

BAB II LANDASAN TEORI

A. Kerangka Dasar Pemetaan

Tahap awal sebelum melakukan suatu pengukuran adalah dengan melakukan penentuan titik-titik kerangka dasar pemetaan pada daerah atau areal yang akan dilakukan pengukuran yaitu penentuan titik-titik yang ada di lapangan yang ditandai dengan patok kayu, paku atau patok permanen yang dipasang dengan kerapatan tertentu, fungsi dari sistem kerangka dasar pemetaan dengan penentuan titik-titik inilah yang nantinya akan dipakai sebagai titik acuan (reference) bagi penentuan titik-titik lainnya dan juga akan dipakai sebagai titik kontrol bagi pengukuran yang baru. Pengukuran dilaksanakan untuk memperoleh data sudut dan jarak dilapangan yang akan dihasilkan suatu data posisi berupa data koordinat (X,Y) yang dapat digunakan dalam pembuatan peta dasar teknik, (*Brinker.1987*).

1. Pengukuran kerangka Horizontal

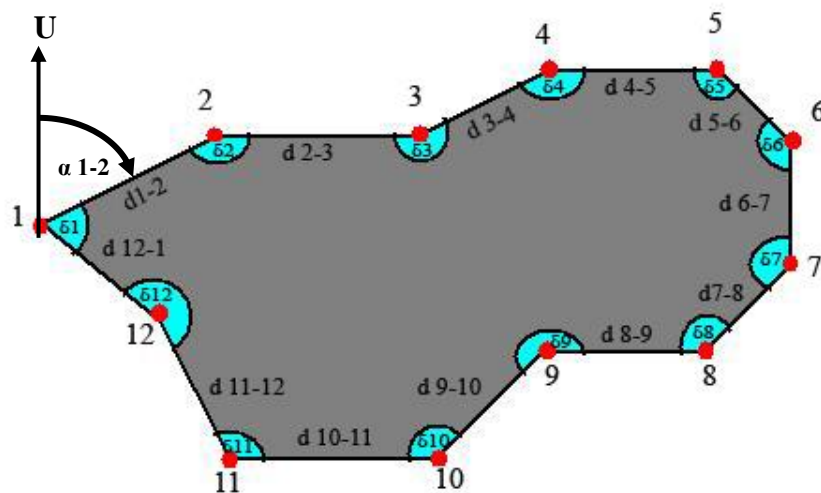
Kerangka dasar horizontal merupakan kumpulan titik-titik yang telah diketahui atau ditentukan posisi horizontalnya berupa koordinat pada bidang datar (X,Y) dalam sistem proyeksi tertentu. Bila dilakukan dengan cara teristris, pengadaan kerangka horizontal bisa dilakukan menggunakan cara triangulasi, trilaterasi atau poligon. Pemilihan cara dipengaruhi oleh bentuk medan lapangan dan ketelitian yang dikehendaki. (*Purworhardjo, 1986*).

a. Poligon

Metode poligon adalah metode penentuan posisi lebih dari satu titik dipermukaan bumi, yang terletak memanjang sehingga membentuk segi banyak, (*Wongsotjitro, 1977*). Unsur-unsur yang diukur adalah unsur sudut dan jarak, jika koordinat awal diketahui, maka titik-titik yang lain pada poligon tersebut dapat ditentukan koordinatnya. Pengukuran dengan metode poligon ini terbagi menjadi dua bentuk yaitu:

1) Poligon Tertutup

Poligon tertutup adalah poligon dengan titik awal sama dengan titik akhir, jadi dimulai dan diakhiri dengan titik yang sama.



Gambar 1.2 Poligon Tertutup

Syarat-syarat geometris poligon tertutup adalah sebagai berikut:

$$\sum \delta = (n - 2) \cdot 180^\circ \text{ (untuk sudut dalam)}$$

$$\sum \alpha = (n + 2) \cdot 180^\circ \text{ (untuk sudut luar)}$$

$$\sum (D \cdot \sin \alpha) = \sum \Delta X = 0$$

$$\sum (D \cdot \cos \alpha) = \sum \Delta Y = 0$$

Pada umumnya hasil pengukuran jarak dan sudut tidak segera memenuhi syarat diatas, tetapi akan didapat bentuk persamaan sebagai berikut :

$$\Sigma \delta + f\delta = (n - 2) \cdot 180 \text{ (untuk sudut dalam)}$$

$$\Sigma \delta + f\delta = (n + 2) \cdot 180 \text{ (untuk sudut luar)}$$

$$\Sigma (D \cdot \sin \alpha) + f\Delta X = 0$$

$$\Sigma (D \cdot \cos \alpha) + f\Delta Y = 0$$

Dalam hal ini :

$\Sigma\delta$ = jumlah sudut ukuran

n = jumlah titik pengukuran

$f\delta$ = kesalahan penutup sudut ukuran

$\Sigma\Delta X$ = jumlah selisih absis (X)

$\Sigma\Delta Y$ = jumlah selisih ordinat (Y)

$f\Delta X$ = kesalahan absis (X)

$f\Delta Y$ = kesalahan ordinat (Y)

D = jarak / sisi poligon

α = azimuth

Langkah awal perhitungan koordinat (X,Y) poligon tertutup adalah sebagai berikut :

➤ Menghitung jumlah sudut

$$f\delta = \Sigma\delta \text{ hasil pengukuran} - (n - 2) \cdot 180$$

Apabila selisih sudut tersebut masuk toleransi, maka perhitungan dapat dilanjutkan tetapi jika selisih sudut tersebut tidak masuk toleransi maka akan dilakukan cek lapangan atau pengukuran ulang.

➤ Mengitung koreksi pada tiap-tiap sudut ukuran ($k\delta_i$)

$k\delta_i = f\delta_i / n$ (jika kesalahan penutup sudut bertanda negatif (-) maka koreksinya positif (+), begitu juga sebaliknya.

➤ Menghitung sudut terkoreksi

$$\delta_i = \delta_1 + k\delta_1$$

➤ Menghitung azimuth sisi poligon (α)

misal diketahui azimuth awal (α_{1-2})

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + 180^\circ - \delta_2 \text{ (untuk sudut dalam)}$$

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} - 180^\circ + \delta_2 \text{ (untuk sudut luar)}$$

Dengan catatan, apabila azimuth lebih dari 360° , maka :

$$\alpha_{2-3} = (\alpha_{1-2} + 180^\circ - \delta_2) - 360^\circ$$

apabila azimuth kurang dari 0° , maka :

$$\alpha_{2-3} = (\alpha_{1-2} + 180^\circ - \delta_2) + 360^\circ$$

- Menghitung selisih absis dan selisih ordinat (ΔX dan ΔY)

$$\Delta X_{1-2} = d_{1-2} \cdot \sin \alpha_{1-2}$$

$$\Delta Y_{1-2} = d_{1-2} \cdot \cos \alpha_{1-2}$$

- Melakukan koreksi pada tiap-tiap kesalahan absis dan ordinat ($k\Delta X_i$ dan $k\Delta Y_i$)

$$k\Delta X_i = (d_i / \Sigma d) \cdot f\Delta X \quad \text{dalam hal ini} \quad f\Delta X = \Sigma \Delta X$$

$$k\Delta Y_i = (d_i / \Sigma d) \cdot f\Delta Y \quad f\Delta Y = \Sigma \Delta Y$$

jika kesalahan absis dan ordinat bertanda negatif (-) maka koreksinya positif (+) begitu juga sebaliknya.

