

EDISI KEDUA

PENGANTAR

Pemetaan Terestris

Penulis

Nanin Trianawati S. | Asri Ria Affriani | Muhammad Ihsan | Ihwan Fauzi

Editor

Anisa Nabila R.R.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	i
BAB 1	1
SURVEI DAN PEMETAAN.....	1
A. Surveying.....	1
B. Pemetaan.....	2
C. Gambaran Bentuk Permukaan Bumi	3
D. Model Matematis Permukaan Bumi	6
BAB 2	10
SISTEM KOORDINAT, REFERENSI, SKALA, SUDUT JURUSAN, DAN AZIMUTH.....	10
A. Sistem Koordinat Dua Dimensi.....	10
1. Koordinat Kartesian.....	10
2. Koordinat Polar	11
3. Hubungan Koordinat Kartesian dan Koordinat Polar	12
B. Sistem Koordinat Tiga Dimensi	13
1. Koordinat Kartesian.....	13
2. Sistem Koordinat Bola	13
3. Sistem Koordinat Elipsoidal.....	14
C. Koordinat Proyeksi.....	17
D. Sistem Referensi	17
E. Skala.....	19

F. Sudut Jurusan	20
G. Azimuth	21
BAB 3	26
ALAT SURVEI.....	26
A. Theodolit.....	29
1. Syarat-syarat Theodolit	32
2. Jenis Theodolit	32
3. Pengoperasian Theodolit.....	35
4. Bagian-bagian dari theodolit dan kegunaannya	39
5. Pemasangan Theodolit dan Pembacaan Alat Ukurnya	40
6. Pembacaan Mistar.....	43
7. Koreksi Sudut Horizontal dan Vertikal (Biasa dan Luar Biasa)	44
B. Waterpass	45
1. Kesalahan Pengukuran	47
2. Ketelitian dari Levelling	51
BAB 4	53
PENGUKURAN KERANGKA DASAR VERTIKAL	53
A. Pengukuran Sipat Datar (<i>Levelling</i>).....	55
1. Tipe Pengukuran Sipat Datar	64
2. Metode Pengukuran Beda Tinggi	72
3. Kesalahan-Kesalahan dalam Pengukuran Sipat Datar	76
4. Salah Penutup Beda Tinggi	81
5. Tingkat Ketelitian Pengukuran Sipat Datar.....	85

6.	Contoh Formulir Pengukuran Sipat Datar	87
BAB 5		90
PENGUKURAN KERANGKA DASAR HORIZONTAL.....		90
A.	Penentuan Titik Tunggal	92
1.	Pengikatan Ke Muka	92
2.	Pengikatan Ke Belakang	94
B.	Penentuan Posisi Banyak Titik	104
1.	Poligon	104
2.	Syarat Geometri Poligon.....	110
3.	Syarat Geometris Absis dan Ordinat	113
4.	Koreksi dan Kesalahan Penutup	114
5.	Koreksi Bowditch	115
6.	Contoh Formulir Pengukuran Poligon	116
7.	Perhitungan Bowditch dengan Microsoft Excel	117
BAB 6		135
PENGUKURAN TITIK DETAIL SITUASI METODE		
TACHYMETRI		135
A.	Sejarah Tachymetri	135
B.	Pengukuran Titik Detail Situasi Metode Tachymetri	136
C.	Tata Cara Pengukuran Detil Cara Tachymetri Menggunakan Theodolit Berkompas	137
D.	Rumus Metode Tachymetri.....	138
E.	Contoh Formulir Pengukuran Detail Situasi.....	143
BAB 7		145
PERKEMBANGAN TEKNOLOGI SURVEI PEMETAAN .		145
A.	Sejarah Survei Pemetaan	145

B. <i>Terrestrial Laser Scanning (TLS)</i>	148
DAFTAR PUSTAKA	154
INDEKS	155
LAMPIRAN.....	v
PROFIL PENULIS I	xi
PROFIL PENULIS II.....	xii
PROFIL PENULIS III	xiii
PROFIL PENULIS IV	xiv

BAB 1

SURVEI DAN PEMETAAN

A. Surveying

Survei dan pemetaan berawal dari istilah *Surveying*. *Surveying* secara tradisional didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan pengukuran dan pemetaan posisi relatif di atas, pada atau di bawah permukaan tanah, atau membangun posisi-posisi tersebut dari perencanaan teknis atau dari deskripsi permukaan tanah. Oleh karena itu, *surveying* akan selalu berhubungan dengan pengukuran dalam aspek fisika dan matematika. Dengan adanya perkembangan teknologi, maka telah terjadi perubahan besar dalam aspek fisika yaitu peralatan pengukuran dan dalam aspek matematik yaitu penggunaan komputer (Surkad, 2017).

Metode surveying dapat dibedakan atas surveying bidang datar dan surveying geodetik (Surkad, 2017). Surveying bidang datar (*Plan Surveying*), merupakan ilmu seni, dan teknologi untuk menyajikan bentuk permukaan bumi baik unsur alam maupun unsur buatan manusia pada bidang yang dianggap datar. Plan surveying di batasi oleh daerah yang sempit yaitu berkisar antara 0,5 derajat x 0,5 derajat atau 55 km x 55 km.

Surveying Geodetik (*Geodetic Surveying*), merupakan suatu pengukuran untuk menggambarkan permukaan bumi pada bidang melengkung/ellipsoida/bola. Umumnya menggunakan akurasi yang tinggi dan mencakup daerah yang luas ketika pengaruh kelengkungan bumi, diperhitungkan.

Jenis-jenis survei yang memerlukan *surveying* antara lain adalah Survei kontrol, Survei topografi, Survei kadaster, Survei hidrografi, Survei rute, Survei konstruksi, *As-built surveys* dan Survei tambang. Pada kenyataannya, seluruh aspek dalam kehidupan sehari-hari mempergunakan *surveying*, misalnya pada pemetaan bumi baik di atas maupun di bawah laut; pembuatan peta navigasi (darat, udara, laut); penentuan batas tanah; membangun basis data untuk manajemen sumber daya alam; dan membangun data teknik untuk konstruksi jembatan, jalan, bangunan, pengembangan lahan.

Berdasarkan implementasi dari *surveying* tersebut, maka seorang Surveyor dituntut agar dapat melakukan beberapa pekerjaan sebagai berikut:

1. Analisis Penelitian dan Pengambilan Keputusan, meliputi pemilihan metode pengukuran, prosedur, peralatan, dsb.
2. Pekerjaan Lapangan atau Pengumpulan data, melaksanakan pengukuran dan mencatat data di lapangan.
3. Menghitung dan Pemrosesan Data, melaksanakan hitungan berdasarkan data yang diperoleh.
4. Penyajian Data atau Pemetaan, menggambarkan hasil-hasil ukuran dan hitungan untuk menghasilkan peta, gambar rencana, dsb.
5. Pemancangan/Pematokan, untuk menentukan batas-batas atau pedoman dalam pelaksanaan pekerjaan.

B. Pemetaan

Pada dasarnya metode pemetaan dapat dikategorikan atas 3 metode, yaitu metode terestris, metode fotogrametris, dan metode penginderaan jauh. Setiap metode pada prinsipnya akan memerlukan titik kontrol (horisontal dan vertikal) serta

koordinat titik-titik obyek relatif terhadap titik kontrol (Wongsotjito, 1980).

Metode fotogrametris merupakan suatu seni, pengetahuan, dan teknologi untuk memperoleh informasi yang dapat dipercaya tentang suatu obyek fisik dan keadaan disekitarnya melalui proses perekaman, pengamatan/pengukuran dan interpretasi citra fotografis atau rekaman gambar gelombang elektromagnetik.

Metode penginderaan jauh merupakan ilmu dan seni untuk mengindera/menganalisis permukaan bumi dari jarak yang jauh, dalam kondisi perekaman dilakukan di udara atau di angkasa dengan menggunakan alat (sensor) dan wahana. Khusus untuk metode terestris, survei dilakukan secara langsung bersentuhan dengan dengan suatu obyek fisik dan keadaan disekitarnya. Kajian pemetaan terestris akan dibahas secara lebih mendetail dalam buku ini. Untuk penentuan titik kontrol dalam pemetaan terestris dapat menggunakan metode poligon, triangulasi, pengikatan ke muka dan pengikatan ke belakang. Sedangkan untuk penentuan koordinat titik objek dapat menggunakan metode tachymetri, yang dilakukan pengukuran sudut, jarak, dan beda tinggi.

C. Gambaran Bentuk Permukaan Bumi

Ilmu ukur tanah merupakan bagian dari ilmu yang lebih luas yang dinamakan ilmu Geodesi. Disiplin ilmu ini telah berabad-abad secara keras mencoba menentukan dimensi bumi secara horizontal maupun vertikal. Eratosthenes merupakan sebagai bapak ilmu Geodesi karena ia diketahui sebagai yang pertama kali bereksperimen dalam menentukan bentuk bumi (Purworaharjo, Hitung proyeksi Geodesi (Proyeksi Peta), 1982).

Geodesi merupakan ilmu untuk melakukan determinasi yang mengkaji, memodelkan bentuk dan ukuran permukaan

bumi. Secara ilmiah ilmu Geodesi bertujuan untuk menentukan bentuk permukaan bumi, sedangkan secara praktis ilmu Geodesi bertujuan untuk membuat pemodelan permukaan bumi yang dinamakan peta dari sebagian besar atau sebagian kecil bumi.

Pemodelan permukaan bumi dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu pemodelan matematis dan pemodelan fisik. Model matematis merupakan model yang mengikuti proses dan manipulasi matematis yang terdiri dari variabel-variabel untuk melakukan komputasi. Model fisik menganggap permukaan bumi sebagai suatu bentuk yang memiliki potensi gravitasi yang sama (equipotensial) pada sembarang titik di permukaan bumi. Pada pemodelan fisik, permukaan laut dianggap sebagai suatu bidang datar (Anderson, 1998).

Kedua pemodelan tersebut diperlukan dalam survei dan pemetaan dan keduanya dapat digunakan secara bersama. Kedua model tersebut memiliki kemiripan, terutama dalam menentukan dimensi dan kedataran permukaan bumi. Kedua model mengasumsikan bentuk permukaan bumi sebagai bidang datar, walaupun pada kenyataannya dimensi permukaan bumi tidak sepenuhnya bidang datar.

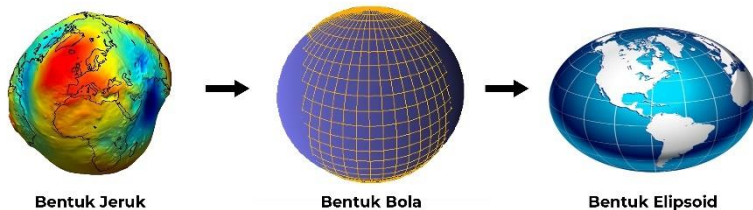
Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin canggih, bentuk bumi dipantau secara terus-menerus dengan mendirikan ribuan titik kerangka di permukaan bumi yang direferensikan pada satelit.

Dengan mengacu pada model bentuk bumi tersebut kita dapat membuat peta dunia, peta kota, peta jaringan jalan, peta jaringan drainase, peta blok perumahan, perhitungan pergerakan lempeng, penurunan lahan, peta kedalaman laut, peta daerah banjir, kenaikan muka air laut, sistem informasi geografis (SIG/GIS), dan sebagainya yang bersifat *geo-reference* atau bereferensi bumi.

Bentuk bumi merupakan pusat kajian dan perhatian dalam Ilmu ukur tanah. Proses penggambaran permukaan bumi

secara fisiknya adalah berupa bola yang tidak beraturan bentuknya dan mendekati bentuk sebuah jeruk. Hal tersebut terbukti dengan adanya pegunungan, lereng-lereng, dan jurang jurang. Karena bentuknya yang tidak beraturan maka diperlukan suatu bidang matematis. Para pakar kebumihan yang ingin menyajikan informasi tentang bentuk bumi, mengalami kesulitan karena bentuknya yang tidak beraturan ini. Oleh sebab itu, mereka berusaha mencari bentuk sistematis yang dapat mendekati bentuk bumi (Muller, 1979).

Awalnya para ahli memilih bentuk bola sebagai bentuk bumi. Namun pada hakekatnya, bentuk bumi mengalami pemampatan pada bagian kutub-kutubnya, hal ini terlihat dari fenomena lebih panjangnya jarak lingkaran pada bagian equator di bandingkan dengan jarak pada lingkaran yang melalui kutub utara dan kutub selatan dan akhirnya para ahli memilih Ellipsoida atau yang dinamakan ellips yang berputar dengan sumbu pendeknya adalah suatu sumbu yang menghubungkan kutub utara dan sumbu kutub selatan yang merupakan poros perputaran bumi, sedangkan sumbu panjangnya adalah sumbu yang menghubungkan equator dengan equator yang lain di permukaan sebaliknya (Purworaharjo, 1986).



Gambar 1 Anggapan Bumi

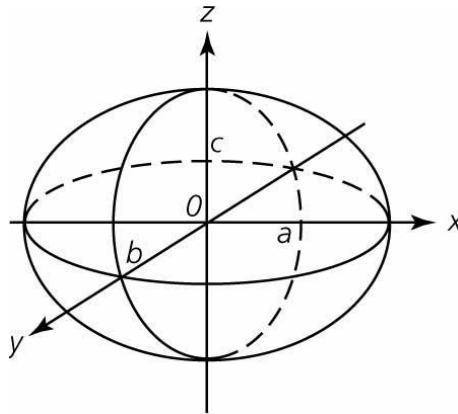
D. Model Matematis Permukaan Bumi

Bidang Ellipsoide adalah bila luas daerah lebih besar dari 5500 Km^2 , ellipsoide ini diperoleh dengan memutar suatu ellips dengan sumbu kecilnya sebagai sumbu putar $a = 6377397 \text{ m}$, dan sumbu kecil $b = 6356078 \text{ m}$. Bidang bulatan adalah elips dari Bessel mempunyai sumbu kurang dari 100 km . Jari-jari bulatan ini dipilih sedemikian, sehingga bulatan menyinggung permukaan bumi di titik tengah daerah. Bidang datar adalah bila daerah mempunyai ukuran terbesar tidak melebihi 55 km (kira-kira 10 jam jalan).

Terbukti, bahwa bentuk bumi itu dapat dianggap sebagai bentuk ruang yang terjadi dengan memutar suatu ellips dengan sumbu kecilnya sebagai sumbu putar. Beberapa hal yang harus diperhatikan berkaitan dengan ellipsoidal bumi adalah bahwa ellipsoide bumi itu mempunyai komponen – komponen sebagai berikut (Purworaharjo, Hitung proyeksi Geodesi (Proyeksi Peta), 1982):

1. a adalah sumbu setengah pendek atau jari-jari ekuator;
2. b adalah setengah sumbu pendek atau jari-jari kutub;
3. pemepatan atau pengepengan yaitu sebagai parameter untuk menentukan bentuk ellipsoidal/ellips, dan;
4. eksentrisitet pertama dan eksentrisitet kedua.

Bilangan-bilangan yang penting mengenai bentuk bumi yang banyak digunakan dalam ilmu geodesi adalah (Purworaharjo, Hitung proyeksi Geodesi (Proyeksi Peta), 1982):



Gambar 2 Elipsoid

Keterangan :

Sumbu panjang elipsoid = a

Sumbu pendek elipsoid = b

$$\text{Angka pergepangan} = f = \frac{a-b}{a}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{a}{a-b}$$

$$\text{Eksentrisitas kesatu} = e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$$

$$\text{Eksentrisitas kedua} = e^{12} = \frac{a^{12} - b^{12}}{a^{12}}$$

Berikut ini beberapa elipsoide referensi beserta komponen pendukungnya :

Tabel 1 Elipsoide Referensi

Elipsoid	a (m)	f
Airy	6377563,396	299,3249646
Australian National	6378160,0	298,25
Bessel 1841	6377397,0	299,15
Clarke 1880	6378249,145	293,465
Everest	6377276,345	300,8017
Fischer 1960 (Mercury)	6378166,0	298,3

Fischer 1968	6378150,0	298,3
GRS 1967	6378160,0	298,247167427
GRS 1980	6378137,0	298,257222101
Havford 1910	6378388,0	297,00
Helmert 1906	6378200,0	298,3
Hough	6378270,0	297,0
International	6378388,0	297,0
Krassovsky	6378245,0	298,3
Modified Airy	6377340,189	299,3249646
Modified Everest	6377304,063	300,8017
Modified Fischer 1960	6378155,0	298,3
SM(GRS 1967)	6378160,0	298,247 167 427
South American 1969	6378160,0	298,25
WGS 60	6378165,0	298,3
WGS 66	6378145,0	298,25
WGS 1972	6378135,0	298,257
WGS 1984	6378137,0	298,257 223 563

RANGKUMAN

1. *Surveying* merupakan ilmu pengetahuan pengukuran dan pemetaan posisi relatif di atas, pada atau di bawah permukaan tanah, atau membangun posisi-posisi tersebut dari perencanaan teknis atau dari deskripsi permukaan tanah.
2. Metode pemetaan dapat dikategorikan atas 3 metode, yaitu metode terestris, metode fotogrametris, dan metode penginderaan jauh.

3. Bentuk bumi mengalami pemampatan pada bagian kutub-kutubnya, hal ini terlihat dari fenomena lebih panjangnya jarak lingkaran pada bagian ekuator dibandingkan dengan jarak pada lingkaran yang melalui kutub utara dan kutub selatan.
4. Bentuk bumi dapat dianggap sebagai bentuk ruang yang terjadi dengan memutar suatu ellips dengan sumbu kecilnya sebagai sumbu putar.

SOAL

1. Jelaskan perbedaan mendasar antara metode *surveying* bidang datar dan *surveying* geodetik!
2. Jelaskan komponen ellipsoid bumi!
3. Jelaskan cara pemodelan permukaan bumi!

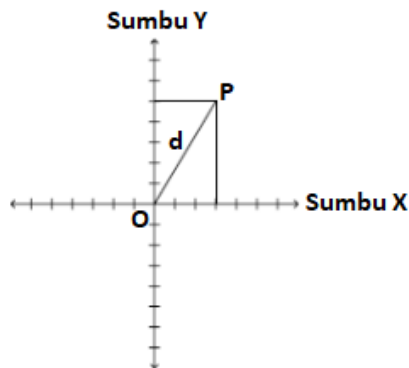
BAB 2

SISTEM KOORDINAT, REFERENSI, SKALA, SUDUT JURUSAN, DAN AZIMUTH

A. Sistem Koordinat Dua Dimensi

1. Koordinat Kartesian

Sistem koordinat kartesian dua dimensi merupakan sistem koordinat yang terdiri atas dua salib sumbu yang saling tegak lurus, biasanya sumbu X dan Y, seperti digambarkan pada gambar berikut.



Gambar 3 Sistem Koordinat Kartesian Dua Dimensi

Jika dilihat dari gambar di atas, koordinat P mempunyai jarak pada sumbu X yang disebut absis sebesar 3 dan

mempunyai jarak pada sumbu Y yang disebut ordinat sebesar 5. Sedangkan d merupakan jarak dari pusat sumbu koordinat (O) ke titik P. Nilai d dapat dihitung dengan persamaan :

$$d = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (1)$$

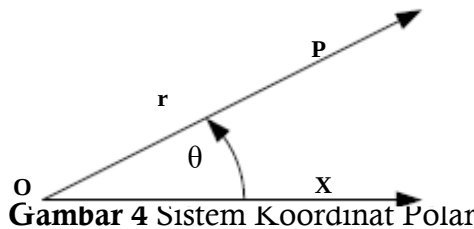
Apabil d merupakan jarak antara dua titik, secara umum d dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$d = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2} \quad (2)$$

Dalam hal ini, i dan j menunjukkan nama titik.

2. Koordinat Polar

Dalam koordinat polar, koordinat suatu titik didefinisikan fungsi dari arah dan jarak dari titik ikatnya. Selanjutnya dapat dijelaskan pada gambar berikut ini.

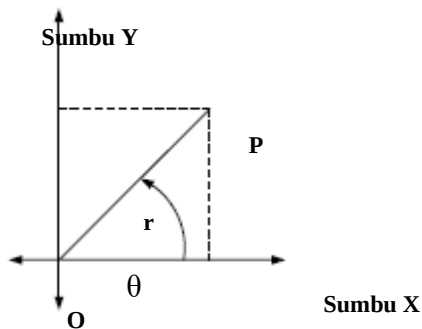


Gambar 4 Sistem Koordinat Polar

Jika O merupakan titik pusat koordinat dan garis OX merupakan sumbu axis polar, maka titik P dapat ditentukan koordinatnya dalam sistem koordinat polar berdasarkan sudut vektor (θ) dan radius vektor (r) atau (garis OP) yaitu P (r, θ). Sudut vektor (θ) bernilai positif jika mempunyai arah berlawanan dengan arah putaran jarum jam, sedangkan bernilai negatif jika searah dengan putaran jarum jam.

3. Hubungan Koordinat Kartesian dan Koordinat Polar

Kedua sistem koordinat, yaitu koordinat kartesian dan koordinat polar, dapat saling berhubungan secara matematis. Perhatikan gambar berikut ini.



Gambar 5 Hubungan Sistem Koordinat Kartesian dan Polar

Dari gambar tersebut, maka dapat diketahui hubungan secara matematis antara koordinat kartesian dan polar sebagai berikut:

$$x = r \cos(\theta) \quad (3)$$

$$y = r \sin(\theta) \quad (4)$$

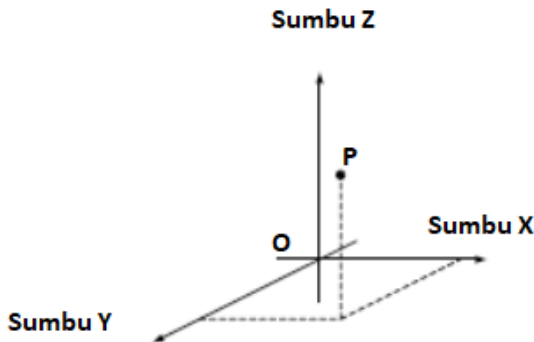
$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (5)$$

$$\theta = \arctan \frac{y}{x} \quad (6)$$

B. Sistem Koordinat Tiga Dimensi

1. Koordinat Kartesian

Sistem Koordinat Kartesian Tiga Dimensi, pada prinsipnya sama dengan sistem koordinat kartesian dua dimensi, hanya menambahkan satu sumbu lagi yaitu sumbu Z, yang ketiganya saling tegak lurus, seperti yang terlihat pada gambar berikut.



