

**ILMU UKUR TANAH**  
**SERI DASAR - DASAR PEMETAAN**



WILAYAH PERPUSTAKAAN	
DITERIMA TGL.	: <u>September '98</u>
SUMBER / HARGA	: <u>H / 1</u>
KOLEKSI	: <u>K</u>
NO. INVENTARIS	: <u>1009 / K / 98-12 / 2</u>
NO. STAMPA	: <u>526</u> <u>Ar.</u> <u>42</u>

OLEH  
DRS. AN ARIZAL

**FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN**  
**IKIP PADANG**  
**1998**

## KATA PENGANTAR

Buku ini diperuntukkan bagi para pembaca terutama tenaga teknik atau tenaga-tenaga yang bergerak dalam pekerjaan pengukuran tanah.

Dalam buku ini penulis hanya membicarakan sebagian dari ilmu yang lebih luas tentang pengukuran tanah, membahas tentang prinsip dasar hitungan sistem koordinat dan poligon.

Kesemuanya ini disusun berdasarkan pengalaman penulis dalam mengajar mata kuliah " Ilmu Ukur Tanah " di-FPTK IKIP Padang, dan diperkaya dengan literatur-literatur yang telah penulis pelajari.

Mudah-mudahan buku ini dapat hadir di tengah para pembaca dengan membawa sumbangan yang berarti, dengan harapan mohon sumbangan saran dan kritik, guna perbaikan yang menuju kearah kesempurnaannya buku ini.

Akhirnya penulis mengucapkan terima kasih kepada teman-teman sejawat, yang telah memberikan dorongan serta informasi kepada penulis hingga terciptanya buku ini.

Padang, Maret 1998

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	ii
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
A. Defenisi Pengukuran Tanah .....	1
B. Kegunaan Pengukuran Tanah .....	3
C. Pengertian Peta .....	4
D. Skala Peta .....	5
E. Pengukuran Pemetaan .....	6
F. Satuan Ukuran .....	7
BAB II. PRINSIP DASAR HITUNGAN SISTEM KOORDINAT ..	10
A. Menghitung Sistem Koordinat .....	10
B. Menghitung Kuadran, Sudut Jurusan, Azimut dan Bearing .....	11
C. Contoh Soal Hitungan Sistem Koordinat .	19
BAB III. P O L I G O N .....	26
A. Pengertian Poligon .....	26
B. Pengukuran Poligon .....	28
C. Hitungan Poligon .....	48
DAFTAR KEPUSTAKAAN .....	57

BAB I  
PENDAHULUAN

A. Defenisi Pengukuran Tanah

Pengukuran tanah sering juga disebut orang dengan surveying, sedangkan surveying berasal dari kata survei. Survei ialah suatu kegiatan penyelidikan untuk mengumpulkan data-data yang otentik, survei dapat dibagi atas tiga jenis kelayakan yaitu ;

1. Survei Kelayakan ( Fisibility Study )

Yang dimaksud dengan survei kelayakan ialah suatu peninjauan umum terhadap apa yang akan diselidiki nantinya. Peninjauan ini disebut juga fisibility study. Misalnya untuk perencanaan pembangunan suatu komplek perumahan, pertokoan, pengembangan kota dan lain-lainnya, terlebih dahulu diadakan penjajakan lapangan secara umum untuk mendapatkan bahan pertimbangan apakah layak untuk dibangun komplek tersebut pada area yang telah ditentukan itu.

2. Observasi ( Observation )

Observasi merupakan tindak lanjut dari fisibility study, disini dilakukan pencatatan data dari hasil pengamatan langsung. Misalnya untuk membangun suatu komplek tersebut diperlukan data-data tentang ;

a. Situasi umum lapangan

b. Situasi umum di luar batas komplek, seperti adanya bangunan lain, kebun, sungai, hutan dan lain-lainnya.

c. Kemungkinan mendapatkan sumber-sumber air, pembuangan air kotor ( drainase ), pengaliran air hujan, sumber penerangan, hubungan jalan raya dan lain-lain.

3. Pengukuran ( Measurement )

Pengukuran adalah suatu kegiatan untuk mempero-

leh data dengan jalan mengadakan pengukuran langsung terhadap objek. Pengukuran merupakan langkah ke tiga dari survei yang dapat menghasilkan data-data yang otentik, oleh karena itu pengukuran dalam Ilmu Ukur Tanah disebut survei, jenis pekerjaan survei ini meliputi ;

- a. Pengukuran tinggi rendahnya tanah
- b. Pengukuran luas dan jarak
- c. Pengukuran situasi

Ilmu Ukur Tanah ialah bagian rendah dari ilmu yang lebih luas yang dinamakan Ilmu Geodesi.

Ilmu Geodesi mempunyai dua maksud yaitu;

1. Maksud ilmiah; yaitu mempelajari bentuk dan besar bulatan bumi.
2. Maksud praktis; yaitu mempelajari usaha penggambaran sebahagian besar atau sebahagian kecil permukaan bumi yang dinamakan peta.

Maksud pengukuran dalam Ilmu Ukur Tanah adalah maksud praktis di atas, maksud ini dicapai dengan mempelajari bagaimana melakukan pengukuran di atas permukaan bumi yang mempunyai bentuk tidak beraturan karena adanya gunung-gunung dan lembah-lembah, daratan dan sebagainya. Pengukuran dalam Ilmu Ukur Tanah dibatasi atas pengukuran horizontal dan pengukuran vertikal antara titik-titik yang diukur di atas permukaan bumi.

Untuk mempermudah pengukuran permukaan bumi yang tidak beraturan tersebut serta memindahkannya ke dalam bidang gambar ( peta ) maka harus memakai bidang perantara yaitu ;

- a. Bidang elipsoide bila luas daerah  $5500 \text{ km}^2$
- b. Bidang bulatan untuk luas yang mempunyai ukuran terbesar  $100 \text{ km}$ , jari-jari bulatan ini dipilih sedemikian rupa, sehingga bulatan menyinggung

permukaan bumi di titik tengah daerah.

- c. Bidang datar, bila daerah mempunyai ukuran terbesar tidak melebihi 55 km ( kira-kira 10 jam jalan kaki ).

Bidang perantara yang dipakai untuk pengukuran dalam Ilmu Ukur Tanah adalah bidang datar sebagai bidang perantara, sehingga daerah yang diukur hanya mempunyai ukuran terluas sebesar 55 km.

## B. Kegunaan Pengukuran Tanah

Pengukuran tanah adalah salah satu seni paling tua dan terpenting yang dipraktekkan manusia karena sejak dahulu kala sudah dirasakan perlunya menandai batas-batas dan pemetakan sawah. Dalam kehidupan masyarakat yang semakin maju dan modern sekarang ini pengukuran tanah juga mengalami perkembangan yang sangat pesat sekali. Hasil-hasil pengukuran saat ini dipakai untuk ;

1. Menentukan pemetakan permukaan bumi di atas dan di bawah permukaan laut.
2. Menyiapkan peta-peta navigasi untuk pengamanan lalu lintas di udara, laut dan daratan.
3. Menentukan batas-batas tanah pribadi dan tanah negara.
4. Menentukan bada tinggi di atas permukaan bumi.
5. Menentukan panjang, arah dan kedudukan dari suatu garis yang terdapat pada permukaan bumi yang merupakan batas dari suatu areal tertentu.
6. Sebagai dasar perencanaan dalam pekerjaan konstruksi dibidang pembuatan jalan, jembatan, bangunan gedung, pertanian, pembukaan lahan hutan, irigasi dan lain-lain sebagainya.
7. Mengembangkan bank data informasi tata guna tanah dan sumber daya alam yang membantu dalam pengelolaan lingkungan hidup.

8. Menentukan fakta-fakta tentang ukuran , bentuk, gaya berat dan medan magnet bumi.
9. Mempersiapkan peta-peta bulan dan planet-planet.

Pengukuran tanah semakin memainkan peranan yang sangat penting dalam banyak cabang rekayasa, sebagai contoh pengukuran diperlukan untuk merencanakan, membangun dan memelihara jalan-jalan raya, jalan baja, sistem-sistem perhubungan cepat, bangunan, jembatan, tempat peluncuran proyektil, tempat peluncuran roket, stasiun pelacak, terowongan, terusan, saluran irigasi, bendungan, saluran pembuangan air, pengkaplingan tanah-tanah perkotaan, sistem penyediaan air dan saluran pembuangan air limbah, jalur perpipaan dan terowongan pertambangan.

Semua juru ukur harus tahu batas-batas ketelitian yang mungkin dalam konstruksi, rancangan dan perencanaan pabrik dan proses pengkhalakan( manufacturing ), walaupun pengukuran sebenarnya dapat dikerjakan oleh orang lain.

Disamping menekankan perlunya batas-batas ketelitian yang wajar, pengukuran tanah menitik beratkan nilai angka-angka terpakai. Para juru ukur harus tahu kapan harus bekerja sampai perseratusan kaki dan bukan persepuluhan, serta sejauh mana data pengukuran yang perlu untuk kebenaran pelaksanaan, perhitungan hingga sejumlah angka di belakang koma yang dikehendaki. Dengan pengalaman mereka mempelajari bagaimana peralatan dan petugas yang tersedia menentukan prosedur dan hasilnya.

### C. Pengertian Peta

Peta mempunyai pengertian yaitu gambaran permukaan bumi yang dilihat secara vertikal dari atas terhadap bidang datar. Peta harus mempunyai persyaratan-persyaratan sebagai berikut;

1. Harus mempunyai skala.

2. Memakai sistem proyeksi.
3. Mempunyai legenda ( tanda gambar )
4. Mempunyai tulisan untuk keterangan yang lengkap.

Dari pengertian di atas peta tersebut harus berfungsi antara lain ;

1. Memperlihatkan ukuran dari peta seperti ; luas daerah, jarak dan tingginya di atas permukaan bumi.
2. Memperlihatkan posisi satu sama lainnya sesuatu tempat serta hubungannya di atas permukaan bumi.
3. Memperlihatkan bentuk daerah-daerah yang dilakukan pemetaan.

Dalam kenyataannya tidak mungkin membuat peta dengan memenuhi ketiga fungsi di atas, maka untuk itu perlu dibuat klasifikasi peta sesuai dengan kegunaannya antara lain;

1. Peta yuridis ekonomi; yang dipakai untuk keperluan pendaftaran tanah, dalam rangka jual beli tanah.
2. Peta teknik; yang dipakai untuk keperluan proyek-proyek pengairan, jalan raya, jalan keretaapi, jembatan, kanal dan pelabuhan serta bangunan gedung.
3. Peta topografi; yang memperlihatkan letak detail-detail jalan, batas kampung, hutan, bentuk daerah dan lain-lain.
4. Peta hidrografi; digunakan untuk pelayaran, peraturan pelayaran pantai. Disini dijelaskan tentang kedalaman air laut serta keterangan yang diperlukan untuk pelayaran.
5. Peta khusus; yang digunakan untuk keperluan khusus misalnya peta statistik, peta pengairan, peta lalu lintas atau peta jalan raya, peta geologi.
6. Peta dunia; yang menggambarkan bentuk pulau-pulau diseluruh dunia.

#### D. Skala Peta

Skala peta adalah suatu perbandingan linier dari keadaan di atas peta atau kertas gambar dengan keadaan



sebenarnya di atas permukaan bumi. Sebagai contoh skala peta dengan perbandingan 1 : 10.000 berarti 1 mm di atas kertas gambar sama dengan 10.000 mm ( 10 meter ) di atas permukaan bumi.

Penentuan pemakaian skala peta didasarkan kepada;

1. Dapat mengukur jarak-jarak dalam peta dengan teliti.
2. Dapat menggambarkan suatu yang luas dengan kesalahan seminimal mungkin.

Bila kita tinjau pembagian skala peta terdiri dari;

1. Peta teknik, dengan skala 1 : 5.000 dan lebih besar  
1 : 1.000, 1 : 500, 1 : 200 dan seterusnya.
2. Peta topografi, dengan skala 1 : 10.000 sampai  
skala 1 : 200.000
3. Peta geografi, dengan skala 1 : 200.000, 1 : 500.000  
dan seterusnya.

#### E. Pengukuran Pemetaan

Dalam melakukan pengukuran pemetaan, ada dua cara yang dapat dilakukan sebagai berikut :

1. Cara fotografi udara
2. Cara terestris

Cara fotografi udara digambarkan secara vertikal atau miring sesuai dengan sumbu optik kameranya vertikal atau tidak vertikal. Perlu dicatat disini bahwa suatu foto vertikal apabila pada saat pemotretannya film benar-benar terpasang horizontal.

Dalam prakteknya fotografi udara vertikal merupakan yang lazim dipakai, karena kamera dipasang pada pesawat terbang. Akan tetapi vertikal yang benar-benar jarang diperoleh kecuali dengan memberikan adanya toleransi kemiringan, biasanya ketidak telitiannya dapat diabaikan apabila toleransi kemiringan tersebut kurang dari  $3^{\circ}$ .

Dalam pelaksanaannya foto-foto udara biasanya diambil satu demi satu, meskipun secara keseluruhan foto-

foto tersebut merupakan suatu rangkaian foto yang diambil pada interval teratur sepanjang jalur penerbangan pesawat.

Pada umumnya foto tunggal tidak bisa dipergunakan untuk pengukuran yang teliti dari detail-detail, oleh sebab itu untuk memperoleh hasil yang teliti dipergunakan foto-foto berpasangan dan melihatnya secara stereoskopis dan dengan teknik-teknik tertentu dapat dilakukan pengukuran-pengukuran dari foto tersebut dan peta-pun dapat digambarkan.

Sedangkan cara terestris adalah pengukuran pemetaan yang seluruhnya dilakukan langsung di lapangan dan hasilnya secara vertikal.

Pada pengukuran di lapangan akan didapatkan sejumlah titik-titik atau tugu tertentu dengan koordinatnya dan tingginya. Tujuan pengukuran untuk membentuk jaringan triangulasi yang dilengkapi dengan data-data sehingga kita dapat menggambar peta. Pengukuran dapat dilakukan dengan sistem koordinat, yang akan dibahas lebih lanjut pada bab berikutnya.

## F. Satuan Ukuran

### 1. Panjang

Satuan panjang dapat dinyatakan dengan dua sistem, yaitu sistem Metrik dan sistem British.

Metrik 1 kilometer = 10 hektometer ( 1 km = 10 hm )

1 hektometer = 10 dekameter ( 1 hm = 10 dam )

1 dekameter = 10 meter ( 1 dam = 10 m )

1 meter = 10 decimeter ( 1 m = 10 dm )

1 decimeter = 10 centimeter ( 1 dm = 10 cm )

1 centimeter = 10 milimeter ( 1 cm = 10 mm )

British 1 mile = 1760 yard

1 yard = 3 feet ( 1 yard = 3' )

1 feet = 12 inchi ( 1' = 12" )

1 inchi = 2,54 cm

$$1 \text{ feet} = 0,3048 \text{ m}$$

$$1 \text{ m} = 3,28023 \text{ feet}$$

$$1 \text{ cm} = 0,397 \text{ inchi}$$

Pada saat ini satuan ukuran panjang yang dipakai sudah diseragamkan ke dalam satuan metrik ( meter ).

## 2. Luas

Satuan ukuran luas yang digunakan pada Ilmu Ukur Tanah adalah ;  $1 \text{ m}^2$ ,  $1 \text{ a ( are )} = 100 \text{ m}^2$ ,  $1 \text{ ha ( hektare )} = 10.000 \text{ m}^2$  dan  $1 \text{ km}^2 = 10^6 \text{ m}^2$ .

## 3. Sudut

Dasar untuk menyatakan besarnya sudut ialah lingkaran yang dibagi dalam empat bagian yang dinamakan kuadran.

### a. Cara Seksagesimal

Cara ini ialah dengan jalan membagi lingkaran menjadi 360 bagian yang dinamakan derajat, sehingga satu kuadran ada 90 derajat. Satu derajat dibagi dalam 60 menit dan satu menit dibagi lagi menjadi 60 sekon (  $1^\circ = 60' = 60''$  )

### b. Cara Sentisimal

Cara ini ialah membagi lingkaran menjadi 400 bagian, sehingga satu kuadran mempunyai 100 bagian yang disebut grade, satu grade dibagi menjadi 100 centigrade dan 1 centigrade dibagi lagi dalam 100 centicentigrade (  $1 \text{ g} = 100 \text{ c}$ ,  $1 \text{ c} = 100 \text{ cc}$  ).

Cara sentisimal ini lambat laun menyampingkan cara seksagesimal, karena untuk pengukuran cara sentisimal lebih mudah digunakan dari pada cara seksagesimal. Tetapi meskipun demikian cara sentisimal tidak dapat menggantikan cara seksagesimal seluruhnya, karena pada Ilmu Astronomi dan Ilmu Geografi tetap digunakan cara seksagesimal untuk penentuan waktu, bujur dan lintang tempat-tempat di atas permukaan bumi.

