

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan menjelaskan terkait teori-teori dasar yang akan yang akan digunakan untuk menunjang penyusunan tugas akhir ini. Teori dasar tersebut meliputi pembahasan dasar-dasar pemetaan dan *Level of Detail (LoD)*, *Electronic Total Station (ETS)*, prinsip kerja ETS dan Kerangka Dasar.

### 2.1 Pemodelan dan *Level of Detail*

Peta merupakan gambaran sebagian besar/kecil unsur permukaan bumi pada bidang datar, dengan skala tertentu [4]. Pada proses pemetaan diperlukan informasi suatu titik objek yang dapat digambarkan dalam bentuk geometri matematis yang terdiri dari titik, garis dan bidang. Dasar inilah yang digunakan untuk penyajian data informasinya berupa bentuk dua dimensi (2D) dan disampaikan dalam sisitem koordinat cartesian (X, Y). Sedangkan objek tiga dimensi (3D) dapat dimodelkan berdasarkan geometri yang diperoleh dan diinformasikan dalam bidang ruang (X, Y dan Z) maupun informasi panjang, lebar dan tingginya.

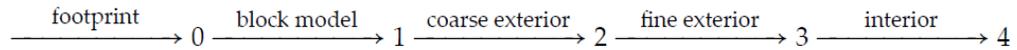
Seiring perkembangan teknologi dan kebutuhan informasi spasial pemodelan tiga dimensi (3D) memiliki referensi standar yang digunakan untuk memvisualisasikan model serta analisis data yang lebih efisien dalam konsep *level of detail (LoD)*. *Level of detail* adalah konsep yang tersedia dalam berbagai keilmuan muaii dari grafik komputer hingga kartografi, dalam hal ini untuk praktisi sistem informasi geografi (SIG), konsep LoD yang relevan adalah pemodelan kota tiga dimensi [5].

Ketelitian suatu pemodelan dapat ditentukan berdasarkan bentuk dan ukuran model. Ketelitian model yang terbentuk ditentukan oleh tingkatan *level of detail* [6] . *Level of detail* berkaitan erat dengan skala, dimana skala merupakan perbandingan jarak di atas kertas dengan jarak sebenarnya dari suatu obyek dunia nyata.

Konsep *Level of Detail (LoD)* dijelaskan bahwa jika seseorang ingin mendeskripsikan sebuah obyek dengan rinci maka ia akan menyusuri obyek tersebut lebih dalam [6]. Deskripsi sebuah obyek dengan kerincian yang tinggi ditentukan oleh banyaknya material dan geometri didalamnya. Berikut merupakan tingkatan *level of detail* [5]:

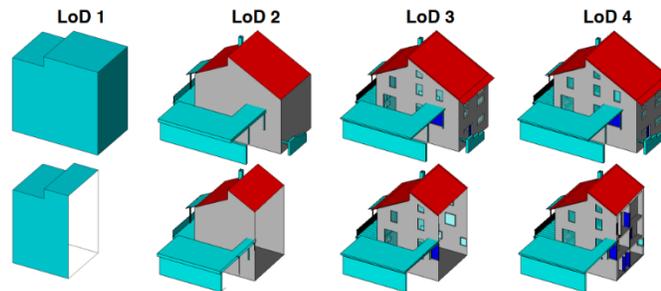
- LoD 0  
Poligon horisontal dengan tinggi mutlak dan konstan yang didefinisikan dengan baik mewakili setiap bangunan atau gedung bagian tapak atau atap garis LoD1. LoD1 adalah model blok yang terdiri dari bangunan prisma dengan struktur atap datar.
- LoD 1  
Satu prisma ekstrusi padat mewakili setiap bangunan atau bangunan bagian kulit luar. Tanah lantai dan tap permukaan harus horizontal, permukaan batas lateral yang harus vertikal.
- LoD 2  
Permukaan luar horizontal atau vertikal dan bentuk atap yang telah disederhanakan mewakili setiap bangunan atau bagian bangunan terluar geometris sederhana. Semua jenis permukaan dan elemen bangunan tambahan dapat direpresentasikan sebagai objek semantik.
- LoD 3  
Permukaan luar rinci dan bentuk atap rinci mewakili setiap bangunan atau gedung bagian kulit terluar geometris rinci. Semua jenis permukaan dan elemen bangunan tambahan dapat lebih rinci direpresentasikan sebagai objek semantik. Dalam hal LoD 2 pintu dan jendela dapat dimodelkan sebagai objek tematik datar.
- LoD 4  
Permukaan luar dan dalam rinci dan bentuk atap rinci mewakili setiap bangunan atau bagian bangunan terluar geometris dan interior bangunan secara rinci. Semua jenis permukaan dan elemen bangunan bergerak dan non tambahan dapat diwakili dengan lebih rinci sebagai objek semantik.