- Menghitung selisih absis (ΔX) dan ordinat (ΔY) terkoreksi

$$\Delta X_{1-2} = \Delta X_{1-2} + k\Delta X_{1-2}$$

$$\Delta Y_{1-2} = \Delta Y_{1-2} + k\Delta Y_{1-2}$$

- Koordinat (X,Y)

misal diketahui koordinat awal (X_1, Y_1) maka :

$$X_2 = X_1 + \Delta X_{1-2}$$

$$Y_2 = Y_1 + \Delta Y_{1-2}$$

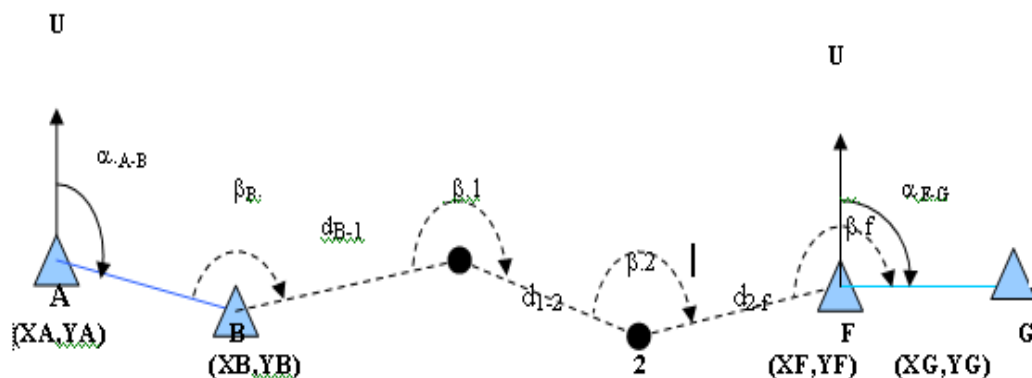
Jika pada proses perhitungan poligon tertutup koordinat akhir sama dengan koordinat awal maka perhitungan tersebut dianggap benar, sebaliknya jika koordinat akhir tidak sama dengan koordinat awal maka perhitungan tersebut dinyatakan salah karena titik awal dan titik akhir poligon tertutup adalah sama atau kembali ketitik semula.

2) Poligon Terbuka

Poligon terbuka adalah poligon dimana titik awal dan titik akhir tidak berimpit atau titik awal tidak bertemu dengan titik akhir. Poligon terbuka ditinjau dari sistem pengukuran dan cara perhitungannya dibedakan menjadi 4 macam, yaitu :

a) Poligon Terikat sempurna

Poligon terbuka terikat sempurna adalah poligon yang titik awal dan titik akhir terikat oleh koordinat dan azimuth atau terikat oleh dua koordinat pada awal dan akhir pengukuran. Poligon jenis ini memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan poligon lainnya. Pada poligon ini kesalahan sudut serta kesalahan jaraknya dapat dikoreksi dengan diketahuinya azimuth dan koordinat awal serta azimuth dan koordinat akhir.



Gambar 1.3 Poligon Terbuka Terikat sempurna

Dalam poligon terbuka terikat sempurna, besaran - besaran yang harus diukur :

1. Semua sisi jarak = $d_{B-1}, d_{1-2}, \dots, d_{3-P}$
2. Semua sudut horizontal = $\delta_B, \delta_1, \delta_2, \dots, \delta_P$

Syarat-syarat geometris poligon terbuka terikat sempurna :

$$\sum \delta = (\alpha_{P-Q} - \alpha_{A-B}) + n \cdot 180^\circ \text{ (untuk sudut kanan)}$$

$$\sum \delta = (\alpha_{A-B} - \alpha_{P-Q}) + n \cdot 180^\circ \text{ (untuk sudut kiri)}$$

$$\sum (D \cdot \sin \alpha) = \sum \Delta X = X_P - X_B$$

$$\sum (D \cdot \cos \alpha) = \sum \Delta Y = Y_P - Y_B$$

Dalam hal ini :

$$\sum \delta = \text{jumlah sudut ukuran}$$

$$n = \text{jumlah titik pengukuran}$$

$$f\delta = \text{kesalahan penutup sudut ukuran}$$

$$\sum \Delta X = \text{jumlah selisih absis (X)}$$

$$\sum \Delta Y = \text{jumlah selisih ordinat (Y)}$$

$f\Delta X$	= kesalahan absis (X)
$f\Delta Y$	= kesalahan ordinat (Y)
α P-Q	= azimuth / sudut jurusan akhir titik ikat
α A-B	= azimuth / sudut jurusan awal titik ikat
XP dan YP	= koordinat titik ikat akhir
XB dan YB	= koordinat titik ikat awal
D	= jarak / sisi poligon
A	= azimuth

Langkah - langkah perhitungan koordinat (X , Y) poligon terbuka terikat sempurna :

- Menghitung azimuth titik ikat awal dan titik ikat akhir (α A-B dan α P-Q)
 - α A-B = Arc tan [(XB - XA) / (YB - YA)]
 - α P-Q = arc tan [(XQ - XP) / (YQ - YP)]
- Jumlah sudut horizontal hasil pengukuran ($\Sigma\delta$)
 - $\Sigma\delta = \delta B + \delta 1 + \delta 2 + \delta 3 + \delta P$
- Jumlah ukuran jarak (ΣD)
 - $\Sigma D = D_{B-1} + D_{1-2} + D_{2-3} + D_{3-P}$
- Menghitung kesalahan penutup sudut
 - $\Sigma\delta \pm f\delta = (\alpha \text{ P-Q} - \alpha \text{ A-B}) \pm n \cdot 180^\circ$
- Menghitung koreksi pada tiap-tiap sudut ukuran ($k\delta_i$)
 - $k\delta_i = f\delta / n$ (jika kesalahan penutup sudut bertanda negatif (-) maka koreksinya positif (+), begiti pula sebaliknya)
- Menghitung sudut terkoreksi
 - $\delta B = \delta B + k\delta_i$
 - $\delta 1 = \delta 1 + k\delta_i$
 - $\delta P = \delta P + k\delta_i$
- Menghitung azimuth (α) titik - titik polygon
 - Diketahui azimuth awal (α A-B) maka :
 - $\alpha \text{ B-1} = \alpha \text{ A-B} - 180^\circ + \delta B$ (untuk sudut luar)
 - $\alpha \text{ B-1} = \alpha \text{ A-B} + 180^\circ - \delta B$ (untuk sudut dalam)
 - Dengan catatan, apabila azimuth lebih dari 360° maka:
 - $\alpha \text{ B-1} = (\alpha \text{ A-B} - 180^\circ + \delta B) - 360^\circ$

apabila azimuth kurang dari 0° maka:

$$\alpha_{B-1} = (\alpha_{A-B} - 180^\circ + \delta_B) + 360^\circ$$

perhitungan ini dilanjutkan hingga :

$$\alpha_{3-P} = \alpha_{2-3} - 180^\circ + \delta_3 \quad (\text{untuk sudut luar})$$

$$\alpha_{3-P} = \alpha_{2-3} + 180^\circ - \delta_3 \quad (\text{untuk sudut dalam})$$