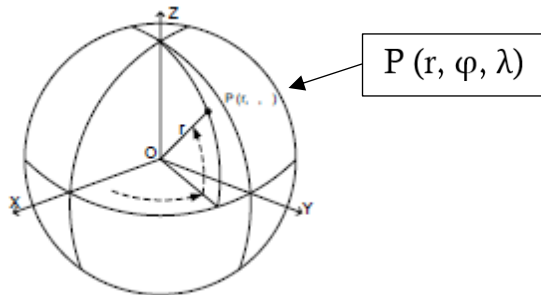
Gambar 6 Sistem Koordinat Kartesian 3 Dimensi

Titik O merupakan titik pusat dari ketiga sumbu koordinat X, Y, dan Z. Sedangkan titik P didefinisikan dengan $P(x, y, z)$. Penggunaan sistem koordinat kartesian 3 Dimensi banyak digunakan dalam pengukuran menggunakan sistem GPS (Abidin, 2004).

2. Sistem Koordinat Bola

Posisi suatu titik dalam ruang, selain didefinisikan dengan sistem kartesian 3 Dimensi, dapat juga didefinisikan dalam

sistem koordinat bola (prinsip dasarnya sama dengan koordinat polar, yaitu sudut dan jarak).



Gambar 7 Sistem Koordinat Bola

Pada gambar tersebut, koordinat titik P didefinisikan dengan nilai $P(r, \varphi, \lambda)$. Jika kita cermati, koordinat ini sama halnya dengan koordinat lintang dan bujur yang sering digunakan dalam globe, atau peta, atau lainnya.

Terdapat hubungan antara sistem koordinat bola dan sistem koordinat kartesian 3 dimensi, seperti ditunjukkan dalam persamaan matematis berikut ini :

$$x = r \cos(\varphi) \cos(\lambda) \quad (7)$$

$$y = r \cos(\varphi) \sin(\lambda) \quad (8)$$

$$z = r \sin(\varphi) \quad (9)$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (10)$$

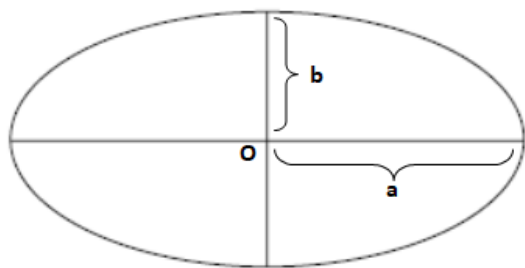
$$\lambda = \arctan \frac{y}{x} \quad (11)$$

$$\varphi = \arctan \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}} \quad (12)$$

3. Sistem Koordinat Ellipsoida

Bentuk bumi dikenal sebagai geoid. Geoid didekati oleh permukaan muka laut rata-rata. Untuk mempermudah

hitungan bentuk bumi, digunakan suatu model matematik yang disebut ellipsoida yaitu ellips yang putar.



Gambar 8 Ellips

Elipsoid secara matematis dituliskan menjadi:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1 \quad (13)$$

$$f = \frac{a - b}{a} \quad (14)$$

$$e = \sqrt{2f - f^2} \quad (15)$$

Dalam hal ini,

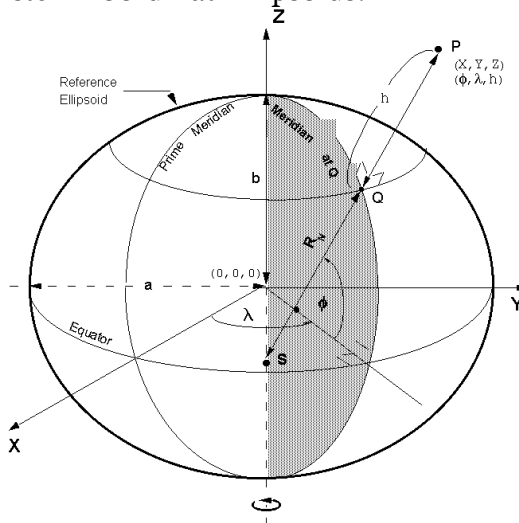
a = sumbu semi-mayor (setengah sumbu panjang)

b = sumbu semi-minor (setengah sumbu pendek)

f = *flattening* (penggepengan)

e = eksentrisitas

Dalam pengukuran geodesi secara umum, dikembangkan hubungan antara sistem koordinat kartesian Tiga Dimensi dengan sistem koordinat Ellipsoids.



Gambar 9 Sistem koordinat Ellipsoida

Persamaan hubungan matematis dari sistem koordinat kartesian tiga dimensi dan koordinat ellipsoid.

$$x = (R_N + h) \cos(\varphi) \cos(\lambda) \quad (16)$$

$$y = (R_N + h) \cos(\varphi) \sin(\lambda) \quad (17)$$

$$z = \left(\frac{a^2}{b^2} R_N + h \right) \sin(\varphi) \quad (18)$$

Dalam hal ini,

$$\begin{aligned} R_N &= \frac{a^2}{\sqrt{(a^2 \cos^2 \varphi + b^2 \sin^2 \varphi)}} \\ &= \frac{a}{\sqrt{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)}} \end{aligned} \quad (19)$$

Besaran a dan b tergantung dari model ellipsoid yang digunakan, misalnya. WGS84, Bessel 1881, dan lain-lain.

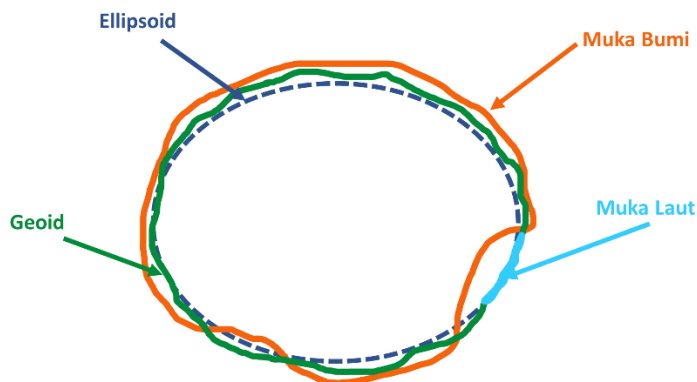
C. Koordinat Proyeksi

Proyeksi peta dimaksudkan “memindahkan” koordinat ellipsoid referensi ke koordinat bidang datar atau bidang yang dapat didatar untuk tujuan pemetaan. Bidang tersebut dinamakan bidang proyeksi. Bidang datar atau bidang yang dapat di datarkan antara lain bidang datar, bidang kerucut dan bidang silinder. Telah banyak sistem koordinat proyeksi yang umum digunakan, antara lain sistem koordinat *Universal Transverse Mercator* (UTM) yang dibagi kedalam beberapa zona yang terdiri dari 60 zona. Sistem pemetaan nasional di Indonesia, menggunakan sistem koordinat UTM.

D. Sistem Referensi

Dalam bidang geodesi ataupun pengukuran dan pemetaan permukaan bumi dikenal bidang geoid dan ellipsoida yang merupakan bentuk bumi dalam pengertian fisik dan pengertian geometrik. Geoid adalah bidang nivo (*level surface*) atau bidang ekuipotensial gaya berat yang terletak pada ketinggian muka air rata-rata. Arah gaya berat di setiap titik pada geoid adalah tegak lurus. Karena arah-arrah gaya berat menuju pusat bumi, bidang geoid merupakan permukaan

tertutup yang melingkupi bumi dan bentuknya tidak teratur. Secara teoritis, permukaan geoid pada umumnya tidak berhimpit dengan muka air laut rata-rata, karena penyimpangannya relatif kecil, maka secara praktis, geoid berhimpit dengan muka air laut rata-rata. Dalam praktik geodesi, **geoid digunakan sebagai referensi ketinggian**.



Gambar 10 Hubungan muka laut, geoid, ellipsoid dan permukaan bumi

Karena bidang geoid bentuknya tidak teratur maka bidang geoid tidak dapat digunakan untuk keperluan hitungan-hitungan geodesi terkait dengan bentuk bumi. Diperlukan suatu model bidang yang dapat digunakan untuk memecahkan persoalan pokok geodesi dengan mudah. Untuk itu digunakan model ellipsoid sebagai pengganti geoid secara geometrik. Ellipsoida yang mempunyai bentuk dan ukuran mendekati geoid menyatakan bentuk bumi dalam arti geometrik/matematik, pusat ellipsoida didefinisikan berhimpit dengan sumbu rotasi bumi. Dalam praktik geodesi, **bidang ellipsoida merupakan bidang referensi hitungan** di dalam rangka penentuan koordinat titik dipermukaan bumi, serta bidang perantara di dalam proses pemetaan.

E. Skala

Skala peta merupakan perbandingan jarak antara dua titik di peta dengan jarak yang bersangkutan di permukaan bumi (jarak mendatar). Terdapat beberapa cara untuk menyatakan skala peta, beberapa cara yang umum tersebut antara lain:

1. Dengan menuliskan hubungan antara jarak di peta dengan jarak di muka bumi dalam bentuk persamaan. Misalnya $1 \text{ cm} = 100 \text{ m}$, hal ini berarti bahwa 1 cm di peta sesuai dengan 100 m di lapangan atau di permukaan bumi (jarak mendatar). Tipe skala ini disebut skala teknis (*Engineer's Scale*).
2. Dengan menuliskan angka perbandingan. Misalnya $1 : 5000$, hal ini mempunyai arti jika 1 cm di peta akan sama dengan 5000 cm di lapangan. Tipe skala ini disebut skala numeris (*Numerical Scale*).
3. Dengan menuliskan secara grafis. Suatu garis lurus dibagi kedalam bagian-bagian yang sama, misalnya tiap bagian panjangnya 1 cm . Pada setiap ujung bagian garis dituliskan angka jarak yang sebenarnya, misal 1 km .



Gambar 11 Skala Grafis

Ini berarti bahwa 1 cm di peta sesuai dengan 1 km di lapangan. Tipe skala ini disebut skala grafis (*Graphical Scale*).

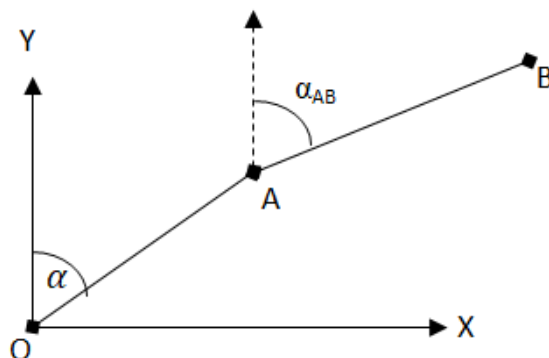
Pada hakikatnya besar kecilnya skala suatu peta akan mencerminkan ketelitian serta banyaknya informasi yang disajikan. Misalnya kita mengukur jarak antara dua titik pada peta skala $1:5000$ dan $1:20.000$, kesalahannya $0,1 \text{ mm}$. Hal ini berarti, pada peta skala $1:5000$ memberikan kesalahan sebesar $0,1 \times 5000 \text{ mm} = 500 \text{ mm} = 0,5 \text{ meter}$ sedangkan pada skala $1:20.000$ memberikan kesalahan jarak $0,1 \times 20.000 = 2 \text{ meter}$. Sedangkan informasi yang diberikan peta skala

besar akan menginformasikan secara lebih lengkap dan mendetail dibandingkan dengan peta skala kecil.

Berdasarkan skalanya peta dapat dikelompokkan ke dalam peta skala besar, skala sedang dan skala kecil. Untuk batasannya kurang begitu jelas. Umumnya skala 1:10.000 dan lebih besar digolongkan kedalam peta skala besar. Sedangkan skala 1:10.000 sampai dengan 1:100.000 digolongkan ke dalam peta skala sedang. Dan peta skala lebih besar dari 1:100.000 digolongkan menjadi peta skala kecil.

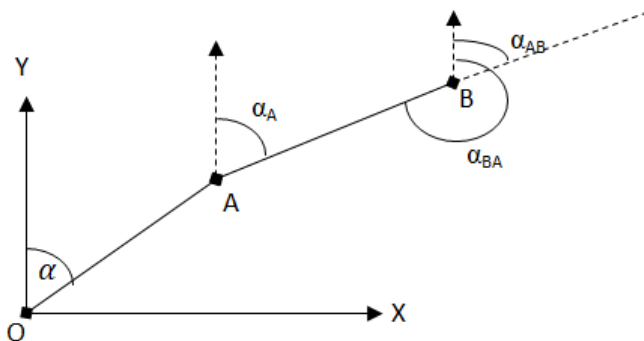
F. Sudut Jurusan

Sudut jurusan suatu sisi adalah sudut yang dihitung dari arah sumbu Y searah putaran jarum jam (ke kanan) sampai sisi yang bersangkutan.



Gambar 12 Sudut Jurusan Searah Putaran Jarum Jam

Sudut jurusan mempunyai harga dari $0^\circ - 360^\circ$.



Gambar 13 Sudut Jurusan berharga $0^\circ - 360^\circ$

Keterangan :

$$\alpha_{AB} = \alpha_{BA} - 180^\circ$$

$$\alpha_{BA} = \alpha_{AB} + 180^\circ$$

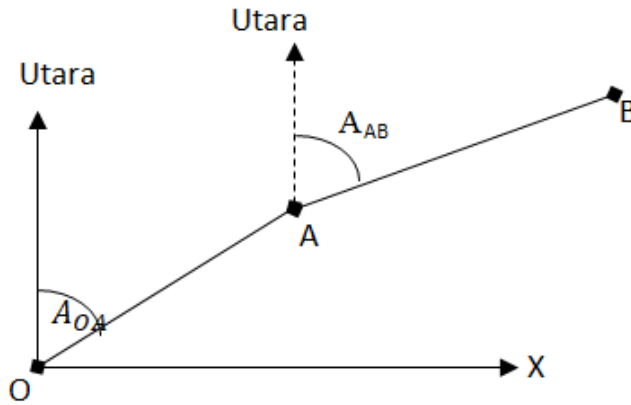
dalam hal ini, $\alpha_{AB} = \alpha_{BA} \pm 180^\circ$

jika $\alpha_{BA} > 180^\circ$ (dikurangi) dan

jika $\alpha_{BA} < 180^\circ$ (ditambahkan)

G. Azimuth

Azimuth suatu sisi adalah sudut yang dihitung dari arah utara searah perputaran jarum jam (ke kanan) sampai sisi yang bersangkutan.



Gambar 14 Azimuth

Macam-macam Azimuth terdiri atas 2 jenis, yakni azimuth kompas dan azimuth matahari.

1. Azimuth Kompas

Dalam pekerjaan pengukuran yang sederhana, maka pengukuran azimuth awal ataupun akhirnya hanya dilakukan dengan menggunakan alat penunjuk arah Utara (kompas). Umumnya azimuth magnetis jenis ini dikenal dengan nama sudut jurusan. Untuk maksud tersebut pengukuran dilakukan hanya pada satu sisi poligon saja (Dua sisi poligon lebih baik).

2. Azimuth Matahari

Pada prinsipnya pengukuran tinggi matahari yang dilakukan adalah untuk menentukan azimuth matahari (a) pada saat pembidikan tinggi (t) dilakukan. Mengukur tinggi matahari dengan melakukan penadahan bayangan matahari pada selembur kertas. Dari hubungan segitiga diatas, kutub

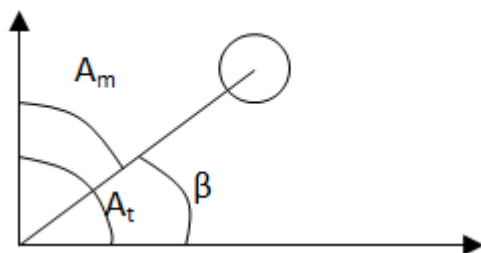
utara dan matahari pada saat tertentu akan didapatkan hubungan matematis di atas permukaan bola langit sebagai berikut: $\cos(90^\circ - \delta) = \sin h \sin \varphi + \cos h \cos \varphi$. Apabila lintang diketahui secara pendekatan (umumnya cukup hasil interpolasi dari peta topografi) dan harga deklinasi matahari dapat dicari table matahari, maka dengan mudah segera akan didapatkan harga azimuth matahari (a). Dengan mempunyai harga sudut mendatar antara matahari dan target, maka : $A = a + s$. Prosedur pengukurannya dapat dilakukan dengan berbagai cara, hal ini disebabkan:

- Mengukur matahari dengan memakai filter khusus pada lensa objektifnya.
- Mengukur tinggi matahari dengan memakai prisma roelofs.

Dengan memilih salah satu peralatan dan mengukur waktu pengukuran (t), maka dapat ditentukan harga deklinasi matahari dari tabel matahari.

Berikut ini cara menentukan azimuth matahari:

a. Bila yang diukur pusat matahari maka:



Gambar 15 Pengukuran Azimuth dari Pusat Matahari

Keterangan :

A_m = Azimut matahari

A_t = Azimut target

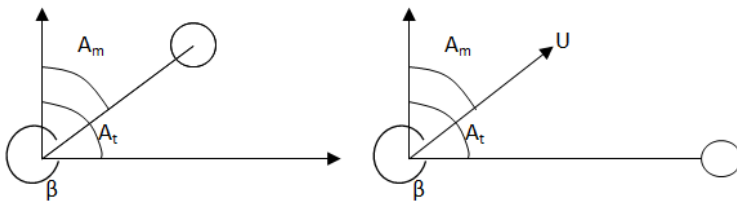
B = Sudut mendatar pusat matahari dan target

Pada kondisi ini maka $A_t = A_m + \beta$ rumus ini tidak berlaku umum tergantung pada geometrisnya.

- b. Bila yang dibidik bukan pusat matahari, maka sudut β perlu diberi koreksi terlebih dahulu yaitu $\frac{1}{2}d$ yang besarnya adalah:

$$\frac{1}{2}d' = \frac{1}{2}d \cos h$$

$$\text{atau } \frac{1}{2}d' = \frac{1}{2}d \sin z$$



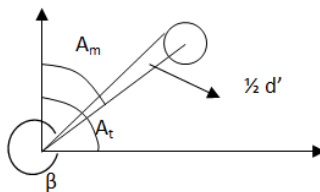
Gambar 16 Pengukuran Azimuth Bukan dari Pusat Matahari

$$360^\circ - \beta + A_m$$

$$A_t = 360^\circ - \beta + A_m$$

$$A_t = \beta + A_m$$

- c. Jika yang diukur sisi miring:



$$A_t = A_m + \beta - \frac{1}{2}d'$$

Gambar 17 Pengukuran Azimuth dari Sisi Miring Pusat Matahari

RANGKUMAN

1. Sistem koordinat 2 dimensi terdiri atas koordinat kartesian dan koordinat polar.
2. Sistem koordinat 3 dimensi terdiri atas koordinat kartesian, koordinat bola, dan koordinat ellipsoid.
3. Sistem koordinat proyeksi yang umum digunakan, antara lain sistem koordinat *Universal Transverse Mercator* (UTM) yang dibagi kedalam beberapa zona(60 zona). Dalam sistem pemetaan nasional di Indonesia, menggunakan sistem koordinat UTM.
4. Bidang ellipsoida merupakan bidang referensi hitungan di dalam rangka penentuan koordinat titik dipermukaan bumi, serta bidang perantara di dalam proses pemetaan.

SOAL

1. Jelaskan perbedaan antara koordinat kartesian dan koordinat polar!
2. Jelaskan jenis-jenis sistem koordinat tiga dimensi!
3. Jelaskan sistem koordinat proyeksi digunakan di Indonesia!

BAB 3

ALAT SURVEI

Dalam pekerjaan pengukuran wilayah, alat-alat utama yang dapat digunakan antara lain: alat ukur stadia seperti *dumpy level*, Theodolit, rambu ukur, pita ukur, kompas, dan catatan lapang. Untuk mendapatkan hasil yang benar dalam arti memperkecil kesalahan pengukuran di lapangan maka alat-alat tersebut harus digunakan sesuai dengan fungsinya masing-masing (Anderson, 1998).

Theodolit adalah salah satu alat ukur tanah yang digunakan untuk menentukan tinggi tanah dengan sudut mendatar dan sudut tegak. Berbeda dengan *waterpass* yang hanya memiliki sudut mendatar saja. Di dalam theodolit sudut yang dapat dibaca bisa sampai pada satuan sekon (detik).



Gambar 18 Theodolit

Dengan adanya teropong pada theodolit, maka theodolit dapat dibidikkan ke segala arah. Di dalam pekerjaan bangunan gedung, theodolit sering digunakan untuk menentukan sudut siku-siku pada perencanaan/pekerjaan pondasi, theodolit juga dapat digunakan untuk membidik ketinggian suatu bangunan bertingkat. Di dalam pekerjaan-pekerjaan yang berhubungan dengan ukur tanah, theodolit sering digunakan dalam bentuk pengukuran poligon, pemetaan situasi, maupun pengamatan matahari. Theodolit juga bisa berubah fungsinya menjadi seperti Pesawat Penyipat Datar bila sudut vertikalnya dibuat 900.



Gambar 19 *Dumpy Level*

Dumpy level adalah alat penyipat datar. Dalam pengukuran tanah, *dumpy level* dipasang di atas kaki tiga (tripot) dan pandangan dilakukan melalui teropong, dalam hal ini memindahkan ke titik lainnya.



Gambar 20 Rambu Ukur

Rambu ukur merupakan alat yang mutlak harus ada dalam pekerjaan pengukuran. Syarat-syarat rambu ukur untuk penyipat datar antara lain: tidak boleh bergerak, pada saat digunakan berada pada posisi tegak lurus, serta meletakkan alat harus pada titik yang diamati. Pembacaan rambu ukur ada kalanya terjadi pemuaian dan penyusutan pada skala rambu ukur akibat perubahan temperatur yang akan menyebabkan kesalahan dalam pembacaan untuk pengambilan data.



Gambar 21 Kompas

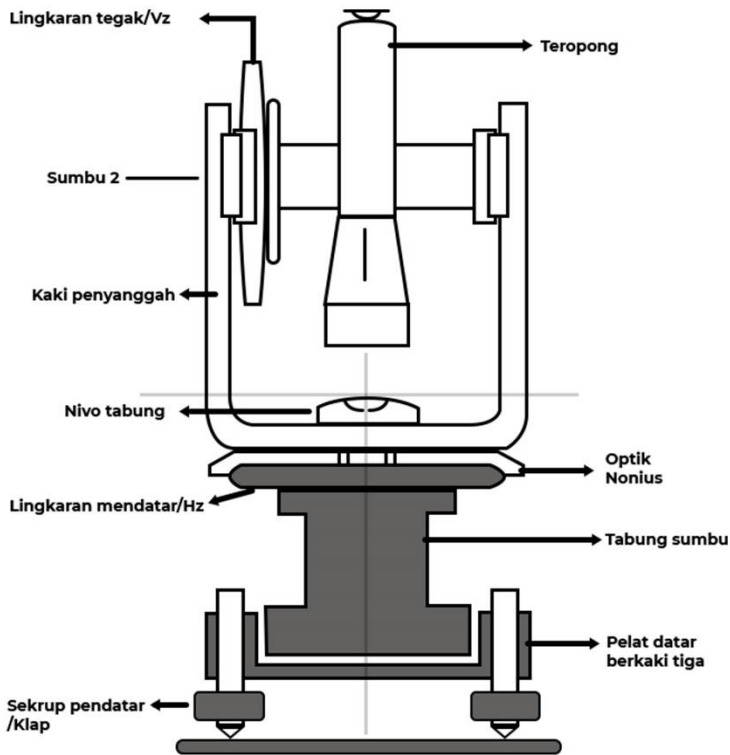
Sebuah kompas terdiri atas sebuah jarum baja yang bermagnet di pasang pada sebuah sumbu putar di titik pusat lingkaran. Gaya magnet bumi mengatur arah jarum. Ketika kotak kompas diputar, jarum jam tetap menunjuk ke arah utara. Magnetik kompas umumnya digunakan sebagai alat untuk menentukan arah dan sudut horizontal.