Oleh karena itu, praktis hubungan antara LoD dapat dilihat dengan cara berikut:



**Gambar 2.1** *Level of Detail [5]*

Beberapa pengamatan dapat diturunkan dari definisi diatas, standar, dan penggunaan praktis data CityGML:



**Gambar 2.2** *Level of Detail [5]*

- Dapat dikatakan bahwa LoD 0 tidak dapat dianggap sebagai model 3D karena merupakan representasi batas dalam 2D dengan ketinggian sebagai atribut.
- Mengabaikan perbaikan kecil di bagian eksterior, LoD 3 pada dasarnya dalam sebagian besar kasus merupakan LoD 2 dengan bukaan (misal jendela dan pintu).
- LoD4 adalah LoD 3 yang ditingkatkan dengan interior. Geometri eksternal dan semantik tetap sama.
- CityGML memungkinkan penggunaan dari beberapa representasi dalam LoD yang berbeda, yang berarti bahwa konsep LoD terkait objek.

## **2.2 Total Station**

Instrumen *Total Station* (TS) atau *Electronic Total Stations* (ETS) ada pula yang menyebut juga tacheometer elektronik menurut [7] adalah penggabungan antara *Electronic Distance Measurement* (EDM), digital theodolit dan komputer atau *microprosesor* yang menjadi satu kesatuan. Perangkat ini secara otomatis mengamati

sudut horizontal dan vertikal, jarak, dan menampilkan hasil pengolahan data secara *real-time* dilayar *display*. Sudut horizontal dan vertikal serta jarak datar dan miring dapat ditampilkan di *setting* menggunakan keyboard, secara instan komponen perhitungannya dapat ditampilkan juga. Dengan perkembangan teknologi saat ini penggunaan ETS dianggap lebih efektif dan efisien dalam dunia *surveying*, sehingga menjadikan ETS menjadi penunjang utama dalam melakukan praktik survei saat ini. Alat ini juga digunakan untuk berbagai survei antara lain survei topografi, hidrografi, kadaster, dan konstruksi.



**Gambar 2.2** *Total Station* [8]

### 2.3 *Waterpass (Automatic Levels)*

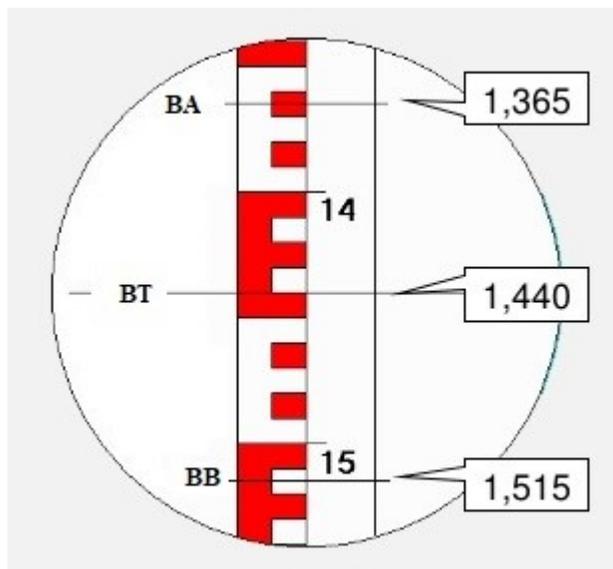
*Leveling* adalah istilah umum yang diterapkan pada salah satu dari berbagai proses yang digunakan untuk menentukan titik atau perbedaan ketinggian. Ini adalah operasi vital dalam menghasilkan data yang diperlukan untuk pemetaan, desain teknik, dan konstruksi [7]. Salah satu metoda yang digunakan ialah metoda sipat datar, yaitu metoda untuk mendapatkan garis lurus pada bidang mendatar yang sejajar pada bidang referensinya. *Auto-level* merupakan salah satu jenis dari alat *levelling* atau sipat datar

yang digunakan untuk menentukan ketinggian, metoda biasanya yg digunakan ialah metoda sipat datar.



**Gambar 2.3** Auto-level [9]

Instrumen *waterpass* menentukan beda tinggi dengan mengarahkan teleskopnya kearah rambu ukur, dengan membaca pada garis diafragma berupa bacaan benang atas (BA), benang tengah (BT) dan benang bawah (BB).



**Gambar 2.4** Bacaan Rambu Ukur

## 2.4 Kerangka Dasar Pemetaan

Kerangka dasar pemetaan suatu daerah, merupakan syarat mutlak bagi pemetaan, karena seluruh titik obyek pemetaan diacukan pada posisi titik kerangka dasar. Ini berarti, bila tidak ada titik kerangka dasar, maka setiap obyek muka bumi berdiri

terpisah dengan lainnya (sendiri-sendiri) tanpa dapat dinyatakan secara bersamaan, karena posisi relatif satu obyek dengan lainnya tidak ditentukan [4].