Hubungan antara satuan cara seksagesimal dan satuan cara sentisimal dapat dicari dengan dibaginya lingkaran dalam 360 bagian cara seksagesimal dan dalam 400 bagian cara sentisimal, maka didapat hubungan sebagai berikut ;

$$\begin{aligned} 360^{\circ} &= 400^{\text{g}} \\ 1^{\circ} &= 1^{\text{g}},1111\dots & 1^{\text{g}} &= 0,9^{\circ} \\ 1' &= 1^{\text{c}},85185185\dots & 1^{\text{c}} &= 0,54' \\ 1'' &= 3^{\text{cc}},08641975 & 1^{\text{cc}} &= 0,324'' \end{aligned}$$

c. Cara Radial

Dengan cara ini untuk menyatakan sudut ialah dengan cara menggunakan radial sebagai satuan sudut. Sudut pusat di dalam lingkaran yang mempunyai busur sama dengan jari-jari lingkaran adalah sebesar satu radial. Keliling lingkaran ada  $2\pi r$ , maka besar sudut lingkaran  $= \frac{2\pi r}{r} = 2\pi$  radial.

Maka hubungan antara ketiga cara ini ( derajat, grade, dan radial ) adalah  $360^{\circ} = 400^{\text{g}} = 2\pi$  radial. Satu radial disingkat dengan rad. menjadi ;

$$\begin{aligned} 1 \text{ rad.} &= \frac{360^{\circ}}{2\pi} = \frac{400^{\text{g}}}{2\pi} \\ 1 \text{ rad.} &= \frac{360 \times 60'}{2\pi} = \frac{360 \times 360 \times 60''}{2\pi} \\ 1 \text{ rad.} &= \frac{400 \times 100^{\text{c}}}{2\pi} = \frac{400 \times 100 \times 100^{\text{cc}}}{2\pi} \end{aligned}$$

atau ;

$$\begin{aligned} 1 \text{ rad.} &= 57^{\circ},295.779\dots & 1 \text{ rad.} &= 63^{\text{g}},661.977 \\ 1 \text{ rad.} &= 3437',7467\dots & 1 \text{ rad.} &= 6,366^{\text{c}},1977 \\ 1 \text{ rad.} &= 20624'',8 \dots & 1 \text{ rad.} &= 636199^{\text{cc}},77 \end{aligned}$$

## BAB II

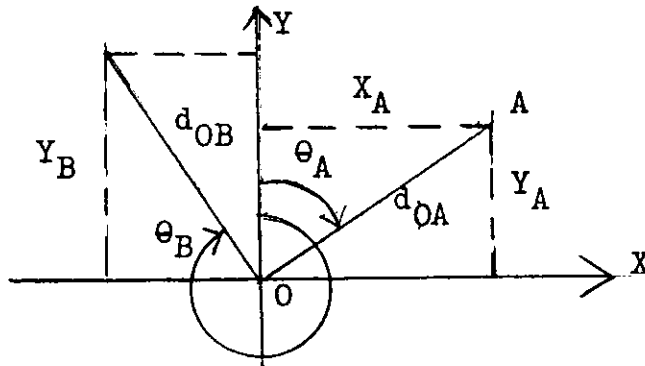
### PRINSIP DASAR HITUNGAN SISTEM KOORDINAT

#### A. Menghitung Sistem Koordinat

Untuk menyatakan letak suatu titik terhadap titik-titik lainnya menurut aturan tertentu dipakai suatu sistem koordinat. Pemakaian sistem koordinat adalah dasar dari Ilmu Ukur Analitik menggunakan salib sumbu Utara - Selatan sebagai absis atau sumbu X, Timur - Barat sebagai ordinat atau sumbu Y, dengan mana dapat dipecahkan soal-soal Ilmu Ukur Tanah.

Dalam Ilmu Ukur Tanah dikenal dua sistem koordinat yaitu ; sistem koordinat siku-siku dan sistem koordinat polar.

##### 1. Sistem Koordinat Siku-siku



Gambar. 1

Koordinat titik A ( koordinat siku ) seperti gambar 1 di atas ;

$$\text{Absis} = + X_A \quad (\text{positip})$$

$$\text{Ordinat} = + Y_A \quad (\text{positip})$$

Jika diketahui :

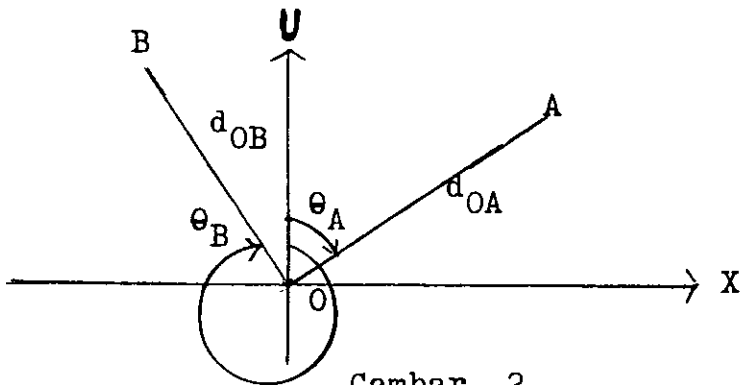
$$\text{Sudut jurusan} = \theta_A \text{ dan}$$

$$\text{Jarak OA} = d_{OA}$$

Maka ;

$$X_A = d_{OA} \sin \theta_A \quad Y_A = d_{OA} \cos \theta_A$$

## 2. Sistem Koordinat Polar



Gambar. 2

Koordinat polar titik A adalah ( lihat Gambar 2 )

$$\text{Sudut jurusan} = \theta_A$$

$$\text{Jarak OA} = d_{OA}$$

Jadi koordinat titik A (  $d_{OA}$  ;  $\theta_A$  )

Koordinat polar titik B adalah ;

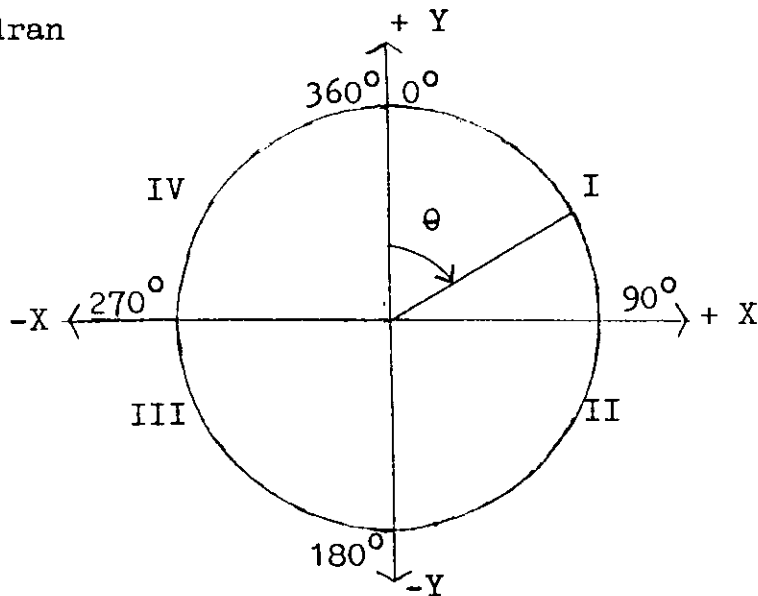
$$\text{Sudut jurusan} = \theta_B$$

$$\text{Jarak OB} = d_{OB}$$

Jadi koordinat titik B (  $d_{OB}$  ;  $\theta_B$  )

### B. Menghitung Kuadran, Sudut Jurusan, Azimut dan Bearing

#### 1. Kuadran



Gambar. 3

Karena sudut jurusan  $\theta$  bisa menempatkan diri dalam lingkaran antara  $0^\circ$  dan  $360^\circ$  maka sumbu koordinat X dan Y akan membagi lingkaran atas empat kuadran yang ditentukan dengan kuadran I, II, III, dan IV ( lihat Gambar ) ;

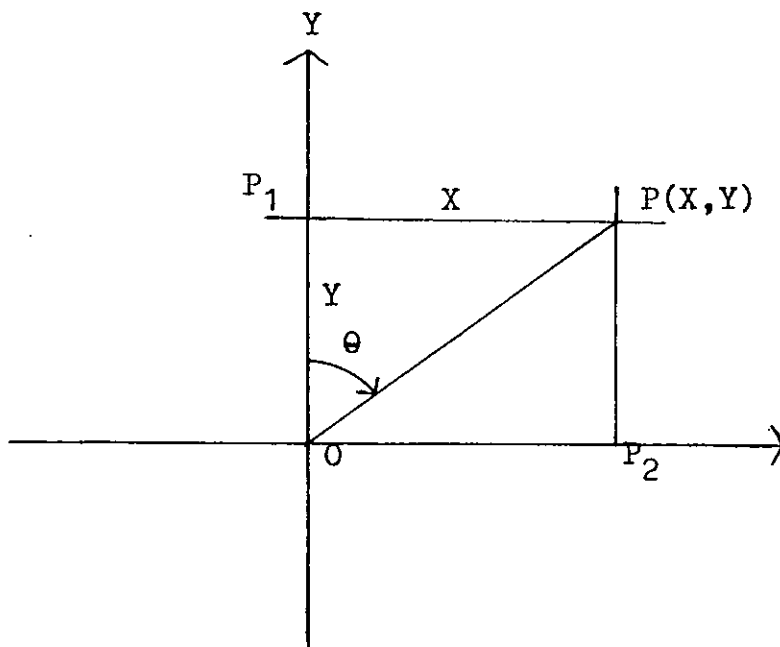
Kuadran I :  $0^\circ$  sampai  $90^\circ$

Kuadran II :  $90^\circ$  sampai  $180^\circ$

Kuadran III:  $180^\circ$  sampai  $270^\circ$

Kuadran IV :  $270^\circ$  sampai  $360^\circ$

Sebelum kita membicarakan nilai/hasil dari fungsi geometris sudut  $\theta$  , terlebih dahulu perlu diketahui rumus sebagai berikut ( lihat Gambar 4 beserta tabelnya ) ;

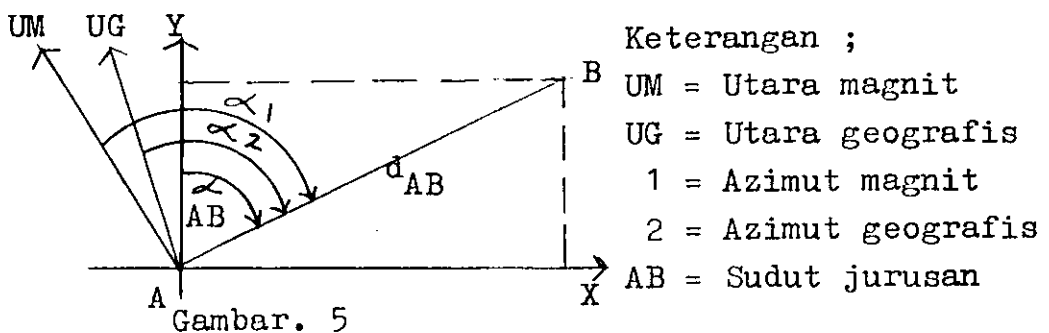


Gambar. 4

TABEL I  
RUMUS UNTUK FUNGSI TRIGONOMETRI

No. :	Uraian	: : Hubungan kebalikan
1. :	$\text{Sin } \theta = \frac{\text{absis}}{\text{Jarak}} = \frac{x}{r}$	$\text{Sin } \theta = \frac{1}{\text{cosec } \theta}$
2. :	$\text{Cos } \theta = \frac{\text{ordinat}}{\text{jarak}} = \frac{y}{r}$	$\text{cos } \theta = \frac{1}{\text{Sec } \theta}$
3. :	$\text{Tan } \theta = \frac{\text{absis}}{\text{ordinat}} = \frac{x}{y}$	$\text{Tan } \theta = \frac{1}{\text{Cot } \theta}$
4. :	$\text{Cot } \theta = \frac{\text{ordinat}}{\text{absis}} = \frac{y}{x}$	$\text{Cot } \theta = \frac{1}{\text{Tan } \theta}$
5. :	$\text{Sec } \theta = \frac{\text{Jarak}}{\text{ordinat}} = \frac{r}{y}$	$\text{Sec } \theta = \frac{1}{\text{Cos } \theta}$
6. :	$\text{Cosec } \theta = \frac{\text{jarak}}{\text{absis}} = \frac{r}{x}$	$\text{Cosec } \theta = \frac{1}{\text{Sin } \theta}$

## 2. Sudut Jurusan dan Azimut



Keterangan ;

UM = Utara magnit

UG = Utara geografis

1 = Azimut magnit

2 = Azimut geografis

AB = Sudut jurusan

Sudut jurusan  $\alpha_{AB}$  adalah sudut yang dihitung positif menurut arah putaran jarum jam, dimulai dari garis yang sejajar atau berimpit dengan sumbu Y di titik A sampai ke sisi  $d_{AB}$  ( lihat gambar 5 )  
Besarnya  $\alpha_{AB}$  dapat dimulai dari  $0^\circ$  sampai  $360^\circ$ .  
Jadi dari pengertian di atas sudut jurusan selalu bersangkutan dengan sumbu Y sistem koordinat siku bidang datar.

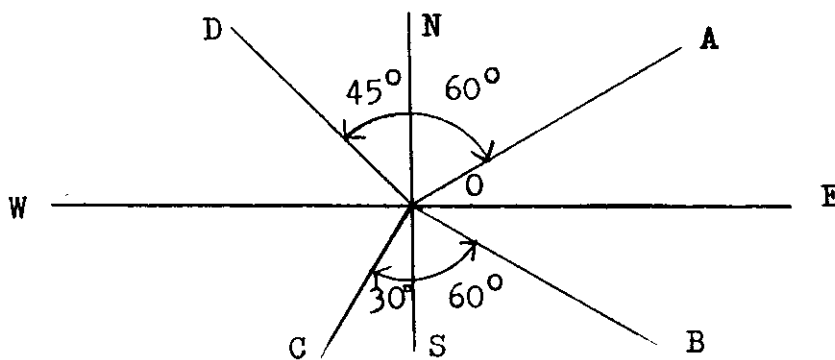


Sedangkan azimuth adalah sudut yang dihitung positif menurut arah putaran jarum jam dimulai dari arah Utara sampai ke sisi  $d_{AB}$  ( lihat Gambar 5 ), besarnya dari  $0^{\circ}$  sampai  $360^{\circ}$ .

Kita bedakan antara azimuth geografis dan azimuth magnetis tergantung terhadap arah Utara yang mana azimuth itu diambil.

### 3..Bearing

Bearing hampir sama pengertiannya dengan sudut jurusan, hanya bearing besar sudutnya antara  $0^{\circ}$  sampai  $90^{\circ}$ , sedangkan sudut jurusan antara  $0^{\circ}$  sampai  $360^{\circ}$ . Ada empat macam bearing, sesuai dengan letaknya di kuadran berapa ( lihat Gambar 6 )



Gambar. 6

Contoh :

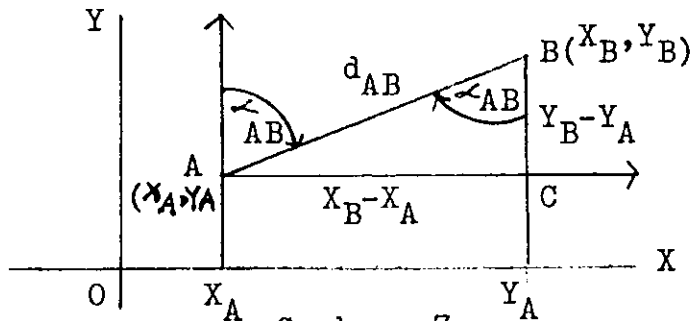
Bahasa Inggris

Bearing OA ---- N  $60^{\circ}$  E  
 Bearing OB ---- S  $60^{\circ}$  E  
 Bearing OC ---- S  $30^{\circ}$  W  
 Bearing OD ---- N  $45^{\circ}$  W

Bahasa Indonesia

Jurusan OA ---- U  $60^{\circ}$  T  
 Jurusan OB ---- S  $60^{\circ}$  T  
 Jurusan OC ---- S  $30^{\circ}$  B  
 Jurusan OD ---- U  $45^{\circ}$  B

4. Menentukan Sudut Jurusan Yang Diawali Dan Diakhiri Dengan Titik-titik Yang Sudah Diketahui Koordinatnya



Gambar. 7

Pada gambar 7 diketahui titik A ( $X_A; Y_A$ ) dan titik B ( $X_B; Y_B$ ) yang menjadi titik pada ujung garis AB, maka sudut jurusan AB adalah  $\alpha_{AB}$ . Untuk menentukan berapa besarnya  $\alpha_{AB}$ , haruslah  $\alpha_{AB}$  menjadi sudut suatu segitiga siku-siku dengan jalan menarik garis lurus sejajar sumbu X melalui titik A dan garis lurus sejajar sumbu Y melalui titik B, dimana kedua garis ini berpotongan di titik S dengan sudut C sama dengan  $90^\circ$ . Maka didapat  $\alpha_{AB}$  menjadi sudut ABC di dalam segitiga siku-siku ABC. Dari gambar di atas kedua sisi siku-siku AC sama dengan  $X_B - X_A$  dan BC sama dengan  $Y_B - Y_A$ , maka di dalam segitiga siku-siku ABC dapat ditentukan ;

$$\tan \alpha_{AB} = \frac{X_B - X_A}{Y_B - Y_A}$$

Dengan menyatakan kedua sisi siku dengan sisi miring didapat ;  $X_B - X_A = d_{AB} \sin \alpha_{AB}$  dan

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

maka ;

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

### 5. Menentukan Besarnya Sudut Jurusan

Dari gambar 8 dapat terlihat bahwa daerah kuadran satu terletak antara  $0^\circ$  sampai  $90^\circ$ , daerah kuadran dua pada daerah  $90^\circ$  sampai  $180^\circ$ , daerah kuadran tiga antara  $180^\circ$  sampai  $270^\circ$  dan daerah kuadran empat pada daerah  $270^\circ$  sampai  $360^\circ$ .