- Menghitung selisih absis dan selisih ordinat (ΔX dan ΔY)

$$\Delta X_{B-1} = d_{B-1} \cdot \sin \alpha_{B-1}$$

$$\Delta Y_{B-1} = d_{3-P} \cdot \cos \alpha_{B-1}$$

Perhitungan ini dilanjutkan hingga :

$$\Delta X_{3-P} = d_{3-P} \cdot \sin \alpha_{3-P}$$

$$\Delta Y_{3-P} = d_{3-P} \cdot \cos \alpha_{3-P}$$

- Menghitung kesalahan penutup absis dan ordinat dengan rumus :

$$f\Delta X = \Sigma \Delta X - (X_P - X_B)$$

$$f\Delta Y = \Sigma \Delta Y - (Y_P - Y_B)$$

- Menghitung koreksi pada tiap kesalahan absis dan ordinat ($f\Delta X$ dan $f\Delta Y$)

$$k\Delta X_{B-1} = (d_{B-1} / \Sigma d) \cdot f\Delta X$$

$$k\Delta Y_{B-1} = (d_{B-1} / \Sigma d) \cdot f\Delta Y$$

perhitungan ini dilanjutkan hingga :

$$k\Delta X_{3-P} = (d_{3-P} / \Sigma d) \cdot f\Delta X$$

$$k\Delta Y_{3-P} = (d_{3-P} / \Sigma d) \cdot f\Delta Y$$

jika kesalahan absis dan ordinat bertanda negatif(-) maka koreksinya positif (+), begitu pula sebaliknya.

- Menghitung selisih absis (ΔX) dan ordinat (ΔY) terkoreksi

$$\Delta X_{B-1} = \Delta X_{B-1} + k\Delta X_{B-1}$$

$$\Delta Y_{B-1} = \Delta Y_{B-1} + k\Delta Y_{B-1}$$

Perhitungan dilanjutkan hingga :

$$\Delta X_{3-P} = \Delta X_{3-P} + k\Delta X_{3-P}$$

$$\Delta Y_{3-P} = \Delta Y_{3-P} + k\Delta Y_{3-P}$$

- Perhitungan Koordinat (X, Y)

Diketahui koordinat awal (X_B, Y_B) maka:

$$X_1 = X_B + \Delta X_{B-1}$$

$$Y_1 = Y_B + \Delta Y_{B-1}$$

Perhitungan ini dilanjutkan hingga :

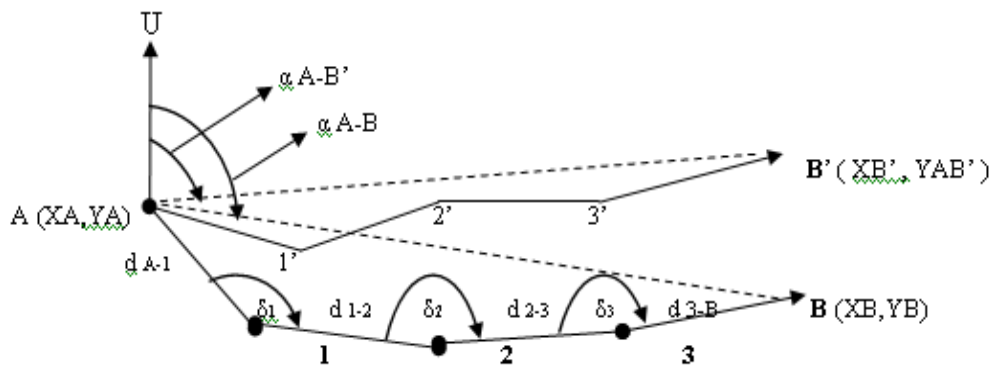
$$X_3 = X_2 + \Delta X_{2-3}$$

$$Y_3 = Y_2 + \Delta Y_{2-3}$$

Jika nilai koordinat titik akhir (X_P, Y_P) yang dihitung sama dengan koordinat titik ikat akhir, maka perhitungannya dinyatakan memenuhi toleransi serta dapat dilanjutkan pada pekerjaan lainnya.

b) Poligon Terbuka Terikat Koordinat

Poligon terikat koordinat adalah poligon yang titik awal dan titik akhirnya terikat oleh koordinat, nilai azimuth awal dan akhir tidak diketahui. Misal poligon terbuka terikat koordinat A123



Gambar 1.4 Poligon Terbuka Terikat Kordinat

Dalam poligon terbuka terikat koordinat, besaran-besaran yang harus diukur :

1. Semua sisi/jarak = d_{A-1} , d_{1-2} , , d_{3-B}
2. Semua sudut horizontal = δ_1 , δ_2 , δ_3

Langkah perhitungan poligon terbuka terikat koordinat adalah :

- Menentukan azimuth pendekatan yang besarnya sembarang, misal : α_{A-1}
- Menentukan azimuth sementara menggunakan azimuth pendekatan

$$\alpha_{1-2} = \alpha_{A-1} - 180^\circ + \delta_1$$

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} - 180^\circ + \delta_2$$

$$\alpha_{3-B} = \alpha_{2-3} - 180^\circ + \delta_3$$

- Menghitung koordinat sementara 1,2,3 dan B.