Fungsi kerangka dasar pemetaan, di mana pada saat konstruksi (pembangunan) dan setelah konstruksi, titik kerangka dasar tetap besar perannya baik untuk pemetaan kembali maupun untuk pemeliharaan dan *monitoring* (pemantauan) daerah tersebut. Dengan demikian fungsi kerangka dasar pemetaan, antara lain adalah :

- a. Sebagai acuan/referensi bagi setiap obyek yang dipetakan.
- b. Sebagai “pemersatu” obyek-obyek muka bumi ataupun pemetaan pemetaan lokal (masing-masing berdiri sendiri).
- c. Sebagai acuan/referensi dalam:
  - Pembangunan atau pelaksanaan rencana
  - Pemetaan kembali daerah
  - Pemeliharaan hasil konstruksi
  - Memantau/*monitoring* obyek muka bumi

#### **2.4.1 Kerangka Dasar Horizontal**

Kerangka dasar horizontal adalah referensi pengukuran yang memiliki informasi berupa bidang mendatar, yang tegak lurus terhadap garis *zenith* bumi. Yang memberi informasi bidang datar 2 dimensi berupa koordinat X dan Y. Persyaratan mendasar yang berlaku untuk setiap metoda penentuan posisi horizontal adalah bahwa semua besaran (sudut dan jarak) merupakan besaran pada bidang mendatar. Sudut yang digunakan adalah sudut pada bidang mendatar dan jarak adalah jarak pada bidang mendatar [4]. Terdapat beberapa metoda penentuan posisi horizontal, dalam penelitian ini yang digunakan merupakan metoda *poligon* tertutup dengan menggunakan referensi pengamatan SNI 19-9724-2002 [8].

SNI Jaring kontrol horizontal mengatur spesifikasi peralatan, akuisisi data dan proses pengolahan data, berikut merupakan spesifikasi yang diatur dalam SNI:

1. Spesifikasi teknis sistem peralatan pengadaan jaring titik *control* Orde-4 (poligon) seperti pada tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Teknis sistem peralatan pengadaan jaring titik kontrol orde-4 (poligon) [8]

	Orde-4 (Poligon)
Pengukuran Sudut	Alat ukur <i>theodolite</i> 1"
Pengukuran	Alat ukur EDM ( <i>electronic distance measurement</i> )

2. Spesifikasi teknik metode dan strategi pengamatan jaring kontrol *geodetic* orde-4 (poligon) seperti pada tabel 2.2.

**Tabel 2.2** Teknik metode dan strategi pengamatan jaring kontrol geodetik orde-4 (Poligon) [8]

	Orde-4 (Poligon)
Selisih bacaan B dan LB dalam pengukuran sudut	$\leq 10''$
Jumlah seri pengamatan suatu sudut (minimum)	2 seri
Selisih ukuran sudut antar sesi	$\leq 5''$
Pengecekan kesalahan kolimasi	Sebelum pengamatan
Jumlah bacaan untuk satu ukuran jarak (minimum)	5 kali
Sudut jurusan (minimal)	Di awal dan akhir jarring
Teknik pengadaan sudut jurusan	Pengamatan matahari atau dari 2 titik GPS

3. Spesifikasi teknis metode dan strategi pengolahan data jaring titik *control* orde-4 (poligon) seperti pada tabel 2.3.

**Tabel 2.3** Teknis metode dan strategi pengolahan data jaring titik kontrol orde-4 (poligon) [8]

	Orde-4 poligon
Metode pengolahan data	Hitung perataan kuadrat terkecil metode parameter atau metode bowditch
Salah penutup sudut	$\leq 10\sqrt{n}$ , dimana n adalah jumlah titik poligon
Salah penutup linier jarak	$\leq 1/6000$

Dalam metoda pengolahan data yang digunakan ialah metoda *Bowditch* yang memiliki syarat geometri, yaitu:

Pada pengukuran sudut:

$$\begin{aligned}\Sigma\beta \text{ dalam} &= (n - 2). 180^\circ \\ \Sigma\beta \text{ luar} &= (n + 2). 180^\circ\end{aligned}\quad (2.1)$$

Pada pengukuran koordinat:

$$\begin{aligned}X_{\text{akhir}} &= X_{\text{awal}} \\ Y_{\text{akhir}} &= Y_{\text{awal}}\end{aligned}\quad (2.2)$$

Keterangan:

$\Sigma\beta \text{ dalam}/\Sigma\beta \text{ luar}$  = jumlah sudut dalam/luar

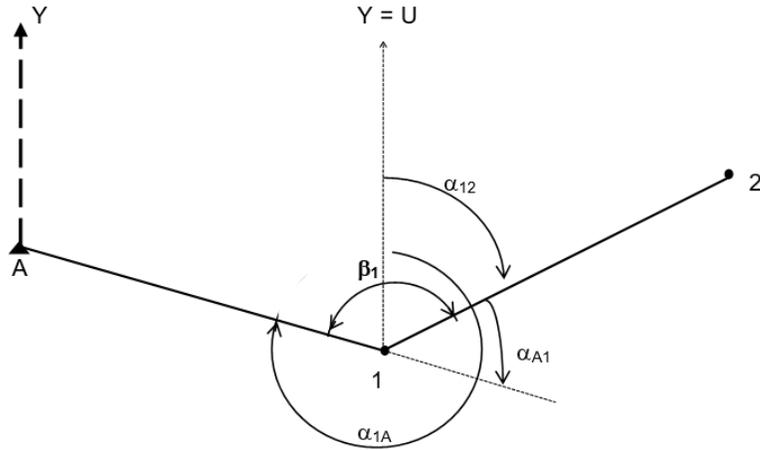
n = banyaknya sudut/titik

Xawal = Yawal = koordinat titik awal

Xakhir = Yakhir = koordinat titik awal

Tahapan hitungan dasar poligon adalah sebagai berikut:

- a. Hitung azimuth atau sudut jurusan;



**Gambar 2.5** Hitung azimuth poligon [4]

$$\alpha_{1A} = \alpha_{A1} + 180^\circ$$

$$\alpha_{12} = \alpha_{1A} + \beta_1$$

$$\alpha_{12} = \alpha_{A1} + 180^\circ + \beta_1$$

Berhubung  $\alpha_{12} > 360^\circ$ , maka dikurangi  $360^\circ$ , tanpa mengubah arah garis tersebut, sehingga:

$$\alpha_{12} = \alpha_{A1} + 180^\circ + \beta_1 - 360^\circ$$

$$\alpha_{12} = \alpha_{A1} + \beta_1 - 180^\circ$$

Untuk selanjutnya:

$$\alpha_{23} = \alpha_{12} + \beta_2 - 180^\circ$$

Rumus *azimuth*, dapat dituliskan secara umum sebagai berikut:

Azimuth sudut kiri:

$$\alpha_{ji} = \alpha_{ij} + \beta_j - 180^\circ \quad (2.3)$$

Untuk sudut kanan, persamaan yang digunakan untuk mendapat persamaan baru:

$$\alpha_j + \beta_j = 360^\circ \quad (2.4)$$

Sehingga bila dihitung dengan persamaan (2.1), maka persamaan tersebut menjadi:

$$\alpha_{jk} = \alpha_{ij} - \alpha_j + 180^\circ \quad (2.5)$$

Keterangan:

$\alpha_{jk}$  = azimuth dari titik j ke titik k

$\alpha_{ij}$  = azimuth dari titik i ke titik j

$\alpha_j$  = sudut kanan pada titik j

$\beta_j$  = sudut kiri pada titik j

j = titik poligon

I = j - 1 (titik sebelum/di belakang titik j)

k = j + 1 (titik sesudah/ di muka titik j)

b. Hitungan beda absis dan beda ordinat

Beda absis ( $\Delta X$ ) dan beda ordinat ( $\Delta Y$ ), dinyatakan sebagai berikut:

$$\Delta X_{A1^U} = J_{A1} \sin \alpha_{A1} \quad ; \quad \Delta Y_{A1^U} = J_{A1} \cos \alpha_{A1}$$

$$\Delta X_{12^U} = J_{12} \sin \alpha_{12} \quad ; \quad \Delta Y_{12^U} = J_{12} \cos \alpha_{12}$$

Sehingga secara umum dinyatakan sebagai:

$$\Delta X_{ij^U} = J_{ij} \sin \alpha_{ij}$$

$$\Delta Y_{ij^U} = J_{ij} \cos \alpha_{ij} \quad (2.6)$$

4. Hitungan koordinat

Hitungan tahap akhir ini, mengikuti persamaan di atas.

$$X_1 = X_A + \Delta X_{A1} \quad ; \quad Y_1 = Y_A + \Delta Y_{A1}$$

$$X_2 = X_1 + \Delta X_{12} \quad ; \quad Y_2 = Y_1 + \Delta Y_{12}$$

Sehingga secara umum dinyatakan sebagai:

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

$$Y_{ij} = Y_j + \Delta Y_{ij} \quad (2.7)$$

5. Koreksi sudut

Koreksi sudut, pada mulanya diberikan secara merata (sama besar), tetapi terdapat suatu ketentuan, satuan terkecil koreksi sudut sebesar satuan terkecil sudut ukuran, yaitu bila satuan terkecil sudut ukuran adalah detik, maka satuan koreksi sudut cukup sampai satuan detik. Besar koreksi sudut untuk tiap sudut adalah:

$$K_{\beta} = -(F_{\beta}/m) \quad (2.8)$$

Sebagai bahan pemeriksaan koreksi sudut adalah bahwa jumlah koreksi poligon harus sebesar salah penutup sudut, dengan tanda berlawanan.

$$\Sigma K_{\beta} = -(F_{\beta}/m) \quad (2.9a)$$

Hitungan azimuth, dilakukan berdasarkan besar sudut yang telah dikoreksi.

$$\beta_i = \beta_i^u + K_{\beta} \quad (2.9b)$$

Keterangan:

$K_{\beta}$  = koreksi untuk setiap sudut

$F_{\beta}$  = salah penutup sudut

$m$  = banyak sudut

$\beta_i$  = sudut di titik  $i$  setelah dikoreksi

$\beta_i^u$  = sudut ukuran di titik  $i$

#### 6. Koreksi koordinat

Koreksi kordinat ditujukan untuk pemberian koreksi jarak ukuran, pemberian koreksi dilakukan atas perbedaan absis dan ordinat sisi poligon. Besar koreksi untuk setiap beda absis dan ordinat adalah:

$$K_{\Delta X_{ij}} = -\frac{D_{ij}}{\Sigma D} F_X$$

$$K_{\Delta Y_{ij}} = -\frac{D_{ij}}{\Sigma D} F_Y \quad (2.10)$$

Keterangan:

$K_{\Delta X_{ij}}; K_{\Delta Y_{ij}}$  = koreksi absis/ordinat untuk beda absis/ordinat sisi  $i-j$

$i, j$  = titik poligon

$D_{ij}$  = jarak poligon sisi  $i-j$

$\Sigma D$  = jumlah jarak poligon

Seperti juga pada koreksi sudut, dalam koreksi ini juga akan terjadi masalah pembulatan, tetapi tidak/tanpa adanya peraturan khusus. Walaupun demikian, persyaratan yang tetap harus dipenuhi sebagai bahan kendali/kontrol adalah:

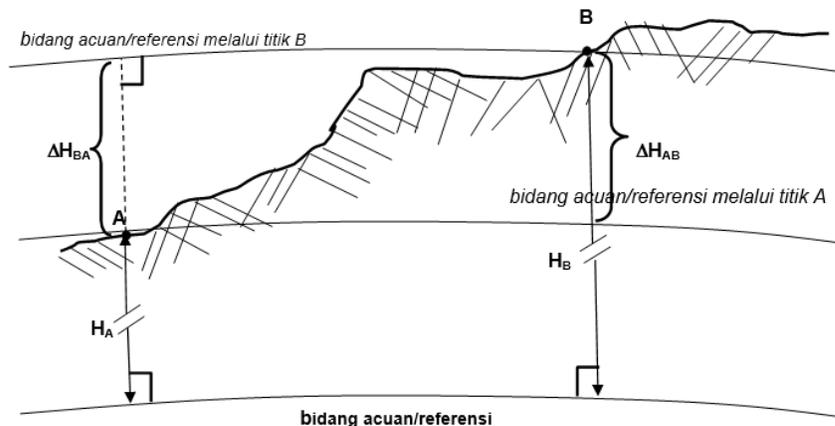
$$\Sigma K_{\Delta X_{ij}} = -F_X ; \Sigma K_{\Delta Y_{ij}} = -F_Y \quad (2.11a)$$

$$\Delta X_{ij} = \Delta X_{ij}^u + K_{\Delta X_{ij}} ; \Delta Y_{ij} = \Delta Y_{ij}^u + K_{\Delta Y_{ij}} \quad (2.11b)$$

Beda absis dan ordinat yang telah dikoreksi, baru akan digunakan untuk menghitung koordinat titik-titik poligon.

### 2.4.2 Kerangka Dasar Vertikal

Kerangka dasar vertikal memiliki perbedaan dengan horizontal dalam memberi informasi suatu posisi, pada kerangka dasar horizontal memuat informasi berupa dua dimensi (2D) pada bidang datar, maka pada posisi vertikal hanya dinyatakan pada dengan satu dimensi (1D). Posisi vertikal ini lebih dikenal dengan istilah "ketinggian" yang dinotasikan bermacam-macam. Sebagian besar memberi notasi "Z" untuk pernyataan posisi pada sumbu Z, "H" untuk menyatakan "height" dan mungkin "T" untuk pernyataan "tinggi". Dengan kata lain posisi vertikal menunjukkan gambaran atas relief (naik/turun) dan bentuk permukaan bumi (topografi) [4]. Bidang acuan/referensi ketinggian, sebenarnya berupa *geoid*, namun dalam ilmu ukur tanah, di mana bumi dianggap sebagai bidang datar, maka bidang acuan ketinggian tersebut tidak lagi lengkung, melainkan dianggap sebagai bidang datar.



**Gambar 2.6** Dasar Posisi Vertikal [4]

Gambar diatas menunjukkan ketinggian di titik A dan B, dalam hal seperti ini beda tinggi A ke B berbeda dengan B ke A hal ini dapat dilihat dari:

$$\Delta H_{AB} > 0 ; \Delta H_{BA} < 0$$

Bila dinyatakan secara matematis, hubungan beda tinggi dan ketinggian:

$$\Delta H_{AB} = H_B - H_A \quad (2.12)$$

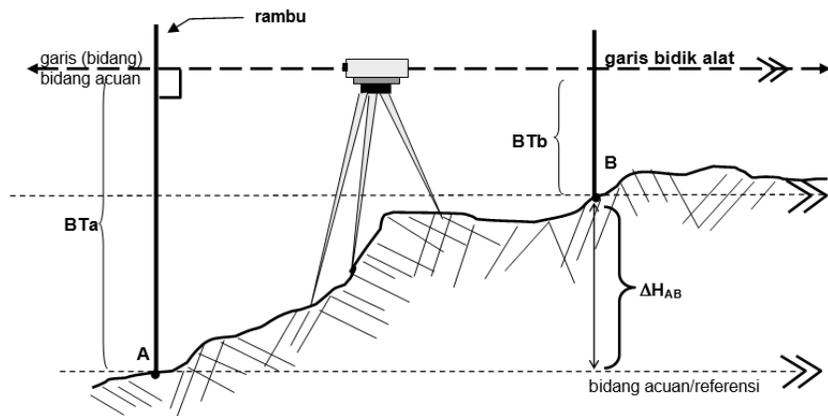
$$H_B = H_A + \Delta H_{AB} \quad (2.13)$$

Sehingga;

$$\Delta H_{AB} = -\Delta H_{BA} \quad (2.14)$$

Ketiga rumus diatas merupakan dasar-dasar penentuan posisi vertikal pada ilmu ukur tanah (bidang datar). Penentuan posisi vertikal suatu titik, diperoleh dari ketinggian suatu titik lain dan beda tinggi dari titik tersebut, ke titik yang akan ditentukan.

