

**Bahan ajar  
On The Job Training**

**Penggunaan Alat Total Station**



**Direktorat Pengukuran Dasar  
Deputi Bidang Survei, Pengukuran dan Pemetaan  
Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia  
2011**

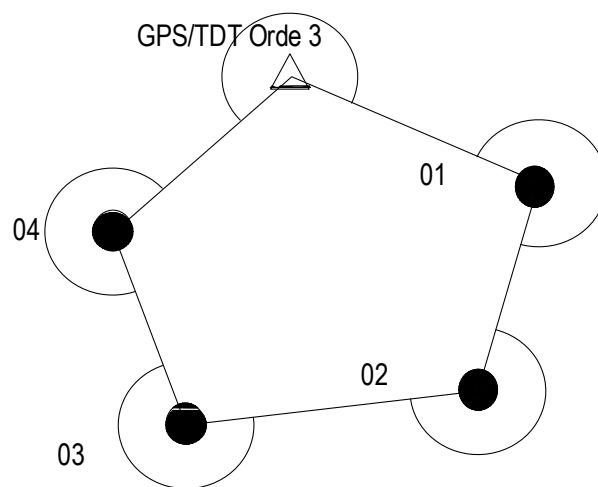
## Pengukuran Poligon

Dalam rangka Pelaksanaan Pengukuran Pemetaan Suatu wilayah dengan cara Terestris, terlebih dahulu dilakukan pelaksanaan pengukuran Kerangka Dasar pada wilayah tersebut melalui penyebaran titik-titik kerangka dasar dan dilaksanakan pengukuran Poligon yaitu pengukuran sudut dan jarak terhadap titik-titik kerangka dasar tersebut. Sedangkan untuk penentuan posisi titik-titik pada suatu areal tertentu dapat dilakukan pengukuran sudut dan jarak antara titik-titik atau detail detail lain di luar titik poligon yang akan ditentukan posisinya. Pada Direktorat Pengukuran Dasar, Pengukuran Poligon dibagi dua yaitu Pengukuran Poligon tertutup dan Poligon terbuka dengan kontrol tidak sempurna (hanya dikontrol oleh koordinat awal dan koordinat akhir)

### Bentuk Poligon

#### a. Poligon Tertutup (*loop*)

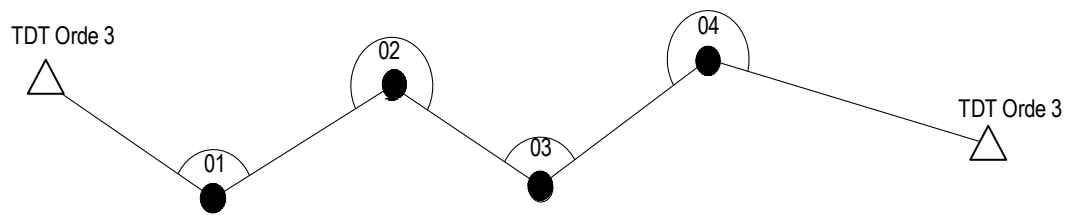
Poligon tertutup adalah rangkaian titik-titik yang titik awal dan akhirnya sama dalam satu titik yang telah diketahui koordinatnya, dengan cara mengukur sudut mendatar dan jarak mendatar.



Gambar 1 Bentuk Poligon Tertutup

#### b. Poligon Terikat

Poligon terikat adalah rangkaian titik-titik yang dimulai dari satu titik dan berakhir pada satu titik berbeda yang telah diketahui koordinatnya, dengan cara mengukur sudut mendatar dan jarak mendatar.



**Gambar 2 Bentuk Poligon Terikat**

## **Pelaksanaan Pengukuran**

### **a. Poligon Tertutup**

Pelaksanaan Pengukuran dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut:

- Pengukuran sudut horisontal dilakukan dalam dua seri yaitu dengan urutan Biasa, Luar Biasa, Luar Biasa dan Biasa untuk satu seri. Selisih sudut antar seri harus lebih kecil dari 5 detik.
- Salah penutup sudut untuk poligon tertutup atau poligon terikat sempurna adalah :  $10 \sqrt{n}''$ .
- Pengukuran jarak dilakukan minimal 2 (dua) kali dengan perbedaan maksimum adalah 1 cm.
- Salah penutup Jarak untuk Pengukuran dengan TS ini adalah lebih kecil dari 1 : 10.000.
- Pengamatan asimut Matahari tidak lagi dipergunakan, penentuan Asimut Awal dapat dilakukan dengan menggunakan dua titik dasar yang saling melihat dan mempunyai koordinat defenitif yang didapat dari penentuan posisi dengan menggunakan Teknologi GNSS.
- Setelah pengukuran titik kerangka dasar poligon tertutup dilakukan, diperlukan pemeriksaan terhadap hasil pengukuran yang telah dilakukan dengan formula:

$$fb = \Sigma\beta - (n - 2).180^0$$

dimana:

n = jumlah sisi poligon

$\Sigma\beta$  = jumlah sudut dalam

fb = salah penutup sudut

dengan toleransi  $f_b$  sebesar  $f_b < 10\sqrt{N}$  det  $ik$  ( $N$  = banyaknya sudut). Selain itu juga dihitung kesalahan penutup absis dan ordinatnya;

### **b. Poligon terbuka terkontrol tidak sempurna**

Metoda Penentuan Posisi dengan Poligon terbuka terkontrol tidak sempurna pada Direktorat Pengukuran Dasar dilakukan untuk mengukur TDT orde 4 atau titik-titik detail utama pada koridor batas kawasan dan koridor batas wilayah administrasi atau pengukuran titik-titik batas bidang tanah. Kontrol yang ada pada pengukuran poligon terbuka ini hanya koordinat X dan Y pada awal dan akhir titik poligon. Selain itu untuk melengkapi data awal diperlukan harga asimut pendekatan terhadap sisi awal dari poligon terbuka tersebut. Harga dari asimut awal ini dapat menggunakan alat ukur kompas atau perkiraan sendiri, karena besar dari asimut awal definitif akan ditentukan berdasarkan perhitungan secara iterasi.

Koordinat titik kontrol pada ujung poligon yang sudah diketahui koordinat definitifnya akan dihitung kembali dengan menggunakan koordinat awal, asimut awal pendekatan (diukur dengan kompas), data ukuran jarak, dan data ukuran sudut yang sudah diratakan sebelumnya dan ini akan menghasilkan koordinat pendekatan pertama. Dengan koordinat awal dan koordinat akhir pendekatan pertama maka dapat dihitung asimutnya dan besaran ini akan dibandingkan dengan asimut definitif antara kedua titik kontrol. Perbedaan ini akan mengoreksi besar asimut awal sisi poligon untuk mendapatkan asimut yang lebih baik (mendekati azimuth definitif). Selain ini Delta X dan Delta Y antara koordinat definitif titik kontrol kedua (diujung poligon) dan koordinat pendekatan pertama akan diratakan terhadap Delta X dan Delta Y masing-masing sisi poligon. Demikian hal ini dilakukan berulang-ulang sehingga koreksi sudut asimut mendekati nol.

### **Pengenalan Alat Ukur Total Station**

Total Station adalah peralatan Theodolit yang dilengkapi dengan EDM (electronic Distance Measurement) dan aplikasi aplikasi yang terintegrasi menjadi satu kesatuan dalam alat Total Station (Perhatikan Gambar 5.E.1). Selain dalam alat Ukur TS ini, maka alat ini dilengkapi juga dengan target berupa tongkat yang dilengkapi dengan prisma-prisma yang berfungsi sebagai reflector. Jumlah reflektor dapat terdiri dari 1 (satu), 3 (tiga) atau lebih tergantung dari jauhnya target titik yang akan diukur jarak dan posisinya.



Gambar 3 Contoh Alat Total Stasion

Tata Cara Kerja Alat Ukur TS tergantung dari pabrik pembuatnya sedangkan ketelitiannya tergantung dari tipe serta kelasnya masing masing. Tetapi secara umum cara kerja dari Alat Ukur Total Station adalah sebagai berikut:

### **Total Station (TS)**

*Total Station* (TS) merupakan alat pengukur jarak dan sudut (sudut horisontal dan sudut vertikal) secara otomatis. TS dilengkapi dengan *chip memori*, sehingga data pengukuran sudut dan jarak dapat disimpan untuk kemudian di-*download* dan diolah secara *computerize*.