Selain alat ukur yang telah dijelaskan tersebut, catatan lapang mutlak harus ada dalam pengukuran wilayah. Catatan lapangan dikemas dalam bentuk buku maupun catatan elektronik adalah satu-satunya catatan permanen dari pekerjaan lapang, jika terjadi kesalahan, tidak lengkap, hilang, hancur ataupun rusak maka sia-sialah sebagian besar atau keseluruhan waktu dan biaya yang diinvestasikan untuk pembuatan catatan yang teliti tersebut.

Untuk itu, catatan lapang harus dijaga sampul maupun dalamnya, dalam arti isi dalam penyajian catatan lapang tersebut. Berita lapang harus memuat catatan lengkap tentang semua pengukuran yang dibuat selama survei, beserta gambar, diagram-diagram, atau keterangan-keterangan yang akan menolong memperjelas catatan yang dibuat.

A. Theodolit

Theodolit adalah instrumen/alat yang dirancang untuk pengukuran sudut yaitu sudut mendatar (sudut horizontal) dan sudut tegak (sudut vertikal). Sudut-sudut tersebut berperan dalam penentuan jarak mendatar dan jarak tegak di antara dua buah titik lapangan (Wongsotjitro, 1980).



Gambar 22 Bagian Alat Theodolit

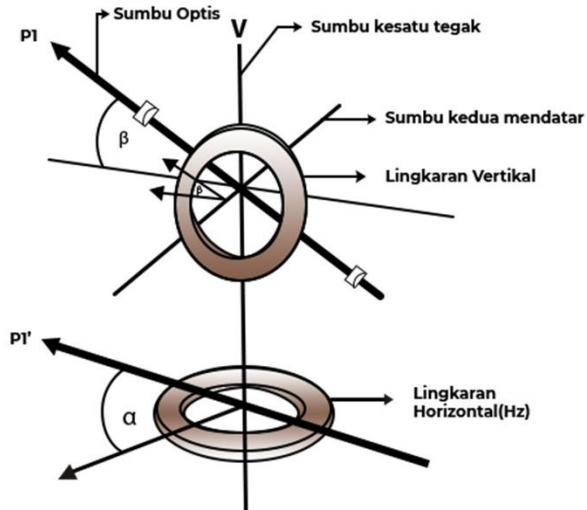
Berikut ini bagian-bagian theodolite:

1. Bagian Bawah, terdiri dari pelat dasar dengan tiga sekrup penyetel yang menyanggah suatu tabung sumbu dan pelat mendatar berbentuk lingkaran. Pada tepi lingkaran ini dibuat pengunci limbus.
2. Bagian Tengah, terdiri dari suatu sumbu yang dimasukkan ke dalam tabung dan diletakkan pada bagian bawah. Sumbu ini adalah sumbu tegak lurus kesatu. Di atas sumbu kesatu diletakkan lagi suatu plat yang berbentuk lingkaran yang berbentuk lingkaran yang mempunyai jari-jari plat

pada bagian bawah. Pada dua tempat di tepi lingkaran dibuat alat pembaca nonius. Di atas plat nonius ini ditempatkan dua kaki yang menjadi penyanggah sumbu mendatar atau sumbu kedua dan satu nivo tabung diletakkan untuk membuat sumbu kesatu tegak lurus. Lingkaran dibuat dari kaca dengan garis-garis pembagian skala dan angka digoreskan di permukaannya. Garis-garis tersebut sangat tipis dan lebih jelas tajam bila dibandingkan hasil goresan pada logam. Lingkaran dibagi dalam derajat sexagesimal yaitu suatu lingkaran penuh dibagi dalam 360° atau dalam *grades senticimal* yaitu satu lingkaran penuh dibagi dalam 400g.

3. Bagian Atas, terdiri dari sumbu kedua yang diletakkan di atas kaki penyanggah sumbu kedua. Pada sumbu kedua diletakkan suatu teropong yang mempunyai diafragma dan dengan demikian mempunyai garis bidik. Pada sumbu ini pula diletakkan plat yang berbentuk lingkaran tegak sama seperti plat lingkaran mendatar.

Sistem sumbu/poros pada theodolit akan divisualisasikan pada gambar berikut:



Gambar 23 Sistem Sumbu/Poros pada Theodolit

1. Syarat-syarat Theodolit

Syarat-syarat utama yang harus dipenuhi alat theodolit sehingga siap dipergunakan untuk pengukuran yang benar adalah sebagai berikut:

- Sumbu kesatu benar-benar tegak/vertikal.
- Sumbu Kedua harus benar-benar mendatar.
- Garis bidik harus tegak lurus sumbu kedua.
- Tidak adanya salah indeks pada lingkaran kesatu.

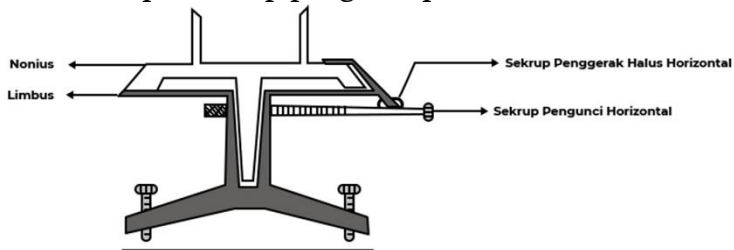
2. Jenis Theodolit

Dari konstruksi dan cara pengukuran, dikenal tiga jenis theodolit:

- Theodolit Reiterasi

Pada theodolit reiterasi, plat lingkaran skala (horizontal) menjadi satu dengan plat lingkaran nonius dan tabung sumbu

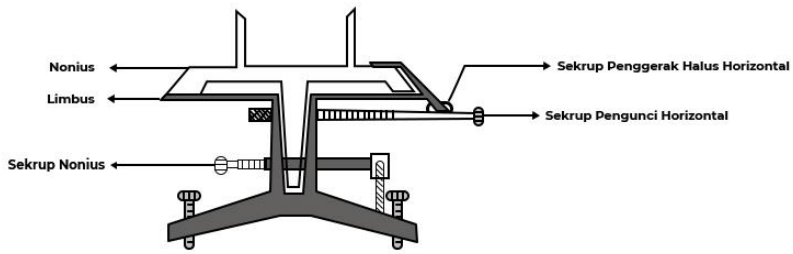
pada kiap. Sehingga lingkaran mendatar bersifat tetap. Pada jenis ini terdapat sekrup pengunci plat nonius.



Gambar 24 Konstruksi Theodolit Reiterasi

b. Theodolit Repetisi

Pada theodolit repetisi, plat lingkaran skala mendatar ditempatkan sedemikian rupa, sehingga plat ini dapat berputar sendiri dengan tabung poros sebagai sumbu putar. Pada jenis ini terdapat sekrup pengunci lingkaran mendatar dan sekrup nonius.



Gambar 25 Konstruksi Theodolit Repetisi

c. Theodolit Elektro Optis

Dari konstruksi mekanis sistem susunan lingkaran sudutnya antara theodolit optis dengan theodolit elektro optis sama. Akan tetapi mikroskop pada pembacaan skala lingkaran tidak menggunakan sistem lensa dan prisma lagi, melainkan menggunakan sistem sensor. Sensor ini bekerja sebagai elektro

optis model (alat penerima gelombang elektromagnetis). Hasil pertama sistem analog dan kemudian harus ditransfer ke sistem angka digital. Proses penghitungan secara otomatis akan ditampilkan pada layar (LCD) dalam angka desimal.

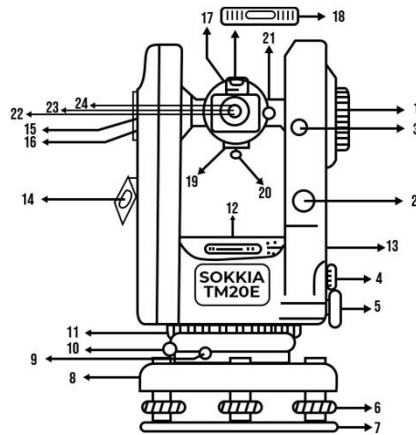


Gambar 26 Konstruksi Theodolit Elektro Optis

3. Pengoperasian Theodolit

Cara kerja penyiapan alat theodolit antara lain:

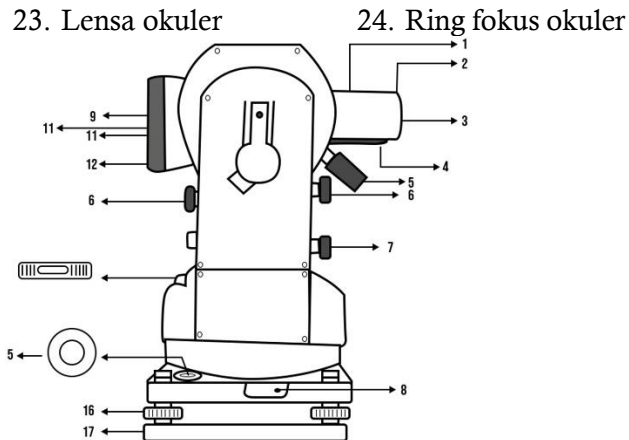
- a. Kendurkan sekrup pengunci perpanjangan, tinggikan setinggi dada.
- b. Kencangkan sekrup pengunci perpanjangan.
- c. Buat kaki statif berbentuk segitiga sama sisi.
- d. Kuatkan (injak) pedal kaki statif.
- e. Atur kembali ketinggian statif sehingga tribar plat mendatar.
- f. Letakkan theodolit di tribar plat.
- g. Kencangkan sekrup pengunci centering ke theodolit.
- h. Atur (levelkan) nivo kotak sehingga sumbu kesatu benar-benar tegak/vertikal dengan menggerakkan secara beraturan sekrup pendatar/kiap di tiga sisi alat ukur tersebut.
- i. Atur (levelkan) nivo tabung sehingga sumbu kedua benar-benar mendatar dengan menggerakkan secara beraturan sekrup pendatar/kiap di tiga sisi alat ukur tersebut.
- j. Posisikan theodolit dengan mengendurkan sekrup pengunci *centering* kemudian geser ke kiri atau ke kanan sehingga tepat pada tengah-tengah titi ikat (BM), dilihat dari *centering optic*.
- k. Lakukan pengujian kedudukan garis bidik dengan bantuan tanda T pada dinding.
- l. Periksa kembali ketepatan nilai *index* pada sistem skala lingkaran dengan melakukan pembacaan sudut biasa dan sudut luar biasa untuk mengetahui nilai kesalahan *index* tersebut.



Gambar 27 Contoh Theodolit SOKKIA TM20E pandangan dari belakang

Keterangan:

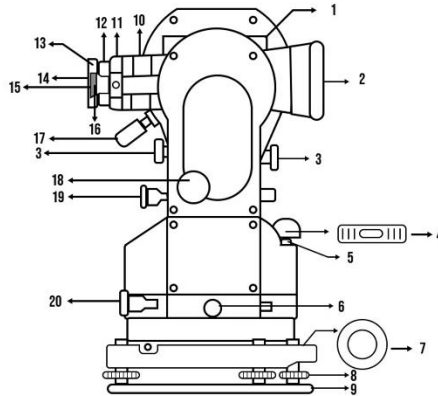
- | | |
|---|--|
| 1. Tombol <i>micrometer</i> | 11. Ring pengatur posisi horizontal |
| 2. Sekrup penggerak halus vertikal | 12. Nivo tabung |
| 3. Sekrup pengunci penggerak vertikal | 13. Sekrup koreksi Nivo tabung |
| 4. Sekrup pengunci penggerak horizontal | 14. Reflektor cahaya |
| 5. Sekrup penggerak halus horizontal | 15. Tanda ketinggian alat |
| 6. Sekrup pendatar Nivo | 16. Slot penjepit |
| 7. Plat dasar | 17. Sekrup pengunci Nivo Tabung <i>Telescope</i> |
| 8. Pengunci limbus | 18. Nivo Tabung <i>Telescope</i> |
| 9. Sekrup pengunci nonius | 19. Pemantul cahaya penglihatan Nivo |
| 10. Sekrup penggerak halus nonius | 20. Visir Collimator |
| | 21. Lensa <i>micrometer</i> |
| | 22. Ring focus benang diafragma |



Gambar 28 Contoh Theodolit SOKKIA TM20E
Pandangan dari Samping Kanan

Keterangan:

- | | |
|---|------------------------------------|
| 1. Ring focus objektif | 7. Sekrup penggerak halus vertikal |
| 2. Ring bantalan lensa okuler | 8. Pengunci limbus |
| 3. Lensa okuler | 9. Tanda ketinggian alat |
| 4. Penutup Koreksi <i>reticle</i> | 10. Slot Penjepit |
| 5. Sekrup pengunci penggerak vertikal | 11. Pengunci limbus |
| 6. Sekrup Pengatur bacaan horizontal dan vertikal | 12. Reflektor cahaya |
| | 13. Nivo tabung |
| | 14. Sekrup koreksi Nivo tabung |
| | 15. Nivo kotak |
| | 16. Sekrup pendatar Nivo |
| | 17. Plat dasar |



Gambar 29 Contoh Theodolit SOKKIA TM20E
Pandangan dari Samping Kiri

Keterangan:

- | | |
|---|--|
| 1. Visir <i>Collimator</i> | 12. Ring bantalan lensa okuler |
| 2. Lensa objektif | 13. Ring fokus benang diafragma |
| 3. Sekrup pengatur bacaan horizontal dan vertikal | 14. Lensa okuler |
| 4. Nivo tabung | 15. Lensa <i>micrometer</i> |
| 5. Sekrup koreksi Nivo tabung | 16. Ring fokus mikrometer |
| 6. Sekrup pengunci penggerak horizontal | 17. Sekrup pengunci penggerak vertikal |
| 7. Nivo kotak | 18. Tombol mikrometer |
| 8. Sekrup pendatar Nivo | 19. Sekrup penggerak halus vertikal |
| 9. Plat dasar | 20. Sekrup penggerak halus horizontal |
| 10. Ring fokus objektif | |
| 11. Penutup Koreksi <i>reticle</i> | |

4. Bagian–bagian dari theodolit dan kegunaannya

Berikut ini dijelaskan bagian–bagian dari theodolit beserta kegunaannya:

- a. Tombol Fokus yang berguna untuk memperjelas objek yang dituju.
- b. Nivo, pada alat theodolit biasanya terdapat dua buah nivo yaitu nivo kotak yang terletak di bawah dan nivo tabung yang terletak di atas, nivo sendiri berfungsi untuk mengetahui kedudukan theodolit dalam keadaan waterpas dari kedua arah.
- c. Teropong kecil yang berguna untuk melihat bacaan horizontal dan vertikal. Biasanya terletak di sebelah kanan dari teropong besar yang berguna untuk membaca sudut horizontal dan vertikal.
- d. Mikrometer
Alat ini terletak pada bagian kanan atas dari theodolit yang berguna untuk mempaskan bacaan sudut horizontal dan vertikal dengan cara diputar ke depan atau ke belakang agar sudut horizontal dan vertikal pas pada pembacaan sudut.
- e. Centring, berguna untuk melihat posisi alat apakah sudah tepat berada di atas patok. Pada alat model lama, centringnya masih menggunakan unting-unting yang dihubungkan dengan benang dan digantung di bawah alat ukur.
- f. Statif yang berguna untuk menopang alat ukur theodolit agar ketinggiannya sesuai dengan ketinggian pembacanya, kaki statip bisa digerakkan naik turun.
- g. Bak atau Rambu
Berupa garis garis yang tebalnya 1 cm yang berguna untuk menghitung jarak yang diukur yaitu jarak

antara alat berdiri dengan bak yang menghasilkan jarak miring.



Gambar 30 Bak atau Rambu

5. Pemasangan Theodolit dan Pembacaan Alat Ukurnya

Sebelum theodolit digunakan, theodolit diatur terlebih dahulu agar posisi theodolit dapat datar atau level ke segala arah. Cara penggunaannya sebagai berikut:

- a. Sebelum alat dikeluarkan dari tempatnya maka harus diperhatikan terlebih dahulu posisi alat tersebut pada tempatnya, karena dikhawatirkan apabila tidak diperhatikan posisinya, setelah dipakai dan akan disimpan kembali mengalami kesulitan. Untuk mempermudah pada setiap alat pasti ada tandanya berupa titik merah atau hitam dan biasanya kedua

- titik tersebut dalam keadaan sejajar bila akan dimasukkan pada tempatnya.
- b. Setelah posisi tandanya sudah kita perhatikan lalu letakkan pesawat di atas statip atau kaki tiga lalu diikat dengan baut yang ada pada statip. Setelah pesawat terikat dengan sempurna pada statip baru pesawat yang sudah terikat pada statip diangkat dan diletakkan di atas patok yang sudah ada pakunya.
 - c. Tancapkan salah satu kaki di tripod sambil tangan dua memegang kedua kaki di tripod lihat paku di bawah dengan bantuan centring, setelah paku terlihat baru kedua kaki yang kita pegang ditaruh pada tanah (kalau sudah mahir tanpa melihat *centring* sudah bisa menentukan posisi alat sudah tepat diatas patok atau palu (walaupun tidak pas). Setelah statip ditaruh semua dan patok serta pakunya sudah kelihatan (walau tidak tepat) baru diinjak ketiga kaki di statip agar posisinya kuat menancap di tanah dan alat tidak mudah digoyang.
 - d. Setelah posisi statip kuat dan tidak goyang barulah dilihat paku melalui centring. Apabila paku tidak tepat maka kejar pakunya dengan menggunakan sekrup penyetel sambil melihat *centring*, dengan memutar sekrup penyetel. Lingkaran petunjuk yang ada pada centring akan berubah dan arahkan lingkaran tersebut pada paku yang ada dipatok. Setelah itu barulah dilihat nivo kotak (bagian bawah).
 - e. Apabila nivo mata sapinya tidak ada di tengah, maka posisi alat dalam keadaan miring. Untuk melihat dimana posisi alat yang lebih tinggi maka lihat gelembung yang ada pada nivo kotak. Apabila nivo mata sapinya ada di Timur, maka posisi alat tersebut lebih tinggi disebelah Timur (kaki sebelah Timur

dipendekkan atau yang sebelah Barat dinaikkan). Setelah posisi gelembung pada nivo kotak ada di tengah maka alat sudah dalam keadaan waterpas (walau masih dalam keadaan kasar).

- f. Untuk menghaluskan agar posisinya lebih level maka gunakan nivo tabung caranya: karena di bawah alat theodolit terdapat tiga sekrup penyetel maka sebut saja sekrup A, B, C. Pertama sejajarkan nivo tabung dengan kedua sekrup penyetel (bebas dan tidak terikat harus sekrup yang mana). Misalnya saja A dan B, setelah itu baru dilihat posisi gelembungnya. Apabila tidak di tengah maka posisi alat tersebut belum level, maka harus ditengahkan dengan menggunakan sekrup A dan B (jika belum mahir disarankan untuk menggunakan satu sekrup saja A atau B karena dikhawatirkan sekrup yang A akan menarik nivo kekiri dan sekrup yang B akan menarik nivo tabung kekanan). Setelah nivo tabung ada di tengah baru diputar 90° atau 270° dan nivo tabung diketengahkan dengan menggunakan sekrup yang C, setelah ditengah berarti posisi nivo tabung dan kotak sudah sempurna dan keduanya ada di tengah. Setelah itu baru dilihat *centring*. Apabila paku sudah tepat pada lingkaran kecil, berarti alat tersebut sudah tepat di atas patok. Tetapi apabila belum tepat maka alat harus digeser dengan cara mengendorkan baut pengikat yang berada di bawah alat ukur. Setelah kendor, geser alat tersebut agar tepat di atas paku. Perlu diingat, untuk mengubah posisi alat agar tepat di atas paku harus digeser dan jangan diputar, sebab kalau diputar posisi nivo pasti akan berubah banyak. Setelah posisi alas tepat di atas patok, maka pengaturan nivo tabung diulangi seperti semula

sehinga posisinya di tengah lagi seperti pada waktu penyetelan pertama. Setelah itu angka bacaan pada skala horizontal disetel dan diatur pada angka $0^0 00'0''$. Selanjutnya sejajarkan arah teropong, setting arah Utara dengan menggunakan kompas arah, diukur tingginya alat, dan alat siap digunakan.

6. Pembacaan Mistar

Dalam pengukuran dengan menggunakan theodolit, data yang diperoleh salah satunya adalah jarak. Jarak ini didapat dengan pembacaan Benang Atas (BA), Benang Tengah (BT) dan Benang Bawah (BB).

Contoh 1:

BA = 1750

BT = 1500

BB = 1250

Untuk mengetahui bacaan rambu salah atau benar dapat dicek dengan menggunakan rumus :

$$(BA + BB) = BT/2$$

$$BB + BA = 2BT$$

$$BB = 2BT - BA$$

$$BA = 2BT - BB$$

Contoh 2:

Diketahui, benang atas 1750 mm, benang bawah 1250 mm.

Jadi, benang tengah = $(1750 + 1250)/2 = 1500$ mm.

Dalam hal ini Benang Tengah diusahakan menggunakan bilangan bulat. Contoh 1500, 1450, 1520, 1480 karena dengan dibulatkan akan memudahkan dalam perhitungan selanjutnya. Hasil dari $(BA - BB) \times 100$ merupakan Jarak Miring.

7. Koreksi Sudut Horizontal dan Vertikal (Biasa dan Luar Biasa)

Dalam pembacaan sudut baik yang horizontal maupun vertikal terdapat koreksi yang harus dilakukan. Cara pengkoreksiannya adalah dengan pembacaan luar biasa. Setelah theodolit tepat pada posisi yang dituju maka dibaca sudut horizontal maupun yang vertikal.

Contoh :

Sudut Horizontal $179^{\circ}37'28''$ (biasa)

Sudut Vertikal $93^{\circ}28'48''$ (biasa)

Maka untuk mendapatkan pembacaan luar biasa, alat theodolit kita putar 180° secara horizontal dan teropong diputar 180° secara vertikal maka akan diperoleh bacaan sebagai berikut:

Sudut horizontal $359^{\circ}37'10''$ (luar biasa) dan sudut vertikal $266^{\circ}31'03''$ (luar biasa).

Apabila hasilnya baik, untuk pembacaan sudut horizontal luar biasa - sudut biasa = 180° . Sedang untuk

koreksi pembacaan sudut vertikal biasa dan luar biasa maka sudut biasa + luar biasa = 360° . Koreksi yang diijinkan adalah $20''$ dan apabila koreksinya $> 20''$ maka alat survei tersebut harus dikalibrasi. Setelah itu angka bacaan pada skala, horizontal distel dan diatur pada angka $0^\circ 0' 0''$, sejajarkan arah teropong dan arah Utara dengan menggunakan kompas, diukur tingginya alat, dan alat siap kerja.