$$X_1 = X_A + d_{A-1} \cdot \sin \alpha_{A-1}$$

$$Y_1 = Y_A + d_{A-1} \cdot \cos \alpha_{A-1}$$

$$X_2 = X_1 + d_{1-2} \cdot \sin \alpha_{1-2}$$

$$Y_2 = Y_1 + d_{1-2} \cdot \cos \alpha_{1-2}$$

$$X_3 = X_2 + d_{2-3} \cdot \sin \alpha_{2-3}$$

$$Y_3 = Y_2 + d_{2-3} \cdot \cos \alpha_{2-3}$$

$$X_B = X_3 + d_{3-B} \cdot \sin \alpha_{3-B}$$

$$Y_B = Y_3 + d_{3-B} \cdot \cos \alpha_{3-B}$$

- Menghitung azimuth (α_{A-B}) yang diketahui

$$\alpha_{A-B} = \text{Arc tan} [(X_B - X_A) / (Y_B - Y_A)]$$

- Menghitung azimuth (α_{A-B}) dari perhitungan pendekatan

$$\alpha_{A-B} = \text{Arc tan} [(X_B - X_A) / (Y_B - Y_A)]$$

- Hitungan selisih azimuth ($\Delta\alpha_{A-B}$)

$$\Delta\alpha_{A-B} = \alpha_{A-B} - \alpha_{A-B}$$

- Hitungan azimuth terkoreksi

$$\alpha_{A-1} = \alpha_{A-1} + \Delta\alpha_{A-B}$$

$$\alpha_{1-2} = \alpha_{A-1} + \Delta\alpha_{A-B} - 180^\circ + \delta_1$$

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + \Delta\alpha_{A-B} - 180^\circ + \delta_2$$

$$\alpha_{3-B} = \alpha_{2-3} + \Delta\alpha_{A-B} - 180^\circ + \delta_3$$

Dengan catatan apabila azimuth lebih dari 360° maka :

$$\alpha_{1-2} = (\alpha_{A-1} + \Delta\alpha_{A-B} - 180^\circ + \delta_1) - 360^\circ$$

apabila azimuth kurang dari 0° maka :

$$\alpha_{1-2} = (\alpha_{A-1} + \Delta\alpha_{A-B} - 180^\circ + \delta_1) + 360^\circ$$

- Hitungan selisih absis dan selisih ordinat (ΔX dan ΔY)

$$\Sigma\Delta X_{A-1} = D_{A-1} \cdot \sin \alpha_{A-1}$$

$$\Sigma\Delta Y_{A-1} = D_{A-1} \cdot \cos \alpha_{A-1}$$

Perhitungan ini dilanjutkan hingga :

$$\Sigma\Delta X_{3-B} = D_{3-B} \cdot \sin \alpha_{3-B}$$

$$\Sigma\Delta Y_{3-B} = D_{3-B} \cdot \cos \alpha_{3-B}$$

- Menghitung koreksi pada tiap-tiap kesalahan absis dan ordinat ($K\Delta X$ dan $K\Delta Y$)

$$k\Delta X_{A-1} = (D_{A-1} / \Sigma d) \cdot f\Delta X$$

$$k\Delta Y_{A-1} = (D_{A-1} / \Sigma d) \cdot f\Delta Y$$

Perhitungan dilanjutkan hingga :

$$k\Delta X_{3-B} = (D_{3-B} / \Sigma d) \cdot \Sigma f\Delta X$$

$$k\Delta Y_{3-B} = (D_{3-B} / \Sigma d) \cdot \Sigma f\Delta Y$$

jika kesalahan absis dan ordinat bertanda negatif (-) maka koreksinya positif (+), begitu pula sebaliknya.

➤ Menghitung koordinat sesungguhnya (X,Y)

Diketahui koordinat (X_A, Y_A) maka :

$$X_1 = X_A + \Delta X_{A-1} \pm K\Delta X_{A-1}$$

$$Y_1 = Y_A + \Delta Y_{A-1} \pm K\Delta Y_{A-1}$$

Perhitungan ini dilanjutkan hingga :

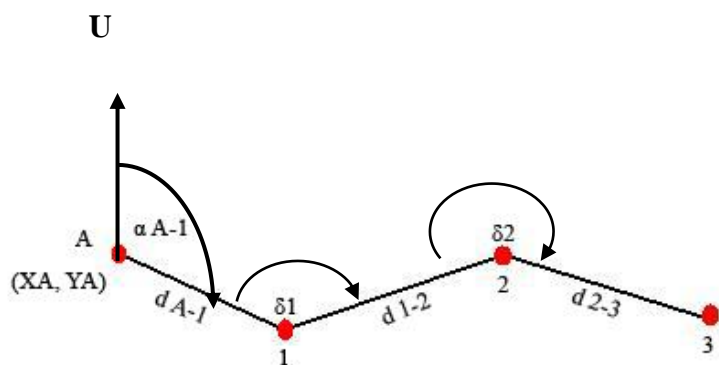
$$X_B = X_3 + \Delta X_{3-B} \pm K\Delta X_{3-B}$$

$$Y_B = Y_3 + \Delta Y_{3-B} \pm K\Delta Y_{3-B}$$

Jika nilai koordinat titik B yang dihitung sama dengan koordinat titik B yang diketahui maka perhitungannya dinyatakan benar. Poligon ini sering dipakai dilapangan karena tidak menutup kemungkinan banyak dijumpai hambatan-hambatan misalnya hanya ada dua titik pengikat yang diketahui sehingga azimuth awal dan akhir belum diketahui sehingga memakai azimuth pendekatan.

c) Poligon Terbuka Terikat Sepihak

Poligon terbuka terikat sepihak adalah poligon yang hanya terikat salah satu titiknya saja, bisa terikat pada titik awalnya atau titik akhirnya saja. Misal poligon terbuka terikat sepihak A123



Gambar 1.5 Poligon Terbuka Terikat Sepihak

Langkah-langkah perhitungannya:

➤ Menghitung Azimuth (α)

Misal diketahui azimuth (α_{A-1}) maka : $\alpha_{1-2} = \alpha_{A-1} - 180^\circ + \delta_1$

➤ Menghitung koordinat (X,Y)

Diketahui koordinat awal (X_A, Y_A) maka :

$$X_1 = X_A + d_{A-1} \cdot \sin \alpha_{A-1}$$

$$Y_1 = Y_A + d_{A-1} \cdot \cos \alpha_{A-1}$$

Perhitungan ini dilanjutkan hingga:

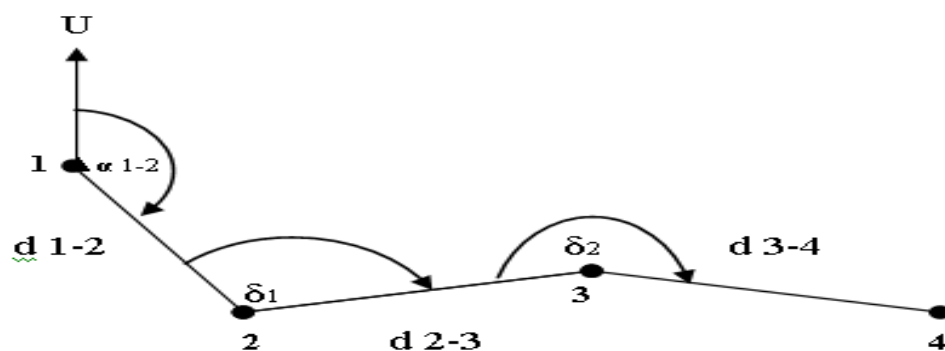
$$X_3 = X_2 + d_{2-3} \cdot \sin \alpha_{2-3}$$

$$Y_3 = Y_2 + d_{2-3} \cdot \cos \alpha_{2-3}$$

Pada poligon jenis ini kurang baik untuk kerangka dasar sebab cara perhitungannya sangat sederhana karena tidak ada hitungan koreksi baik koreksi sudut maupun jarak, hanya koordinat titik ikat atau koordinat yang diketahui digunakan sebagai acuan dalam perhitungan koordinat lainnya .

d) Poligon Terbuka Bebas

Poligon terbuka bebas adalah poligon lepas atau poligon yang tidak terikat kedua ujungnya. Untuk menghitung koordinat masing-masing titiknya maka harus ditentukan terlebih dahulu koordinat salah satu titik sebagai acuan menghitung koordinat titik lainnya. Pada poligon ini tidak ada koreksi sudut maupun koreksi jarak.