Tujuan penggunaan TS, antara lain :

- Upaya mengurangi kesalahan (dari manusia) Contohnya adalah kesalahan pembacaan dan kesalahan pencatatan data
- Aksesibilitas ke sistem berbasis komputer
- Mempercepat proses
- Memberikan kemudahan (ringkas)

Adapun kendala atau kekurangannya antara lain :

- Adanya ketergantungan terhadap sumber tegangan
- Ketergantungan akan kemampuan sumber daya manusia yang ada
- Biayanya lebih mahal daripada alat konvensional biasa

## **Tata Cara Kerja**

### **1. Centring Alat TS**

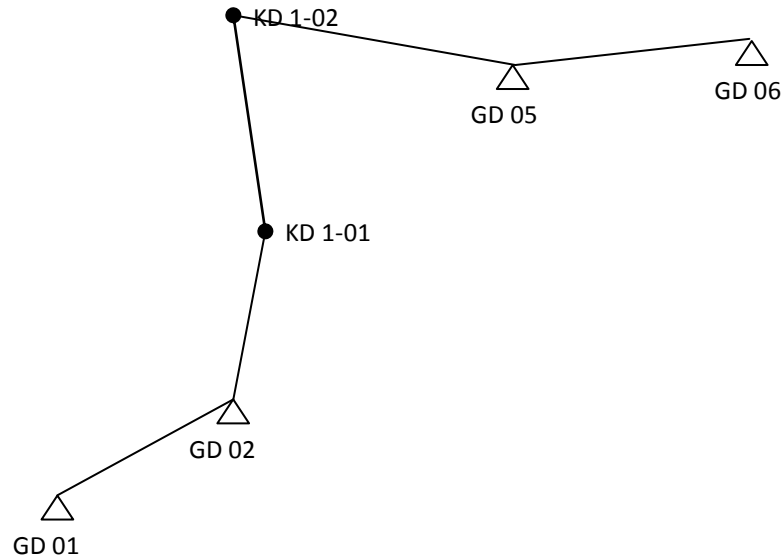
- Dirikan statif di atas titik, ketinggian disesuaikan dengan pembidik atau pengukur
- Pasang TS di atas statif kemudian putar sekrup pengunci pada statif
- Angkat dan gerakkan 2 kaki statif sambil melihat titik patok melalui centering optik sampai benang centering mendekati titik patok
- Apabila benang centering sudah mendekati titik patok, tancapkan kembali 2 kaki statif yang diangkat tadi
- Atur nivo tabung dengan cara menaik-turunkan kaki statif
- Setelah nivo tabung tepat ditengah, atur nivo kotak dengan memutar 3 sekrup A,B,C secara secara searah dan bersamaan sampai gelembung udara nivo kotak tepat di tengah lingkaran
- Kemudian, cek kembali apakah benang centering optik masih tepat berada di atas titik patok. Apabila tidak tepat lagi, longgarkan sekrup pengunci theodolit dan gerakkan theodolit secara perlahan sambil melihat pada centering optik sampai benang centering optik benar-benar tepat berada di atas titik patok. Bila sudah tepat kencangkan kembali sekrup pengunci theodolit

### **2. Membuat Job baru pada TS untuk memulai pekerjaan baru**

### **3. Pengukuran Kerangka Dasar Horizontal**

Alat yang digunakan adalah satu buah TS dan dua buah reflektor. Pembidikan harus tepat menempatkan perpotongan benang yang terlihat pada lensa ke ujung segitiga prisma yang lancip yang terletak pada reflektor.

Untuk memulai pengukuran pertama-tama salah satu reflektor ditempatkan di titik ikat, TS pada titik kerangka dasar disebelahnya dan reflektor yang satunya lagi pada titik kerangka dasar di sebelah TS. Untuk selanjutnya reflektor yang dipasang pada titik ikat dinamakan reflektor belakang dan reflektor yang ditempatkan pada titik kerangka dasar dinamakan reflektor muka. Ilustrasinya sebagai berikut.



Gambar 4 Poligon Terikat Sempurna

Proses pengukuran KDH adalah sebagai berikut:

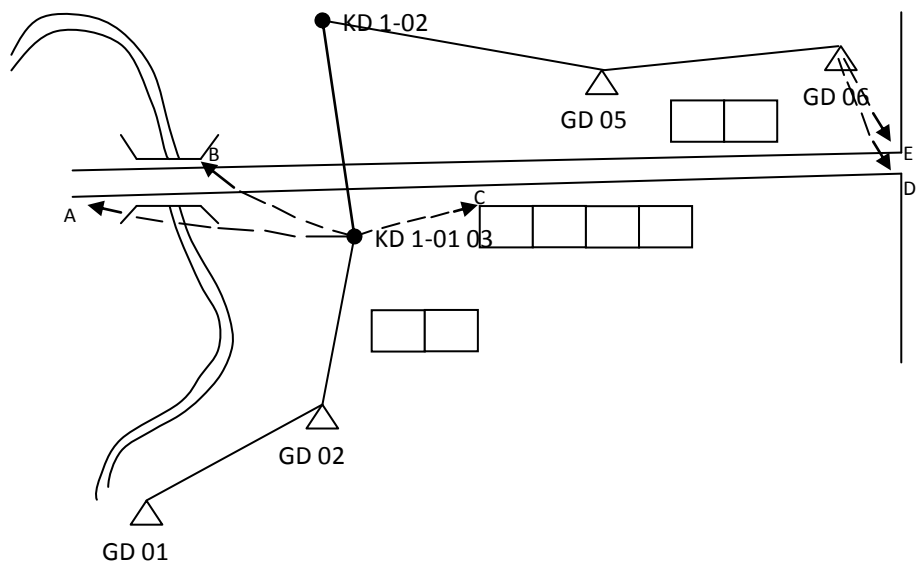
1. Reflektor belakang ditempatkan pada GD 01, TS pada GD 02, dan reflektor muka pada KD 1-01;
2. Dalam keadaan biasa (*face right*) TS dibidikkan pada reflektor belakang, didapat bacaan sudut dan jarak. Pembidikkan diulangi sampai didapatkan dua lagi bacaan sudut;
3. Dalam keadaan biasa TS dibidikkan ke reflektor muka, didapat bacaan sudut dan jarak. Pembidikkan diulangi agar didapat tiga bacaan sudut;
4. TS diputar sehingga posisinya berada dalam keadaan luar biasa (*face left*). TS dibidikkan ke reflektor muka sampai didapat tiga bacaan sudut;
5. Dalam keadaan luar biasa TS dibidikkan ke reflektor belakang sampai didapatkan tiga bacaan sudut;
6. Dilakukan pengecekan. Sesuai spesifikasi teknis selisih antara rata-rata bacaan biasa belakang-muka, dengan rata-rata bacaan luar biasa belakang-muka, tidak boleh lebih dari lima detik. Jika ya, maka pengukuran harus diulang;
7. Pada saat yang bersamaan juga dilakukan pengukuran jarak mendatar menggunakan TS tersebut sebanyak 2 kali. Hal tersebut memungkinkan Karena Pada TS sudah terdapat unit pengukur jarak elektronik (EDM);
8. Bila memenuhi toleransi maka pengukuran KDH dilanjutkan ke titik selanjutnya. Pertama-tama TS dipasang di KD 1-01, reflektor belakang pada GD 02, dan reflektor

muka pada KD 1-02. Caranya adalah reflektor yang sebelumnya berada di GD 01 dipindahkan bersama statifnya ke KD 1-02, TS yang sebelumnya berada di GD 02 dicopot dari statifnya, demikian pula reflektor yang berada di KD 1-01 dicopot dari statifnya. Kemudian TS dipasang pada statif yang berada di KD 1-01, dan reflektor dipasang pada statif yang ada di GD 02;

9. Selanjutnya pengukuran dilakukan dengan cara seperti sebelumnya.

#### 4. Pengukuran Detil

Metode yang digunakan untuk pengukuran detil situasi adalah metode tachimetry. Metode tachimetry banyak digunakan untuk memetakan daerah yang luas dan detil-detil yang bentuknya tidak beraturan yang diikatkan pada titik kontrol yang telah diketahui koordinatnya lewat pengukuran titik-titik kerangka. Proses kerjanya adalah sebagai berikut:



Gambar 5 Contoh Pengukuran Detil



1. Letakkan TS pada titik kerangka yang telah diukur sebelumnya (titik GD01, GD02, KD1-01, KD1-02, GD05, dan GD06). Sebagai contoh letakkan TS pada titik KD1-01 untuk mengukur titik batas persil, jembatan, atau alur sungai;
2. Posisikan jalon yang telah terpasang prisma pada titik – titik detil situasi yang akan dipetakan tersebut;
3. Bidik prisma tersebut melalui TS untuk mendapatkan bacaan sudut mendatar dan sudut zenitnya, usahakan dibaca sebanyak 2 kali. Contohnya membidik ujung jalan (A), kemudian membidik ujung jembatan (B), dan membidik batas patok persil (C) dari titik KD1-01. Usahakan membidik setiap detil objek yang diinginkan dari 1 titik semaksimal mungkin;
4. Kemudian tentukan juga jarak mendatar antara TS dengan titik detil situasi tersebut menggunakan TS di tiap titik yang diukur (A,B,C,D,E,...), diusahakan pembacaan jaraknya dilakukan 2 kali;
5. Record (rekam) titik – titik detil situasi yang telah dibidik, dan tentukan id untuk tiap titik detil situasi tersebut. Pengkodean id titik yang diukur secara umum dapat dibedakan menurut unsur titik, garis, dan luasan. Contohnya untuk data titik kerangka menggunakan id dengan unsur titik. Untuk id jalan menggunakan unsur garis, dan untuk id persil menggunakan unsur bidang atau luasan;
6. Lakukan langkah – langkah diatas untuk titik – titik detil situasi yang lain;