Metoda sipat datar (*levelling*) dapat diartikan bahwa alat yang digunakan dapat menyipat atau menyapu secara mendatar [4]. Data untuk pengukuran ini berupa data jarak vertikal dari titik nol rambu sampai garis bidik alat, sehingga dapat diartikan bahwa jika titik nol rambu diletakkan diatas permukaan tanah, maka data tersebut adalah jarak dari permukaan tanah sampai dengan garis bidikan. Berikut merupakan ilustrasi prinsip dasar pengukuran sipat datar:



**Gambar 2.7** Beda tinggi metoda sipat datar [4]

Untuk mendapatkan beda tinggi dari titik A ke titik B ( $\Delta H_{AB}$ ) adalah;

$$\Delta H_{AB} = BTA - BTb \quad (2.15)$$

Keterangan:

$\Delta H_{AB}$  = beda tinggi titik A ke titik B

BTa = bacaan benang tengah di titik A

BTb = bacaan benang tengah di titik B

Selain pembacaan benang tengah (BT) yang berada pada tengah silang difragma, dibaca pula bacaan benang atas (BA) dan benang bawah (BB) yang berfungsi untuk pengecekan benang tengah dan mengukur jarak (D), dengan rumus:

$$BA + BB = 2 \cdot BT \quad (2.16)$$

$$D = 100(BA - BB) \quad (2.17)$$

Didalam jaring kontrol vertikal juga diatur tentang klasifikasi atau pengelompokan standar ketelitian jaringan antara lain sebagai berikut [9]:

7. Standar kesalahan penutup pergi-pulang

**Tabel 2.4** Standar kesalahan penutup pergi-pulang [9]

Kelas Pengukuran	Toleransi per-seksi (mm/km)	Toleransi per-jalur (mm/km)	Toleransi per-kring (mm/km)
LAA	$2 \sqrt{d}$	$2 \sqrt{D}$	$2 \sqrt{D}$
LAA	$4 \sqrt{d}$	$4 \sqrt{D}$	$4 \sqrt{D}$
LB	$8 \sqrt{d}$	$8 \sqrt{D}$	$8 \sqrt{D}$
LC	$12 \sqrt{d}$	$12 \sqrt{D}$	$12 \sqrt{D}$
LD	$18 \sqrt{d}$	$18 \sqrt{D}$	$18 \sqrt{D}$

8. Standar kesalahan tinggi

**Tabel 2.5** Standar kesalahan tinggi [9]

Kelas pengukuran	Orde	Toleransi $\sigma_1, \sigma_2$ (mm)
LAA	LO	$2 \sqrt{D}$
LA	L1	$4 \sqrt{D}$
LB	L2	$8 \sqrt{D}$
LC	L3	$12 \sqrt{D}$
LD	L4	$18 \sqrt{D}$

Keterangan:

D adalah Panjang jalur pengukuran dalam kilometer (km)

$\sigma_1$  adalah standar kesalahan hasil perataan jaring terkendala minimum

$\sigma_2$  adalah standar kesalahan hasil perataan jaring terkendala penuh.

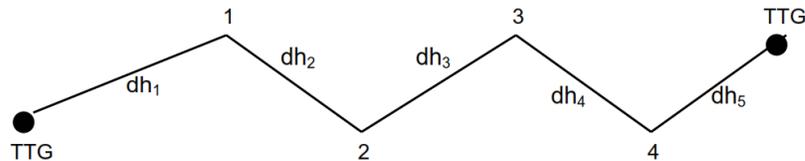
Dalam pengolahan data menghitung kesalahan penutup pergi-pulang ( $F_{pp}$ ) tiap seksi pengukuran:

- a. Menghitung jumlah aljabar beda tinggi dalam satu seksi pergi dan pulang ( $\Sigma dh$  dan  $\Sigma dh'$ ) dengan mengambil contoh gambar berikut, maka:

$$\text{Pergi: } \Sigma dh = dh_1 + dh_2 + dh_3 + dh_4 + dh_5$$

$$\text{Pulang: } \Sigma dh' = dh_1' + dh_2' + dh_3' + dh_4' + dh_5'$$

Dh = beda tinggi tiap *slag*;



**Gambar 2.8** Jaring sipatdatar satu seksi pengukuran

- b. Menghitung selisih beda tinggi pergi pulang:

$$F_{PP} = \Sigma dh - \Sigma dh' \quad (2.18)$$

- c. Untuk mengetahui apakah jaring tersebut memenuhi toleransi kelas LD, maka nilai  $F_{pp}$  perlu dibandingkan atau diuji dengan batas toleransi sebesar  $18\sqrt{d}$ . bila  $F_{pp} \leq 18\sqrt{d}$  maka pengukuran untuk kelas LD.