Gambar 1.6 Poligon Terbuka Bebas

Proses perhitungannya :

➤ Hitungan azimuth (α)

Misal diketahui azimuth (α_{1-2}) maka :

➤ Hitungan koordinat (X,Y)

Misal ditentukan koordinat titik awal (X₁,Y₁) maka :

$$X_2 = X_1 + d_{1-2} \cdot \sin \alpha_{1-2}$$

$$Y_2 = Y_1 + d_{1-2} \cdot \cos \alpha_{1-2}$$

b. Azimut

Azimuth adalah besaran sudut yang diukur dari arah utara searah jarum jam dari sembarang meridian acuan yang besarnya berkisar antara $0^\circ - 360^\circ$. Azimuth berfungsi sebagai orientasi arah utara pada peta, sebagai kontrol pada pengukuran jaringan poligon maupun dalam hitungan koordinat.

Azimuth yang diukur dilapangan dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu :

1) Azimuth Magnetis

Azimuth Magnetis adalah azimuth yang berdasarkan arah utara magnetis. Untuk mendapatkan azimuth magnetis dapat dilakukan dengan pengukuran menggunakan alat ukur yang dilengkapi dengan boussole atau kompas, seperti halnya theodolit (TO). Azimuth magnetis ini tidak berdasarkan arah utara sebenarnya (kutub utara bumi), namun hanya berdasarkan arah utara magnetis.

2) Azimuth Geografis

Azimuth Geografis adalah azimuth yang berdasarkan arah kutub utara bumi atau utara sebenarnya. Untuk mendapatkan besaran azimuth geografis dapat dilakukan dengan pengamatan benda-benda angkasa (pengamatan matahari atau pengamatan bintang).

2. Kerangka Vertikal

Kerangka vertikal digunakan dalam suatu pengukuran untuk menentukan beda tinggi dan ketinggian suatu tempat/titik. (*Purworaharjo, 1986*)

Ada beberapa metode untuk menentukan beda tinggi dan ketinggian titik tersebut yaitu :

a. Kerangka Vertikal dengan Metode Waterpassing

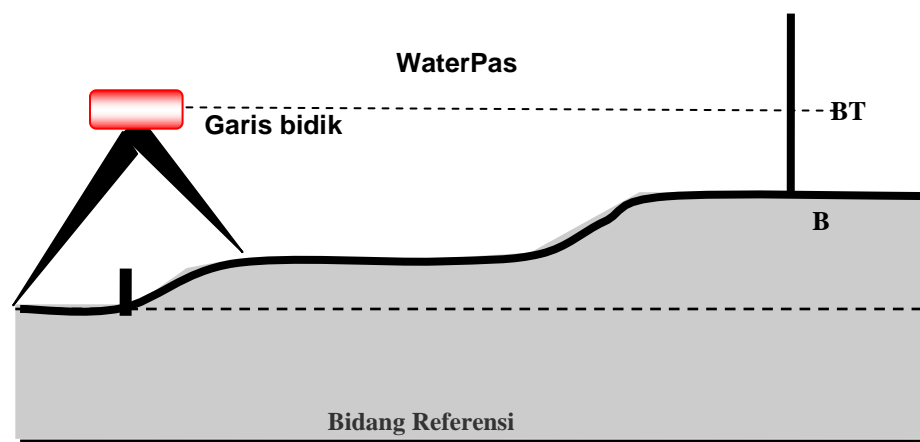
Syarat utama dari penyipat datar adalah garis bidik penyipat datar, yaitu garis yang melalui titik potong benang silang dan berhimpit dengan sumbu optis teropong dan harus datar.

Syarat pengaturannya adalah :

- Mengatur sumbu I menjadi vertical
- Mengatur benang silang mendatar tegak lurus sumbu I
- Mengatur garis bidik sejajar dengan arah nivo

Menentukan beda tinggi dengan menggunakan metode waterpassing alat yang digunakan adalah Waterpass, penentuan ketinggian (elevasi) dengan menggunakan waterpass ada 3 macam yaitu :

- a) Alat di tempatkan di stasion yang di ketahui ketinggiannya



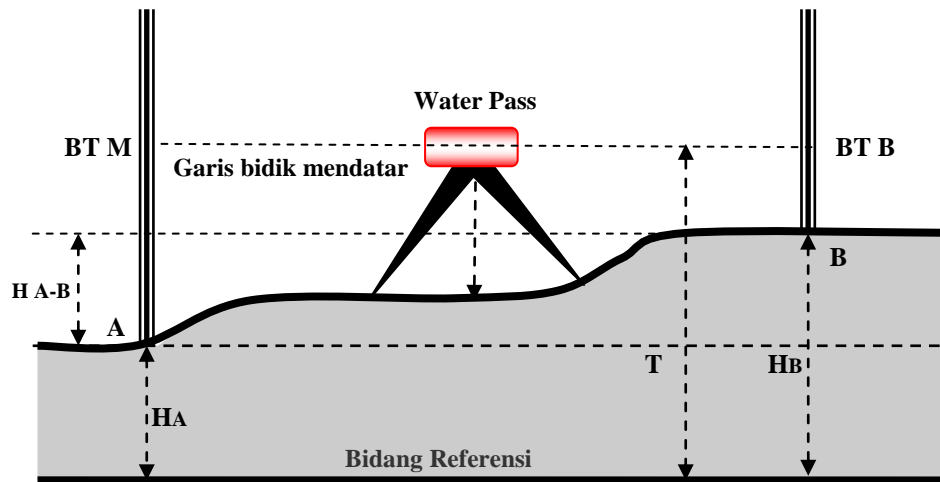
Gambar 1.7 Penyipat Datar Di Atas Titik

Dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\Delta h_{a-b} = t_a - B_t b$$

$$H_B = H_a + \Delta h_{a-b}$$

b) Alat sipat datar di tempatkan di antara dua stasiun



Gambar 1.8 Penyipat Datar Di Antara Dua Titik

Keterangan :

$$H_{ab} = Bt\ m - Bt\ b$$

$$H_{ba} = Bt\ b - Bt\ m$$

Bila tinggi stasion A adalah H_a , maka tinggi stasion B adalah :