Segala sesuatu yang berhubungan dengan Ilmu Ukur Sudut tentang Sinus, Cosinus dan Tangen tetap berlaku sepenuhnya pada Ilmu Ukur Tanah.

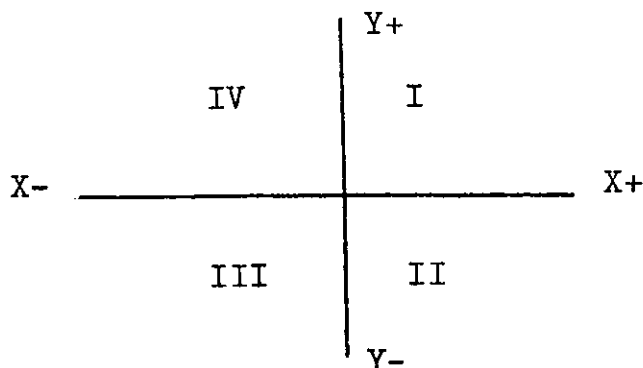
Untuk menentukan sudut jurusan atau lebih tepat di dalam kuadran manakah sudut jurusan harus diletakkan digunakan rumus ;

$$\tan. \angle_{AB} = \frac{X_B - X_A}{Y_B - Y_A}$$

Untuk mempermudah mengambil pengertian dan menyingkat tulisan, kita misalkan  $X_B - X_A = \Delta x$  dan  $Y_B - Y_A = \Delta y$ , maka rumus di atas bisa ditulis sebagai berikut :

$$\tan. \angle_{AB} = \frac{\Delta x}{\Delta y}$$

Dalam menentukan tanda dari  $\tan \angle_{AB}$  sangat tergantung pada tanda-tanda dari  $\Delta x$  dan  $\Delta y$ , berilah tanda  $\Delta x$  dan  $\Delta y$  yang sama dengan tanda untuk absis X dan ordinat Y.

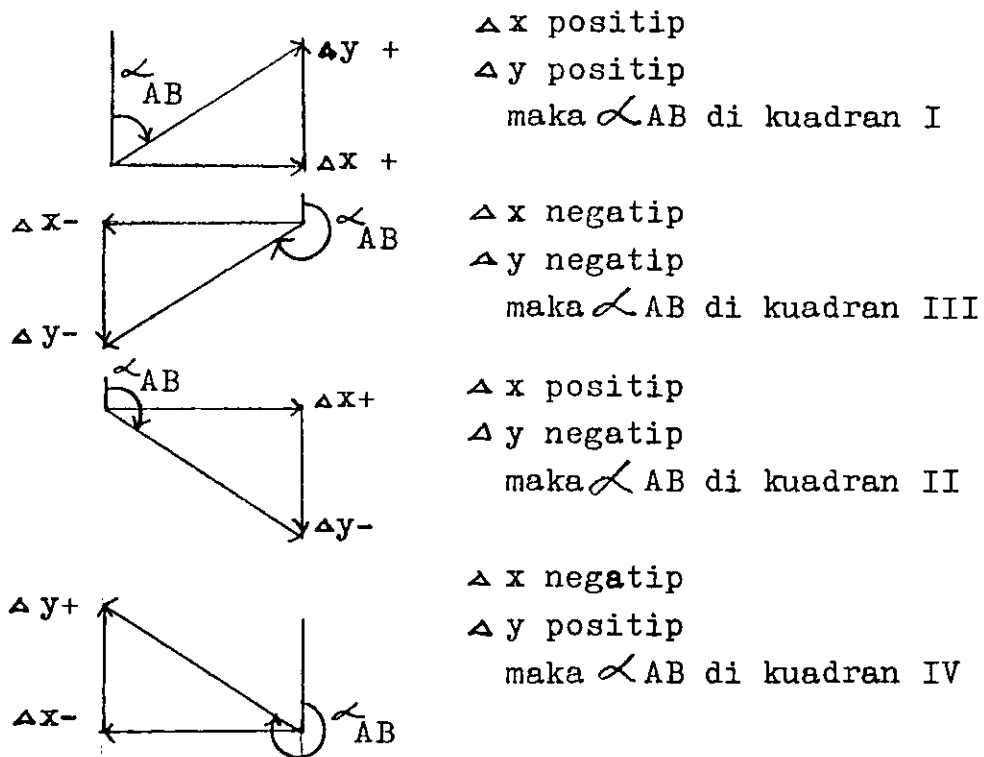


Gambar. 8

Pada gambar 8 terlihat X diberi tanda positif bila terletak disebelah kanan sumbu Y, sebaliknya negatif bila terletak disebelah kiri sumbu Y. Demikian juga untuk ordinat akan mempunyai tanda positif bila terletak di atas sumbu X dan sebaliknya negatif bila terletak di bawah sumbu X.

Tanda  $\angle AB$  akan positif, bila  $\Delta x$  dan  $\Delta y$  mempunyai tanda yang sama pada kuadran satu dan kuadran tiga, sebaliknya tanda  $\angle AB$  akan negatif bila  $\Delta x$  dan  $\Delta y$  mempunyai tanda yang berlawanan dan terletak pada kuadran dua dan kuadran empat.

Tanda  $\angle AB$  positif masih harus dipilih untuk meletakkan  $\angle AB$  di kuadran satu atau di kuadran tiga, sedang  $\angle AB$  negatif harus dipilih antara kuadran dua dan kuadran empat untuk meletakkan  $\angle AB$ .



Gambar. 9

Bila  $\alpha_{AB}$  betul, maka pada penggunaan untuk menentukan jarak  $d_{AB}$  dengan  $\sin \alpha_{AB}$  dan  $\cos \alpha_{AB}$  didapat dua harga  $d_{AB}$  yang sama :

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

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

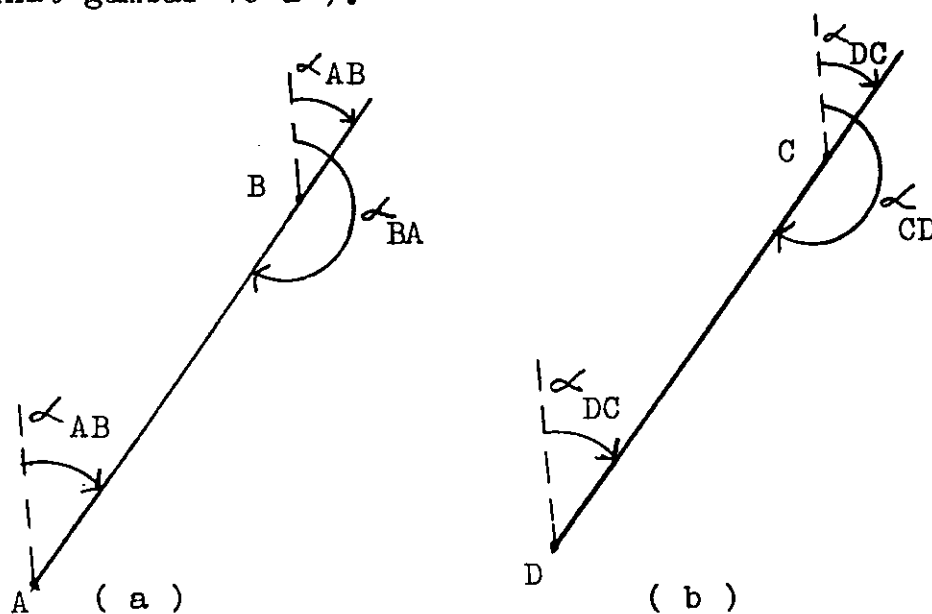
dan tanda  $d_{AB}$  kedua-duanya positif.

#### 6. Sudut Jurusan Muka dan Belakang

Sudut jurusan dari suatu garis dibuat dari ujung garis yang satu ke ujung yang lainnya.

Jika sudut jurusan dari garis AB, diukur dari arah A ke B ini dinamakan sudut jurusan muka ditulis  $\alpha_m$  ( lihat gambar 10 a ).

Jika sudut jurusan dari garis AB diukur dari B ke A ini dinamakan sudut jurusan belakang ditulis  $\alpha_b$  ( lihat gambar 10 a ).



Gambar. 10

$$\begin{aligned} \angle_{AB} &= \alpha \text{ m untuk garis AB} \\ \angle_{BA} &= \alpha \text{ b untuk garis AB} = \angle_{AB} + 180^\circ \\ \angle_{CD} &= \alpha \text{ m untuk garis CD} \\ \angle_{DC} &= \alpha \text{ b untuk garis CD} = \angle_{CD} + 180^\circ \end{aligned}$$

c. Contoh Soal Hitungan Sistem Koordinat

1. Diketahui : koordinat A,  $X_A = -1470,74 \text{ m}$

$$Y_A = +778,45 \text{ m}$$

$$\angle_{AB} = 215^\circ 40' 37''$$

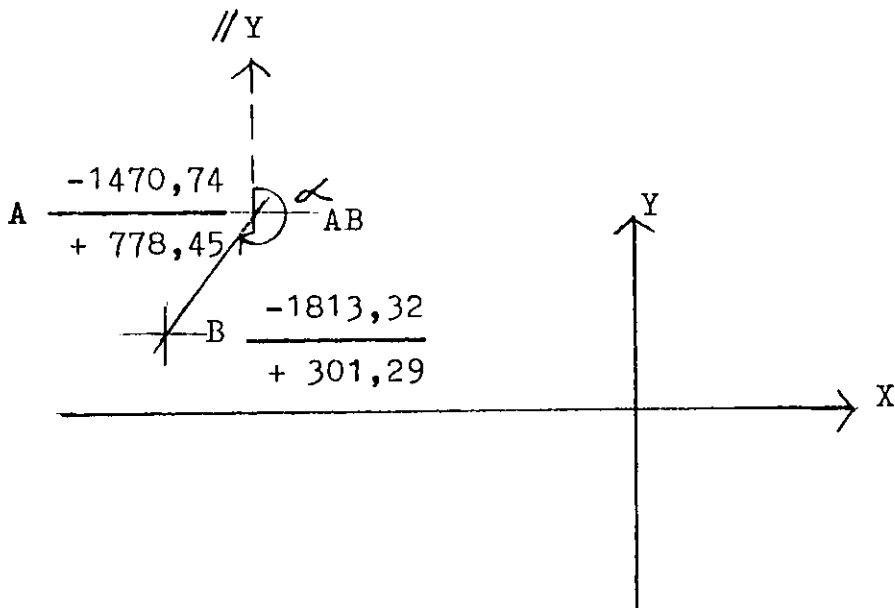
$$d_{AB} = 587,40 \text{ m}$$

Hitunglah : koordinat titik B

Penyelesaian : ( lihat gambar 11 )

$$\begin{aligned} X_B &= -1470,74 \text{ m} + 587,40 \sin 215^\circ 40' 37'' \\ &= -1470,74 \text{ m} + ( -342,58 ) \text{ m} \\ &= -1813,32 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_B &= +778,45 \text{ m} + 587,40 \cos 215^\circ 40' 37'' \\ &= +778,45 \text{ m} + ( -477,16 ) \text{ m} \\ &= +301,29 \text{ m} \end{aligned}$$



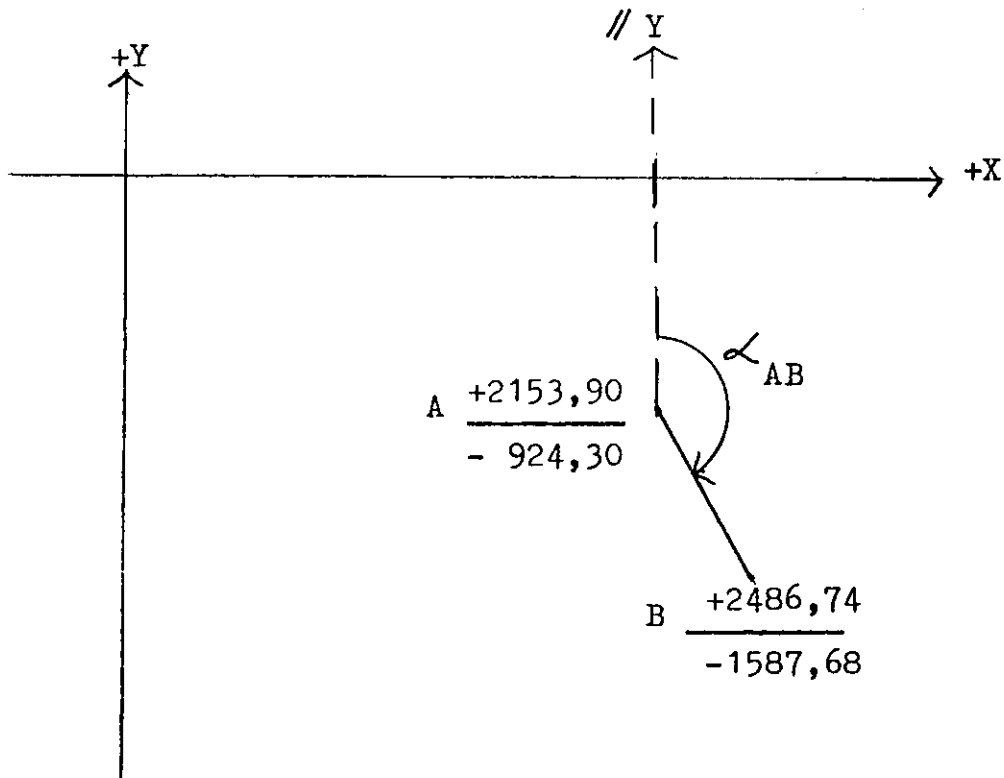
Gambar. 11

2. Diketahui : koordinat titik A,  $X_A = + 2153,90$  m  
 $Y_A = - 924,30$  m  
 sudut jurusan AB =  $\alpha_{AB} = 153^{\circ}21'20''$   
 jarak AB =  $d_{AB} = 742,20$  m

Hitunglah : koordinat titik B

Penyelesaian : ( lihat gambar 12 )

$$\begin{aligned}
 X_B &= X_A + d_{AB} \sin \alpha_{AB} \\
 &= + 2153,90 \text{ m} + 742,20 \sin 153^{\circ}21'20'' \\
 &= + 2153,90 \text{ m} + ( + 332,80 ) \text{ m} \\
 &= + 2486,74 \text{ m} \\
 Y_B &= Y_A + d_{AB} \cos \alpha_{AB} \\
 &= - 924,30 \text{ m} + 742,20 \cos 153^{\circ}21'20'' \\
 &= - 924,30 \text{ m} + ( - 663,40 ) \text{ m} \\
 &= - 1587,68 \text{ m}
 \end{aligned}$$



Gambar. 12

3. Diketahui : kerangka segi banyak ABCDE dengan ketentuan sebagai berikut ;

TABEL DATA- DATA KERANGKA ABCDE

Garis	: AB	: BC	: CD	: DE
Azimut	30°	110°	225°	295°
Panjang	50 m	70 m	82 m	31,2 m

Hitunglah : koordinat titik-titik kerangka segi banyak tersebut jika diketahui koordinat A ( 0 ; 0 )

Penyelesaian : ( lihat gambar 13 )

Garis AB

$$X_B = X_A + d_{AB} \sin 30^\circ = 0 + 50 \sin 30^\circ = + 25 \text{ m}$$

$$Y_B = Y_A + d_{AB} \cos 30^\circ = 0 + 50 \cos 30^\circ = + 43,3 \text{ m}$$

Garis BC

$$X_C = X_B + d_{BC} \sin 110^\circ = 25 \text{ m} + 70 \sin 110^\circ = + 90,8 \text{ m}$$

$$Y_C = Y_B + d_{BC} \cos 110^\circ = 43,3 \text{ m} + 70 \cos 110^\circ = + 19,4 \text{ m}$$

