	+1489,20
A	293° 27' 40''	-7''	249° 27' 51"	99,94	+ 5,097	+ 0,031	+97,810	+0,003	-2787,54	+1228,940
1	59° 21' 00''	-7''	2° 55' 24"	73,83	-65,351	0,030	-34,352	0,003	-2784,412	+1328,753
2	236° 38' 56''	-7''	242° 16' 17"	75,70	-66,261	0,030	+36,606	0,003	-2847,733	+1294,404
3	179° 35' 18''	-7''	298° 55' 06"	67,04	-58,913	0,020	+31,994	0,002	-2915,964	+1331,013
4	179° 29' 11''	-7''	298° 30' 17"	72,20	-63,755	0,020	+33,884	0,002	-2974,857	+1363,009
5	139° 02' 21''	-7''	297° 59' 21"	81,19	-79,118	0,030	-18,227	0,002	-3038,592	+1396,895
B	29° 56' 02''	-7''	257° 01' 35"	106° 57' 30''					-3117,68	+1378,67
Q									-3012,87	+1346,71
	1117° 30' 28''	-49''	1117° 29' 39''		-328,301	-0,161	149,715	+0,015	-328,140	+149,730
	$\Sigma$ sdt	$\Sigma$ k sdt	$(\mu_k - \mu_{aw}) + n \times 180$	$\Sigma$ d	$\Sigma$ d sin $\mu$	$\Sigma$ K x	$\Sigma$ d cos $\mu$	$\Sigma$ KY	( $X_k - X_{aw}$ )	( $Y_k - Y_{aw}$ )

## DAFTAR PUSTAKA

- Banister. A, Raymond. S, (1979), Surveying, London, Pitman Publishing Limited.
- Dugdale, RH, (1980), Surveying, London, Godwin Study Guides.
- Foote. Davis, Kelly, (1968), Surveying, New York, Mc Graw Hall Book Company.
- Frick. Heinz, Ir, (1979), Alat Ukur Tanah dan Penggunaannya, Yogyakarta, Penerbit, Yayasan Kanisius.
- Gayo, Yusuf, Ir, dkk, (1983), Pengukuran Topografi dan Teknik Pemetaan, Jakarta, Penerbit PT. Pradnya Paramita.
- Pentax, Instruction Book Theodolit Pentax TH20, Tokyo, Ashashi Precion Co. Ltd.
- Rais. Yacub, (1976), Ilmu Ukur Tanah, Jakarta, Penerbit PT. Pradnya Paramita.
- Sugihardjo, (1982), Ukur Tanah, Bandung, Pusdiklat PU.
- Sinaga. I, Ir, MSurv Sc, (1984), Teori dan Praktek Pengukuran Tanah dan Pemetaan, Jakarta, Penerbit Pelangi.
- Wongsotjitro. Soetomo, (1977), Ilmu Ukur Tanah, Yogyakarta, Penerbit Yayasan Kanisius.