B. Waterpass

Waterpass adalah alat pengukur beda ketinggian dari satu titik acuan ke acuan berikutnya. Waterpass ini dilengkapi dengan kaca dan gelembung kecil di dalamnya. Untuk mengecek apakah waterpass telah terpasang dengan benar, perhatikan gelembung di dalam kaca berbentuk bulat. Apabila gelembung tepat berada di tengah, berarti waterpass telah terpasang dengan benar. Pada waterpass, terdapat lensa untuk melihat sasaran bidik. Dalam lensa, terdapat tanda panah menyerupai ordinat (koordinat kartesius). Angka pada sasaran bidik akan terbaca dengan melakukan pengaturan fokus lensa. Selisih ketinggian diperoleh dengan cara mengurangi nilai pengukuran sasaran bidik kiri dengan kanan. Waterpass memiliki nivo sebagai penyama ketinggian, lensa objektif, lensa okuler, dan penangkap cahaya. Dengan waterpass ini kita dapat menentukan berapa banya tanah yang dibutuhkan untuk meratakan suatu lokasi. Alat ini bersifat sangat sensitif terhadap cahaya, sehingga memerlukan payung untuk menutupi cahaya matahari (Wongsotjitro, 1980).

Berikut ini beberapa contoh waterpass:



Gambar 31 Waterpass

Yang diamati di lapangan adalah pembacaan benang tengah (BT), benang bawah (BB), benang atas (BA), dan sudut horizontal kasar. Angka-angka pada BT, BB, BA dapat kita baca pada rambu yang ditegakkan pada strat pot (patok kayu yang diberi paku payung) melalui water pass yang telah distel. Berikut ini tahapan pekerjaan *levelling* menggunakan waterpass:

1. Pasang tripot statif(kaki 3) setinggi dada juru ukur dan pasang waterpass pada kaki 3.
2. Atur alat ukur sehingga nivo kontak tepat di tengah, dengan menggunakan 3 buah skrup penyetel.
3. Intip lensa okuler, fokuskan pada tiang (objek) yang akan diukur.
4. Catat ketinggian tiang.
5. Ulangi langkah yang sama pada tempat yang akan dicari selisih ketinggiannya.

Setelah melakukan pengukuran di lapangan, maka kita dapat membuat tabel hasil pengukuran dan mendapatkan gambar hasil kontur tanahnya. Adapun yang perlu diperhatikan dalam pengukuran ini adalah:

- Usahakan jarak antara titik dengan alat sama.
- Seksi dibagi dalam jumlah yang genap.

- Baca rambu belakang, baru kemudian dibaca rambu muka.
- Diukur pulang pergi dalam waktu satu hari.
- Jumlah jarak muka=jumlah jarak belakang.
- Jarak alat ke rambu maksimum 75 m.
- saat terbaik pengukuran pagi jam 06.00 - 11.00 siang jam 15.00 - 18.00.

1. Kesalahan Pengukuran

Dalam setiap pengukuran tidaklah lepas dari adanya kesalahan pembacaan angka, sehingga diperlukan adanya koreksi antara hasil yang didapat di lapangan dengan hasil dari perhitungan.

Dalam melakukan pengukuran kemungkinan terjadi kesalahan pastilah terdapat sumber kesalahan atau permasalahan tersebut, antara lain:

a. Kesalahan yang bersumber dari pengukur

- 1) Kurangnya ketelitian mata dalam pembacaan alat waterpass, yaitu pembacaan benang atas, benang bawah, dan benang tengah.
- 2) Kekeliruan penulis dalam mencatat data ukur.
- 3) Kesalahan pemegang rambu waktu menempatkan rambu di atas titik sasaran.
- 4) Adanya emosi dari pengukur akibat rasa lapar, cuaca yang panas, dan penyebab emosi yang lainnya sehingga tergesa-gesa dalam melakukan pengukuran dan akhirnya terjadi kesalahan mencatat.

b. Kesalahan yang bersumber dari alat

- 1) Kesalahan karena garis bidik tidak sejajar dengan garis arah nivo. Hal ini dapat dihindarkan dengan

menempatkan alat di tengah-tengah rambu belakang dan rambu muka ($d_p = d_m$) atau usahakan jumlah jarak rambu belakang = jumlah jarak muka.

- 2) Kesalahan karena Garis Nol Skala dan kemiringan Rambu. Misalnya letak garis nol skala pada rambu A dan B tidak betul, maka hasil pembacaan pada rambu A harus dikoreksi K_a dan pada rambu B sebesar K_b . Dalam keadaan rambu tegak pembacaan akan menunjukkan angka a , sedangkan pembacaan pada waktu rambu miring sebesar a . Dari penelitian pengaruh miringnya rambu tidak dapat dihilangkan sehingga agar mendapatkan hasil beda tinggi yang lebih baik haruslah digunakan nivo rambu yang baik.
- 3) Pita ukur yang sering dipakai mempunyai tendensi panjangnya akan berubah, apalagi jika menariknya terlalu kuat. Sehingga panjang pita ukur tidak betul atau tidak memenuhi standar lagi.
- 4) Patahnya pita ukur akibat terlalu kencangnya menarik pita ukur, sehingga panjang pita ukur bergeser (berkurang).

c. Kesalahan yang bersumber dari alam

1) Kesalahan karena melengkungnya sinar (refraksi)

Sinar cahaya yang datang dari rambu ke alat penyipat datar karena melalui lapisan-lapisan udara yang berbeda baik kepadatan, tekanan, maupun suhunya maka sinar yang datang bukanlah lurus melainkan melengkung. Misalkan pembacaan rambu karena melengkungnya sinar adalah b' dan m' . Pembacaan seharusnya yang mendatar adalah b dan m . Agar mendapatkan harga b dan m yang mendatar maka harus di beri koreksi sebesar bb' dan mm' sehingga beda tinggi :

$$Dt_{ab} = b - a = (b' + b' b) - (m' + m' m) = (b' - m') + (b' b + m' m)$$

Bila $(b' b - mm') = 0$ atau $b' b = m' m$, maka $tab = b' - m'$. $b' b$ akan sama dengan $m' m$ bila jarak dari alat penyipat datar ke rambu belakang sama dengan jarak ke rambu muka ($db = dm$).

Dengan demikian pengaruh refraksi dapat dihilangkan bila jarak belakang sama dengan jarak muka atau jumlah jarak belakang sama dengan jumlah jarak muka.

2) Kesalahan Karena Melengkungnya Bumi

Sesuai dengan prinsip dasar pengukuran beda tinggi, maka beda tinggi antara titik A dan B sama dengan jarak antara bidang nivo melalui titik A dan bidang nivo yang melalui b. Pengaruh kelengkungan bumi pada rambu belakang adalah bb'' sedangkan pada

rambu muka adalah mm". Pengaruh kelengkungan bumi dapat di hilangkan jika $bb'' = mm''$ atau bila jarak ke rambu belakang sama dengan jarak ke rambu muka (jumlah jarak belakang sama dengan jumlah jarak muka).

3) Kesalahan Karena Masuknya Statif Alat Penyipat Datar ke Dalam Tanah

Alat penyipat datar selama pengukuran mungkin saja bergerak ke samping ataupun ke bawah, sehingga gelembung nivo pada alat penyipat datar tidak di tengah lagi, dengan demikian garis bidik tidak mendatar lagi. Meskipun demikian alat penyipat datar dapat saja bergerak ke dalam tanah tetapi gelembung nivo tetap di tengah. Masuknya statip penyipat datar ke dalam tanah akan memberi pengaruh pada hasil pengukuran. Pengaruh masuknya statip penyipat datar ke dalam tanah dapat dihilangkan dengan cara pengukuran sebagai berikut:

- Baca rambu belakang, kemudian rambu muka,
- Alat penyipat datar dipindah, dan
- Baca rambu muka, kemudian rambu belakang.

4) Kesalahan Karena Panasnya Sinar Matahari Dan Getaran Udara.

Alat penyipat datar apabila selalu terkena sinar matahari maka akan menimbulkan perubahan pada gelembung nivo sehingga akan mengakibatkan kesalahan pada hasil pengukuran. Untuk menghindari hal tersebut pada waktu pengukuran alat penyipat datar harus dilindungi dengan payung. Pengaruh getaran udara ini dapat di hindari dengan

melakukan pengukuran pada waktu lapisan udara tenang yaitu waktu pagi dan sore.

5) Adanya angin

Hal ini dapat menyebabkan rambu ukur terkena hembusan angin, sehingga tidak dapat berdiri dengan tegak. Angin yang merupakan faktor alam, membuat pita ukur menjadi susah diluruskan, sehingga jarak yang didapatkan menjadi lebih panjang daripada jarak sebenarnya.

2. Ketelitian dari Levelling

Ketelitian dari suatu pengukuran menggunakan waterpass ditentukan oleh suatu bilangan, yang menyatakan kesalahan menengah untuk tiap kilo meter *waterpassing* tunggal. Kesalahan menengah ini dapat dihitung dari:

- a. Selisih antara pengukuran pergi dan pulang per seksi
- b. Selisih antara pengukuran pergi dan pulang per trayek
- c. Kesalahan penutup wp-keliling

Kedua cara yang terakhir ini hanya mempunyai arti untuk jaring-jaring besar. Menurut teori ilmu hitung pengamatan kesalahan menengah (k.m) per kilo meter *waterpassing* tunggal diperoleh rumus :

$U = K.m$ per kilometer *waterpassing* tunggal dinyatakan dalam mm.

d = Selisih dalam mm antara pengukuran pergi dan pulang.

n = Jumlah seksi di mana waterpassing tersebut di bagi.

D = Panjang seksi dalam kilometer.

Untuk waterpassing teliti harga m hendaknya di bawah 1 mm, untuk waterpassing lainnya m terletak antara 1 dan 3 mm.

RANGKUMAN

1. Theodolit merupakan instrument/alat yang dirancang untuk pengukuran sudut yaitu sudut mendatar (sudut horizontal) dan sudut tegak (sudut vertikal).
2. Waterpass merupakan alat pengukur beda ketinggian dari satu titik acuan ke acuan berikutnya.
3. Kesalahan pengukuran terdiri atas kesalahan yang bersumber dari pengukur, kesalahan yang bersumber dari alat, dan kesalahan yang bersumber dari alam.

SOAL

1. Jelaskan kesalahan yang bersumber dari pengukur!
2. Jelaskan kesalahan yang bersumber dari alat!
3. Jelaskan kesalahan yang bersumber dari alam!

BAB 4

PENGUKURAN KERANGKA DASAR VERTIKAL

Kerangka dasar vertikal merupakan kumpulan titik - titik yang telah diketahui atau ditentukan posisi vertikalnya berupa ketinggiannya terhadap bidang rujukan ketinggian tertentu. Bidang ketinggian rujukan ini bisa berupa ketinggian muka air laut rata - rata (*mean sea level* - MSL) atau ditentukan lokal. Umumnya titik kerangka dasar vertikal dibuat menyatu pada satu pilar dengan titik kerangka dasar horizontal.

Pengadaan jaring kerangka dasar vertikal dimulai oleh Belanda dengan menetapkan MSL di beberapa tempat dan diteruskan dengan pengukuran sipat datar teliti. Bakosurtanal, mulai akhir tahun 1970-an memulai upaya penyatuan sistem tinggi nasional dengan melakukan pengukuran sipat datar teliti yang melewati titik-titik kerangka dasar yang telah ada maupun pembuatan titik-titik baru pada kerapatan tertentu. Jejaring titik kerangka dasar vertikal ini disebut sebagai Titik Tinggi Geodesi (TTG).

Hingga saat ini, pengukuran beda tinggi sipat datar masih merupakan cara pengukuran beda tinggi yang paling teliti. Sehingga ketelitian kerangka dasar vertikal (K) dinyatakan sebagai batas harga terbesar perbedaan tinggi hasil pengukuran sipat datar pergi dan pulang. Pada **Tabel 2** ditunjukkan contoh ketentuan ketelitian sipat teliti untuk pengadaan kerangka dasar

vertikal. Untuk keperluan pengikatan ketinggian, bila pada suatu wilayah tidak ditemukan TTG, maka bisa menggunakan ketinggian titik triangulasi sebagai ikatan yang mendekati harga ketinggian teliti terhadap MSL (Purworaharjo, Ilmu Ukur Tanah Seri A Pengukuran Tinggi, 1986).

Tabel 2 Tingkat Ketelitian Pengukuran Sipat Datar

Tingkat/Orde	K
I	$\pm 3 \text{ mm}$
II	$\pm 6 \text{ mm}$
III	$\pm 8 \text{ mm}$

Pada hakikatnya, pengukuran tinggi adalah menentukan beda tinggi antara dua titik. Beda tinggi antara dua titik dapat ditentukan dengan (Purworaharjo, 1986)

1. Metode pengukuran penyipat datar, pada prinsipnya adalah mengukur tinggi bidik alat sipat datar optis di lapangan menggunakan rambu ukur.
2. Metode trigonometris, pada prinsipnya adalah mengukur jarak langsung (jarak miring), tinggi alat, tinggi, benang tengah rambu, dan sudut Vertikal (Zenith atau Inklinasi).
3. Metode barometri, pada prinsipnya adalah mengukur beda tekanan atmosfer.

Metode sipat datar merupakan metode yang paling teliti dibandingkan dengan metode trigonometris dan barometris. Hal ini dapat dijelaskan dengan menggunakan teori perambatan kesalahan yang dapat diturunkan melalui persamaan matematis diferensial parsial.

A. Pengukuran Sipat Datar (*Levelling*)

Sipat datar dianalogikan dengan disipat pada arah mendatar, sedangkan sipat tegak berarti disipat pada arah tegak contohnya unting-unting. Adapun jenis sipat datar terdiri atas: *Dumpy level* (menggunakan nivo tabung); *tilting level* (menggunakan nivo tabung dan nivo kotak); dan *automatic level*.

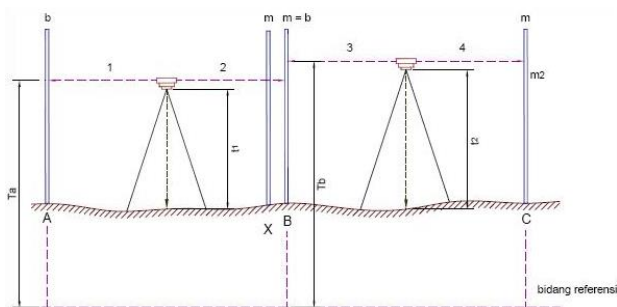
Metode sipat datar optis adalah proses penentuan ketinggian dari sejumlah titik atau pengukuran perbedaan elevasi. Perbedaan yang dimaksud adalah perbedaan tinggi di atas air laut ke suatu titik tertentu sepanjang garis vertikal. Perbedaan tinggi antara titik - titik akan dapat ditentukan dengan garis sumbu pada pesawat yang ditunjukkan pada rambu yang vertikal. Tujuan dari pengukuran penyipat datar adalah mencari beda tinggi antara dua titik yang diukur. Misalnya bumi, bumi mempunyai permukaan ketinggian yang tidak sama atau mempunyai selisih tinggi. Apabila selisih tinggi dari dua buah titik dapat diketahui maka tinggi titik kedua dan seterusnya dapat dihitung setelah titik pertama diketahui tingginya.

Beberapa istilah yang digunakan dalam pengukuran alat sipat datar, diantaranya (Wongsotjitro, 1980):

1. **Station** adalah titik tempat rambu ukur ditekakkan. Tetapi pada pengukuran horizontal, stasion adalah titik tempat berdiri alat.
2. **Tinggi alat** adalah tinggi garis bidik di atas tanah tempat alat sipat datar didirikan.
3. **Tinggi garis bidik** adalah tinggi garis bidik di atas bidang referensi ketinggian (permukaan air laut rata-rata).

4. **Pengukuran ke belakang** adalah pengukuran ke rambu yang ditegakan di stasion yang diketahui ketinggiannya, maksudnya untuk mengetahui tingginya garis bidik. Rambunya disebut rambu belakang.
5. **Pengukuran ke muka** adalah pengukuran ke rambu yang ditegakan di *station* yang diketahui ketinggiannya, maksudnya untuk mengetahui tingginya garis bidik. Rambunya disebut rambu muka.
6. **Titik putar (*turning point*)** adalah stasion dimana pengukuran ke belakang dan kemuka dilakukan pada rambu yang ditegakan di *station* tersebut.
7. **Stasion antara (*intermediate station*)** adalah titik antara dua titik putar, yang hanya dilakukan pengukuran ke muka untuk menentukan ketinggian stasion tersebut.
8. **Seksi** adalah jarak antara dua *station* yang berdekatan, yang sering pula disebut slag.

Istilah - istilah di atas dijelaskan pada gambar berikut.



Gambar 32 Keterangan Pengukuran Sipat Datar

Keterangan:

A, B, dan C = *station*

X = *station* antara

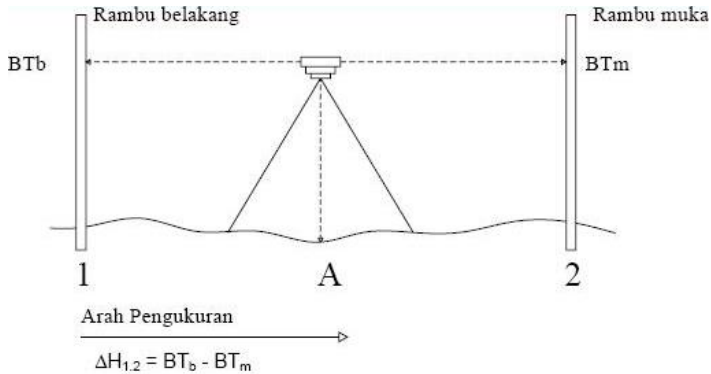
Jarak AB, BC dst masing-masing disebut seksi atau slag.

Ti = tinggi alat

Tgb = tinggi garis bidik

Penjelasan:

1. Dari **Gambar 32**, A, B, dan C adalah stasion dan X adalah stasion antara, andaikan stasion A diketahui tingginya, maka:
2. b = rambu belakang; (1) adalah pengukuran ke belakang
3. m = rambu muka; (2) adalah pengukuran ke muka
4. Ti = tinggi alat; Tgb= tinggi garis bidik.
5. Dari pengukuran 1 dan 2, tinggi stasion B diketahui, selanjutnya alat ukur berpindah diantara B dan C, sehingga B menjadi stasion putar.
6. Jarak AB, BC disebut seksi atau slag.
7. Beda tinggi antara dua titik adalah selisih pengukuran ke belakang dan pengukuran ke muka, oleh karena itu akan diperoleh beda tinggi sesuai dengan ketinggian titik yang diukur.



Gambar 33 Pengukuran Sipat Datar

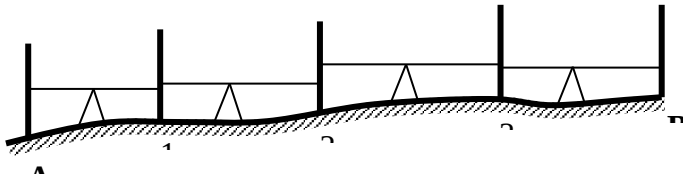
Penjelasan:

1. Pada titik 1 dan 2 diletakkan rambu ukur secara vertikal (titik tinggi disebut sebagai “*Bench Mark*”/BM)
2. Satu alat sipat datar (*waterpass*) dipasang di atas statip dalam keadaan arah bidikan teropong *waterpass* tegak lurus terhadap sumbu I (sumbu vertikal).
3. Δt_{12} adalah notasi yang digunakan untuk menyatakan:
 - Beda tinggi antara titik 1 dan 2
 - Perubahan tinggi dari titik 1 ke titik 2
4. Bila yang akan diukur adalah t_{12} maka:
 - Rambu ukur di titik 1 adalah rambu belakang
 - Rambu ukur di titik 2 adalah rambu muka
5. Bila arah bidikan (garis bidik) ke rambu belakang jatuh pada BT_b (b), dan ke arah rambu muka jatuh pada BT_m (m), maka: $\Delta t_{12} = b - m$

6. Bila Δt_{12} positif, berarti titik 2 berada pada posisi lebih tinggi dibanding titik 1, atau dengan kata lain titik 1 ke titik 2 perubahannya menaik.
7. Bila tinggi 1 adalah T_1 dan tinggi 2 adalah T_2 , maka:

$$T_2 = T_1 + \Delta t_{12} \quad (20)$$

$$\Delta t_{12} = T_2 - T_1 \quad (21)$$

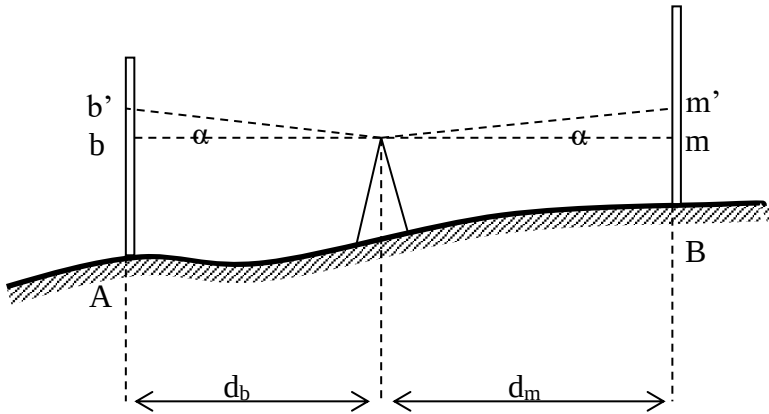


Gambar 34 Contoh Pengukuran Sipat Datar

Bila titik A dan B cukup jauh, sehingga pengukuran beda tinggi dilakukan dengan berdiri alat lebih dari satu kali, maka beda tinggi AB adalah jumlah beda tinggi pada semua slag.

$$\Delta t_{AB} = \Delta t_{A1} + \Delta t_{12} + \Delta t_{23} + \Delta t_{3B} \quad (22)$$

1, 2, dan 3 disebut “titik bantu”. Permasalahan pada pengukuran sipat datar adalah bahwa nilai bacaan benang tengah baik ke belakang maupun bacaan ke muka tidak persis tepat sejajar dengan garis bidik, hal ini disebabkan karena adanya “kesalahan garis bidik”.