Garis CD

$$X_D = X_C + d_{CD} \sin 225^\circ = 90,8 \text{ m} + 82 \sin 225^\circ = + 32,8 \text{ m}$$

$$Y_D = Y_C + d_{CD} \cos 225^\circ = 19,4 \text{ m} + 82 \cos 225^\circ = - 38,6 \text{ m}$$

Garis DE

$$X_E = X_D + d_{DE} \sin 295^\circ = 32,8 \text{ m} + 31,2 \sin 295^\circ = + 4,5 \text{ m}$$

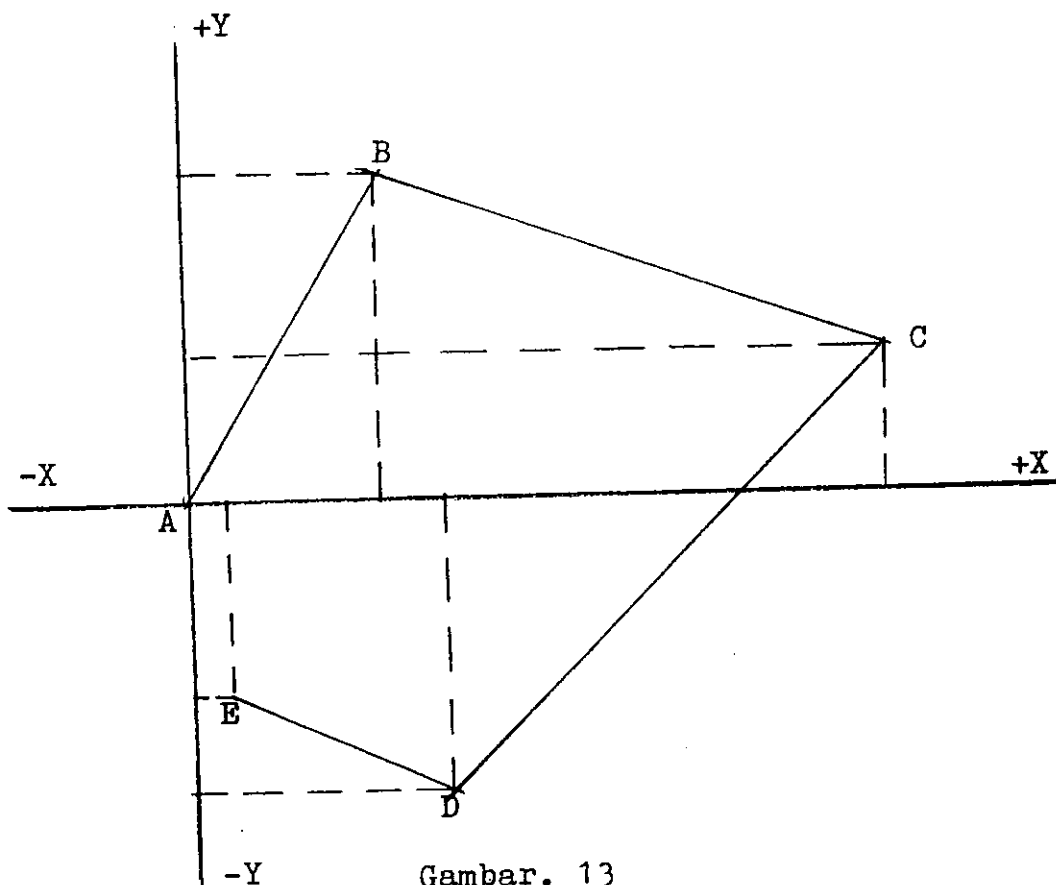
$$Y_E = Y_D + d_{DE} \cos 295^\circ = - 38,6 \text{ m} + 31,2 \cos 295^\circ = - 25,4 \text{ m}$$



Jika titik kerangka banyak sekali, maka perhitungan dapat dipermudah dengan sistem tabel ( lihat tabel III ).

TABEL III CARA MENGHITUNG KOORDINAT TITIK KERANGKA PADA SEGI BANYAK

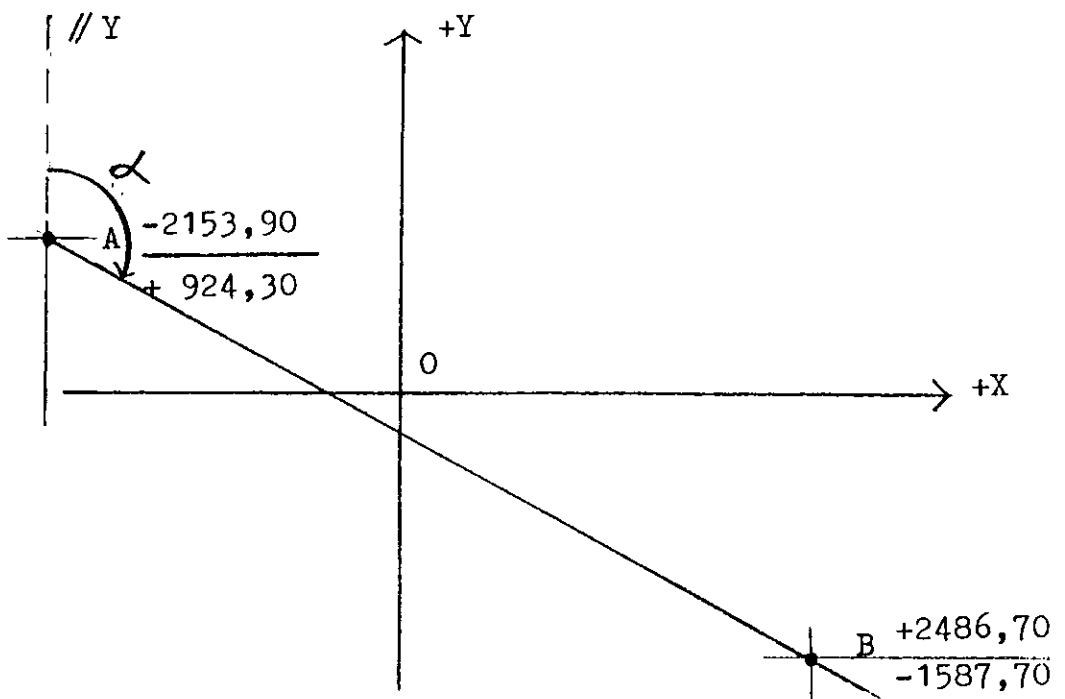
Garis	Azimut	Jarak ( m )	$d \sin \alpha$	$d \cos \alpha$	Koordinat		Titik
					X	Y	
					0,0	0,0	A
AB	$30^\circ$	50	+ 25	+ 43,3	+25,0	+43,3	B
BC	$110^\circ$	70	+ 65,8	+ 23,9	+90,8	+19,4	C
CD	$225^\circ$	82	- 58,0	- 58,0	+32,8	-38,6	D
DE	$295^\circ$	31,2	- 28,3	+ 13,2	+ 4,5	-25,4	E



4. Diketahui : koordinat titik A,  $X_A = - 2153,90$  m  
 $Y_A = + 924,30$  m  
koordinat titik B,  $X_B = + 2486,70$  m  
 $Y_B = - 1587,70$  m

Hitunglah : a.  $\alpha_{AB}$   
b.  $d_{AB}$

Penyelesaian : ( lihat gambar 14 )



Gambar. 14

$$\text{a. } \tan \alpha_{AB} = \frac{X_B - X_A}{Y_B - Y_A} = \frac{(2486,70 - (-2153,90))}{-1587,70 - 924,30}$$

$$\tan \alpha_{AB} = \frac{+4640,6}{-2512} = 1,8473 \text{ kuadran II}$$

disini tanda  $\frac{+}{-}$  hanya untuk menentukan kuadran

$$\tan (180^\circ - \alpha_{AB}) = 1,8473$$

$$180^\circ - \alpha_{AB} = 61^\circ 34' 22''$$

$$\begin{aligned}\angle_{AB} &= 180^\circ - 61^\circ 34' 22'' \\ &= 118^\circ 25' 38''\end{aligned}$$

$$b. \ d_{AB} = \frac{X_B - X_A}{\sin \angle_{AB}} = \frac{+ 4640,6}{\sin 118^\circ 25' 38''} \quad m = 5276,87 \text{ m}$$

$$d_{AB} = \frac{Y_B - Y_A}{\cos \angle_{AB}} = \frac{- 2512}{\cos 118^\circ 25' 38''} \quad m = 5276,87 \text{ m}$$

Untuk  $d$  = jarak, diambil harga mutlaknya.

5. Diketahui : koordinat A,  $X_A = 7 \text{ m}$

$$Y_A = 27 \text{ m}$$

koordinat B,  $X_B = 25 \text{ m}$

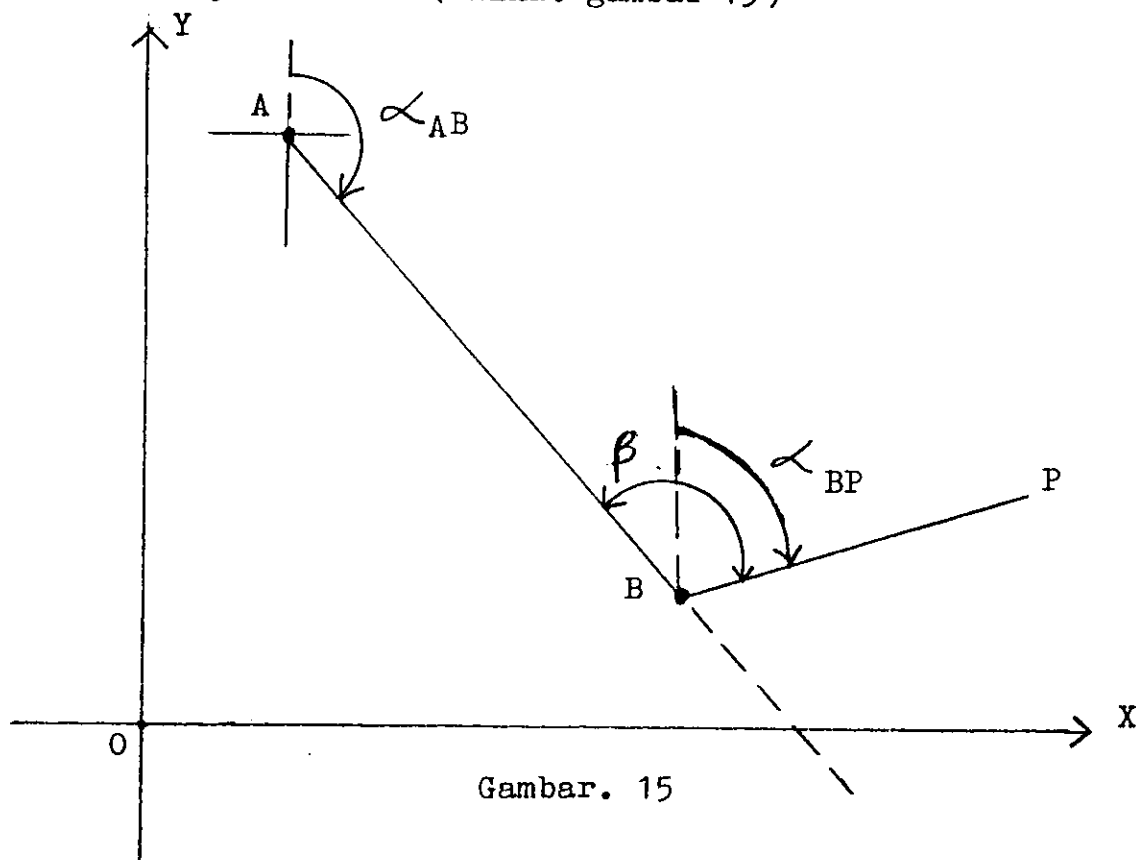
$$Y_B = 6 \text{ m}$$

sudut ABP =  $\beta_B = 123^\circ 25' 0''$

$$d_{BP} = 22,35 \text{ m}$$

Hitunglah : koordinat titik P

Penyelesaian: ( lihat gambar 15)



$$\tan \alpha_{AB} = \frac{X_B - X_A}{Y_B - Y_A} = \frac{(25 - 7) \text{ m}}{(6 - 27) \text{ m}} = \frac{+ 18}{- 21} \quad \text{kuadran II}$$

$$\tan (180^\circ - \alpha_{AB}) = \frac{+ 18}{- 21}$$

$$180^\circ - \alpha_{AB} = 40^\circ 36' 4''$$

$$\alpha_{AB} = 180^\circ - 40^\circ 36' 4''$$

$$\alpha_{AB} = 139^\circ 23' 56''$$

$$\alpha_{BP} = (\beta_B + \alpha_{AB}) - 180^\circ$$

$$= (123^\circ 25' 0'' + 139^\circ 23' 56'' - 180^\circ)$$

$$= 82^\circ 48' 56''$$

terdapat ;

$$X_P = X_B + d_{BP} \sin \alpha_{BP}$$

$$= 25 \text{ m} + 22,35 \text{ m} \sin 82^\circ 48' 56''$$

$$= + 47,17 \text{ m}$$

$$Y_P = Y_B + d_{BP} \cos \alpha_{BP}$$

$$= 6 \text{ m} + 22,35 \cos 82^\circ 48' 56''$$

$$= 8,80 \text{ m}$$

### BAB III

#### P O L I G O N

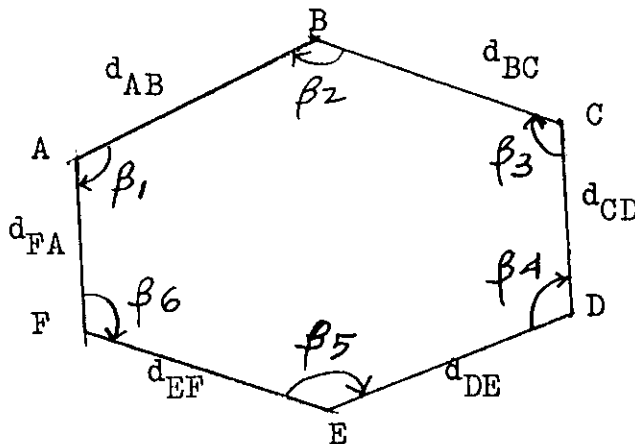
##### A. Pengertian Poligon

Poligon ialah serangkaian garis lurus yang menghubungkan titik-titik yang terletak dipermukaan bumi. Pada rangkaian tersebut diperlukan jarak mendatar dan sudut mendatar yang digunakan untuk menentukan posisi horizontal relatif titik-titik poligon, artinya letak satu titik terhadap titik lainnya dalam satu sistem koordinat.

Seperti dijelaskan pada bab terdahulu bahwa untuk menentukan koordinat suatu titik dari titik lain yang koordinatnya telah diketahui, harus diketahui jarak mendatar dan sudut jurusan. Unsur sudut jurusan sisi-sisi poligon ditentukan berdasarkan hasil pengukuran sudut mendatar dimasing-masing titik poligon.

Ada dua bentuk dasar poligon yaitu poligon tertutup dan poligon terbuka.

Pada poligon tertutup garis-garis kembali ke titik awal, jadi membentuk segi banyak (tertutup secara matematis dan geometris seperti gambar dibawah ini



Gambar. 16

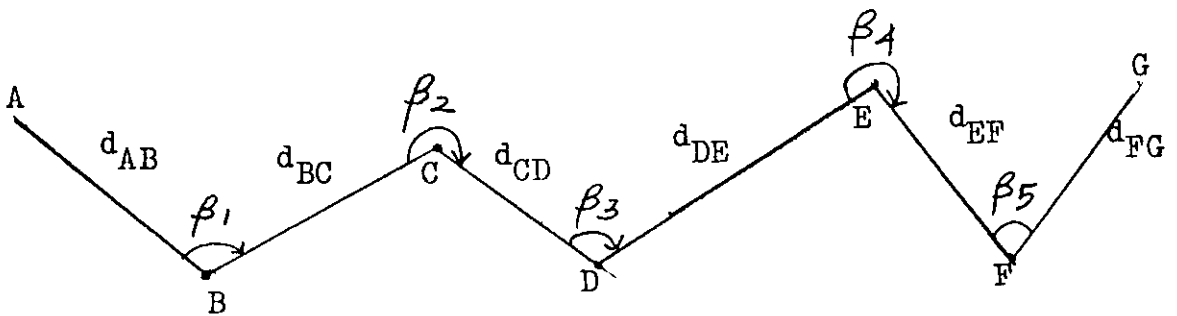
Keterangan :

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$  dan  $\beta_6$  adalah sudut-sudut poligon yang diukur.