$$H_b = H_a + H_{ab}$$

$$H_b = H_a + Bt\ m - Bt\ b$$

$$H_b = T - Bt\ b$$

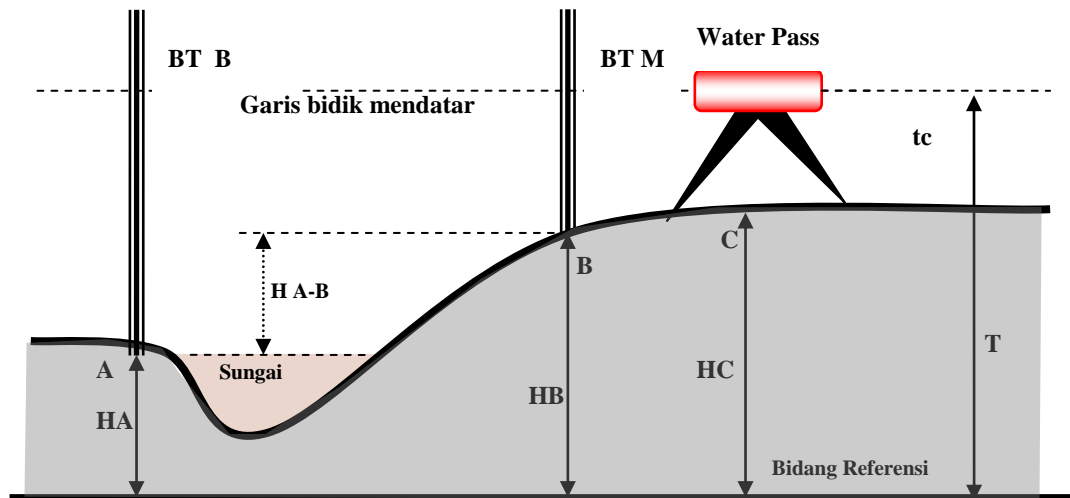
Bila tinggi stasion B adalah H_b , maka tinggi stasion A adalah :

$$H_a = H_b + H_{ba}$$

$$H_a = H_b + Bt\ b - Bt\ m$$

$$H_a = T - Bt\ m$$

c) Alat Sipat Datar tidak di tempatkan di antara kedua stasion



Gambar 1.9 Penyipat Datar Di Luar Titik

Keterangan :

$$h_{ab} = Bt\ m - Bt\ b$$

$$h_{ba} = Bt\ b - Bt\ m$$

Bila tinggi stasion C di ketahui HC, maka:

$$H_b = H_c + t_c - Bt\ b = T - Bt\ b$$

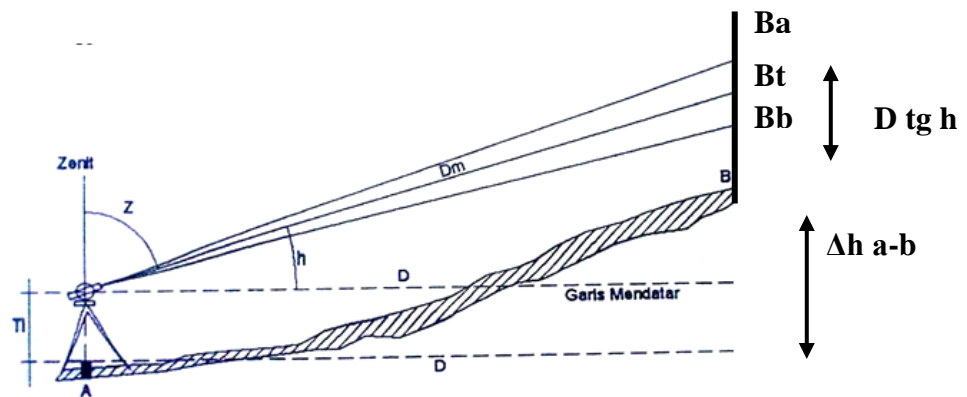
$$H_a = H_c = t_c - Bt\ m = T - Bt\ m$$

b. Kerangka Vertikal dengan Metode Trigonometri Levelling

Menentukan beda tinggi (Δh) dengan menggunakan metode Trigonometri Levelling alat yang digunakan adalah Theodolit (alat pengukur sudut), mengapa menggunakan metode pengukuran metode Trigonometri Levelling karena proses perhitungannya menggunakan rumus Trigonometri bila dibandingkan dengan pengukuran Waterpass sangat jauh ketelitiannya karena Trigonometri banyak sekali kelemahan-kelemahannya. Ada dua cara menentukan beda tinggi dengan menggunakan metode Trigonometri Levelling yaitu :

1) Dengan cara Stadia

Yaitu mengukur beda tinggi tanpa halangan serta benang atas (BA), benang tengah (BT), dan benang bawah (BB) dapat dilakukan pembacaan.



Gambar 2.0 Metode Trigonometri Levelling Cara Stadia

Dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$D = (ba-bb) \times A \times \cos^2 h \text{ (Sudut helling)}$$

$$D = (ba-bb) \times A \times \sin^2 z \text{ (Sudut Zenith)}$$

$$\Delta h \text{ a-b} = D \text{ Tg } h + ta - Bt$$

$$HB = HA + \Delta h \text{ a-b}$$

Keterangan :

$$D = \text{Jarak Datar}$$

$$\Delta h = \text{Beda Tinggi}$$

$$A = \text{Konstanta pengali (100 atau 50)}$$

$$H = \text{Sudut Helling}$$

$$z = \text{Sudut Zenith}$$

$$ta = \text{Tinggi Alat}$$

Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

Apabila diketahui data-data pengukuran bacaan (BA, BT, BB)

bacaan 1 dan bacaan 2, Sudut vertikal (helling atau zenith) bacaan 1 dan bacaan 2, tinggi alat maka :

a. Dari A ke B

$$D = (Ba-Bb) \times 100 \cos^2 h$$

$$\Delta h \text{ a-b} = D \text{ Tg } h + ta - Bt$$

$$HB = HA + \Delta h \text{ a-b}$$

b. Dari B ke C

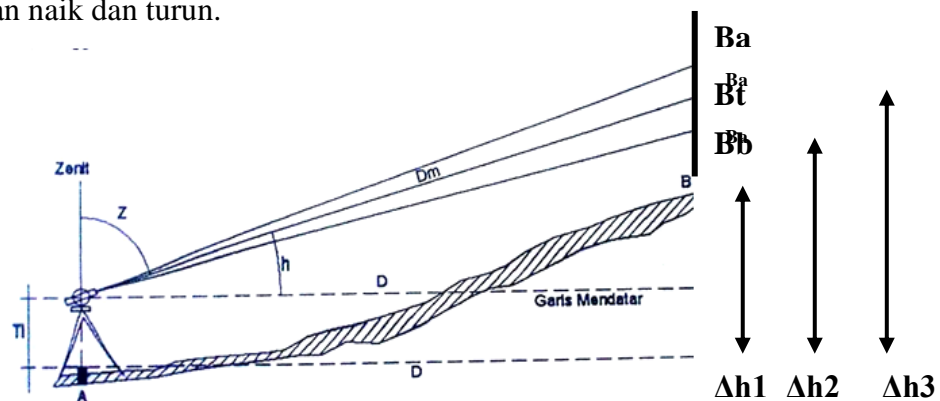
$$D = (Ba - Bb) \times 100 \cos^2 h$$

$$\Delta h_{b-c} = D \operatorname{Tg} h + ta - Bt$$

$$HC = HA + \Delta h_{b-c}$$

2) Dengan cara Tangensial

Yaitu mengukur beda tinggi dengan posisi alat tetap hanya teropongnya saja yang digerakkan naik dan turun.