Gambar 35 Kesalahan Garis Bidik pada Pengukuran Sipat Datar

$$b = b' - d_b \tan \alpha \quad (23)$$

$$m = m' - d_m \tan \alpha \quad (24)$$

$$\Delta t_{AB} = b - m = (b' - d_b \tan \alpha) - (m' - d_m \tan \alpha) \quad (25)$$

$$\Delta t_{AB} = (b' - m') - (d_b - d_m) \tan \alpha \quad (26)$$

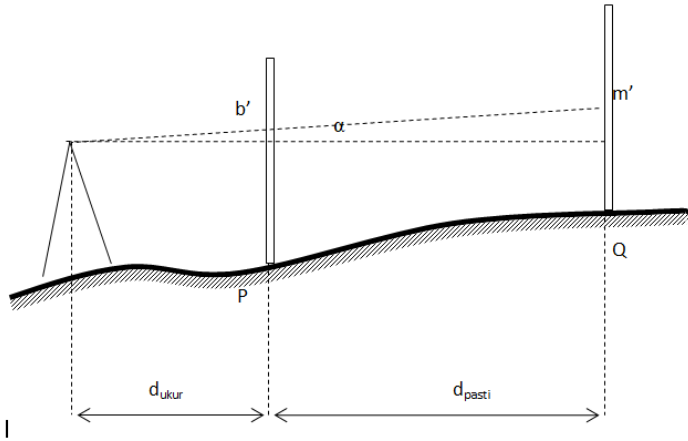
Berikut ini sumber kesalahan yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran beda tinggi:

1. Kesalahan pada alat baik alat waterpass dan atau rambu ukur;
2. Personal (orang), yaitu kesalahan pada pengaturan alat dan saat pengukuran;
3. Alam, misal tanah yang labil.

Agar diperoleh hasil beda tinggi yang sebenarnya dapat dilakukan dengan:

- a. Kalibrasi alat (garis bidik tegak lurus sumbu vertikal);
- b. Meletakkan alat tepat di tengah titik, dan;
- c. Mengkoreksi hasil ukuran.

- Mencari α untuk koreksi alat untuk kalibrasi di Laboratorium Kalibrasi :



Gambar 36 Koreksi Alat di Laboratorium

$$b = b' - d_u \tan \alpha \quad (27)$$

$$(b - m) = (b' - m') - \{d_u - (d_u + d_p)\} \tan \alpha \quad (28)$$

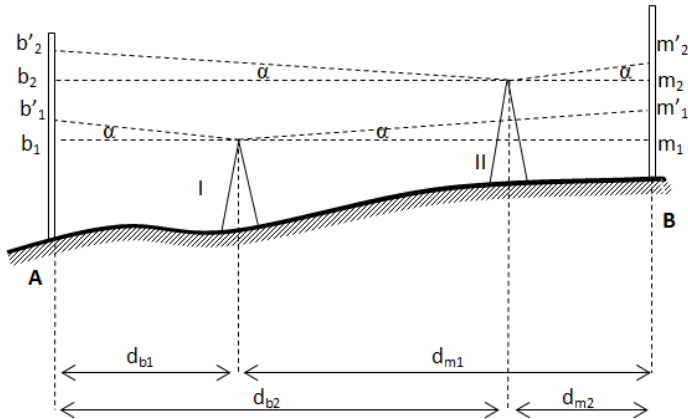
$$m = m' - (d_u + d_p) \tan \alpha \quad (29)$$

$$(b - m) = (b' - m') - d_p \tan \alpha \quad (30)$$

$$\Delta t_{PQ} = (b' - m') - d_p \tan \alpha \quad (31)$$

$$\tan \alpha = \frac{\Delta t_{PQ}' - \Delta t_{PQ}}{d_p} \quad (32)$$

- Cara Kalibrasi di lapangan:



Gambar 37 Koreksi Alat di Lapangan

Posisi I : Hasil ukuran : b_1, m_1, d_{b1}, d_{m1}

Posisi II : Hasil ukuran : b_2, m_2, d_{b2}, d_{m2}

Posisi I :

$$\Delta t_{AB} = (b_1 - m_1) - (db_1 - dm_1) \tan \alpha \quad (33)$$

Posisi II :

$$\Delta t_{AB} = (b_2 - m_2) - (db_2 - dm_2) \tan \alpha \quad (34)$$

Posisi I = Posisi II

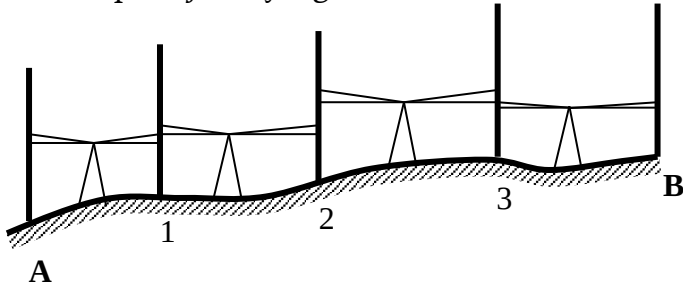
$$\begin{aligned} (b_1' - m_1') - (db_1 - dm_1) \tan \alpha \\ = (b_2' - m_2') - (db_2 - dm_2) \tan \alpha \end{aligned} \quad (35)$$

$$\begin{aligned} (b_1' - m_1') - (b_2' - m_2') \\ = \{(db_1 - dm_1) - (db_2 - dm_2)\} \tan \alpha \end{aligned} \quad (36)$$

$$\begin{aligned} \tan \alpha = \frac{(b_1' - m_1') - (b_2' - m_2')}{\{(db_1 - dm_1) - (db_2 - dm_2)\}} \\ = \dots \text{ mm/m} \end{aligned} \quad (37)$$

Contoh: $\tan \alpha = 0.0005 = 0.5 \text{ mm/m}$
 (tidak bagus)
 $\tan \alpha = 0.00001 = 0.01 \text{ mm/m}$
 (bagus)

Perhitungan di atas dilakukan untuk menghilangkan pengaruh kesalahan garis bidik terhadap alat. Bila beda tinggi diukur menggunakan beberapa slag, alat diletakkan pada jarak yang sama antara 2 rambu.



Gambar 38 Pengukuran Beda Tinggi menggunakan Beberapa Slag

$$\Delta t_{AB} = \Delta t_{A1} + \Delta t_{12} + \Delta t_{23} + \Delta t_{3B} \quad (38)$$

$$\Delta t_{A1} = \Delta t_{A1}^u - (db_1 - dm_1) \tan \alpha \quad (39)$$

$$\Delta t_{12} = \Delta t_{12}^u - (db_2 - dm_2) \tan \alpha \quad (40)$$

$$\Delta t_{23} = \Delta t_{23}^u - (db_3 - dm_3) \tan \alpha \quad (41)$$

$$\Delta t_{3B} = \Delta t_{3B}^u - (db_4 - dm_4) \tan \alpha \quad (42)$$

$$\Delta t_{AB} = \sum \Delta t^u - (\sum db - \sum dm) \tan \alpha \quad (43)$$

Pada kondisi ideal,

$$\sum db = \sum dm \quad (44)$$

$$\sum db - \sum dm = 0 \quad (45)$$

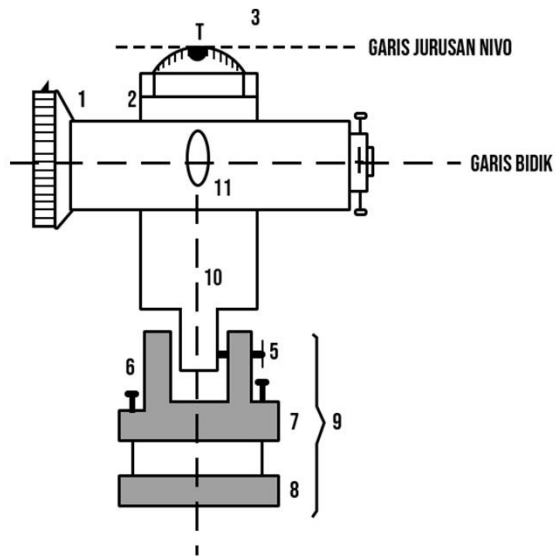
Sehingga,

$$\Delta t_{AB} = \sum \Delta t^u \quad (46)$$

1. Tipe Pengukuran Sipat Datar

a. Tipe Kekar (*Dumpy Level*)

Pada tipe ini sumbu tegak menjadi satu dengan teropong dan mempunyai satu nivo tabung



Gambar 39 *Dumpy Level*

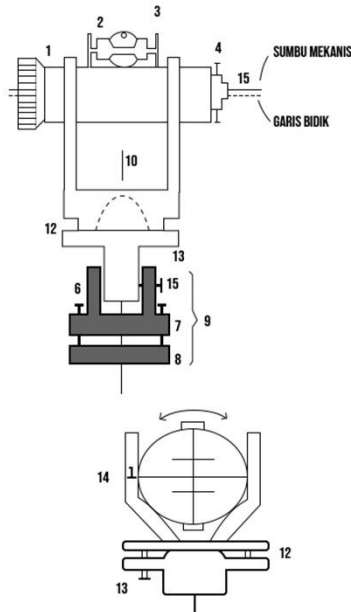
Tipe kekar terdiri atas:

- | | |
|------------------|---------------------|
| 1. Teropong, | 4. Skrup |
| 2. Nivo tabung, | koreksi/pengatur |
| 3. Skrup | diafragma (4 buah), |
| koreksi/pengatur | 5. Skrup pengunci |
| nivo, | gerakan horizontal, |

- | | |
|---|---|
| 6. Skrup kiap (umumnya 3 buah), | 9. Kiap (<i>leveling head</i>), terdiri dari tribrach dan trivet, |
| 7. Tribrach, penyangga sumbu kesatu dan teropong, | 10. Sumbu kesatu (sumbu tegak), dan |
| 8. Trivet, dapat dikuncikan pada statif | 11. Tombol <i>focus</i> |

b. Tipe Reversi (*Reversible Level*)

Kelebihan dari sipat datar ini yaitu pada teropong terdapat nivo reversi dan teropong mempunyai sumbu mekanis. Pada tipe ini teropong dapat diputar sepanjang sumbu mekanis sehingga nivo tabung letak dibawah teropong. Karena nivo tabung mempunyai dua permukaan maka dalam posisi demikian gelembung nivo akan nampak. Disamping itu teropong dapat diungkit sehingga garis bidik bisa mengarah ke atas, ke bawah, maupun mendatar.



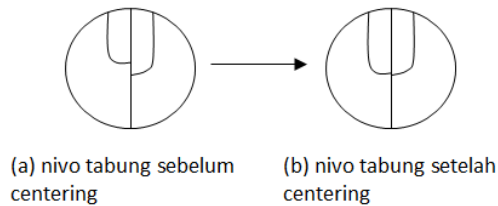
Gambar 40 *Reversible Level*

Tipe Reversi terdiri atas:

- | | |
|--|------------------------------------|
| 1. Teropong, | 6. Skrup kiap, |
| 2. Nivo reversi
(mempunyai dua
permukaan), | 7. Tribach, |
| 3. Skrup
koreksi/pengatur
nivo | 8. Trivet, |
| 4. Skrup
koreksi/pengatur
diafragma, | 9. Kiap, |
| 5. Skrup pengunci
gerakan horizontal, | 10. Sumbu kesatu
(sumbu tegak), |
| | 11. Tombol fokus, |
| | 12. Pegas, |
| | 13. Skrup pengungkit
teropong, |
| | 14. Skrup pemutar, dan |
| | 15. Sumbu mekanis. |

c. Tipe Jungkit (*Tilting Level*)

Tipe ini posisi sumbu tegak dan teropong dihubungkan dengan engsel dan sekrup pengungkit. Pengungkit untuk mendatarkan teropong. Nivo tabung terdapat dalam teropong. Alat ini adalah tipe waterpass yang paling teliti.



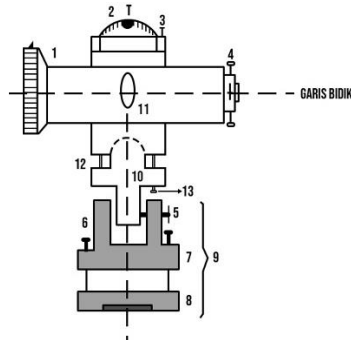
Gambar 41 Kondisi Nivo Tabung

Perbedaan *tilting level* dan *dumpy level* adalah teleskopnya tidak dapat dipaksa bergerak sejajar dengan plat paralel di atas. Penyetelan pesawat unkit ini lebih mudah dibandingkan dengan *dumpy level*. Kelebihan dari pesawat tilting level yaitu teropongnya dapat diungkit naik turun terhadap sendinya, dan mempunyai dua nivo yaitu nivo kotak dan nivo tabung.

Dalam *tilting level* terdapat sekrup pengungkit teropong dan hanya terdiri dari tiga bagian saja. Bagian dari alat ini, diantaranya:

- Dudukan alat, pada bagian alat ini dapat berputar terhadap sumbu vertikal alat, yaitu dengan tersedianya bola dan soket diantara landasan statif dan *tribach* tersebut.

- Teropong yang terdapat pada alat ukur ini sama dengan pada alat ukur *dumpy level* ataupun teropong pada umumnya.
- Nivo, demikian pula nivo yang terletak di atas teropong tersebut mempunyai fungsi yang sama dengan yang terdapat pada alat-alat lainnya.



Gambar 42 Bagian dari Alat *Tilting Level*

Tilting Level terdiri atas:

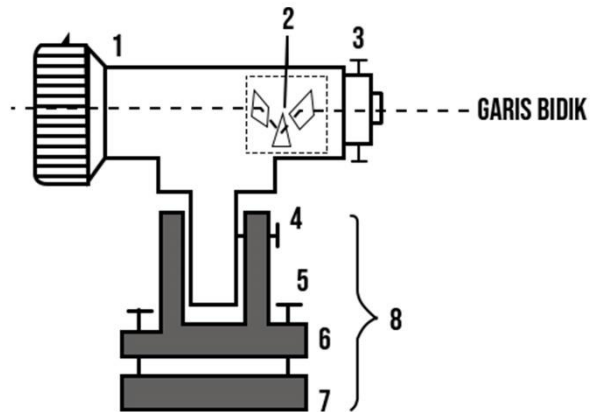
- | | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Teropong, | 9. Kiap (<i>leveling head</i>), |
| 2. Nivo tabung, | 10. Sumbu kesatu (sumbu tegak), |
| 3. Skrup koreksi/pengatur nivo, | 11. Tombol fokus, |
| 4. Skrup koreksi/pengatur diagram, | 12. Pegas, |
| 5. Skrup pengunci gerakan horizontal, | 13. Skrup pengungkit teropong |
| 6. Skrup kiap, | |
| 7. Tribrach, | |
| 8. Trivet, | |

d. Tipe Otomatis (*Automatic Level*)

Tipe ini hampir sama dengan tipe kekar (*dumpy level*), hanya di dalam teropongnya terdapat kompensator untuk membuat garis bidik mendatar. Pada alat ini yang otomatis adalah sistem pengaturan garis bidik yang tidak lagi bergantung pada nivo yang terletak di atas teropong. Alat ini hanya mendatarkan bidang nivo kotak melalui tiga sekrup penyetel dan secara otomatis sebuah bandul menggantikan fungsi nivo tabung dalam mendatarkan garis nivo ke target yang dikehendaki. Bagian - bagian dari alat sipat datar otomatis diantaranya:

- Kip bagian bawah (sebagai landasan pesawat yang menumpu pada kepala statif),
- Sekrup penyetel kedataran (untuk menyetel nivo),
- Teropong, nivo kotak (sebagai pedoman penyetelan rambu kesatu yang tegak lurus nivo),
- Lingkaran mendatar (skala sudut), dan
- Tombol pengatur fokus (menyetel ketajaman gambar objek).

Keistimewaan utama dari penyipat datar otomatis adalah garis bidiknya yang melalui perpotongan benang silang tengah selalu horizontal meskipun sumbu optik alat tersebut tidak horizontal.



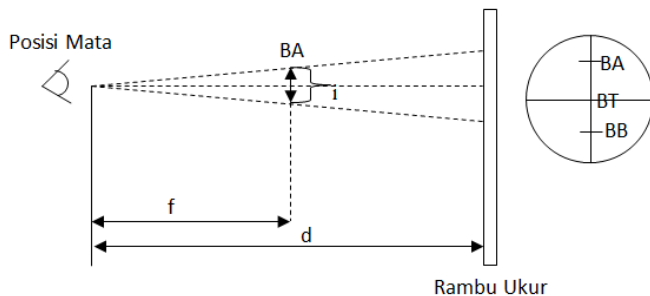
Gambar 43 Bagian dari Alat *Automatic Level*

Keterangan :

1. Teropong,
2. Kompensator,
3. Skrup koreksi/ pengatur diafragma,
4. Skrup pengunci gerakan horizontal,
5. Skrup kiap,
6. Tribrach,
7. Trivet,
8. Kiap (*leveling head/base plate*), dan
9. Tombol fokus.

Ketepatan penggunaan dari keempat alat sipat datar di atas yaitu sama-sama digunakan untuk pengukuran kerangka dasar vertikal, kegunaan dari keempat alat di atas yaitu hanya untuk memperoleh informasi beda tinggi yang relatif akurat pada pengukuran di suatu lapangan.

Dalam pengukuran kerangka dasar vertikal, secara umum garis bidik sama dengan lintasan sinar datar dari pusat lensa objektif ke pusat lintasan lensa objektif.



Gambar 23. Garis Bidik dan Lintasan Sinar Datar

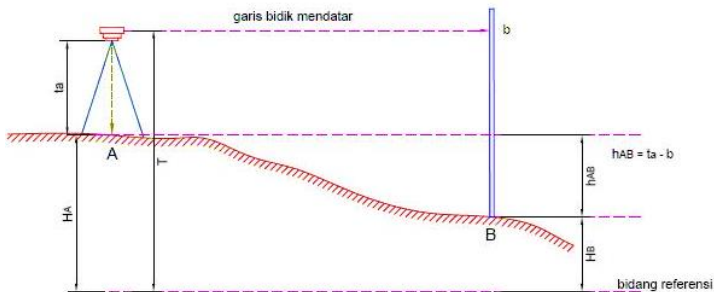
Keterangan :

- f** = panjang/jarak fokus
- i** = Jarak antara benang atas (BA) dan benang bawah (BB)
- I** = *Stadia intercept* / stadia interval : jarak antara bacaan pada rambu yang berimpit dengan benang atas dan yang berimpit dengan benang bawah
- d** = Jarak dari alat ukur ke rambu diatur sedemikian rupa sehingga $1 : f = 1 : 100$ benang diafragma dibuat simetris untuk kontrol bacaan rambu

2. Metode Pengukuran Beda Tinggi

a. Metode Tinggi Garis Bidik

Alat sipat datar ditempatkan di stasion yang diketahui ketinggiannya. Selanjutnya dengan mengukur tinggi alat, maka tinggi garis bidik dapat dihitung. Apabila pembacaan rambu di stasion lain diketahui, maka tinggi stasion ini dapat pula dihitung.



Gambar 44 Metode Tinggi Garis Bidik

Keterangan :

t_a = tinggi alat di A

T = tinggi garis bidik

H_A = tinggi stasion A

b = bacaan rambu di B

HB = tinggi stasion B

h_{AB} = beda tinggi dari A ke B = $t_a - b$

Untuk menghitung tinggi stasion B digunakan rumus sebagai berikut:

$$HB = T - b \quad (47)$$

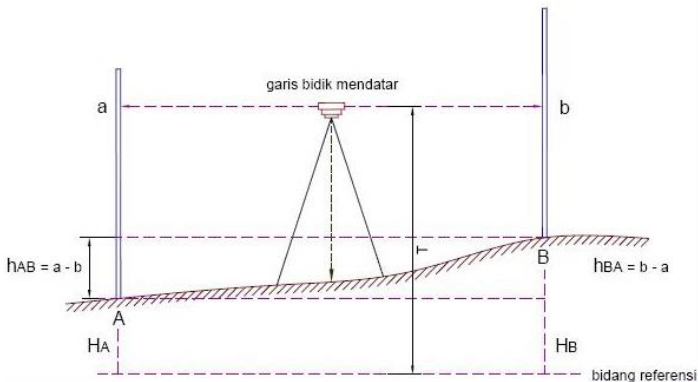
$$HB = HA + t_a - b \quad (48)$$

$$HB = HA + h_{AB} \quad (49)$$

Catatan:

- t_a dapat dianggap hasil pengukuran ke belakang, karena stasion A diketahui tingginya. Dengan demikian beda tinggi dari A ke B yaitu $h_{AB} = t_a - b$. Hasil ini menunjukkan bahwa h_{AB} adalah negatif (karena $t_a < b$) sesuai dengan keadaan bahwa stasion B lebih rendah dari stasion A.
- Beda tinggi dari B ke A yaitu $h_{BA} = b - t$. Hasilnya adalah positif. Jadi apabila HB dihitung dengan rumus $H_B = H_A + h_{AB}$ Hasilnya tidak sesuai dengan keadaan dimana B harus lebih rendah dari A.
- Dari catatan poin 1 dan 2 dapat disimpulkan bahwa $h_{BA} = -h_{AB}$ Agar diperoleh hasil sesuai dengan keadaan yang sebenarnya.

b. Alat sipat datar ditempatkan di antara dua stasion (tidak perlu segaris)



Gambar 45 Alat Sipat Datar Ditempatkan di antara Dua Stasion

$$h_{AB} = a - b$$

(50)

$$h_{AB} = b - a \quad (51)$$

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

$$\begin{aligned} H_B &= H_A + h_{AB} = H_A + a - b \\ &= T - b \end{aligned} \quad (52)$$

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

$$\begin{aligned} H_A &= H_B + h_{BA} = H_B + b - a \\ &= T - a'' \end{aligned} \quad (53)$$

c. Alat sipat datar tidak ditempatkan diantara atau pada stasion

$$h_{AB} = a - b \quad (54)$$

$$h_{BA} = b - a \quad (55)$$

Bila tinggi stasion C diketahui H_C , maka:

$$H_B = H_C + t_c - b = T - b \quad (56)$$

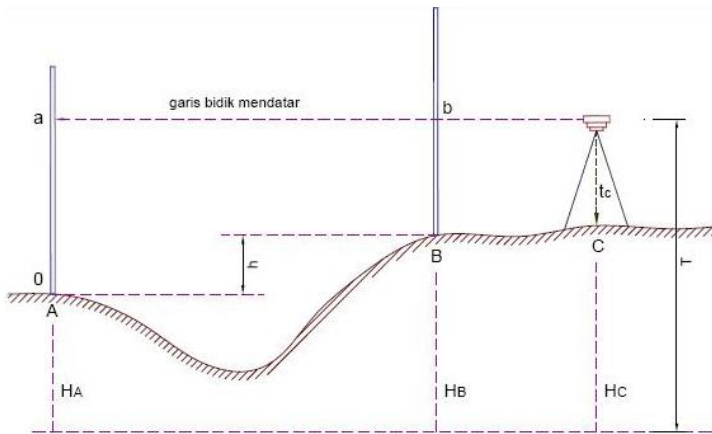
$$H_A = H_C + t_c - a = T - a \quad (57)$$

Bila tinggi stasion A diketahui, maka:

$$H_B = H_A + h_{AB} = H_A + a - b \quad (58)$$

Bila tinggi stasion B diketahui, maka:

$$H_A = H_B + h_{AB} = H_B + b - a \quad (59)$$



Gambar 46 Alat Sipat Datar tidak Ditempatkan Diantara atau pada Stasion

Dari ketiga cara di atas, cara yang paling teliti adalah cara kedua, karena pembacaan a dan b dapat diusahakan sama teliti yaitu menempatkan alat sipat datar tepat di tengah - tengah antara stasion A dan B (jarak pandang ke A sama dengan jarak pandang ke B).