$d_{AB}$ ,  $d_{BC}$ ,  $d_{CD}$ ,  $d_{DE}$ ,  $d_{EF}$  dan  $d_{FA}$  adalah jarak masing-masing titik yang diukur.

Poligon tertutup memberikan pengecekan pada sudut sudut dan jarak-jarak tertentu suatu pertimbangan yang sangat penting. Poligon tertutup ini banyak dipakai pada pengukuran-pengukuran titik kontrol, konstruksi, pemilikan tanah dan topografik.

Poligon terbuka ( terbuka secara geometris dan matematis ), merupakan serangkaian garis yang berhubungan tetapi tidak kembali ke titik awal ( lihat gambar dibawah ini ).



Gambar. 17

Keterangan :

$\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$ ,  $\beta_4$ ,  $\beta_5$  adalah sudut-sudut poligon yang diukur.

$d_{AB}$ ,  $d_{BC}$ ,  $d_{CD}$ ,  $d_{DE}$ ,  $d_{EF}$  dan  $d_{FG}$  adalah jarak-jarak yang diukur.

Poligon terbuka sering dipakai pada pengukuran jalur lalu lintas, jalur irigasi dan lain-lain.

Bila ditinjau dari metoda pengukurannya maka pengukurannya dapat dilaksanakan dengan tiga cara yaitu ; poligon bebas ( tidak terikat oleh suatu syarat), poligon terikat ( terikat oleh syarat ) dan poligon terikat sempurna.

## B. Pengukuran Poligon

### 1. Pengukuran jarak

Pengukuran jarak adalah salah satu pekerjaan yang penting dan sering harus dilakukan atau dengan kata lain pengukuran jarak adalah basis seluruh pengukuran tanah.

Walaupun sudut-sudut dapat dibaca saksama dengan peralatan yang rumit, paling sedikit ada sebuah garis harus diukur panjangnya untuk melengkapi sudut-sudut dalam penentuan lokasi titik-titik di lapangan.

Dalam pelaksanaannya untuk menghitung koordinat titik-titik poligon yang diukur adalah jarak mendatar dan dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain ; mengukur langsung dengan pita ukur, rantai ukur, kayu ukur, pengukuran jarak optik atau dengan menggunakan alat sipat datar.

Tetapi dalam pelaksanaan yang sebaiknya adalah jarak optik, karena pengukuran jarak dengan menggunakan alat-alat sederhana kurang teliti bila dibandingkan dengan jarak optik atau dengan menggunakan pesawat theodolite. Jika menggunakan alat theodolite jarak dapat diukur seteliti mungkin.

#### a. Pengukuran Jarak Dengan Pita Ukur

Pita ukur dapat dibuat dari kain ( linen ), baja, campuran nikel dengan baja, fiber glass dan lain-lain.

Panjang pita ukur bermacam-macam, misalnya 20 m, 30 m, 50 m, dan 100 m. Garis pada skala pita ukur mempunyai selang ( interval ) bermacam-macam pula, pada umumnya saat ini sering dijumpai ialah garis skala mempunyai selang tiap 1 centimeter. Walaupun demikian kadang-kadang dapat pula dijumpai pita ukur yang mempunyai selang setiap 1 decimeter.

Pelaksanaan pengukuran jarak dengan pita ukur dapat dilakukan pada tanah yang datar dan pada tanah miring.

1). Pengukuran Jarak Pada Tanah Yang Datar

Pengukuran jarak mendatar dengan menggunakan pita ukur dapat dilaksanakan sebagai berikut ;



Gambar. 18

Misalkan yang akan diukur jaraknya adalah dari titik A ke titik B ( lihat gambar 18 ).

Langkah pertama adalah dengan menempatkan skala nol pita ukur tepat berimpit di atas pusat tanda titik A. Jika skala nol tersebut disebut sebagai  $R_1$ , maka  $R_1 = 0$ .

Kemudian pita ukur ditarik lurus dengan tegangan secukupnya sehingga pita ukur tidak melengkung. Selanjutnya impitkan skala pita ukur lainnya tepat di atas pusat tanda titik B, serendah skala pita ukur menunjukkan bacaan  $R_2$ , maka jarak A - B panjangnya dapat dihitung dengan rumus ;

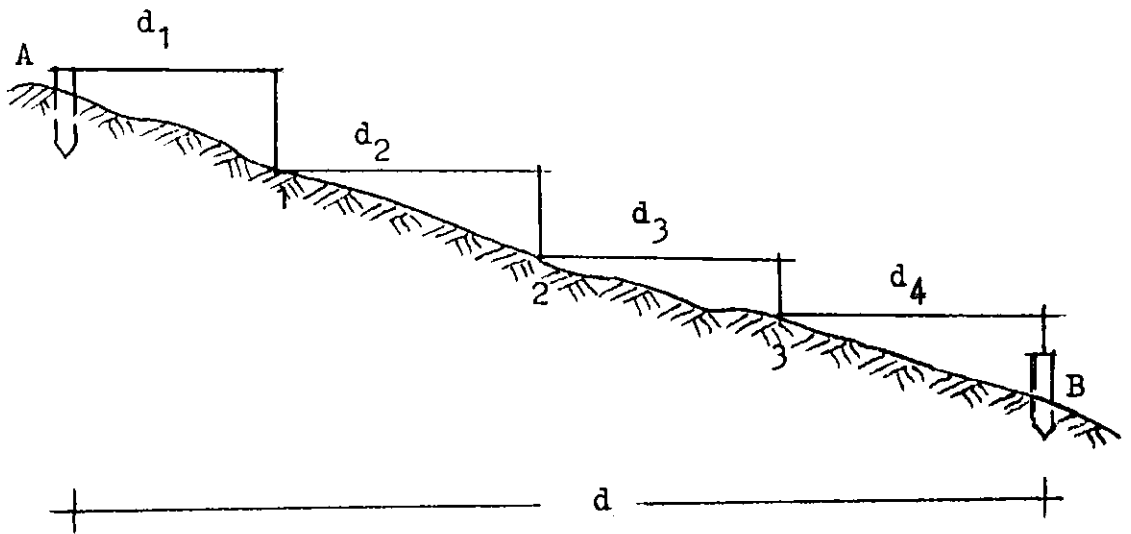
$$d_{A - B} = ( R_2 - R_1 )$$

Nilai  $d_{A - B}$  yang diperoleh merupakan jarak datar antara titik A dan titik B. Rumus tersebut digunakan apabila ketinggian titik A dan titik B relatif sama.

2). Pengukuran Jarak Pada Tanah Miring

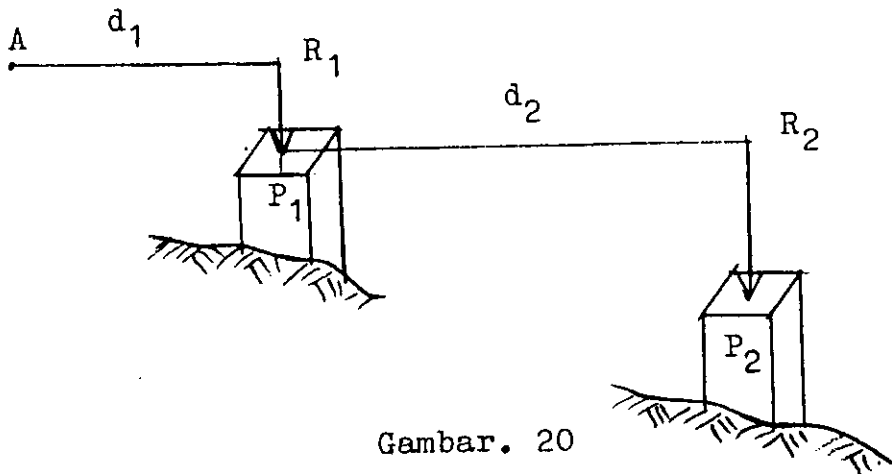
Kalau permukaan tanah tidak rata atau miring seperti terlihat pada gambar 19





Gambar. 19

Jarak yang akan diukur adalah jarak datar antara titik A dan titik B, maka jarak A - B dibagi dalam beberapa seksi. Sepanjang A - B dibuat titik bantu yaitu titik 1, 2, dan 3. Setelah skala diimpitkan di atas titik A, kemudian pita ukur ditarik lurus mendatar. Untuk mengetahui skala pita ukur yang terletak di atas titik 1 dapat digunakan bantuan unting-unting dengan jalan menggantung unting-unting lurus tepat di atas pusat patok yang dipasang di titik 1, tali unting-unting dapat diimpitkan dengan skala pita ukur di  $R_1$  ( lihat gambar 20 ).



Gambar. 20

Dengan cara yang sama, jarak  $d_2$ ,  $d_3$ , dan  $d_4$  di ukur, maka jarak  $d$  adalah ;

$$d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

Seperti diuraikan di atas, untuk mendapatkan pengukuran jarak yang benar, agar dijaga pita ukur tidak melengkung dan juga tidak terlalu tegang, karena jika pita ukur melengkung atau terlalu tegang dikuatirkan akan memberikan jarak yang salah.

Disamping itu yang perlu diperhatikan adalah dalam pengukuran jarak yang bertahap, titik-titik antara terletak pada bidang tegak yang sama dengan kedua titik yang harus ditentukan jaraknya.

Setelah memperhatikan hal di atas, maka masih ada yang harus diperhatikan dalam pengukuran dengan pita ukur agar tidak terjadi kesalahan yaitu kesalahan dari sipengukur sendiri berupa kesalahan membaca dan mencatat serta kesalahan dalam menghitung kelipatan panjang pita ukur, bila pengukuran dilakukan jauh sekali.

#### b. Pengukuran Jarak Optik

Pada alat ukur sipat datar dalam teropong dapat dilihat tiga benang mendatar diafragma. Benang yang ditengah digunakan untuk membaca beda tinggi antara dua titik di tanah. Sedangkan kedua benang yang lain dipakai untuk menguji bacaan banang tengah berdasarkan hubungan ;

$$T = \frac{A + B}{2}$$

dimana :  $T$  = bacaan benang tengah

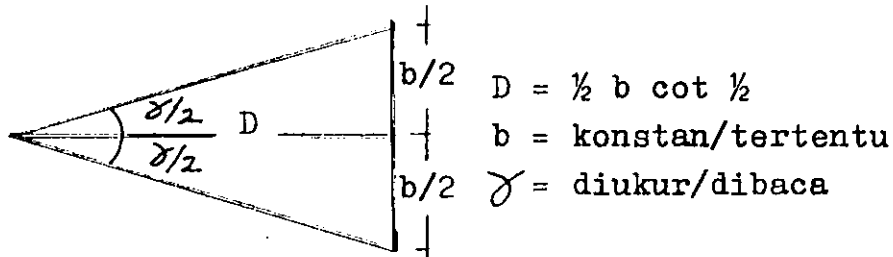
$A$  = bacaan benang atas

$B$  = bacaan benang bawah

Pengukuran jarak optik prinsipnya berdasarkan pemecahan pada sebuah segi tiga sama kaki.

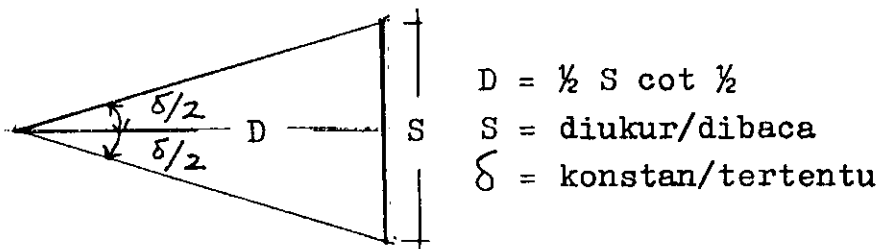
Pada prinsip ini terdapat dua metoda dasar.

Metoda, dalam segi tiga sama kaki basisnya adalah konstan dan sudut paralaks yang dihadapannya adalah variabel dan harus ditentukan nilainya ( gambar 21 ).



Gambar. 21

Metoda kedua, sudut paralaks adalah konstan, sedangkan basis adalah variabel dan harus ditentukan nilainya ( gambar 22 ).

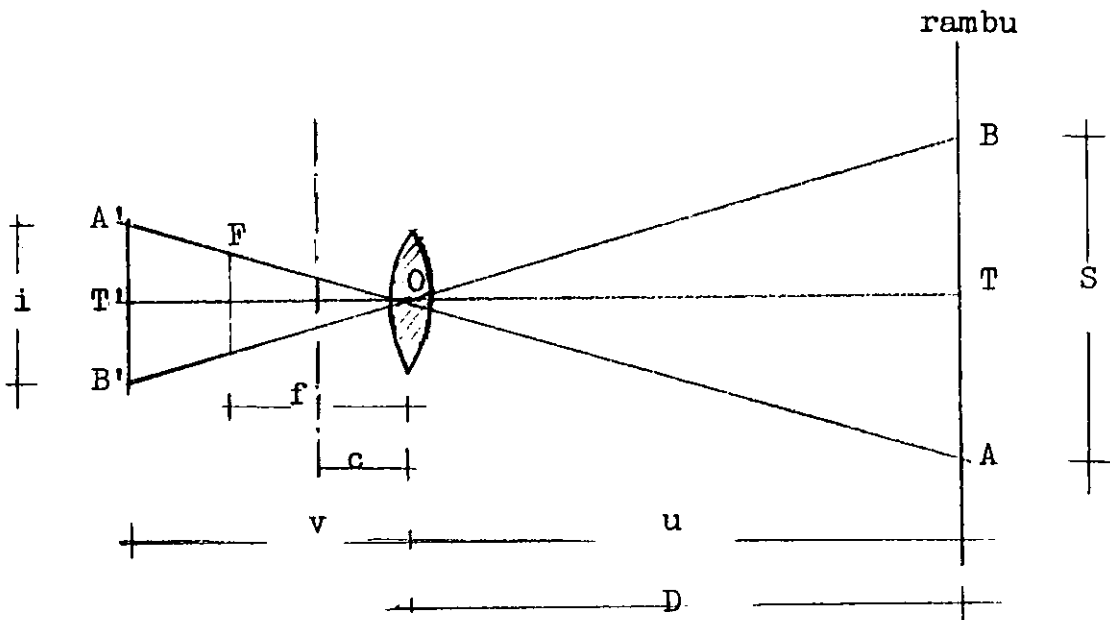


Gambar. 22

Untuk penentuan jarak ( D ) dengan metoda pertama, biasanya dipakai sebuah mistar basis yang panjangnya tepat 2 m yang umumnya dipasang mendatar. Sudut paralaks  $\delta$  diukur dengan theodolit. Dalam hal mistar basis dipasang mendatar, maka sudut  $\delta$  adalah sudut mendatar.

Pada metoda kedua panjang S dibaca pada mistar yang biasanya dipasang tegak.

Pengukuran jarak optik pada alat sipat datar menggunakan prinsip metoda kedua. Andaikan sebuah teropong alat sipat datar atau teropong theodolit dalam keadaan mendatar, maka skema jalannya sinar dari rambu ke diafragma teropong diperlihatkan pada gambar 23 .



Gambar. 23

Dari rumus Optika Geometrik diketahui ;

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u} \quad (1)$$

dimana ;  $f$  = jarak titik api ( fokus ) dari lensa objektif

$v$  = jarak antara benang diafragma dengan lensa

$u$  = jarak antara lensa dengan rambu

Kalau persamaan ( 1 ) dikalikan  $uf$ , maka persamaan ( 1 ) menjadi ;

$$u = \frac{u}{v} f + f \quad (2)$$

Kalau diperhatikan gambar dapat dilihat bahwa ;

$$\frac{OT}{OT'} = \frac{u}{v} = \frac{AB}{A'B'} \quad (3)$$

karena  $\triangle ABO = \triangle A'B'O$  maka masukkan harga  $u$  pada persamaan ( 2 ) ke dalam persamaan ( 3 ) sehingga diperoleh ;

$$u = \frac{AB}{A'B'} f + f \quad (4)$$

AB biasanya diperoleh dari selisih pembacaan rambu

$$AB = S$$

sedangkan A' B' adalah jarak antara dua benang diafragma, dan jarak ini konstan

$$i = A'B'$$

dengan menggunakan notasi S dan i ini, maka rumus ( 4 ) menjadi ;

$$u = \frac{f}{i} S + f \quad ( 5 )$$

Dari gambar dapat dilihat bahwa jarak antara sumbu tegak dengan rambu adalah D atau;

$$D = u + c \quad ( 6 )$$

dengan demikian ;

$$D = \frac{f}{i} S + k \quad ( 7 )$$

dimana ;

$$k = f + c$$

konstanta k dinamakan konstanta ( penambah ) alat. Metoda pengukuran jarak semacam ini dinamakan metoda Reichenbach, menurut nama penemunya.