Gambar 2.1 Metode Trigonometri cara Tangensial

Dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\Delta h_1 = D \operatorname{Tg} h_1$$

$$\Delta h_2 = D \operatorname{Tg} h_2$$

Menjadi

$$\Delta h_2 - \Delta h_1 = D \operatorname{Tg} h_2 - D \operatorname{Tg} h_1$$

$$Bt_2 - Bt_1 = D (\operatorname{Tg} h_2 - \operatorname{Tg} h_1)$$

Maka rumus diatas menjadi :

$$D = \frac{Bt_2 - Bt_1}{\operatorname{Tg} h_2 - \operatorname{Tg} h_1}$$

$$\Delta h_{a-b} = D \operatorname{Tg} h_1 + ta - Bt_1$$

$$\Delta h_{a-b} = D \operatorname{Tg} h_2 + ta - Bt_2$$

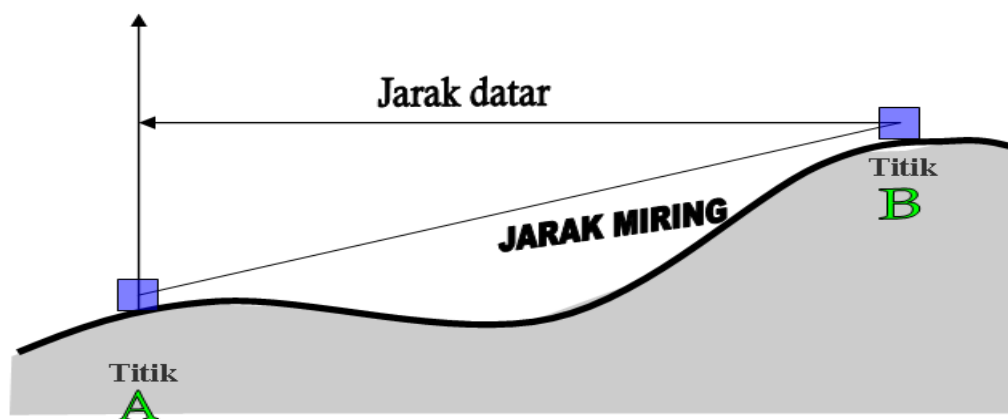
$$HB = HA + \Delta h_{a-b}$$

B. Pengukuran Jarak

Yang di maksud dengan pengukuran jarak disini adalah pengukuran jarak datar (Horizontal) antara dua titik di permukaan bumi dalam ilmu ukur tanah, pengukuran ini terbagi menjadi dua bentuk yaitu:

a. Pengukuran Jarak Langsung

Pengukuran jarak langsung adalah pengukuran jarak yang di ukur secara langsung dengan menggunakan alat ukur jarak langsung seperti, Pita ukur (*meedband*).



Gambar 2.2 Jarak datar dan jarak miring

b. Pengukuran Jarak Tidak Langsung

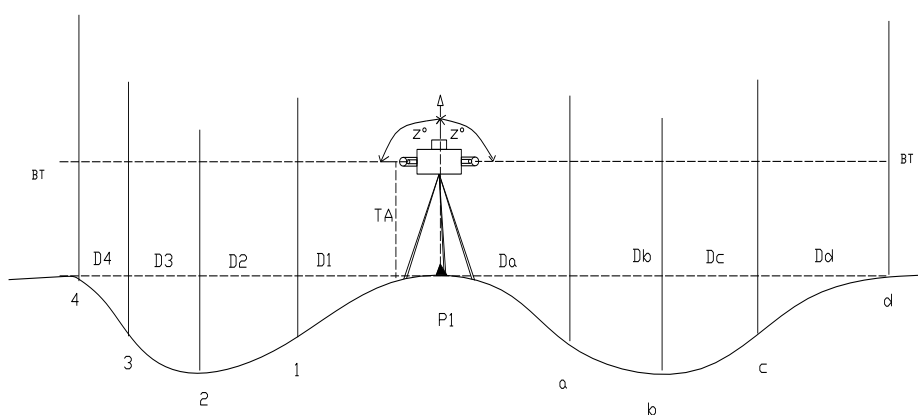
Pengukuran jarak tidak langsung dapat menggunakan alat theodolit, data yang dimati adalah, sudut vertikal, bacaan benang atas, benang tengah, benang bawah (Pengukuran jarak secara Optis). Selain itu juga pengukuran jarak tidak langsung dapat menggunakan alat EDM. (Pengukuran jarak secara Elektronis)

C. Pengukuran Cross Section

Penampang melintang merupakan gambar irisan tegak arah tegak lurus potongan memanjang. Gambar penampang melintang secara rinci menyajikan unsur alamiah dan unsur rancangan sehingga digunakan sebagai dasar hitungan kuantitas pekerjaan.

Penampang melintang umumnya diukur selebar rencana melintang bangunan ditambah daerah penguasaan bangunan atau hingga sejauh jarak tertentu di kanan dan kiri rute agar bentuk dan kandungan elemen rupa bumi cukup tersajikan untuk informasi perencanaan. Data ukuran penampang melintang juga umum digunakan sebagai data penggambaran peta fotografi sepanjang rute.

Cara pengukuran penampang melintang bisa menggunakan alat sipat datar, theodolite atau menggunakan *echo sounder* untuk *sounding* pada tempat berair yang dalam. Pada pengukuran potongan melintang sungai bisa dipahami bahwa sumbu sungai tidak selalu merupakan bagian terdalam sungai. Data lain yang harus disajikan pada potongan melintang sungai adalah ketinggian muka air terendah dan ketinggian muka air tertinggi atau banjir. kegunaan dari pengukuran profil melintang untuk pekerjaan penggalian dan penimbunan tanah. (*Wirshing, J.R. dan Wirshing, R.H. 1985*).



Gambar 2.3 Pengukuran Cross Section

Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

- Cari beda tinggi masing-masing titik cross

Metode yang digunakan adalah pesawat berdiri diatas titik/patok digunakan untuk mengetahui kondisi melintang permukaan tanah. Pada pengukuran ini diambil data pengukuran arah kanan dan arah kiri untuk arah kanan ditandai dengan angka (1, 2, 3,...) dan arah kiri ditandai dengan huruf (a, b, c,...). pada pengukuran cross section dengan menggunakan metode ini harus mengukur tinggi alat .