Pada cara pertama pengukuran t_a kurang teliti dibandingkan dengan pengukuran b , dan pada cara ketiga pembacaan a kurang teliti dibandingkan dengan pembacaan b . Selain itu, dengan cara kedua hasil pengukuran akan bebas dari pengaruh kesalahankesalahan garis bidik, refraksi udara serta kelengkungan bumi.

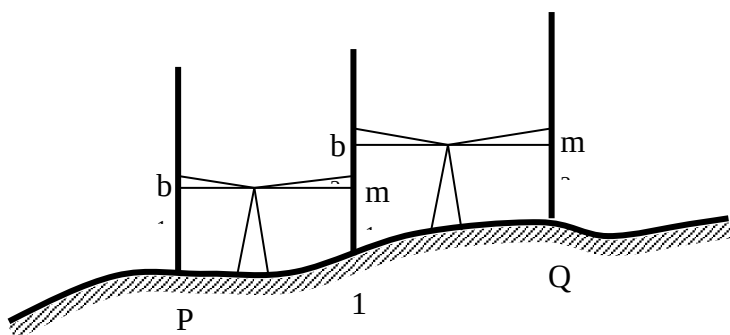
3. Kesalahan-Kesalahan dalam Pengukuran Sipat Datar

a. Pada Pengukur

- Kesalahan Paralaks
 - Lensa objek tidak terfokus pada sasaran.
 - Mata pengukur tidak terfokus kepada bidang dimana terletak benang diafragma.
 - Akibatnya terjadi pergerakan relatif antara bayangan benang diafragma dengan bayangan rambu, jika digerakkan ke atas/ke bawah.
- Kesalahan set nivo tidak ditengah pada saat pembidikan ke rambu
 - Kesalahan ini mempengaruhi perhitungan jarak (kesalahan ini fungsi dari jarak).
 - Solusinya adalah memeriksa kedudukan nivo sebelum melakukan pembidikan.
- Kesalahan membaca/mencatat
 - Untuk mengantisipasi kesalahan ini hendaknya selalu memeriksa kembali bacaan sebelum dicatat.
 - Pencatat hendaknya menyebutkan kembali bacaan yang sudah dicatat.
- Posisi rambu pada saat pembacaan tidak tegak lurus
 - Langkah antisipasinya adalah dengan menggunakan nivo saat menegakkan rambu ukur.
 - Dikontrol oleh juru ukur.

b. Pada Peralatan

- Garis bidik tidak sejajar dengan garis jurusan nivo
 - Kesalahan ini termasuk kesalahan sistematis.
 - Proporsional terhadap jarak.
 - Solusinya adalah dengan pengkalibrasi alat; pengecekan jarak ke belakang dan ke muka harus sama, pemberian koreksi pada hasil ukuran.
- Panjang Rambu tidak standar
 - Kesalahan sistematis.
 - Kesalahan pabrikasi.
 - Rambu bisa berubah disebabkan perubahan temperatur.
 - Kesalahan pada rambu biasanya realtif kecil.
 - Solusi yang bisa diambil adalah dengan menggunakan rambu ukur standar dan memberikan koreksi pada hasil pengukuran.
- Kesalahan skala nol pada rambu ukur
 - Skala nol bisa terjadi karena bagian bawah rambu terkikis
 - Kesalahan ini bisa dikurangi dengan menggunakan sistem lompat saat perpindahan rambu
 - Banyaknya slag yang dilakukan genap



Gambar 47 Slag dalam Pengukuran Sipat Datar

- Untuk menghilangkan pengaruh kesalahan garis bidik, dilakukan melalui rumus berikut:

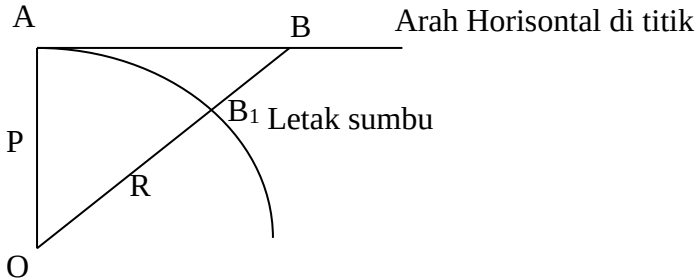
$$\begin{aligned}\Delta t_{P1} &= (b_1 - a) - (m_1 - b) \\ &= (b_1 - m_1) - (a - b)\end{aligned}\quad (60)$$

$$\begin{aligned}\Delta t_{1Q} &= (b_2 - b) - (m_2 - a) \\ &= (b_2 - m_2) - (b - a)\end{aligned}\quad (61)$$

$$\Delta t_{PQ} = \Delta t_{P1} + \Delta t_{1Q}\quad (62)$$

c. Kesalahan akibat dari keadaan alam

- Faktor kelengkungan bumi



Gambar 48 Kelengkungan Bumi

Kelengkungan bumi ini mengakibatkan timbulnya kesalahan sebesar BB_1 , dalam hal ini :

$$(R + BB_1)^2 = R^2 + D^2 \quad (63)$$

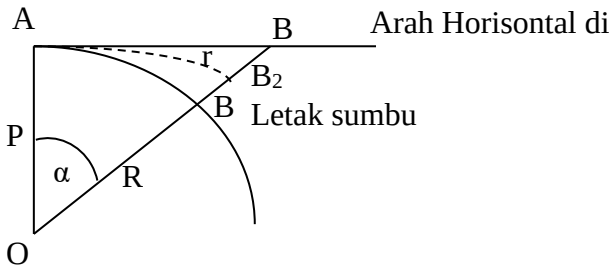
$$R^2 + 2RBB_1 + BB_1^2 = R^2 + D^2 \quad (64)$$

BB_1 diabaikan ≈ 0 sehingga: $2RBB_1 \approx D^2$

$$2RBB_1 \approx D^2$$

$BB_1 \approx \frac{D^2}{2R}$ dengan R adalah jari-jari bumi sebesar 6370 km.

- Refraksi



Gambar 49 Refraksi

AB_2 adalah lintasan sinar yang tampak (kenyataan yang ada)

Sudut $r = k \times$ sudut α

$\ell = BB_2$

Karena α kecil, maka $\tan \alpha = \alpha$ rad

Sehingga sudut $r = k \times \tan \alpha = k \times \frac{D}{R}$ (sudut dalam satuan radian)

k = fungsi dari temperatur, tekanan udara,

kelembapan, biasanya digunakan nilai $k = 0,14$

Bila pengaruh kelengkungan bumi dan refraksi digabungkan, maka:

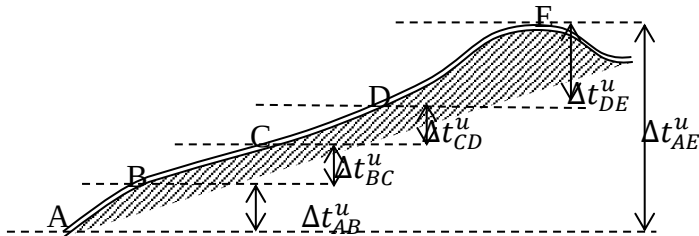
$$\frac{D^2}{2R} = \frac{k \cdot D^2}{R} = \frac{D^2(1 - 2k)}{2R} \quad (65)$$

Temperatur sangat mempengaruhi hasil pengukuran, oleh karena itu perlu diperhatikan waktu pengukuran, serta menggunakan payung saat pengukuran.

- Kondisi tanah yang lembek

Hasil pengukuran akan memberikan bacaan yang besar, karena mengalami penurunan posisi, untuk itu perlu menempatkan rambu ukur dan alat pada landasan yang stabil serta melakukan double stand (2 kali berdiri alat) dengan urutan pembacaan: belakang-muka-muka-belakang

4. Salah Penutup Beda Tinggi



Gambar 50 Beda Tinggi

Dicari beda tinggi A ke E, dengan:

$$\Delta t_{AE}^u = \Delta t_{AB}^u + \Delta t_{BC}^u + \Delta t_{CD}^u + \Delta t_{DE}^u \quad (66)$$

Bila diketahui T_A (tinggi titik A), maka :

$$T_E = T_A + \Delta t_{AE}^u \quad (67)$$

Bila diketahui T_A dan T_E , maka $\Delta t_{AB} = T_E - T_A$, dalam hal ini $\Delta t_{AE}^u \neq \Delta t_{AB}$

Nilai $\Delta t_{AE}^u - \Delta t_{AB}$ adalah sebagai **penutup sudut beda tinggi**

Δt^u dalam rumus diatas adalah nilai yang telah diberi koreksi sebagai akibat dari kesalahan garis bidik dan kelengkungan bumi serta refraksi.

Bila pengukuran berbentuk loop maka $\sum \Delta t^u = 0$, dengan $\Delta t^u \neq 0$

$\sum \Delta t^u$, dalam hal ini adalah Salah Penutup Beda Tinggi

$$\sum \text{koreksi } \Delta t^u = (T \text{ akhir} - T \text{ awal}) - \sum \Delta t^u$$

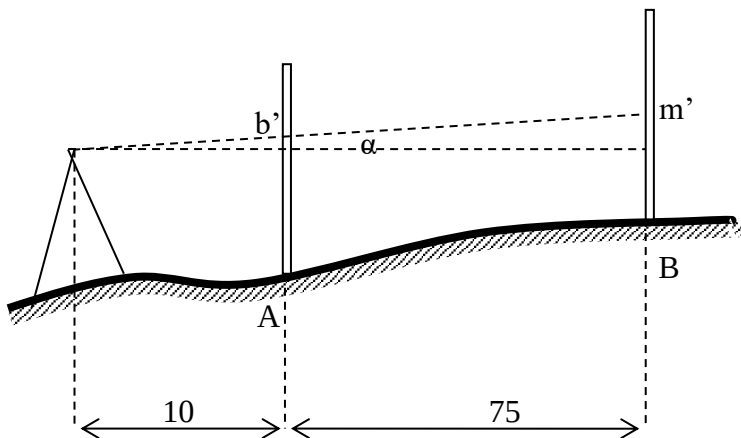
$$\text{Salah Penutup } \Delta t = \sum \Delta t^u - (T \text{ akhir} - T \text{ awal})$$

Contoh soal (1):

Diketahui $\Delta t = 0.2$, titik AB terletak pada satu garis lurus. Hasil bacaan BT 1.554 dan 1.324

Ditanya: Hitung bacaan belakang dan muka setelah dikoreksi kesalahan garis bidik!

Jawab:



Gambar 51 Contoh Kasus Beda Tinggi (1)

$$b = b' - d_u \tan \alpha \quad (68)$$

$$m = m' - (d_u + d_p)\tan\alpha \quad (69)$$

$$(b - m) = (b' - m') - \{d_u - (d_u + d_p)\}\tan\alpha \quad (70)$$

$$(b - m) = (b' - m') - d_p\tan\alpha \quad (71)$$

$$\Delta t_{AB} = (b' - m') - d_p\tan\alpha \quad (72)$$

$$\tan\alpha = \frac{\Delta t_{AB}' - \Delta t_{AB}}{d_p} \quad (73)$$

$$\tan\alpha = \frac{0.23 - 0.2}{75} = 0.0004 = 0.4 \text{ mm/m}$$

Koreksi:

$$b = b' - d_u\tan\alpha \quad (74)$$

$$b = 1.324 - (10)0.4 = 1.320$$

$$m = m' - (d_u + d_p)\tan\alpha \quad (75)$$

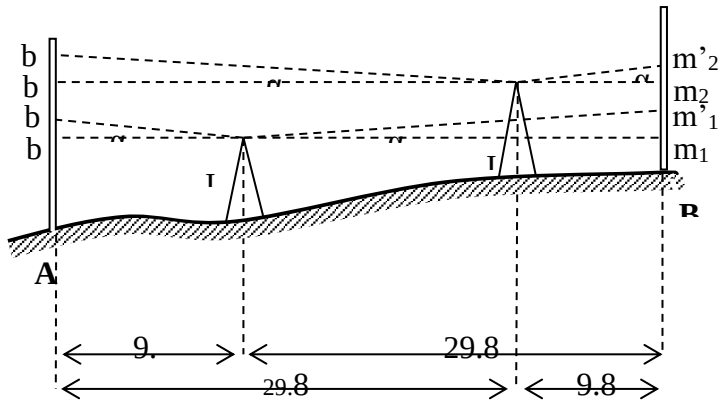
$$m = 1.554 - (10 + 75)0.4 = 1.520$$

Contoh Soal (2):

Diketahui hasil pengukuran sebagai berikut:

Posisi Alat	Bacaan Benang	Rambu di A	Rambu di B
1	BA	1.344	1.247
	BT	1.295	1.099
	BB	1.246	0.949
2	BA	1.607	1.330
	BT	1.457	1.281
	BB	1.309	1.232

Hitung Δt_{AB} setelah dikoreksi?



Gambar 52 Contoh Kasus Beda Tinggi (2)

Koreksi garis bidik:

$$\tan \alpha = \frac{(b_1' - m_1') - (b_2' - m_2')}{\{(db_1 - dm_1) - (db_2 - dm_2)\}} \quad (76)$$

$= \text{mm/m}$

$$\tan \alpha = \frac{(0.196 - 0.176) - (b_2' - m_2')}{\{(9.8 - 29.8) - (29.8 - 9.8)\}} = -0.0005$$

$= -0.5 \text{ mm/m}$

Koreksi benang tengah:

Posisi I : $BT_b = 1.295 + (9.8 \times (-0.0005)) = 1.2999$

$BT_m = 1.099 + (29.8 \times (-0.0005)) = 1.1139$

Posisi II: $BT_b = 1.457 + (29.8 \times (-0.0005)) = 1.4719$

$BT_m = 1.281 + (9.8 \times (-0.0005)) = 1.2859$

$$\Delta t = \frac{\Delta t_I - \Delta t_{II}}{2} = \frac{0.186 + 0.186}{2} = 0.186$$

5. Tingkat Ketelitian Pengukuran Sipat Datar

Deskripsi	Orde 1		Orde 2		Orde 3
	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 1	Kelas 2	
Kegunaan	- Kerangka Dasar Nasional		- Jaring Kontrol	- Pemetaan topografi	Pemetaan topografi secara lokal
	- Penelitian pergerakan kulit bumi regional		- Kontrol untuk orde yang lebih rendah	- Kontrol terhadap survei lokal	
	- Penentuan bilangan geopotensial		- Penelitian pergerakan kulit bumi dan lempeng bumi (lokal)		
Pengukuran yang direkomendasikan :					
1. Jaring nasional	100-300 km	50-100 km	20-50 km (jaring sekunder)	10-25 km	Sesuai keperluan

2. Jaring kota	2-8 km	2-8 km	0.5-1 km	Sesuai keperluan	Sesuai keperluan
3. Lainnya	Sesuai keperluan		Sesuai keperluan		Sesuai keperluan
Prosedur pengukuran	Setiap seksi diukur pulang - pergi		Setiap seksi diukur pulang -pergi	Setiap seksi diukur pergi saja atau pp	Setiap seksi diukur pergi saja atau pp
Panjang seksi	1-2 km	1-2 km	1-2 km	1-3 km (PP)	1-3 km (PP)
Jarak maksimal alat ke rambu	50 m	60 m	60 m	70 m	90 m
(db - dm) Maksimal					
- per slag	2 m	5 m	5 m	10 m	10 m
- per seksi	4 m	10 m	10 m	10 m	10 m
Kesalahan Penutup					
- Seksi (PP)	$3\sqrt{D_{km}}$ mm	$4\sqrt{D_{km}}$ mm	$6\sqrt{D_{km}}$ mm	$8\sqrt{D_{km}}$ mm	$12\sqrt{D_{km}}$ mm
- Jalur (<i>loop</i>)	$4\sqrt{D_{km}}$ mm	$5\sqrt{D_{km}}$ mm	$6\sqrt{D_{km}}$ mm	$8\sqrt{D_{km}}$ mm	$12\sqrt{D_{km}}$ mm

Kesalahan Penutup di Indonesia			
Seksi dan jalur	$2\sqrt{D_{km}}$ s/d $4\sqrt{D_{km}}$ mm	$7\sqrt{D_{km}}$ mm	$10\sqrt{D_{km}}$ mm

6. Contoh Formulir Pengukuran Sipat Datar

FORMULIR PENGUKURAN SIPAT DATAR

Laboratorium Survei Pemetaan dan Informasi Geografis		No. Lembar	 dari
Lokasi		Cuaca	
Diukur Oleh		Tanggal	
		Alat Ukur	

Stand	Bacaan Benag				Jarak			Beda Tinggi		Tinggi Titik	Ket
	Belakang		Muka								
	Tengah	Atas Bawah	Tengah	Atas Bawah	Belakang	Muka	Total	+	-		

RANGKUMAN

1. Kerangka dasar vertikal merupakan kumpulan titik - titik yang telah diketahui atau ditentukan posisi vertikalnya berupa ketinggiannya terhadap bidang rujukan ketinggian tertentu.
2. Bidang ketinggian rujukan ini bisa berupa ketinggian muka air laut rata - rata (*mean sea level* - MSL) atau ditentukan lokal. Umumnya titik kerangka dasar vertikal dibuat menyatu pada satu pilar dengan titik kerangka dasar horizontal.
3. Beda tinggi antara 2 titik dapat ditentukan dengan beberapa metode berikut:
 - a. Metode pengukuran penyipat datar, pada prinsipnya adalah mengukur tinggi bidik alat sipat datar optis di lapangan menggunakan rambu ukur.
 - b. Metode trigonometris, pada prinsipnya adalah mengukur jarak langsung (jarak miring), tinggi alat, tinggi, benang tengah rambu, dan sudut Vertikal (Zenith atau Inklinasi).
 - c. Metode barometri, pada prinsipnya adalah mengukur beda tekanan atmosfer.

SOAL

Diketahui hasil pengukuran sebagai berikut:

Posisi Alat	Bacaan Benang	Rambu di P	Rambu di Q
1	BA	1.607	1.330
	BT	1.457	1.281
	BB	1.309	1.232
2	BA	1.344	1.247
	BT	1.295	1.099
	BB	1.246	0.949

Hitung Δt_{PQ} setelah dikoreksi?

BAB 5

PENGUKURAN KERANGKA DASAR HORIZONTAL

Permukaan bumi yang mempunyai relief pada suatu peta akan terlihat mendatar, untuk mendapatkan hubungan mendatar titik-titik di permukaan bumi harus dilakukan pengukuran mendatar yaitu Pengukuran Kerangka Dasar Horizontal. Kerangka dasar horizontal adalah sejumlah titik yang telah diketahui koordinatnya dalam suatu sistem koordinat tertentu. Sistem koordinat disini adalah sistem koordinat kartesian dengan bidang datarnya merupakan sebagian kecil dari permukaan ellipsoida bumi.

Metode penentuan posisi horizontal terdiri dari atas penentuan titik tunggal dan penentuan banyak titik. Cara menentukan koordinat tunggal/satu titik yaitu suatu pengukuran untuk suatu wilayah yang sempit, cara ini terbagi menjadi dua metode, yaitu (Purworaharjo, 1986):

1. Dengan cara mengikat ke muka pada titik tertentu dan yang diukur adalah *sudut-sudut yang ada di titik pengikat*. Pengikatan ke muka dilakukan dengan cara Theodolite berdiri di atas titik/patok yang telah diketahui koordinatnya dan rambu ukur diletakkan di atas titik yang ingin diketahui koordinatnya.

2. Dengan cara mengikat ke belakang pada titik tertentu dan yang diukur adalah sudut-sudut yang berada di titik yang akan ditentukan koordinatnya. Pengikatan ke belakang dilakukan dengan Theodolite berdiri di titik yang belum diketahui koordinatnya, target/rambu ukur didirikan di atas patok yang telah diketahui koordinatnya.

Pada cara mengikat ke belakang ada dua metode hitungan yaitu cara (Wongsotjitro, 1980):

- a. Collins, merupakan metode yang menggunakan satu lingkaran sebagai bentuk geometrik pembantu.
- b. Cassini, merupakan metode yang menggunakan dua lingkaran sebagai bentuk geometrik pembantu.

Koordinat suatu titik dapat ditentukan dengan cara berikut ini:

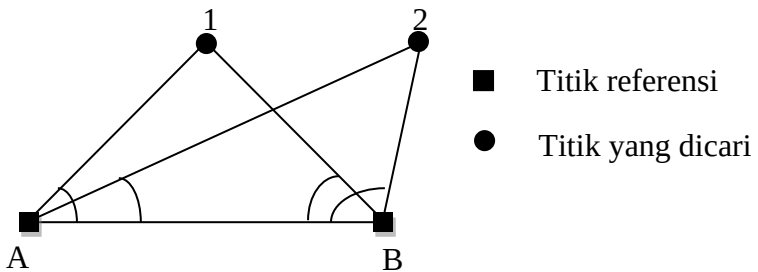
- Poligon
Cara ini dilakukan jika titik-titik kerangka berbentuk memanjang/menutup sehingga membentuk segi banyak (poligon)
- Triangulasi
Metode triangulasi dilakukan menggunakan cara segitiga dengan sudut yang diukur adalah sudut dalam segitiga. Metode ini dilakukan jika daerah pengukuran mempunyai ukuran panjang dan lebar yang sama.
- Trilaterasi
Cara ini digunakan apabila daerah yang diukur ukuran salah satunya lebih besar daripada ukuran lainnya, maka dibuat rangkaian segitiga. Pada cara ini sudut yang diukur adalah semua sisi segitiga.
- Kwadrilateral

Cara ini menggunakan bentuk segiempat panjang tak beraturan dan diagonal, yang seluruh sudut dan jaraknya diukur.

A. Penentuan Titik Tunggal

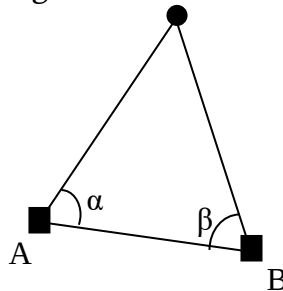
1. Pengikatan Ke Muka

Data ukuran yang dibutuhkan adalah sudut.