Pada alat-alat lama, konstruksi teropongnya ditambah sebuah lensa analitis ( lensa Porro, menurut penemunya ) sehingga berlaku ;

$$D = \frac{f}{i} S \quad ( 8 )$$

Pada alat-alat baru tidak dipakai lensa analitik, namun konstruksi teropongnya sedemikian rupa sehingga konstanta k dapat diabaikan dengan arti  $k = 0$ .

Besaran  $\frac{f}{i}$  konstan dan oleh pabrik pembuat alat dibuat sedemikian rupa sehingga ;

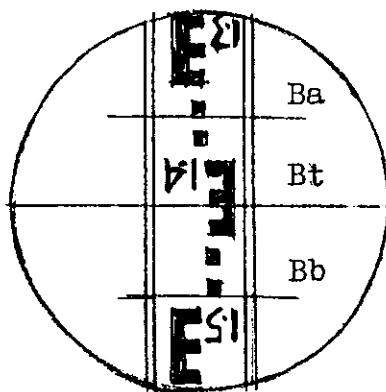
$$\frac{f}{i} = 100$$

Dengan demikian maka rumus ( 8 ) menjadi ;

$$D = 100 S \quad ( 9 )$$

atau dengan perkataan lain : Jarak antara sumbu tegak alat dengan rambu adalah selisih bacaan benang bawah dan banang atas pada rambu dikalikan 100.

Contoh bacaan rambu ;



Gambar. 24

bacaan benang atas = 1,370 m

bacaan benang bawah = 1,490 m

maka ;

$$S = 1,490 \text{ m} - 1,370 \text{ m} = 0,120 \text{ m}$$

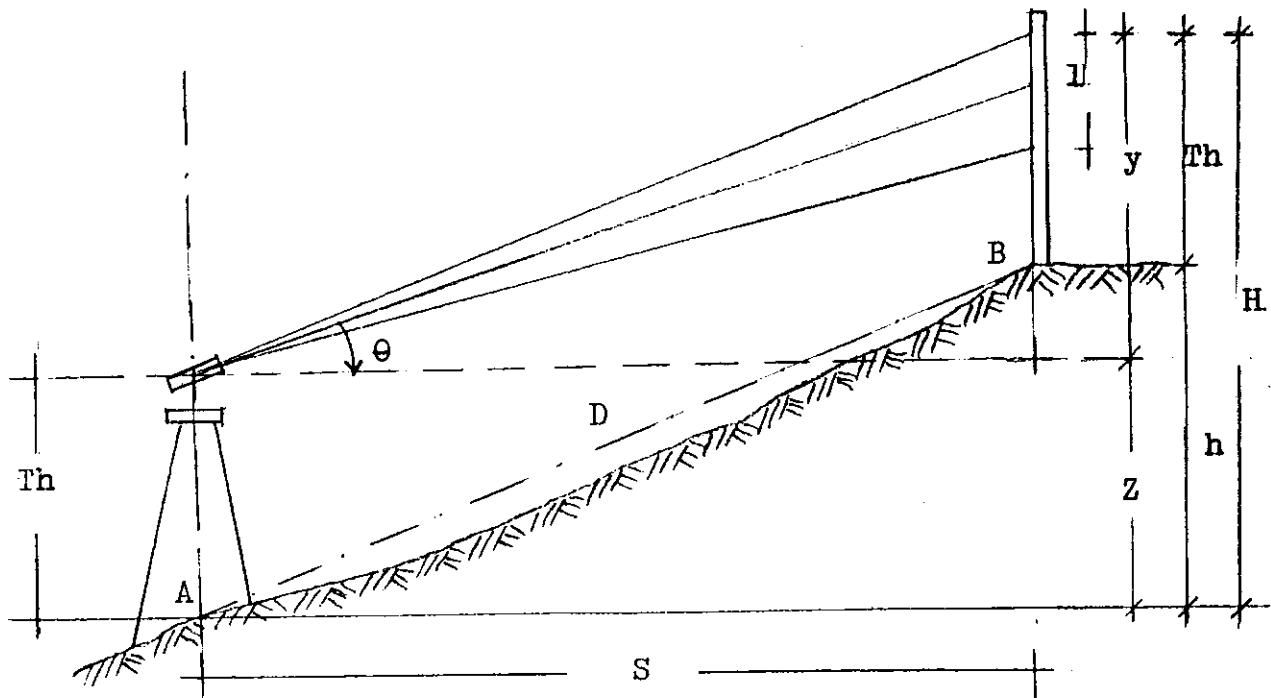
$$D = 100 \cdot S$$

$$= 100 \cdot 0,120 \text{ m} = 12 \text{ m}$$

Cara mengukur jarak seperti ini disebut mengukur jarak dengan cara optik dan jarak yang diukur disebut jarak optik. Kalau alat yang dipakai adalah alat ukur sipat datar, maka jarak optik yang diperoleh adalah jarak mendatar, karena garis bidik alat ukur sipat datar selalu dibuat mendatar pada pengukuran sipat datar.

Dalam pengukuran situasi, alat yang dipakai umumnya adalah theodolit yang dapat mengukur jarak miring disamping jarak mendatar.

Pengukuran dengan garis bidik miring dapat dilihat seperti gambar dibawah ini



Gambar. 25

Pengukuran dapat dilakukan bila kita ingin mengetahui jarak miring suatu tempat di lapangan yang miring. Dengan cara ini kita juga dapat menghitung jarak horizontal ( datar ) dan beda tinggi suatu tempat di lapangan.

Untuk memudahkan perhitungan, biasanya dalam praktek pengukuran terlebih dahulu ditentukan tinggi alat ( instrumt ) dan disamakan dengan tinggi bacaan pada bak ukur ( rambu ) sehingga  $Ih = Th$  ( lihat gambar )

$D$  mendatar = jarak mendatar

$D$  miring = jarak miring

$\theta$  = sudut kemiringan ( sudut vertikal )

Pada jarak horizontal dengan garis bidik horizontal adalah  $D = 100 \cdot s$ , dimana  $s$  adalah selisih antara bacaan benang atas dengan benang bawah.

Maka pada pengukuran dengan garis bidik miring untuk menentukan jarak miring (  $D$  miring ), disamping ketentuan seperti pada garis bidik horizontal, juga berlaku ketentuan Goniometri, sehingga jarak miring (  $D$  miring ) menjadi ;

$$D \text{ miring} = 100 \cdot S \cos \theta$$

Jarak mendatar (  $D$  mendatar )

$$\begin{aligned} D \text{ mendatar} &= D \text{ miring} \cos \theta \\ &= 100 \cdot S \cos \theta \cdot \cos \theta \\ &= 100 \cdot S \cos^2 \theta \end{aligned}$$

Beda tinggi (  $h$  )

$I_h = T_h = Z$  ( lihat gambar 25 )

Persamaan :

$$H = T_h + h \quad ( 1 )$$

$$H = y + Z \quad ( 2 )$$

Dari persamaan ( 1 ) dan ( 2 ) didapat ;

$$T_h + h = y + Z$$

$$h = y + Z - T_h$$

$$h = y$$

$$y = D \text{ miring} \sin \theta \quad ( \text{lihat gambar} \quad )$$

Sedangkan  $D \text{ miring} = 100 \cdot S \cos \theta$ , maka ;

$$h = D \text{ miring} \sin \theta \text{ menjadi ;}$$

$$h = 100 \cdot S \cos \theta \cdot \sin \theta$$

$$h = 100 \cdot S \cdot \frac{1}{2} \sin 2 \theta$$

$$h = 50 \cdot S \sin 2 \theta$$

## 2. Sudut Sudut Poligon

Menurut Brinker ( 1986. h. 206 ) dalam mengukur sudut atau arah garis poligon dapat dilakukan dengan 5 cara yaitu ;

- a. Sudut arah kompas
- b. Sudut dalam
- c. Sudut belokan
- d. Sudut ke kanan
- e. Azimut



a. Sudut Arah Kompas

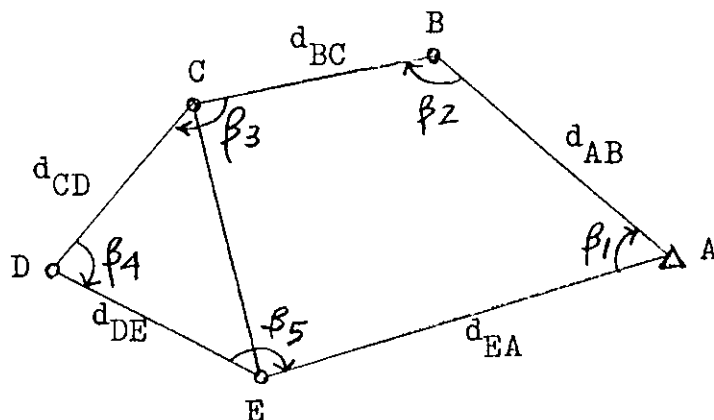
Kompas juru ukur dirancang untuk pemakaian sebagai instrument poligon. Sudut arah terbaca langsung pada kompas sewaktu bidikan sepanjang garis ( jurusan ) poligon.

Transit insinyur yang dilengkapi dengan kompas dapat pula dipakai untuk membaca sudut arah dengan langsung. Tetapi biasanya jika poligon sudut arah sedang diukur dengan transit, akan dipakai sudut arah terhitung berdasarkan pembacaan lingkaran horizontal dan pembacaan kompas dipakai untuk pengecekan saja.

Dalam hal ini yang cocok untuk melacak pengukuran lama pada tiap titik instrumen di orientasikan dengan bidikan belakang pada titik sebelumnya dengan memakai sudut arah belakang terpasang di piringan. Sudut dari bidikan belakang ke bidikan depan berikutnya kemudian dihitung berdasarkan sudut arah lama dan ditetapkan pada sudut arah belakang untuk membawa teropong terarah pada jurusan berikutnya.

b. Pengukuran Poligon Dengan Sudut Dalam

Pengukuran dengan sudut dalam yang lebih sering digunakan untuk pengukuran tanah hak milik. Sudut-sudut poligon bisa dibaca searah atau berlawanan dengan putaran jarum jam, tetapi dalam praktek pengukuran cara yang terbaik adalah semua sudut diukur searah dengan putaran jarum jam. Untuk lebih jelasnya yang dimaksud dengan sudut dalam dapat dilihat pada gambar 26.



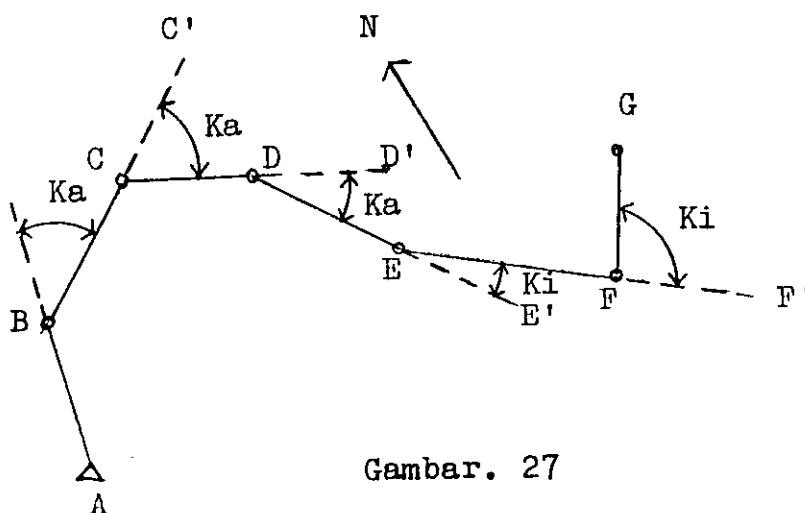
Gambar. 26

Sudut-sudut  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$ ,  $\beta_4$ , dan  $\beta_5$  adalah sudut-sudut dalam dari sebuah poligon tertutup yang pengukurannya searah dengan putaran jarum jam.

Untuk pengecekan dan mengurangi kesalahan pembacaan, pencatatan dan penggambaran sebaiknya sudut-sudut luar juga diukur secara keliling.

c. Pengukuran Poligon Dengan Sudut Belokan

Pengukuran jalur lalu lintas biasanya dilakukan dengan sudut belokan, diukur ke kanan atau ke kiri dari garis-garis memanjang, seperti terlihat pada gambar 27.



Gambar. 27

Dari gambar terlihat tiga buah sudut belokan kanan yaitu perpanjangan garis  $ABB'$  dengan sudut belokan ke arah garis  $BC$ , perpanjangan garis  $BCC'$  dengan sudut belokan ke arah garis  $CD$  dan perpanjangan garis  $CDD'$  dengan sudut belokan ke arah garis  $DE$ .

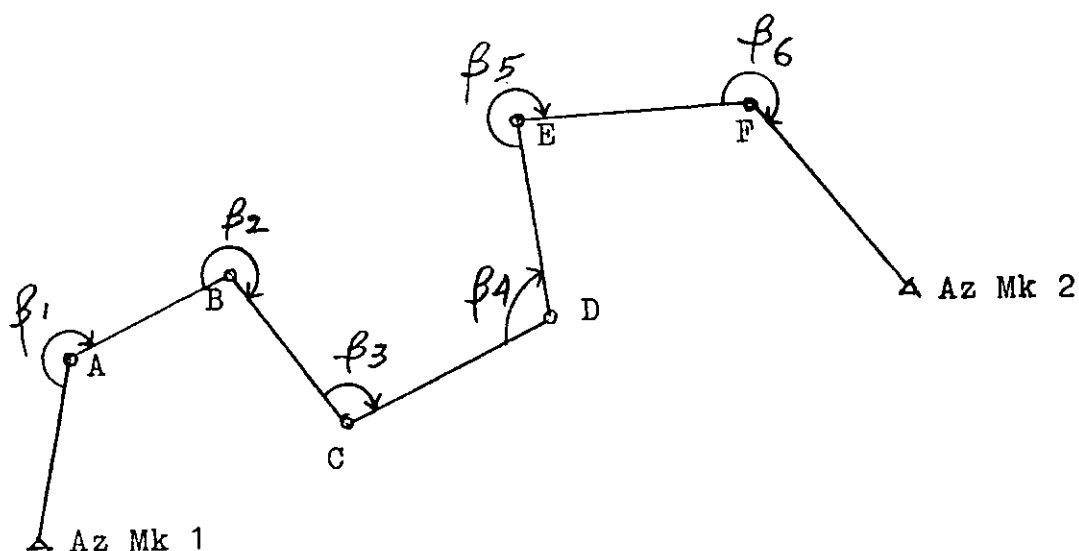
Sedangkan sudut belokan kiri sebanyak dua buah yaitu perpanjangan garis  $DEE'$  ke arah garis  $EF$  dan perpanjangan garis  $EFF'$  ke arah garis  $FG$ .

Sudut belokan tidak lengkap bila tidak disertai sebutan kanan (  $ka$  ) atau kiri (  $ki$  ) dan tentu saja tidak lebih dari  $180^\circ$ .

Masing-masing sudut harus diukur dua atau empat kali untuk mengurangi galat instrumen dan ditentukan sebuah harga rata-rata.

d. Pengukuran Poligon Dengan Sudut Ke Kanan

Pengukuran sudut-sudut dilakukan searah putaran jarum jam dari bidikan belakang pada garis sebelumnya ( lihat gambar 28 ).



Gambar. 28

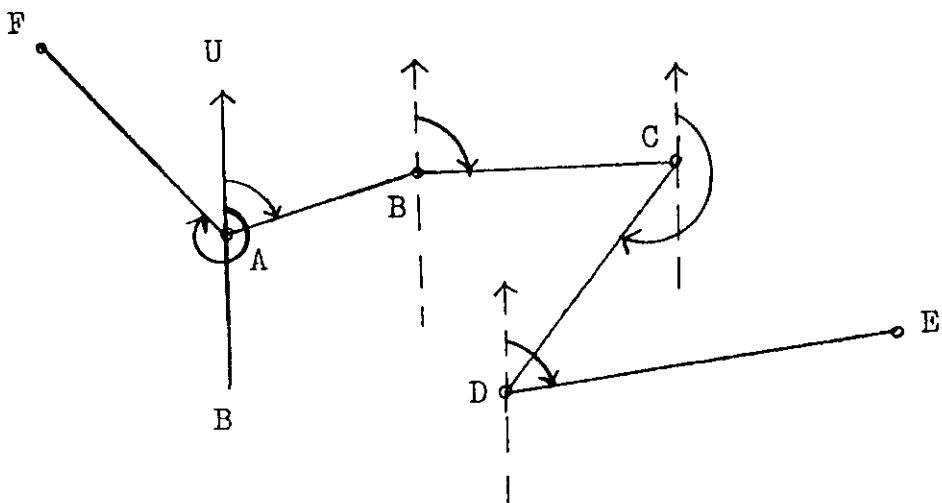
Pengukuran seperti ini disebut sudut-sudut ke kanan, atau azimuth-azimut dari garis belakang. Prosedur yang dipakai mirip dengan pengukuran poligon azimuth, kecuali bahwa bidikan belakang dibaca nol dan bukan azimuth belakang.