Kanan	Kiri
$\Delta h_1 = T_a - B_{t1}$	$\Delta h_A = T_a - B_{tA}$
.....
$\Delta h_5 = T_a - B_{t5}$	$\Delta h_E = T_a - B_{tE}$

➤ Cari jarak masing-masing titik cross

$$D = B_a - B_b \times 100$$

➤ Cari elevasi masing-masing patok

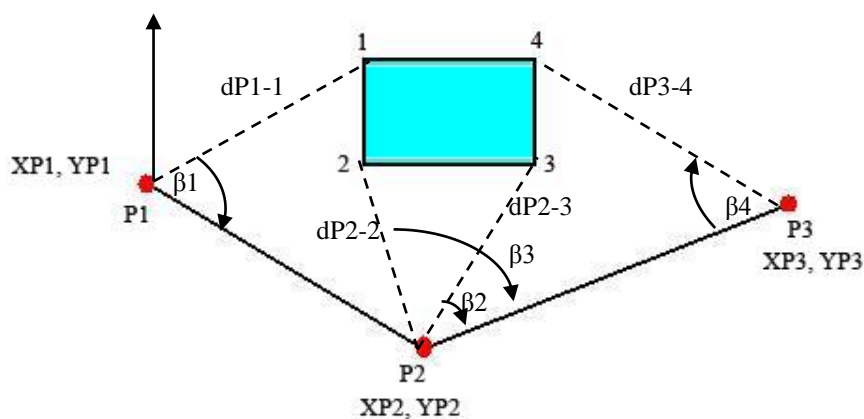
Kanan	Kiri
$H_1 = H_a - \Delta h_1$	$H_A = H_a - \Delta h_a$
.....
$H_5 = H_a - \Delta h_5$	$H_E = H_a - \Delta h_e$

D. Pengukuran Detil

Pengukuran detil merupakan suatu proses untuk mendapatkan posisi suatu titik detil topografi di lapangan, untuk disajikan ke dalam bentuk gambar atau peta yang sesuai letaknya dan kedudukan sebenarnya. Pada pengukuran detil dapat dilakukan beberapa metode:

1. Metode Polar

Metode polar digunakan untuk menentukan suatu titik berdasarkan pengukuran sudut dan jarak, baik jarak langsung maupun jarak optis.



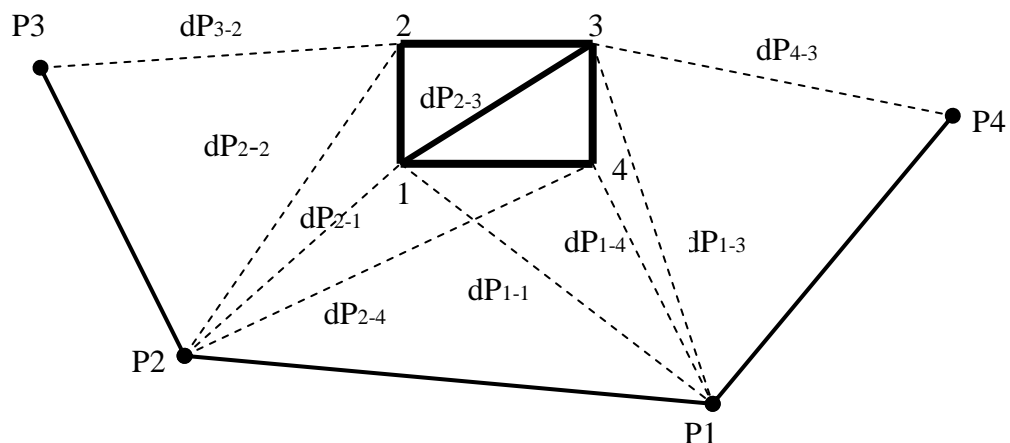
Gambar 2.4 Pengukuran Detil Metode Polar

Keterangan gambar:

- 1, 2, 3, 4 : titik detail
- $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$: sudut horizontal
- P1, P2, P3 : titik-titik polygon
- $D_{p1-1}, d_{P2-2}, d_{P2-3}, d_{P3-4}$: Jarak

2. Metode Trilaterasi

Seperti halnya metode polar, metode trilaterasi juga menggunakan titik yang telah diketahui posisinya dalam penentuan posisi titik detail, hanya dengan metode trilaterasi satu titik yang dicari posisinya diukur jarak terhadap dua titik yang diketahui, kemudian salah satu sisi yang diketahui dijadikan basis dalam gambar mengukur titik lainnya sehingga membentuk jaringan segi tiga.



Gambar 2.5 Pengukuran Detil Metode Trilaterasi

Keterangan gambar :

P1, P2, P3, P4 = Titik poligon

$d_{A1-1}, d_{A1-3}, d_{A1-4}, d_{A2-1}, d_{A2-2}, d_{A2-4}, d_{A3-2}, d_{A4-3}$ = jarak yang di ukur di lapangan.

1, 2, 3, 4 = titik detail di ukur di lapangan

pada cara trilaterasi, parameter / besaran yang di capai berupa jarak horizontal (d) yang di ukur secara langsung menggunakan pita ukur / meteran atau dapat menggunakan alat ukur EDM (*Elektronik Distance Measurement*).

E. Alat Ukur GPS

GPS (*Global Positioning System*) adalah sistem radio navigasi menggunakan satelit yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat, untuk menentukan posisi, kecepatan tiga dimensi yang teliti dan informasi mengenai waktu secara kontinu di seluruh dunia. Dalam survei dan pemetaan darat, GPS telah banyak diaplikasikan untuk pengadaan titik-titik kontrol (ordo dua atau lebih rendah) untuk keperluan pemetaan, survei rekayasa, ataupun survei pertambangan. Dalam pengadaan titik-titik kontrol untuk keperluan pemetaan dan survei rekayasa (seperti survei jalan raya dan survei konstruksi). GPS dapat dan telah digunakan untuk menggantikan metode konvensional poligon yang umum digunakan selama ini.

F. Pengolahan Data dan Penggambaran

Didalam proses pengolahan data dan penggambaran penulis menggunakan komputer supaya lebih cepat dan lebih baik. Program-program yang dipakai diantaranya:

1. Ms.Excel

Yaitu suatu program yang khusus untuk dipergunakan dalam pengolahan data hitung untuk keperluan pemetaan khususnya untuk membuat format poligon, situasi dan lain-lain.

2. PCLP (*Plan, Cross section Longitudinal Profil Program*)

Program PCLP adalah suatu program yang digunakan untuk menampilkan gambar long dan cross dari data excel yang telah dihitung

3. Auto Cad

Merupakan program yang saat ini sering digunakan untuk keperluan pembuatan gambar atau pendesainan gambar, baik dalam bentuk dua dimensi maupun dalam bentuk tiga dimensi. Dapat melakukan revisi gambar yang sudah kita buat dan masih banyak lagi kemampuan yang lainnya yang dimiliki *Auto cad* tersebut.