Gambar 53 Pengikatan Ke Muka

Perhitungan Pengikatan Ke Muka



Gambar 54 Contoh Pengikatan Ke Muka

Diketahui:

Koordinat titik A (X_A, Y_A) dan B (X_B, Y_B)

Diukur sudut α dan β

Ditanyakan:

Koordinat titik C (X_C, Y_C)

Jawab:

Koordinat titik C dapat ditentukan dari titik A dan titik B dengan Rumus berikut:

$$X_C = X_A + d_{AC} \sin \alpha_{AC} \quad (77)$$

$$Y_C = Y_A + d_{AC} \cos \alpha_{AC} \quad (78)$$

dan atau

$$X_C = X_B + d_{BC} \sin \alpha_{BC} \quad (79)$$

$$Y_C = Y_B + d_{BC} \cos \alpha_{BC} \quad (80)$$

Langkah Perhitungan:

1. Hitung Jarak antara A dan B

$$d_{AB} = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2} \quad (81)$$

2. Hitung jarak antara C dengan titik A dan B

$$d_{AC} = \frac{\sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)} d_{AB} \quad (82)$$

$$d_{AC} = \frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)} d_{AB} \quad (83)$$

3. Hitung sudut jurusan sisi AB dan BA

$$\alpha_{AB} = \arctan \left(\frac{X_B - X_A}{Y_B - Y_A} \right) \quad (84)$$

$$\alpha_{BA} = \alpha_{AB} + 180^\circ \quad (85)$$

4. Hitung Sudut Jurusan sisi AC dan BC

$$\alpha_{AC} = \alpha_{AB} - \alpha \quad (86)$$

$$\alpha_{BC} = \alpha_{BC} + \beta \quad (87)$$

Rumus ini tergantung pada bentuk geometrinya.

5. Hitung Koordinat titik C dari A dan dari B, hasil hitungan keduanya harus sama

$$X_C = X_A + d_{AC} \sin \alpha_{AC} \quad (88)$$

$$Y_C = Y_A + d_{AC} \cos \alpha_{AC} \quad (89)$$

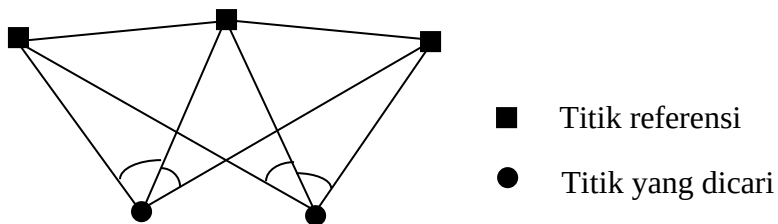
dan atau

$$X_C = X_B + d_{BC} \sin \alpha_{BC} \quad (90)$$

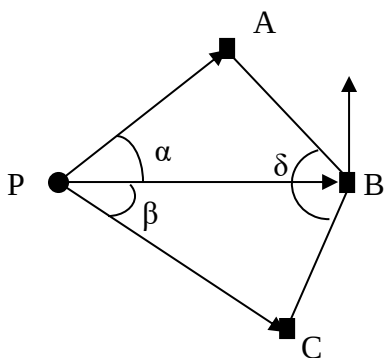
$$Y_C = Y_B + d_{BC} \cos \alpha_{BC} \quad (91)$$

2. Pengikatan Ke Belakang

Data ukuran yang diperlukan adalah sudut di titik yang akan ditentukan posisinya terhadap titik-titik yang sudah diketahui nilainya.



Gambar 55 Pengikatan Ke Belakang
Perhitungan Ikatan Ke Belakang:



Gambar 56 Contoh Pengikatan Ke Belakang

Diketahui:

Koordinat titik A, B dan C

Diukur α dan β

Ditanyakan:

Hitung Koordinat P?

Jawaban:

$$\delta = \alpha_{BA} + \alpha_{BC} \quad (92)$$

$$\frac{BP}{\sin a} = \frac{AB}{\sin \alpha} \quad (93)$$

$$BP = AB \left(\frac{\sin a}{\sin \alpha} \right) \quad (94)$$

$$\frac{BP}{\sin b} = \frac{BC}{\sin \beta} \quad (95)$$

$$BP = BC \left(\frac{\sin b}{\sin \beta} \right) \quad (96)$$

$$\sin a = \left(\frac{BC}{BA} \right) \left(\frac{\sin \alpha}{\beta} \right) \sin b \quad (97)$$

$$\sin a = A \sin b \quad (98)$$

$$a + b = 360^\circ - \alpha - \beta - \delta \text{ atau } a + b = \sigma$$

$$a = \sigma - b$$

$$\begin{aligned} \sin a &= \sin(\sigma - b) \\ &= \sin \sigma \cos b \\ &\quad - \sin b \cos \sigma \end{aligned} \quad (99)$$

$$\sin \sigma \cos b - \sin b \cos \sigma = A \sin b \quad (100)$$

$$\sin \sigma \cos b = A \sin b + \sin b \cos \sigma \quad (101)$$

$$\sin \sigma \cos b = (A + \cos \sigma) \sin b \quad (102)$$

$$\frac{\sin b}{\cos b} = \frac{\sin \sigma}{A + \cos \sigma} \quad (103)$$

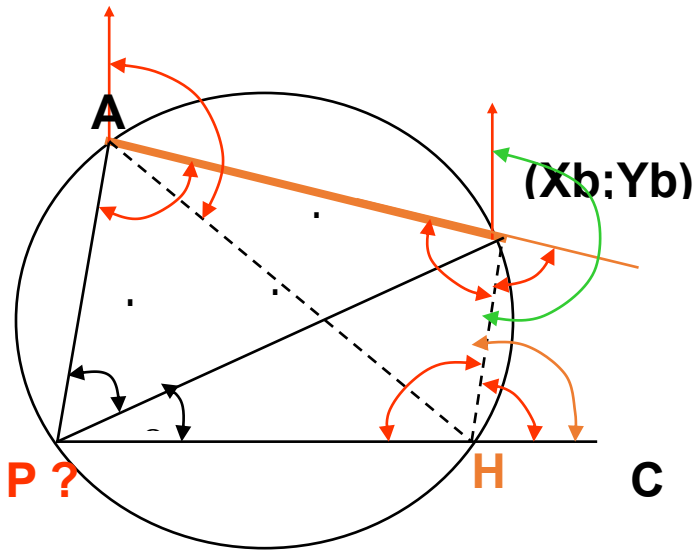
(104)

Sehingga a dapat ditentukan dari persamaan sebagai berikut:

(105)

Selanjutnya sudut a dapat ditentukan dengan rumus sinus dan sudut jurusan.

a. Metode Collins



Gambar 57 Metode Collins

Bila kita akan menentukan suatu koordinat (misalnya titik P), maka titik tersebut harus diikatkan pada titik-titik yang sudah diketahui koordinatnya (misalnya titik A, B, dan C), kemudian kita ukur sudut α dan β .

Langkah perhitungan:

1. **Buatlah sebuah lingkaran** melalui titik ABP, lingkaran ini akan memotong garis PC di titik H (titik ini disebut sebagai titik penolong Collins)
2. **Mencari Sudut Jurusan α_{ab} dan Jarak d_{ab}**

$$\tan \alpha_{ab} = \frac{X_b - X_a}{Y_b - Y_a} \quad (106)$$

$$d_{ab1} = \frac{X_b - X_a}{\sin \alpha_{ab}} \quad (107)$$

$$d_{ab2} = \frac{Y_b - Y_a}{\cos \alpha_{ab}} \quad (108)$$

$$d_{ab} = \frac{d_{ab1} + d_{ab2}}{2} \quad (109)$$

3. **Mencari Koordinat Titik H** (Titik Penolong Collins)
 - **Dari Titik A**
 - Cari $\alpha_{ah} = \alpha_{ab} + \beta$
 - Dengan Rumus Sinus menentukan d_{ah}

$$\frac{d_{ab}}{\sin \alpha_{ab}} = \frac{d_{ab}}{\sin 180 - \alpha - \beta} \quad (110)$$

$$d_{ab} = \frac{d_{ab}}{\sin \alpha_{ab}} \sin 180 - \alpha - \beta \quad (111)$$

$$X_{h_1} = X_a + d_{ab} \sin \alpha_{ab} \quad (112)$$

$$Y_{h_1} = Y_a + d_{ab} \cos \alpha_{ab} \quad (113)$$

• **Dari Titik B**

- Cari $\alpha_{bh} = \alpha_{ab} + (\alpha + \beta)$
- Dengan Rumus Sinus menentukan d_{bh}

$$\frac{d_{ab}}{\sin \beta} = \frac{d_{ab}}{\sin \alpha} \quad (114)$$

$$d_{ab} = \frac{d_{ab}}{\sin \alpha} \sin \beta \quad (115)$$

$$X_{h_2} = X_b + d_{bh} \sin \alpha_{bh} \quad (116)$$

$$Y_{h_2} = Y_b + d_{bh} \cos \alpha_{bh} \quad (117)$$

$$X_h = \frac{X_{h_1} + X_{h_2}}{2} \quad (118)$$

$$Y_h = \frac{Y_{h_1} + Y_{h_2}}{2} \quad (119)$$

4. Mencari α_{hc} dan γ

$$\tan \alpha_{hc} = \frac{X_c - X_h}{Y_c - Y_h} \quad (120)$$

$$\gamma = \alpha_{hc} - \alpha_{hb} \quad (121)$$

$$\gamma = \alpha_{hc} - (\alpha_{bh} - 180) \quad (122)$$

$$\gamma = \alpha_{hc} + 180 - \alpha_{bh} \quad (123)$$

5. Mencari Titik P

- **Dari titik A**

- Cari $\alpha_{ap} = \alpha_{ab} - \gamma$
- Mencari d_{ap}

$$\frac{d_{ab}}{\sin \alpha} = \frac{d_{ap}}{\sin 180 - (\alpha + \gamma)} \quad (124)$$

$$d_{ap} = \frac{d_{ab}}{\sin \alpha} \sin 180 - (\alpha + \gamma) \quad (125)$$

$$X_{p1} = X_a + d_{ap} \sin \alpha_{ap} \quad (126)$$

$$Y_{p1} = Y_a + d_{ap} \cos \alpha_{ap} \quad (127)$$

- **Dari titik B**

- Cari $\alpha_{bp} = \alpha_{ba} - \{180 - (\alpha + \gamma)\}$
- Jadi $\alpha_{bp} = \alpha_{ab} + \alpha + \gamma$
- Mencari d_{ap}

$$\frac{d_{ab}}{\sin \alpha} = \frac{d_{bp}}{\sin \gamma} \quad (128)$$

$$d_{bp} = \frac{d_{ab}}{\sin \alpha} \sin \gamma \quad (129)$$

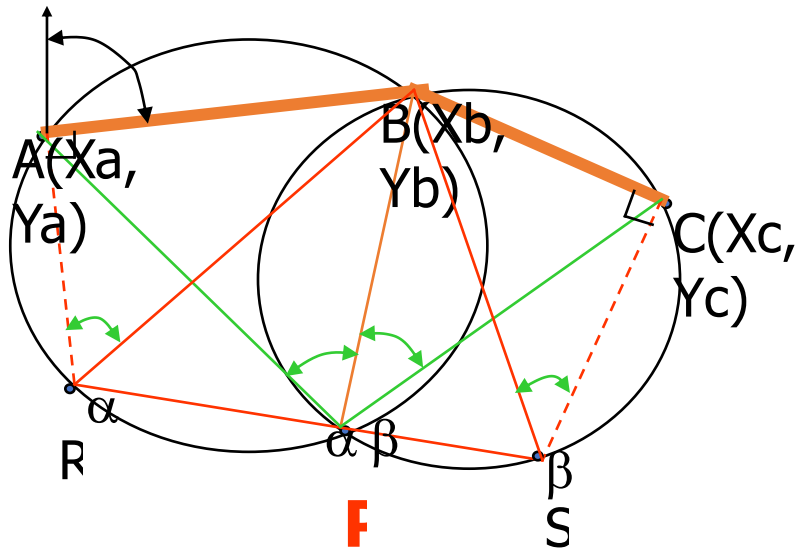
$$X_{p2} = X_b + d_{bp} \cdot \cos \alpha_{bp} \quad (130)$$

$$Y_{p2} = Y_b + d_{bp} \cdot \cos \alpha_{bp} \quad (131)$$

$$X_p = \frac{X_{p1} + X_{p2}}{2} \quad (132)$$

$$Y_p = \frac{Y_{p1} + Y_{p2}}{2} \quad (133)$$

b. Metode Cassini



Gambar 58 Metode Cassini

Langkah perhitungan:

1. Menghitung Titik R

$$X_r = X_a + (Y_b - Y_a) \cot a \quad (134)$$

$$Y_r = Y_a - (X_b - X_a) \cot a \quad (135)$$

2. Menghitung Titik S

$$X_s = X_c + (Y_c - Y_b) \cot b \quad (136)$$

$$Y_s = Y_c - (X_c - X_b) \cot b \quad (137)$$

3. Menghitung Sudut Jurusan α_{rs}

$$\tan \alpha_{rs} = \frac{X_s - X_r}{Y_s - Y_r} \rightarrow \tan \alpha_{rs} = n \quad (138)$$

4. Hitung $N = n + 1/n$

5. Menghitung Koordinat Titik P

Dari Titik R:

$$X_{P1} = \frac{nX_b + \frac{1}{n}X_r + Y_b - Y_r}{N} \quad (139)$$

$$Y_{P1} = \frac{\frac{1}{n}Y_b + nY_r + X_b - X_r}{N} \quad (140)$$

Dari Titik S:

$$X_{P2} = \frac{nX_b + \frac{1}{n}X_s + Y_b - Y_s}{N} \quad (141)$$

$$Y_{P1} = \frac{\frac{1}{n}Y_b + nY_s + X_b - X_s}{N} \quad (142)$$

$$X_p = \frac{X_{p1} + X_{p2}}{2} \quad (143)$$

$$Y_p = \frac{Y_{p1} + Y_{p2}}{2} \quad (144)$$

B. Penentuan Posisi Banyak Titik

Metode poligon adalah salah satu cara penentuan posisi horizontal banyak titik dengan kondisi titik satu dengan lainnya dihubungkan satu sama lain dengan pengukuran sudut dan jarak sehingga membentuk rangkaian titik-titik (poligon). Dapat disimpulkan bahwa poligon adalah serangkaian garis berurutan yang panjang dan arahnya telah ditentukan dari pengukuran di lapangan

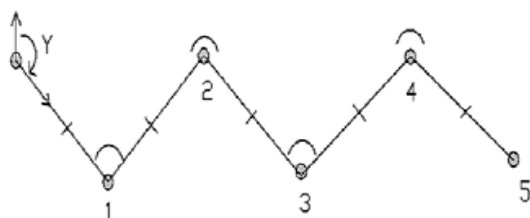
Syarat pengukuran poligon adalah mempunyai koordinat awal dan akhir, mempunyai azimuth awal dan akhir, serta data ukuran jarak mendatar.

1. Poligon

a. Poligon Terbuka

Secara geometris dan matematis poligon terbuka terdiri atas serangkaian garis yang berhubungan tetapi tidak kembali ke titik awal atau terikat pada sebuah titik dengan ketelitian sama atau lebih tinggi ordenya. Titik pertama tidak sama dengan titik

terakhir.

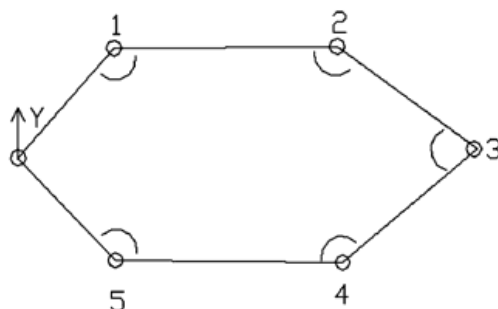


Gambar 59 Poligon Terbuka

b. Poligon tertutup

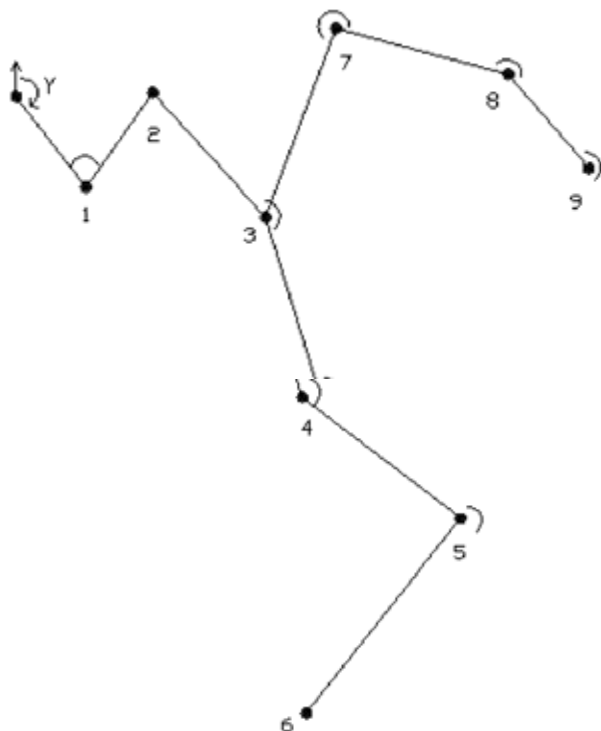
Pada poligon tertutup, garis-garis kembali ke titik awal, jadi membentuk segi banyak. Selain itu, pada poligon tertutup berakhir di stasiun lain yang mempunyai ketelitian letak sama atau lebih besar daripada ketelitian letak titik awal.

Titik sudut yang pertama = titik sudut yang terakhir



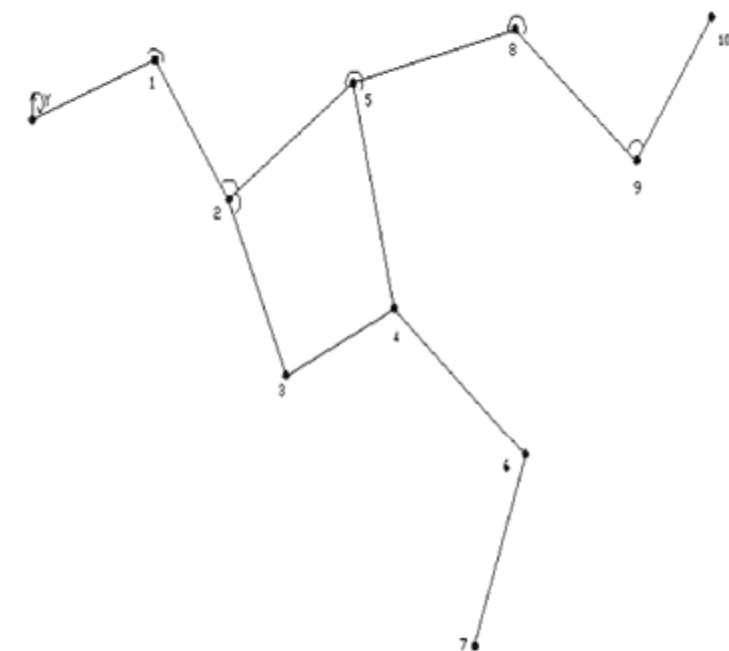
Gambar 60 Poligon Tertutup

c. Poligon Bercabang



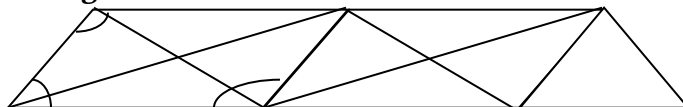
Gambar 61 Poligon Bercabang

d. Poligon Kombinasi



Gambar 62 Poligon Kombinasi

e. Triangulasi

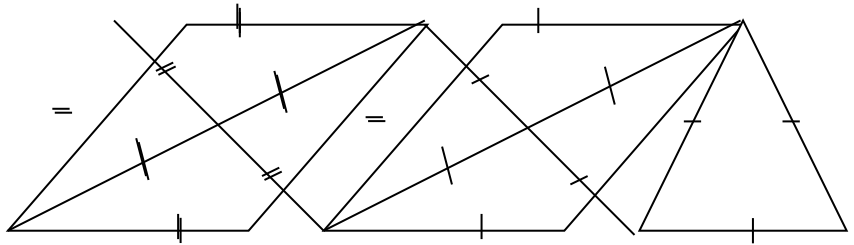


Gambar 63 Poligon Kombinasi

Data ukuran yang harus ditentukan adalah sudut setiap segitiga. Pengukuran setiap sudut segitiga

tidak mutlak. Harus ada satu sisi yang diketahui nilainya. Penyelesaian dilakukan dengan cara poligon.

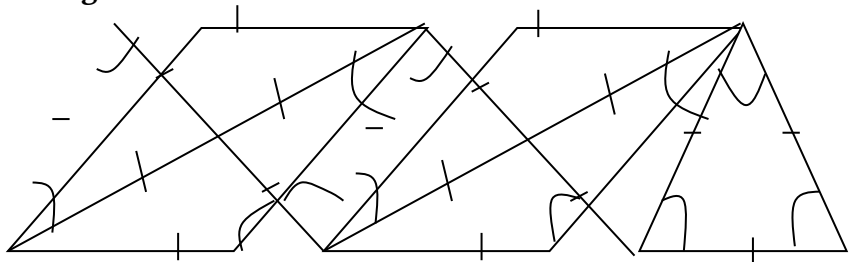
f. Trilaterasi



Gambar 64 Trilaterasi

Data ukuran yaitu jarak semua sisi segitiga dengan pengolahan data menggunakan poligon.

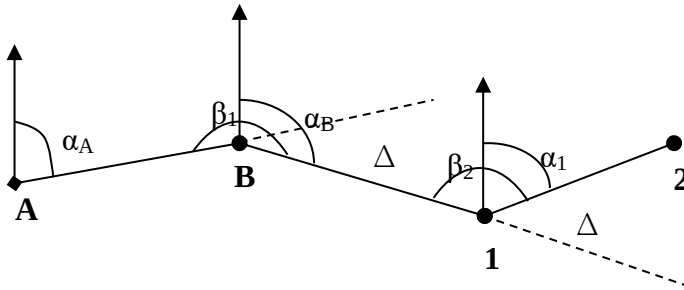
g. Triangulaterasi



Gambar 65 Triangulaterasi

Sudut yang diukur pada setiap segitiga adalah sudut dalam sedangkan jarak yang diukur adalah semua sisi segitiga yang ada pada jaring triangulaterasi.