Setiap sudut dapat dicek dengan pengukuran rangkap dua atau diuji harga kasarnya dengan pembacaan kompas. Untuk menghilangkan kekacauan dalam pencatatan dan penggambaran, pembacaan sudut hendaknya dilakukan selalu memutar searah jarum jam.

Sudut-sudut belokan dapat diperoleh dengan mengurangi  $180^{\circ}$  dari sudut-sudut ke kanan.

e. Pengukuran Dengan Azimut

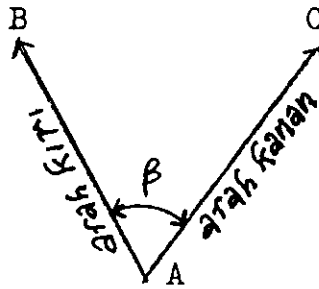
Pengukuran-pengukuran topografik sering dilaksanakan dengan azimuth, sebuah proses yang langsung memberikan pembacaan azimuth semua garis, jadi tidak memerlukan perhitungan. Pada gambar 29 dapat dilihat azimuth yang diukur searah putaran jarum jam dari ujung utara meridian lewat titik sudut.



Gambar. 29

### 3. Pengukuran Sudut

Pengertian sudut ialah selisih antara dua arah yang berlainan. Yang dimaksudkan dengan arah atau jurusan ialah besarnya bacaan lingkaran horizontal alat ukur sudut pada waktu teropong diarahkan ke jurusan tertentu. Untuk mendapatkan besarnya sudut, kurangkan bacaan arah kiri dari bacaan arah kanan ( lihat gambar 30 ).



Gambar. 30

Pembacaan theodolit arah B dan C masing-masing kita sebut  $r_{AB}$  dan  $r_{AC}$  maka ;

$$\beta = r_{AC} - r_{AB}$$

Pengukuran sudut dapat dilakukan sebagai berikut;

- a. Alat didirikan di titik A dan aturlah alat tersebut sesuai dengan ketentuan-ketentuan yang telah ditetapkan.
- b. Alat dalam kedudukan biasa, arahkan theodolit ke titik B ( arah pertama ), bacalah skala lingkaran horizontal, kemudian theodolit diputar searah jarum jam dan diarahkan ke titik C dan baca skala lingkaran horizontal.
- c. Setelah teropong diarahkan ke titik C, balikkan theodolit dalam kedudukan luar biasa dan diputar searah jarum jam. Theodolit tetap diarahkan ke titik C, dan dalam kedudukan tersebut baca skala lingkaran horizontal.

- d. Setelah diarahkan ke titik C putarlah theodolit ke arah titik B ( theodolit tetap dalam kedudukan luar biasa ) dan baca skala lingkaran horizontal.

Pengukuran sudut seperti ini disebut pengukuran satu seri dan dapat dijelaskan seperti tabel di bawah ini.

TABEL IV CARA PENGUKURAN SUDUT

No. :	Alat :	Arah :	Kedudukan teropong	: Keterangan
1.	A	B	biasa	theodolit
2.		C	biasa	selalu di-
3.		C	luar biasa	putar searah
4.		B	luar biasa	jarum jam

Hasil pengukuran sudut adalah nilai rata-rata dari pengukuran sudut biasa dan pengukuran sudut luar biasa.

Cara menentukan besarnya sudut dapat dilihat contoh dibawah ini.

TABEL V CONTOH PENGUKURAN SUDUT

A r a h	:	1	:	2	:	3	:	4
Arah ke C		165°34'		337°17'		36°21'		123°38'
Arah ke B		23°13'		36°29'		131°54'		315°22'
Besar sudut		142°21'		300°48'		264°18'		168°16'

Ketentuan yang harus diperhatikan ialah apabila besarnya jurusan kanan lebih kecil dari besarnya jurusan kiri, maka untuk menentukan besarnya sudut, lebih dahulu arah kanan ditambah 360°. seperti contoh 3 dan 4, jurusan kanan lebih kecil dari jurusan kiri, maka besarnya sudut 3 yaitu :

$$\text{Besarnya sudut } 3 = ( 360^{\circ} + 36^{\circ}12' ) - 131^{\circ}54' = 264^{\circ}18'.$$

#### 4. Kegunaan Pengukuran Poligon

Pengukuran poligon dilakukan antara lain adalah untuk :

- a. Membuat kerangka peta.
- b. Pengukuran dan penempatan titik tetap.
- c. Pengukuran-pengukuran rencana jalan raya/jalan kereta api.
- d. Pengukuran-pengukuran rencana saluran air.
- e. Dan lain-lain.

#### 5. Syarat-Syarat Pengukuran Poligon

Syarat pengukuran poligon ada tiga macam yaitu :

- a. Poligon bebas ( tidak terikat oleh suatu syarat ).
- b. Poligon terikat ( terikat oleh syarat ).
- c. Poligon terikat sempurna.
- a. Pengukuran Poligon Bebas

Untuk poligon bebas, dalam pengukurannya tidak memerlukan syarat tertentu seperti poligon terikat, karena hasil pengukuran tidak memerlukan adanya ketentuan letak garis-garis ukur pada peta seperti koordinat-koordinat titik ukur dan lain-lain. Maka tidak memerlukan hitungan-hitungan koordinat dalam penggambarannya, cukup diukur panjang sisi dan besar sudut-sudutnya.

#### b. Pengukuran Poligon Terikat

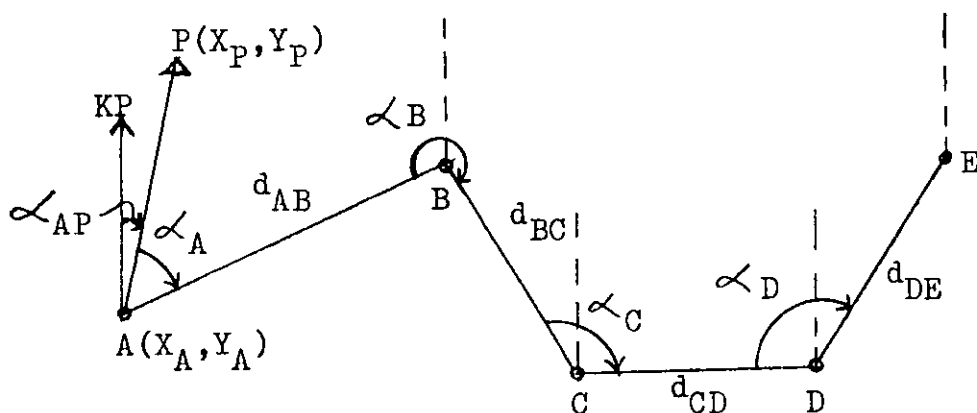
Poligon terikat, dalam pengukurannya memerlukan syarat-syarat :

- 1). Satu titiknya harus diketahui koordinatnya.
- 2). Satu sisinya harus diketahui azimuthnya.

Untuk memenuhi syarat 1), maka dipilih satu titik tetap sebagai salah satu titik awal pengukuran poligon dan diketahui koordinatnya.

Untuk memenuhi syarat 2), sebelum memulai pengukuran lanjutan hendaknya pesawat diarahkan

kesalah satu titik tetap lainnya untuk mendapatkan azimuthnya dari dua titik yang berkoordinat. Setelah itu baru diukur sudut poligon. Dengan demikian maka sudut azimuth sisi-sisi lain dapat dihitung ( kalau pengukuran dilakukan dengan theodolit, azimuth masing-masing garis ukur atau sisi poligon langsung diketahui besarnya ).



Gambar. 31

Dari gambar 31 , sebagai syarat untuk pengukuran berikutnya haruslah diketahui A (  $X_A ; Y_A$  ) dan azimuth garis ukur AP (  $\alpha_{AP}$  ). Koordinat A dapat dihitung dari  $\alpha_{AP}$  dan jarak AP (  $d_{AP}$  ). Sedangkan P (  $X_P ; Y_P$  ) merupakan koordinat titik tetap ( KP ). Selanjutnya untuk mencari koordinat B, C, D, E dan seterusnya diperlukan data-data tentang jarak seperti  $d_{AB}$ ,  $d_{BC}$ ,  $d_{CD}$ ,  $d_{DE}$  dan seterusnya serta data tentang sudut poligon seperti  $\alpha_A$ ,  $\alpha_B$ ,  $\alpha_C$ ,  $\alpha_D$  dan seterusnya.

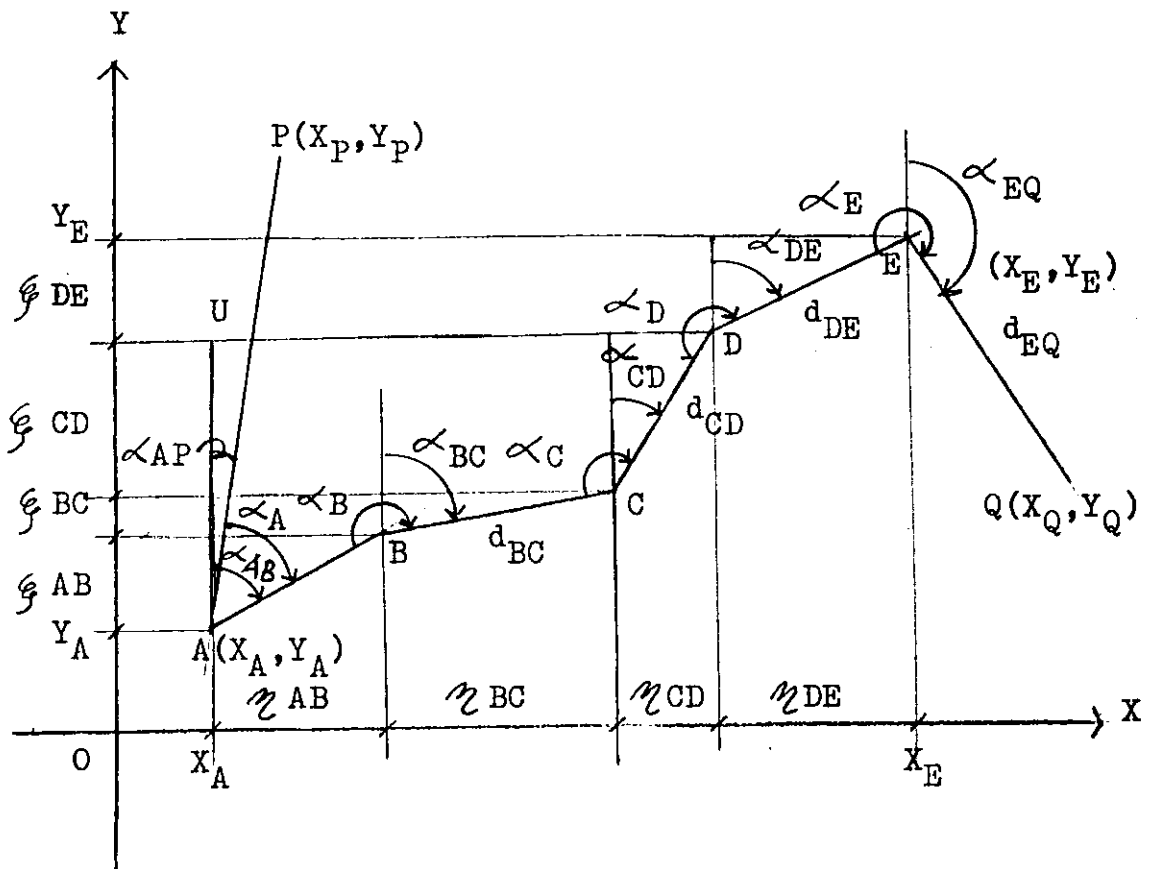


c. Pengukuran Poligon Terikat Sempurna

Poligon terikat sempurna ialah poligon terikat yang diberi pengukuran tambahan guna pelaksanaan kontrol pada hitungan sudut azimuthnya, sisi poligon dan koordinat titiknya.

Poligon terikat sempurna merupakan poligon yang harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- 1). Titik awal dan titik akhir pengukuran sudah diketahui koordinatnya.
- 2). Sisi awal dan sisi akhir harus sudah diketahui azimuthnya.



Gambar. 32

Dari gambar 32 dapat ditemukan bahwa proyeksi sisi poligon pada sumbu X adalah :

$$\begin{aligned} \xi_{AB} &= d_{AB} \sin \alpha_{AB} \\ \xi_{BC} &= d_{BC} \sin \alpha_{BC} \\ \xi_{CD} &= d_{CD} \sin \alpha_{CD} \\ \xi_{DE} &= d_{DE} \sin \alpha_{DE} \end{aligned} +$$

$$\underline{\Sigma \xi} = \Sigma d \sin \alpha$$

karena  $X_E = X_A + \Sigma d \sin \alpha$

maka :  $\Sigma d \sin \alpha = X_E - X_A$

Untuk proyeksi sisi poligon terhadap sumbu Y akan diperoleh juga :

$$\begin{aligned} \eta_{AB} &= d_{AB} \cos \alpha_{AB} \\ \eta_{BC} &= d_{BC} \cos \alpha_{BC} \\ \eta_{CD} &= d_{CD} \cos \alpha_{CD} \\ \eta_{DE} &= d_{DE} \cos \alpha_{DE} \end{aligned} +$$

$$\underline{\Sigma \eta} = \Sigma d \cos \alpha$$

maka :  $\Sigma d \cos \alpha = Y_E - Y_A$

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh suatu poligon terikat sempurna menjadi :

- 1).  $\Sigma$  sudut yang diukur =  $(\alpha_{akhir} - \alpha_{awal}) + n \cdot 180^\circ + f$
- 2).  $\Sigma d \sin \alpha = (X_{akhir} - X_{awal}) + f_x$
- 3).  $\Sigma d \cos \alpha = (Y_{akhir} - Y_{awal}) + f_y$

Dari ketentuan di atas,  $f$  adalah kesalahan pada sudut-sudut yang diukur.

$f_x$  adalah kesalahan pada proyeksi sumbu X.

$f_y$  adalah kesalahan pada proyeksi sumbu Y

Kesalahan  $f$  dibagi rata kepada sudut-sudut. Adakalanya  $f$  tidak dapat dibagi habis dengan banyaknya sudut, maka koreksi sudut yang berlainan dengan koreksi yang telah dibulatkan diberikan kepada sudut poligon yang mempunyai sisi terpendek.

Kesalahan  $f_x$  dan  $f_y$  dibagi rata pada absis X dan ordinat Y titik poligon dengan perbandingan lurus dengan jarak. Misalkan kepada titik B, absisnya diberi koreksi  $\frac{d_{AB}}{d} \cdot f_x$  dan ordinatnya diberi koreksi  $\frac{d_{AB}}{d} \cdot f_y$ .