## **5. Download hasil pengukuran**

Download hasil pengukuran diatas dari alat TS tersebut ke software pengolah data lanjutan sampai dengan pembentukan gambar digital. Biasanya tiap merk ETS mempunyai software sendiri, seperti :

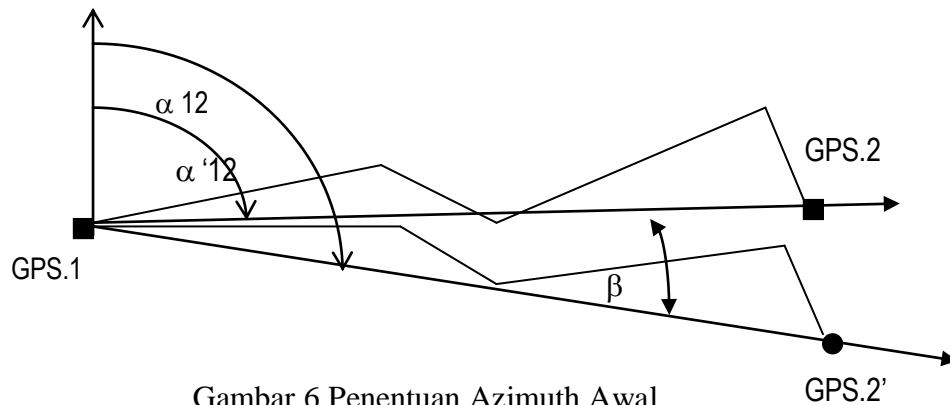
- LISCAD                      - Leica
- CIVILCAD                    - TOPCON
- SDRMAP                     - SOKIA
- DRLINK +                    - NIKON, dll

## **Pengolahan Data Total Station**

Metoda yang akan digunakan untuk pengolahan data poligon yaitu dengan menggunakan metoda Bowditch, dimana kesalahan penutup sudut akan dibagi secara merata kesetiap titik yang diukur, sedangkan kesalahan penutup jarak akan dikoreksikan ke setiap absis dan ordinat. Tahapan pengolahan data poligon adalah sebagai berikut :

## 1. Penentuan Azimuth awal pada Poligon terikat

Untuk mendapatkan arah Utara atau azimuth awal bagi pengukuran poligon terikat pada 2(dua) titik ikat, ditentukan dengan *cara melakukan hitungan pendekatan dari dua titik GPS yang berdekatan*. Dari hitungan pendekatan ini kemudian akan diperoleh azimuth awal yang definitif. Bentuk geometrinya dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 6 Penentuan Azimuth Awal

Dari gambar. 1 diatas, sudut jurusan definitif antara dua titik GPS  $\alpha_{12}$ , dan sudut jurusan sementara  $\alpha'_{12}$ , dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini.

$$\alpha_{12} = \arctan \left[ \frac{X_{GPS2} - X_{GPS1}}{Y_{GPS2} - Y_{GPS1}} \right]$$

$$\alpha'_{12} = \arctan \left[ \frac{X'_{GPS2} - X'_{GPS1}}{Y'_{GPS2} - Y'_{GPS1}} \right]$$

Dari kedua persamaan tersebut diatas dapat dihitung sudut rotasinya ( $\beta$ ) (*secara iterasi*) sebagai berikut :