## 2.5 Pengukuran Detail dan Situasi Menggunakan *Electronic Total Stations (ETS)*

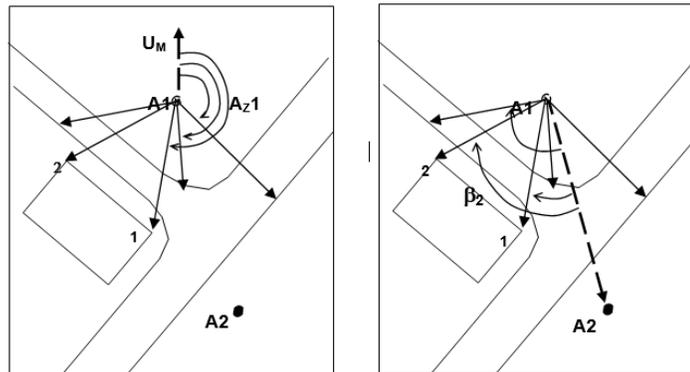
Instrumen *total station* (yang disebut juga *tacheometer* elektronik) merupakan penggabungan *instrument EDM*, digital *theodolit* dan *computer* dalam satu unit. Perangkat ini secara otomatis mengamati sudut horizontal, vertikal serta jarak dan mengirimkan hasilnya secara *real-time* kekomputer yang terpasang didalamnya. Data berupa sudut horizontal, vertikal dan jarak miring dapat ditampilkan, dan kemudian pada perintah *keybord* komponen jarak horizontal dan vertikal dapat secara langsung dihitung dan ditampilkan. Jika instrumen *total station* berorientasi pada arah, dan koordinat berdiri alat dapat diinput ke sistem, koordinat dari setiap titik target dapat

segera diperoleh. Semua data disimpan dalam instrumen atau dalam pengumpulan data, sehingga menghilangkan rekamana/pencatatan manual [7].

Penentuan posisi titik detail situasi merupakan pengambilan sampel data yang dipilih untuk menentukan objek yang akan dipetakan, posisi setiap titik detail situasi dinyatakan dari titik kerangka dasar. Metoda yang biasa diterapkan untuk detail situasi dikenal dengan metoda tacheometri yang merupakan gabungan dari metoda polar untuk posisi horizontal dan metoda trigonometri untuk posisi vertikal [4].

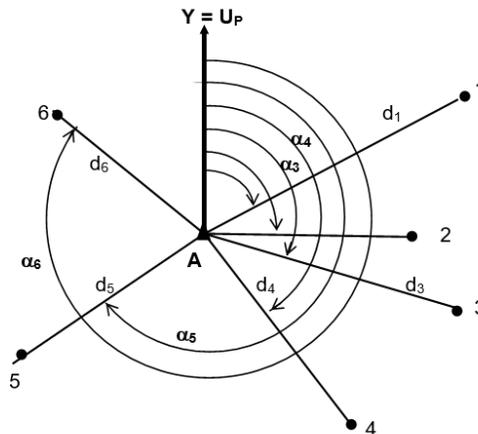
### 2.5.1 Posisi Horizontal Titik *Detail*

Untuk menentukan posisi horizontal titik *detail* situasi, diterapkan metoda polar, yang mempunyai parameter sudut mendatar dan jarak mendatar. Jarak mendatar, diukur/didapatkan bersamaan dengan metoda tacheometri. Sudut mendatar berupa azimuth magnetik dan sudut berorientasi kerangka seperti Gambar 2.9 berikut:



**Gambar 2.9** Orientasi utara magnetis (kiri) dan orientasi titik kerangka (kanan) [4]

Adapun prinsip dasar metoda polar adalah sebagai berikut:



**Gambar 2.10** Penentuan posisi metoda polar [4]

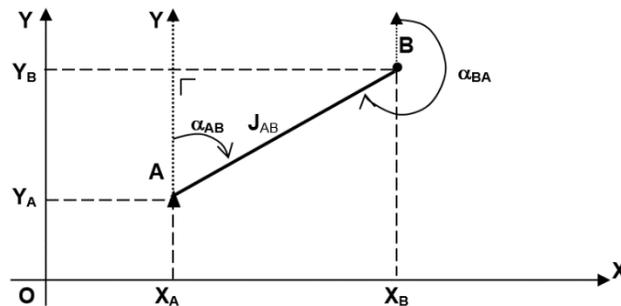
Keterangan:

Titik A = titik yang diketahui koordinat (titik ikat)

$\alpha_i$  = azimuth/sudut jurusan dari A ke titik i

$d_i$  = jarak mendatar dari A ke titik i

Pada perhitungan koordinat titik dapat dihitung dengan menerapkan persamaan dari segitiga siku sebagai berikut:



**Gambar 2.11** Penurunan rumus penentuan posisi horizontal [4]

Dari segitiga siku yang terbentuk, dapat dilihat bahwa:

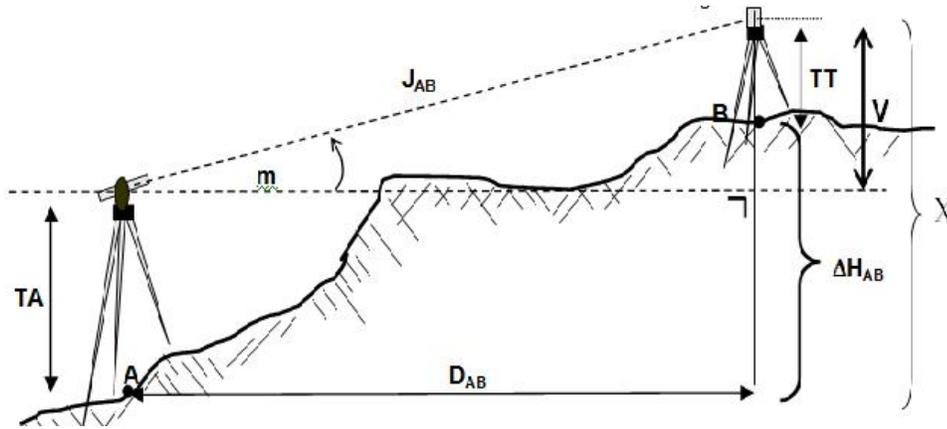
9. Beda absis antara titik A sampai dengan B :  $\Delta X_{AB} = X_B - X_A$
10. Beda ordinat antara titik A sampai dengan B :  $\Delta Y_{AB} = Y_B - Y_A$
11. Bila sudut azimuth/jurusan dari A ke B =  $\alpha_{AB}$ , maka:
  - $\sin \alpha_{AB} = (\Delta Y_{AB}/J_{AB}) \rightarrow \Delta Y_{AB} = D_{AB} \sin \alpha_{AB}$
  - $\cos \alpha_{AB} = (\Delta X_{AB}/J_{AB}) \rightarrow \Delta X_{AB} = D_{AB} \cos \alpha_{AB}$

Dari persamaan diatas, secara umum dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} X_B &= X_A + J_{AB} \sin \alpha_{AB} \\ Y_B &= Y_A + J_{AB} \cos \alpha_{AB} \end{aligned} \quad (2.19)$$

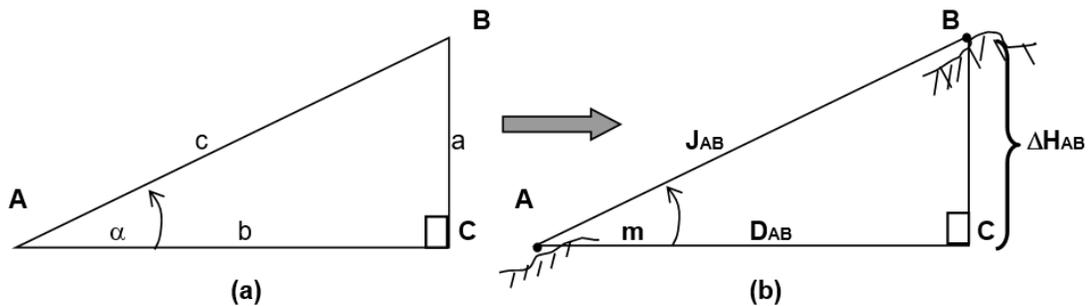
### 2.5.2 Posisi Vertikal Titik Detail

Penentuan tinggi dengan *total station* menggunakan metoda trigonometri. Konsep metoda trigonometri menggunakan segitiga siku bidang datar vertikal. Dalam sistem koordinat kartesian, bidang datar vertikal adalah bidang yang tegak lurus melalui garis bidik *total station*. Parameter yang diukur dengan metoda ini adalah jarak dan sudut vertikal [4].



Gambar 2.12 Metoda trigonometrik [4]

Penerapan segitiga siku pada pengukuran metoda trigonometrik dapat dilihat seperti Gambar 2.13 berikut:



Gambar 2.13 Penerapan segitiga siku pada posisi vertikal

Dari segitiga siku seperti **Gambar 2.12** dapat dihitung tinggi V, yaitu:

$$V = J_{AB} \sin m$$

$$V = D_{AB} \cos m$$

Jarak vertikal dari titik tertinggi pada target sampai dengan garis terbawah (garis mendatar melalui titik A), dapat dinyatakan panjangnya yaitu sebesar:

$$\Delta H_{AB} + TT = V + TA$$

Sehingga,

$$\Delta H_{AB} = V + TA - TT \quad (2.20)$$

Dengan harga V sebesar:

$$V = J_{AB} \sin m \quad (2.20a)$$

$$V = D_{AB} \cos m \quad (2.20b)$$

Keterangan:

V = sisi tegak segitiga siku

$\Delta H_{AB}$  = beda tinggi antara A ke B

m = sudut miring

$J_{AB}$  = jarak miring antara A ke B

$D_{AB}$  = jarak mendatar antara A ke B

TT = tinggi target di titik B

TA = tinggi alat di titik A