### C. Hitungan Poligon

#### 1. Hitungan Poligon Tertutup

Hitungan dengan sistem poligon tertutup pada prinsipnya adalah untuk menghitung luas areal berdasarkan koordinat titik pada daerah yang luas dan sangat kompleks. Langkah-langkah untuk melakukan hitungan adalah sebagai berikut :

- a. Hitung jarak optis =  $( B_a - B_b ) \times 100$
- b. Koreksi sudut yang diukur =  $( n - 2 ) \times 180^\circ \pm f$
- c. Toleransi sudut poligon ( dalam kota )  
 $T = 0,4 \sqrt{n}$  -----  $n = \text{banyak titik}$
- d. Azimut = azimut awal + sudut yang diukur )  $\pm 180^\circ$
- e. Azimut awal - azimut akhir = 0
- f.  $\Delta x = d \sin \alpha$   
 $\Delta y = d \cos \alpha$  ----- = sudut azimut
- g.  $\sum d \sin \alpha = 0$  dan  $\sum d \cos \alpha = 0$   
 bila  $\sum d \sin \alpha \neq 0$  dan  $\sum d \cos \alpha \neq 0$ , maka harus dikoreksi (  $\pm f$  )
- h. Menghitung koordinat titik  
 $X = \text{koordinat titik diketahui} + \Delta x \pm f$   
 $Y = \text{koordinat titik diketahui} + \Delta y \pm f$
- i. Luas areal ( L )  
 $2 L = ( X_n \cdot Y_{n-1} ) - ( X_{n-1} \cdot Y_n )$

#### 2. Contoh Soal dan Penyelesaian

Dari hasil pengukuran suatu daerah dengan pesawat theodolit didapat data-data pengukuran sebagai berikut :

$$\text{Sudut dalam A} = 100^\circ 57' 00''$$

$$\text{Sudut dalam B} = 102^\circ 15' 35''$$

$$\text{Sudut dalam C} = 96^{\circ}48'25''$$

$$\text{Sudut dalam D} = 132^{\circ}00'00''$$

$$\text{Sudut dalam E} = 107^{\circ}58'10'' \quad +$$

---


$$\text{sudut} = 539^{\circ}59'10''$$

$$\text{Sudut azimut BC ( } \angle \text{BC) = } 195^{\circ}50'00''$$

$$\text{Koordinat titik B ( } + 705,00 \text{ ; } + 810,00 \text{ )}$$

$$\text{Jarak A - B} = 75,88 \text{ m} \qquad \text{Jarak D - E} = 52,20 \text{ m}$$

$$\text{Jarak B - C} = 85,52 \text{ m} \qquad \text{Jarak E - A} = 82,00 \text{ m}$$

$$\text{Jarak C - D} = 67,68 \text{ m}$$

Hitunglah : Koordinat titik poligon C, D, E, dan A

Penyelesaian :

a . Koreksi Sudut Pengukuran

$$\sum \text{sudut hasil pengukuran} = 539^{\circ}59'10''$$

$$\sum \text{sudut poligon} = (n-2) \cdot 180^{\circ} = 540^{\circ}00'00''$$

$$\text{Koreksi ( } f\angle \text{) = } \sum \text{sudut poligon} - \text{sudut hasil}$$

$$\begin{aligned} & \text{pengukuran} \\ & = 540^{\circ}00'00'' - 539^{\circ}59'10'' \\ & = 00^{\circ}00'50'' \end{aligned}$$

$$\text{Jadi } f\angle = 50''$$

$$\text{Toleransi} = 2,2'$$

$$\text{Koreksi untuk satu sudut} = \frac{50''}{5} = 10''$$

b . Mencari Sudut Azimut

$$\begin{aligned} \angle_{CD} &= \angle_{BC} + 180^{\circ} - (\text{sudut C} + f) \\ &= 195^{\circ}59'00'' + 180^{\circ} - (96^{\circ}48'25'' + 10'') \\ &= 279^{\circ}10'25'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \angle_{DE} &= \angle_{CD} + 180^{\circ} - (\text{sudut D} + f) \\ &= 279^{\circ}10'25'' + 180^{\circ} - (132^{\circ}00'00'' + 10'') \\ &= 327^{\circ}10'15'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \angle_{EA} &= \angle_{DE} + 180^{\circ} - (\text{sudut E} + f) \\ &= 327^{\circ}10'15'' + 180^{\circ} - (107^{\circ}58'10'' + 10'') \\ &= 39^{\circ}11'55'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \angle_{AB} &= \angle_{EA} + 180^{\circ} - (\text{sudut A} + f) \\ &= 39^{\circ}11'55'' + 180^{\circ} - (100^{\circ}57'00'' + 10'') \\ &= 118^{\circ}14'45'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{BC} &= \alpha_{AB} + 180^\circ - (\text{sudut B} + f) \\ &= 118^\circ 14' 45'' + 180^\circ - (102^\circ 15' 35'' + 10'') \\ &= 195^\circ 59' 10'' \quad \text{----- OK}\end{aligned}$$

c . Mencari  $\Delta x$  (  $d \sin \alpha$  )

$$\begin{aligned}d_{BC} \sin \alpha_{BC} &= 85,52 \times \sin 195^\circ 59' 10'' \\ &= - 23,55\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_{CD} \sin \alpha_{CD} &= 67,68 \times \sin 279^\circ 10' 25'' \\ &= - 66,81\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_{DE} \sin \alpha_{DE} &= 52,20 \times \sin 327^\circ 10' 15'' \\ &= - 28,30\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_{EA} \sin \alpha_{EA} &= 82,00 \times \sin 39^\circ 11' 55'' \\ &= + 51,82\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_{AB} \sin \alpha_{AB} &= 75,88 \times \sin 118^\circ 14' 45'' \\ &= + 66,84\end{aligned}$$

$$\sum d \sin \alpha = + 118,66 - 118,66 = 0 \quad \text{---- OK}$$

d . Mencari  $y$  (  $d \cos \alpha$  )

$$\begin{aligned}d_{BC} \cos \alpha_{BC} &= 85,52 \times \cos 195^\circ 59' 10'' \\ &= - 82,21\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_{CD} \cos \alpha_{CD} &= 67,68 \times \cos 279^\circ 10' 25'' \\ &= + 10,79\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_{DE} \cos \alpha_{DE} &= 52,20 \times \cos 327^\circ 10' 15'' \\ &= + 43,86\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_{EA} \cos \alpha_{EA} &= 82,00 \times \cos 39^\circ 11' 55'' \\ &= + 63,55\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_{AB} \cos \alpha_{AB} &= 75,88 \times \cos 118^\circ 14' 45'' \\ &= - 35,91\end{aligned}$$

$$\sum d \cos \alpha = + 118,20 - 118,12 = + 0,08$$

$\sum d \cos \alpha \neq 0$ , maka perlu diberikan koreksi sebesar 0,08 yang dibagi kepada setiap sudut.

e . Mencari Koordinat Titik X

$$\begin{aligned}X_C &= X_B + d \sin \alpha_{BC} \\ &= + 705,00 + ( - 23,55 ) = + 681,45\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}X_D &= X_C + d \sin \alpha_{CD} \\ &= + 681,45 + ( - 66,81 ) = + 614,64\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_E &= X_D + d \sin \alpha_{DE} \\ &= + 614,64 + ( - 28,30 ) = + 586,34 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_A &= X_E + d \sin \alpha_{EA} \\ &= + 586,34 + ( + 51,82 ) = + 638,16 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_B &= X_A + d \sin \alpha_{AB} \\ &= + 638,16 + ( + 66,84 ) = + 705,00 \end{aligned}$$

f . Mencari Koordinat Titik Y

$$\begin{aligned} Y_C &= Y_B + d \cos \alpha_{BC} \\ &= + 810,00 + ( - 82,21 ) = + 727,77 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_D &= Y_C + d \cos \alpha_{CD} \\ &= + 727,77 + ( + 10,79 ) = + 738,55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_E &= Y_D + d \cos \alpha_{DE} \\ &= + 738,55 + ( + 43,86 ) = + 782,40 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_A &= Y_E + d \cos \alpha_{EA} \\ &= + 782,40 + ( + 63,55 ) = + 842,93 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_B &= Y_A + d \cos \alpha_{AB} \\ &= + 842,93 + ( - 35,91 ) = + 810,00 \end{aligned}$$

TABEL VI HITUNGAN POLIGON TERTUTUP

Ttk	Sudut		Azimut	Jarak	$d \sin \alpha$	$d \cos \alpha$	Koordinat	
	o	'	o	(m)	$\Delta x$	$\Delta y$	X	Y
B	102	15	195	85,52	-23,55	-82,81	+705,00	+810,00
		10	59					
C	96	48	279	67,68	-66,81	+10,79	+681,45	+727,77
		10	10					
D	132	00	327	52,20	-28,30	+43,86	+614,64	+738,55
		00	10					
E	107	58	39	82,00	+51,82	+63,55	+586,34	+782,40
		10	11					
A	100	57	118	75,88	+66,84	-35,91	+638,16	+842,93
		00	14					
B	102	15					+705,00	+810,00
		35	45					

$$S = 539 \ 59 \ 10$$

$$(-2) \cdot 180 = 540 \ 00 \ 00$$

$$0 \quad 0$$

$$f = 50''$$

### 3. Hitungan Poligon Terbuka

Dalam menentukan koordinat-koordinat titik poligon terbuka diperlukan sudut poligon dan jarak, Menurut Soetomo Wongsotjitro ( 1980. h. 256 ) syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh suatu poligon terbuka adalah :

- a.  $\sum$  sudut yang diukur =  $(\alpha_{\text{akhir}} - \alpha_{\text{awal}})$
- b.  $\sum d \sin \alpha (\Delta x) = (X_{\text{akhir}} - X_{\text{awal}})$
- c.  $\sum d \cos \alpha (\Delta y) = (Y_{\text{akhir}} - Y_{\text{awal}})$

Pada umumnya hasil pengukuran sudut dan jarak tidak segera memenuhi syarat-syarat di atas, maka diperlukan koreksi sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \sum \text{ sudut yang diukur} &= (\alpha_{\text{akhir}} - \alpha_{\text{awal}}) + n \cdot 180^\circ \pm f\alpha \\ \sum d \sin \alpha (\Delta x) &= (X_{\text{akhir}} - X_{\text{awal}}) \pm fx \\ \sum d \cos \alpha (\Delta y) &= (Y_{\text{akhir}} - Y_{\text{awal}}) \pm fy \end{aligned}$$

Langkah perhitungan adalah sebagai berikut :

- a. Jumlahkan sudut-sudut yang diukur dan lakukan koreksi sudut-sudut supaya syarat pertama terpenuhi.
- b. Azimut  $(\alpha) = (\text{azimut awal} + \text{sudut yang diukur} \pm f) \pm 180^\circ$

#### c. Koordinat titik

$$X = \text{koordinat titik diketahui} + \Delta x \pm fx$$

$$Y = \text{koordinat titik diketahui} + \Delta y \pm fy$$

#### d. Cek koordinat titik

$$X_{\text{akhir}} - X_{\text{awal}} = \Delta x$$

$$Y_{\text{akhir}} - Y_{\text{awal}} = \Delta y$$

### 4. Contoh Soal dan Penyelesaian

Dari hasil pengukuran suatu daerah dengan pesawat theodolit dengan sistem pengukuran poligon terbuka terikat sempurna, didapat data-data pengukuran sebagai berikut :

$$\text{awal} = 309^\circ 25' 17''$$

$$\text{akhir} = 296^\circ 56' 42''$$



Koordinat titik A = ( + 179,20 ; 352,69 )

Koordinat titik E = ( + 466,17 ; 793,75 )

Sudut poligon A =  $64^{\circ}02'16''$

Sudut poligon B =  $196^{\circ}12'40''$

Sudut poligon C =  $190^{\circ}22'46''$

Sudut poligon D =  $191^{\circ}05'55''$

Sudut poligon E =  $65^{\circ}48'07''$  +

---


$$\sum \text{sudut} = 707^{\circ}31'44''$$

Jarak A - B = 148,11 m

Jarak B - C = 135,25 m

Jarak C - D = 121,17 m

Jarak D - E = 138,28 m

Hitunglah : Koordinat titik B, C, dan D

Penyelesaian :

a.  $\sum$  sudut hasil pengukuran =  $707^{\circ}31'44''$

$$\sum \text{sudut poligon} = (\alpha_{\text{akhir}} - \alpha_{\text{awal}}) + n \cdot 180^{\circ} + f\alpha$$

$$707^{\circ}31'44'' = (296^{\circ}56'42'' - 309^{\circ}25'17'') + 4 \cdot 180^{\circ} + f\alpha$$

$$707^{\circ}31'44'' = (-12^{\circ}28'35'') + 720 + f$$

$$707^{\circ}31'44'' = 707^{\circ}31'25'' + 19''$$

Jadi perlu diberi koreksi  $f\alpha = 19''$

b. Mencari Sudut Azimut

$$\alpha_{AB} = \alpha_{\text{awal}} + (\text{sudut A} - f) - 360^{\circ}$$

$$= 309^{\circ}25'17'' + (64^{\circ}02'16'' - 4'') - 360^{\circ}$$

$$= 13^{\circ}27'29''$$

$$\alpha_{BC} = \alpha_{AB} + (\text{sudut B} - f) - 180^{\circ}$$

$$= 13^{\circ}27'29'' + (196^{\circ}12'40'' - 4'') - 180^{\circ}$$

$$= 29^{\circ}40'05''$$

$$\alpha_{CD} = \alpha_{BC} + (\text{sudut C} - f) - 180^{\circ}$$

$$= 29^{\circ}40'05'' + (190^{\circ}22'46'' - 3'') - 180^{\circ}$$

$$= 40^{\circ}02'48''$$

$$\alpha_{DE} = \alpha_{CD} + (\text{sudut D} - f) - 180^{\circ}$$

$$= 40^{\circ}02'48'' + (191^{\circ}05'55'' - 4'') - 180^{\circ}$$

$$= 51^{\circ}08'39''$$

c. Mencari  $\Delta x$  (  $d \sin \alpha$  )

$$\begin{aligned} d_{AB} \sin \alpha_{AB} &= 148,11 \times \sin 13^{\circ}27'29'' \\ &= + 34,47 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{BC} \sin \alpha_{BC} &= 135,25 \times \sin 29^{\circ}40'05'' \\ &= + 66,95 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{CD} \sin \alpha_{CD} &= 121,17 \times \sin 40^{\circ}02'48'' \\ &= + 77,96 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{DE} \sin \alpha_{DE} &= 138,28 \times \sin 51^{\circ}08'39'' \\ &= + 107,68 \end{aligned}$$

d. Mencari  $\Delta y$  (  $d \cos \alpha$  )

$$\begin{aligned} d_{AB} \cos \alpha_{AB} &= 148,11 \times \cos 13^{\circ}27'29'' \\ &= + 144,05 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{BC} \cos \alpha_{BC} &= 135,25 \times \cos 29^{\circ}40'05'' \\ &= + 117,52 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{CD} \cos \alpha_{CD} &= 121,17 \times \cos 40^{\circ}02'48'' \\ &= + 92,76 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{DE} \cos \alpha_{DE} &= 138,28 \times \cos 51^{\circ}08'39'' \\ &= + 86,75 \end{aligned}$$

e. Koreksi  $d \sin \alpha$  dan  $d \cos \alpha$

$$\begin{aligned} \sum d \sin \alpha &= ( X_{akhir} - X_{awal} ) + f_x \\ 287,06 &= ( 466,17 - 179,20 ) + f_x \\ 287,06 &= 286,97 + 0,09 \end{aligned}$$

Perlu diberi koreksi (  $f_x$  ) sebesar 0,09

$$\begin{aligned} \sum d \cos \alpha &= ( Y_{akhir} - Y_{awal} ) + f_y \\ 441,08 &= ( 793,75 - 352,69 ) + f_y \\ 441,08 &= 441,06 + 0,02 \end{aligned}$$

Perlu diberi koreksi (  $f_y$  ) sebesar 0,02

f. Mencari Koordinat Titik X

$$\begin{aligned} X_B &= X_A + d \sin \alpha_{AB} \\ &= + 179,20 + 34,45 = + 213,65 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_C &= X_B + d \sin \alpha_{BC} \\ &= + 213,65 + 66,92 = + 280,57 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_D &= X_C + d \sin \alpha_{CD} \\ &= + 280,57 + 77,94 = + 358,51 \end{aligned}$$

g. Mencari Koordinat Titik Y

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

$$= + 352,69 + 144,04 = + 496,73$$

$$Y_C = Y_B + d \cos \alpha_{BC}$$

$$= + 496,73 + 117,52 = + 614,25$$

$$Y_D = Y_C + d \cos \alpha_{CD}$$

$$= + 614,25 + 92,76 = + 707,01$$

TABEL VII HITUNGAN POLIGON TERBUKA

Ttk	Sudut			Azimuth	Jarak	d sin $\alpha$	d cos $\alpha$	Koordinat			
	o	'	"	o	'	"	( m )	$\Delta x$	$\Delta y$	X	Y
P											
		awal		309	25	17					
A	64	02	16							+179,20	+ 352,69
		-4		13	27	29	148,11	+34,47	+144,05		
B	196	12	40					- 0,02	- 0,01	+213,65	+ 496,73
		-4		29	40	05	135,25	+66,95	+117,52		
C	190	22	46					- 0,02	- 0,00	+280,57	+ 614,25
		-3		40	02	48	121,17	+77,96	+ 92,76		
D	191	05	55					- 0,02	- 0,00	+358,51	+ 707,01
		-4		51	08	39	138,28	+107,68	+ 86,75		
E								- 0,02	- 0,01	+466,17	+ 793,75
Q		akhir		296	56	42					
S	707	31	44					+286,97	+441,06		
f		-19									
S	707	31	25								

#### DAFTAR KEPUSTAKAAN

- A. Bawnister. Surveying, Melbourne : Pitman Publishing Pty. Ltd, 1979.
- Brinker, Russel. C and Wolf, Paul. R. Alih Bahasa Wali-jatun, Djoko. Dasar-Dasar Pengukuran Tanah (Surveying), Edisi Ketujuh. Jilid 1. Jakarta : Penerbit Erlangga, 1986.
- Dugdale. R.H. Alih Bahasa Hasan, M. Nur. Ilmu Ukur Tanah, Edisi Ketiga. Jakarta : Penerbit Erlangga, 1986.
- Frick, Heinz. Ilmu dan Alat Ukur Tanah, Yokyakarta : Penerbit Kanisius, 1980.
- Wongsotjitro, Soetomo. Ilmu Ukur Tanah, Yokyakarta : Penerbit Kanisius, 1980.
- Samian. Ilmu Ukur Tanah Seri Alat Sederhana, Padang : Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan IKIP Padang, 1992.
- Sutrisno. Fisika Dasar, Bandung : Penerbit ITB Bandung, 1984.