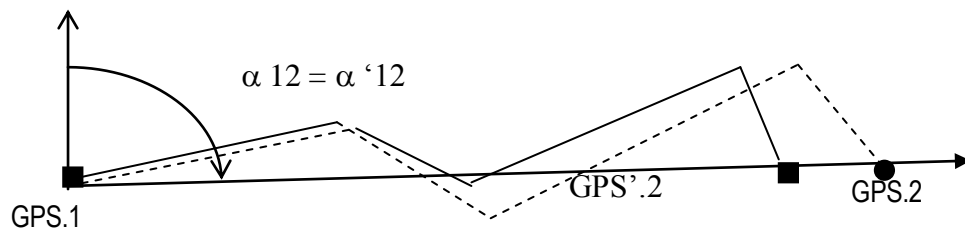
$$\beta = \alpha'_{12} - \alpha_{12}$$

Semua titik poligon dirotasikan sebesar  $\beta$  dengan hitungan sebagai berikut :

$$X_i = X'_i \cos \beta + Y'_i \sin \beta$$

$$Y_i = -X'_i \sin \beta + Y'_i \cos \beta$$

Maka gambar (1) akan menjadi gambar (2) sebagai berikut :



Gambar 7 Penentuan Azimuth Awal hasil orientasi

Gambar 3 setelah dirotasikan pada poligon definitif dan perbedaan koordinat antara titik GPS.2 dengan GPS'.2 adalah :

$$X_{GPS.2} - X'_{GPS.2} = \sum Dij \sin \alpha_{ij} = Dx$$

$$Y_{GPS.2} - Y'_{GPS.2} = \sum Dij \cos \alpha_{ij} = Dy$$

Dengan Dx dan Dy adalah kesalahan komponen ke arah X dan ke arah Y, sehingga setiap sisi poligon diberi koreksi masing-masing sebesar :

$$\Delta X_{ij} = Dij \sin \alpha_{ij} - \Delta X/n$$

$$\Delta Y_{ij} = Dij \cos \alpha_{ij} - \Delta Y/n$$

dimana n adalah jumlah sisi poligon.

Dengan demikian, koordinat definitif titik poligon dapat ditentukan melalui hubungan :

$$X_j = X_i + \Delta X_{ij}$$

$$Y_j = X_i + \Delta Y_{ij}$$

## 2. Pengolahan Data Poligon

Adapun teknis dasar pengolahan data poligon sesuai dengan petunjuk teknis Peraturan Menteri Negara Agraria/Kepala BPN Nomor 3 Tahun 1997 "Materi Pengukuran dan Pemetaan Pendaftaran Tanah adalah sebagai berikut:

1. Koreksi sudut (k), pada :

- Poligon Tertutup

$$k = \sum \beta - (n-2) \times 180^\circ, \text{ dimana :}$$

k = koreksi sudut

$\sum \beta$  = jumlah sudut ukuran sudut dalam

$n-2$  = jumlah titik poligon

- Poligon Terikat

$k = \alpha_{\text{akhir}} - \alpha_{\text{awal}} - \sum \beta + n \cdot 180^\circ$ , dimana :

$\alpha_{\text{awal}}$  = Judut jurusan awal

$\alpha_{\text{akhir}}$  = Judut jurusan akhir

$\sum \beta$  = jumlah sudut ukuran

$n$  = jumlah titik poligon

2. Hitungan absis (DX) dan ordinat (DY)

$$DX_1 = D_1 \sin \alpha_{12}$$

$$DY_1 = D_1 \cos \alpha_{12}$$

3. Hitungan kesalahan absis (kx) dan ordinat (ky)

- Poligon Tertutup

$$kx = \sum D \sin \alpha$$

$$ky = \sum D \cos \alpha$$

- Poligon Terikat

$$kx = \sum D \sin \alpha - (X_{\text{akhir}} - X_{\text{awal}})$$

$$ky = \sum D \cos \alpha - (Y_{\text{akhir}} - Y_{\text{awal}})$$

$$4. \text{Salah Penutup Linier} = \frac{\sqrt{kx^2 + ky^2}}{\sum D}$$

5. Hitungan koreksi absis ( $dx_i$ ) dan ordinat ( $dy_i$ )

$$dx_i = d_1 / \sum d_x (-kx)$$

$$dy_i = d_1 / \sum d_x (-ky),$$

dimana :

$d_1$  = jarak datar ,

$\sum d$  = jumlah jarak datar,

$\sum D \sin \alpha$  = jumlah absis,

$\sum D \cos \alpha$  = jumlah ordinat

6. Hitungan koordinat ( X, Y)

$$\mathbf{X_2 = X_1 + D_1 \sin \alpha_{12} + dx_i}$$

$$\mathbf{Y_2 = Y_1 + D_1 \cos \alpha_{12} + dy_i}$$