1. Perhitungan Sudut Jurusan pada Poligon



Gambar 66 Sudut Jurusan pada Poligon

Diketahui: Sudut jurusan awal α_{AB} dengan sudut ukuran β_1 dan β_2 . Untuk mendapatkan sudut jurusan α_{B1} dan α_{B2} , maka kita bias menyelesaikan dengan persamaan berikut:

$$\alpha_{B1} = \alpha_{AB} + \Delta\alpha \quad (145)$$

$$\Delta\alpha = \beta_1 - 180^\circ \quad (146)$$

$$\alpha_{B1} = \alpha_{AB} + \beta_1 - 180^\circ \quad (147)$$

dan

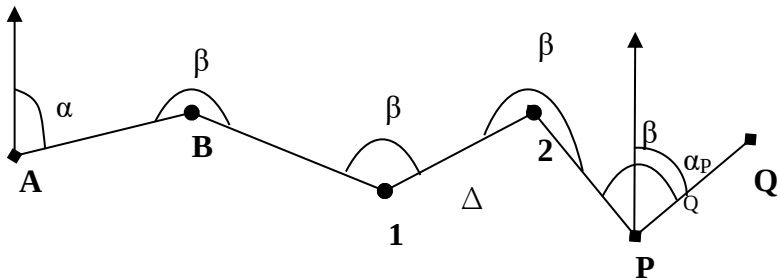
$$\alpha_{12} = \alpha_{B1} - \Delta\alpha \quad (148)$$

$$\Delta\alpha = 180^\circ - \beta_2 \quad (149)$$

$$\alpha_{12} = \alpha_{B1} + \beta_2 - 180^\circ \quad (150)$$

2. Syarat Geometri Poligon

a. Poligon Terikat Sempurna



Gambar 67 Contoh Kasus Poligon Terikat Sempurna

Pada poligon di atas terdiri dari empat titik yang diketahui nilainya yaitu: A,B,P dan Q

$$\alpha_{B1} = \alpha_{AB} + \beta_1 - 180^\circ \quad (151)$$

$$\alpha_{12} = \alpha_{B1} + \beta_2 - 180^\circ \quad (152)$$

$$\alpha_{2P} = \alpha_{12} + \beta_3 - 180^\circ \quad (153)$$

$$\alpha_{PQ} = \alpha_{2P} + \beta_4 - 180^\circ \quad (154)$$

atau

$$\alpha_{12} = \alpha_{AB} + \beta_1 + \beta_2 - 2.180^\circ \quad (155)$$

$$\alpha_{2P} = \alpha_{AB} + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 - 3.180^\circ \quad (156)$$

$$\alpha_{PQ} = \alpha_{AB} + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 - 4.180^\circ \quad (157)$$

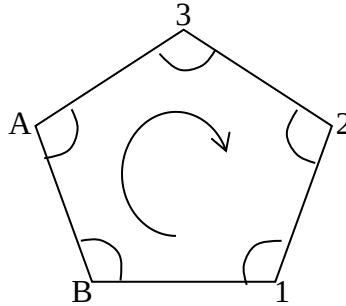
Kesimpulan untuk sudut kiri:

$$\begin{aligned} \alpha_{PQ} - \alpha_{AB} &= \alpha_{\text{akhir}} - \alpha_{\text{awal}} \\ &= \sum \beta - n.180^\circ \end{aligned} \quad (158)$$

Untuk sudut kanan:

$$\begin{aligned} \alpha_{PQ} - \alpha_{AB} &= \alpha_{\text{akhir}} - \alpha_{\text{awal}} \\ &= n.180^\circ - \sum \beta \end{aligned} \quad (159)$$

b. Poligon Tertutup



Gambar 68 Contoh Kasus Poligon Tertutup
Syarat Geometri Poligon Tertutup:

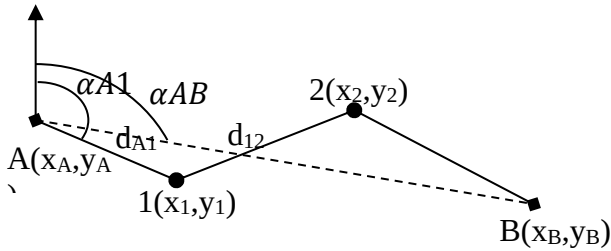
$$\begin{aligned} \text{a. kiri dalam} & : \alpha_{\text{akhir}} - \alpha_{\text{awal}} \\ & = \sum \beta - (n - 2)180^\circ \end{aligned} \quad (160)$$

$$\begin{aligned} \text{b. kiri luar} & : \alpha_{\text{akhir}} - \alpha_{\text{awal}} \\ & = \sum \beta - (n + 2)180^\circ \end{aligned} \quad (161)$$

$$\begin{aligned} \text{c. kanan dalam} & : \alpha_{\text{akhir}} - \alpha_{\text{awal}} \\ & = (n - 2)180^\circ - \sum \beta \end{aligned} \quad (162)$$

$$\begin{aligned} \text{d. kanan luar} & : \alpha_{\text{akhir}} - \alpha_{\text{awal}} \\ & = (n + 2)180^\circ - \sum \beta \end{aligned} \quad (163)$$

3. Syarat Geometris Absis dan Ordinat



Gambar 69 Contoh Kasus Penentuan Syarat Geometris

$$X_B = X_A + d_{AB} \sin \alpha_{AB} \quad (164)$$

$$X_1 = X_A + d_{A1} \sin \alpha_{A1} \quad (165)$$

$$X_2 = X_1 + d_{12} \sin \alpha_1 \quad (166)$$

$$X_B = X_2 + d_{2B} \sin \alpha_{2B} \quad (167)$$

Dari persamaan di atas maka:

$$X_2 = X_A + X_1 + d_{A1} \sin \alpha_{A1} + d_{12} \sin \alpha_1 \quad (168)$$

$$X_B = X_A + d_{A1} \sin \alpha_{A1} + d_{12} \sin \alpha_1 + d_{2B} \sin \alpha_{2B} \quad (169)$$

$$X_B - X_A = d_{A1} \sin \alpha_{A1} + d_{12} \sin \alpha_1 + d_{2B} \sin \alpha_{2B} \quad (170)$$

$$X_B - X_A = \sum d \sin \alpha \quad (171)$$

Kesimpulannya untuk poligon terbuka dan poligon tertutup:

$$X_{\text{akhir}} - X_{\text{awal}} = \sum d \sin \alpha \quad (172)$$

$$Y_{\text{akhir}} - Y_{\text{awal}} = \sum d \cos \alpha \quad (173)$$

4. Koreksi dan Kesalahan Penutup

Koreksi adalah nilai yang dianggap benar dikurangi hasil ukuran, sedangkan Kesalahan Penutup adalah hasil ukuran dikurangi nilai yang dianggap benar. Begitu pula pada syarat geometris harus diberikan koreksinya:

$$\alpha_{\text{akhir}} - \alpha_{\text{awal}} = \sum \beta - n \cdot 180^\circ + f_\beta \quad (174)$$

$$X_{\text{akhir}} - X_{\text{awal}} = \sum d \sin \alpha + f_x \quad (175)$$

$$Y_{\text{akhir}} - Y_{\text{awal}} = \sum d \cos \alpha + f_y \quad (176)$$

f_β = jumlah koreksi sudut
 f_x = jumlah koreksi absis
 f_y = jumlah koreksi ordinat

5. Koreksi Bowditch

$$f\beta_i = \frac{f\beta}{n} \quad (177)$$

Koreksi sudut berbanding terbalik dengan jarak. Semakin jaraknya jauh maka koreksi sudutnya kecil, jarak dekat maka koreksi sudutnya besar.

$$fx_i = \frac{d_i}{\sum d} \cdot fx \quad (178)$$

$$fy_i = \frac{d_i}{\sum d} \cdot fy \quad (179)$$

Koreksi koordinat berbanding lurus dengan jarak, jarak yang jauh maka koreksi koordinatnya besar.

6. Contoh Formulir Pengukuran Poligon

FORMULIR PENGUKURAN POLIGON

Laboratorium Survei Pemetaan dan Informasi Geografis		No. Lebar	 dari
Lokasi		Cuaca	
Diukur Oleh		Tanggal	
		Alat Ukur	

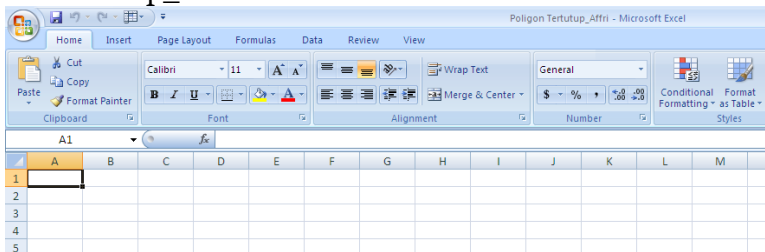
NAMA	SUDUT	KOREKSI	SUD.HORI	SUDUT	JARAK	DELTA	KOREKSI	DELTA	KOREKSI	KOORDINAT		NAMA
TITIK	HORISONTAL	SUDUT	KOREKSI	JURUSAN		ABSIS	ABSIS	ORDINAT	ORDINAT	X (m)	Y (m)	TITIK

7. Perhitungan Bowdith dengan Microsoft Excel

1. Siapkan data yang akan diolah, yaitu:
 - a. data sudut horizontal ukuran (dapat menggunakan sudut dalam atau luar). Pada praktikum ini digunakan sudut dalam.
 - b. azimuth awal (dapat menggunakan azimuth kompas, atau azimuth hasil perhitungan dua titik yang sudah diketahui koordinatnya)
 - c. data jarak ukuran
 - d. data koordinat yang sudah diketahui

Titik	Sudut Horizontal			Azimuth	Jarak (m)	D sin α			D cos α			Koordinat	
	Asal	Kor	Terkoreksi			Asal	Koreksi	Terkoreksi	Asal	Koreksi	Terkoreksi	X (m)	Y (m)
A	75°44'10"			45°0'0"	58.307							412080	9145115
B	129°28'50"				58.238								
C	47°53'10"				84.954								
D	106°54'10"				42.376								
A													

2. Membuka halaman Ms. Excel, dan simpan halaman dengan **format : Poligon Tertutup_(nama).** Contoh: Poligon Tertutup_Affri



3. Membuat kolom untuk menuliskan data, yaitu:
 - a. **Titik** → menuliskan nama titik yang dihitung

- Hasil pembuatan kolom pada nomor 3 dan 4 seperti gambar:

118

5. Isikan data yang ada pada butir nomor 1 sesuai dengan kolom-kolomnya.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					
6	Titik	Sudut Horizontal						Azimuth				Jarak (m)	D.sin a (m)			D cos a (m)			Koordinat (m)		
		D	M	S	DD	Koreksi	Terkoreksi	DD	D	M	S		Asal	Koreksi	Terkoreksi	Asal	Koreksi	Terkoreksi	X	Y	
8	A	75	44	10																412080	9145115
9								45					58.307								
10	B	129	26	50									58.238								
11																					
12	C	47	55	10									84.954								
13																					
14	D	106	54	10									42.376								
15																					
16	A																				
17																					

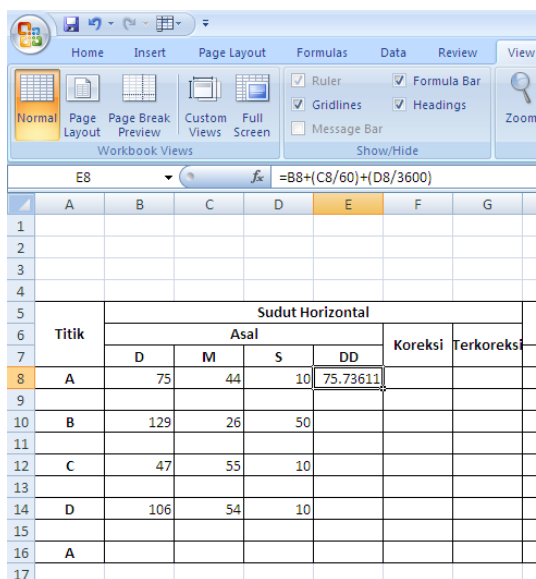
6. Menghitung Sudut horizontal dalam bentuk DD dengan rumus:

$$DD = D + (M/60) + (S/3600)$$

Pada excel di kolom DD untuk titik A dituliskan rumus seperti pada gambar:

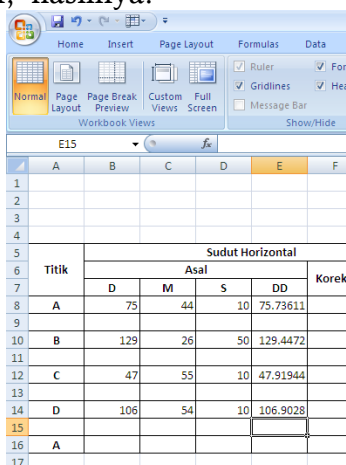
Titik	Sudut Horizontal				Koreksi	Terkoreksi	DD
	D	M	S	DD			
A	75	44	10	=B8+(C8/60)+(D8/3600)			
B	129	26	50				

Kemudian tekan **Enter**



	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3							
4							
5							
6	Titik	Sudut Horizontal					
7		Asal				Koreksi	Terkoreksi
		D	M	S	DD		
8	A	75	44	10	75.73611		
9							
10	B	129	26	50			
11							
12	C	47	55	10			
13							
14	D	106	54	10			
15							
16	A						
17							

Lalu tarik kolom E8 ke bawah sampai pada kolom E14, hasilnya:



	A	B	C	D	E	F
1						
2						
3						
4						
5						
6	Titik	Sudut Horizontal				Korek
7		Asal				
		D	M	S	DD	
8	A	75	44	10	75.73611	
9						
10	B	129	26	50	129.4472	
11						
12	C	47	55	10	47.91944	
13						
14	D	106	54	10	106.9028	
15	A					
16						
17						

7. Jumlahkan Sudut horizontal Asal DD, dan masukkan ke kolom $\Sigma\beta$ ukuran (E19), dengan mengetikkan rumus:
=SUM(E8:E14)

Sudut Horizontal						
Titik	Asal				Koreksi	Terkoreksi
	D	M	S	DD		
A	75	44	10	75.73611		
B	129	26	50	129.4472		
C	47	55	10	47.91944		
D	106	54	10	106.9028		
A						
Σβ ukuran				=SUM(E8:E14)		
Syarat sudut ukuran						
Kesalahan penutup sudut						
Koreksi kesalahan penutup sudut						

8. Kolom syarat sudut ukuran diisi dengan syarat sudut ukuran untuk poligon tertutup 4 titik. Dihitung dengan rumus $(n-2) \times 180$, dengan n adalah jumlah titik yaitu 4. Jadi, kolom syarat sudut ukuran dituliskan angka 360.

G20					
	A	B	C	D	E
1					
2					
3					
4					
5	Sudut Horizontal				
6	Titik	Asal			
7		D	M	S	DD
8	A	75	44	10	75.73611
9					
10	B	129	26	50	129.4472
11					
12	C	47	55	10	47.91944
13					
14	D	106	54	10	106.9028
15					
16	A				
17					
18					
19	$\Sigma\beta$ ukuran				360.0056
20	Syarat sudut ukuran				360
21	Kesalahan penutup sudut				
22	Koreksi kesalahan penutup sudut				

9. Isikan kolom kesalahan penutup sudut dengan rumus $\Sigma\beta$ ukuran dikurangi syarat sudut ukuran, kemudian tekan Enter.

=E19-E20					
	A	B	C	D	E
1					
2					
3					
4					
5	Sudut Horizontal				
6	Titik	Asal			
7		D	M	S	DD
8	A	75	44	10	75.73611
9					
10	B	129	26	50	129.4472
11					
12	C	47	55	10	47.91944
13					
14	D	106	54	10	106.9028
15					
16	A				
17					
18					
19	$\Sigma\beta$ ukuran				360.0056
20	Syarat sudut ukuran				360
21	Kesalahan penutup sudut				=E19-E20
22	Koreksi kesalahan penutup sudut				

10. Kolom **koreksi kesalahan penutup** sudut diisi dengan kebalikan dari nilai kesalahan penutup sudut. Hal ini karena dalam syarat geometris polygon tertutup $\Sigma\beta$ ukuran = 0. Hasil perhitungan pada praktikum ini nilainya positif, berarti lebih dari 0. Untuk menjadikan seperti syarat geometri yaitu 0, maka harus dikurangkan dengan bilangan senilai kesalahan penutup sudut tersebut. Rumusnya adalah:
= -(kolom kesalahan penutup sudut)

Kemudian tekan **Enter**

IF					
	A	B	C	D	E
1					
2					
3					
4					
5	Titik	Sudut Horizontal			
6		Asal			
7		D	M	S	DD
8	A	75	44	10	75.73611
9					
10	B	129	26	50	129.4472
11					
12	C	47	55	10	47.91944
13					
14	D	106	54	10	106.9028
15					
16	A				
17					
18					
19	$\Sigma\beta$ ukuran				360.0056
20	Syarat sudut ukuran				360
21	Kesalahan penutup sudut				0.005556
22	Koreksi kesalahan penutup sudut				=-E21
23					

11. Pengisian kolom sudut horizontal Koreksi diisi dengan rumus koreksi kesalahan penutup sudut dibagi jumlah titik. Rumus yang dituliskan adalah:

$$= \$E\$22/4$$

Simbol \$ digunakan agar saat ditarik ke bawah nilai pembilangnya tetap.

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3							
4							
5							
6	Titik	Sudut Horizontal					
7		Asal			Koreksi	Terkor	
8	A	D	M	S	DD	= \$E\$22/4	
9							
10	B		129	26	50	129.4472	-0.00139
11							
12	C		47	55	10	47.91944	-0.00139
13							
14	D		106	54	10	106.9028	-0.00139
15							
16	A						
17							
18							
19	TJ ukuran				360.0056		
20	Syarat sudut ukuran				360		
21	Kesalahan penutup sudut				0.005556		
22	Koreksi kesalahan penutup sudut				-0.00556		
23							
24							

12. Isikan kolom **Sudut Horizontal Terkoreksi** dengan menambahkan nilai Sudut Horizontal Asal DD dengan **Koreksi**. Rumusnya:

$$=E8+F8$$

Tekan **Enter**, lalu tarik ke bawah

IF		=E8+F8					
	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3							
4							
5	Sudut Horizontal						
6	Titik	Asal				Koreksi	Terkoreksi
7		D	M	S	DD		
8	A	75	44	10	75.73611	-0.00139	=E8+F8
9							
10	B	129	26	50	129.4472	-0.00139	129.4458
11							
12	C	47	55	10	47.91944	-0.00139	47.91806
13							
14	D	106	54	10	106.9028	-0.00139	106.9014
15							
16	A						
17							
18							
19	ΣB ukuran				360.0056		
20	Syarat sudut ukuran				360		
21	Kesalahan penutup sudut				0.00556		
22	Koreksi kesalahan penutup sudut				-0.00556		
23							

13. Setelahnya, menghitung azimuth masing masing titik. Azimuth dihitung dengan rumusan $\alpha_{BC} = \alpha_{AB} + 180 - \beta_B \text{ terkoreksi}$. Hal ini karena azimuth yang sudah diketahui adalah azimuth AB dan sudut horizontal menggunakan sudut dalam. Rumus di Excel ditulis dengan:

=H9+180-G10

Kemudian tekan Enter dan tarik rumus ke bawah.

H11		=H9+180-G10					
	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3							
4							
5	Sudut Horizontal						
6	Titik	Asal				Koreksi	Terkoreksi
7		D	M	S	DD		
8	A	75	44	10	75.73611	-0.00139	75.73472
9							
10	B	129	26	50	129.4472	-0.00139	129.4458
11							
12	C	47	55	10	47.91944	-0.00139	47.91806
13							
14	D	106	54	10	106.9028	-0.00139	106.9014
15							
16	A						
17							

14. Kemudian, ubah azimuth DD menjadi DMS. Kolom azimuth D merupakan hasil konversi dari DD ke DMS untuk satuan derajat. Rumus yang digunakan pada kolom D adalah:

=INT(kolom DD)

Kemudian tekan Enter dan tarik ke bawah

I9 f_x =INT(H9)									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2									
3									
4									
5	Sudut Horizontal								
6	Titik	Asal				Koreksi	Terkoreksi	Azimuth	
7		D	M	S	DD			DD	D
8	A	75	44	10	75.73611	-0.00139	75.73472		
9								45	45
10	B	129	26	50	129.4472	-0.00139	129.4458		0
11								95.55417	95
12	C	47	55	10	47.91944	-0.00139	47.91806		0
13								227.6361	227
14	D	106	54	10	106.9028	-0.00139	106.9014		0
15								300.7347	300
16	A								
17									

15. Kolom M merupakan hasil konversi DD ke DMS untuk satuan menit. Rumus yang digunakan pada kolom M adalah:

$$=INT((\text{kolom DD}-\text{kolom D}) * 60)$$

 Kemudian tekan Enter dan tarik ke bawah

	J9		fx		=INT((H9-I9)*60)						
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1											
2											
3											
4											
5	Titik	Sudut Horizontal					Azimuth				
6		Asal			Koreksi	Terkoreksi					
7		D	M	S	DD		DD	D	M	S	
8	A	75	44	10	75.73611	-0.00139	75.73472				
9							45	45	0		
10	B	129	26	50	129.4472	-0.00139	129.4458		0	0	
11							95.55417	95	33		
12	C	47	55	10	47.91944	-0.00139	47.91806		0	0	
13							227.6361	227	38		
14	D	106	54	10	106.9028	-0.00139	106.9014		0	0	
15							300.7347	300	44		
16	A										
17											

16. Kolom S merupakan hasil konversi DD ke DMS untuk satuan detik. Rumus yang digunakan pada kolom S adalah:

$$=(\text{kolom DD}-(\text{kolom D}+\text{kolom M}/60))*3600$$

 Kemudian tekan Enter dan tarik ke bawah

K9		fx		=(H9-(I9+J9/60))*3600								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2												
3												
4												
5	Titik	Sudut Horizontal						Azimuth				Jarak (
6		Asal				Koreksi	Terkoreksi					
7		D	M	S	DD			DD	D	M	S	
8	A	75	44	10	75.73611	-0.00139	75.73472					
9								45	45	0		58.2
10	B	129	26	50	129.4472	-0.00139	129.4458			0	0	0
11								95.55417	95	33	15	58.2
12	C	47	55	10	47.91944	-0.00139	47.91806			0	0	0
13								227.6361	227	38	10	84.5
14	D	106	54	10	106.9028	-0.00139	106.9014			0	0	0
15								300.7347	300	44	5	42.5
16	A											
17												

17. Menghitung jumlah jarak ukuran dengan rumus:

=SUM (kolom jarak)

L19													fx		=SUM(L9:L15)	
1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L				
2																
3																
4																
5																
6	Titik	Sudut Horizontal						Azimuth				Jarak (m)				
7		Asal			Koreksi	Terkoreksi	DD	D	M	S						
8	A	75	44	10	75.73611	-0.00139	75.73472									
9								45	45	0	0		58.307			
10	B	129	26	50	129.4472	-0.00139	129.4458			0	0	0				
11								95.55417	95	33	15		58.238			
12	C	47	55	10	47.91944	-0.00139	47.91806			0	0	0				
13								227.6361	227	38	10		84.954			
14	D	106	54	10	106.9028	-0.00139	106.9014			0	0	0				
15								300.7347	300	44	5		42.376			
16	A															
17																
18																
19	ΣB ukuran				360.0056			ΣD				243.875				
20	Syarat sudut ukuran				360			ΣD sin a								
21	Kesalahan penutup sudut				0.005556			fx								
22	Koreksi kesalahan penutup sudut				-0.00556			ΣD cos a								
23								fy								
24								fi								

18. Menghitung kolom **D. sin a Asal** dengan mengalikan arak dengan sinus azimuth. Dalam Ms. Excel, sudut yang digunakan pada pengoperasian fungsi trigonometri (sinus, cosinus dan tangent) harus dalam bentuk **radian**. Konversi sudut bentuk DD menjadi bentuk radian menggunakan fungsi **RADIANS**. Oleh karena itu, pada kolom **D. sin a Asal** rumus yang digunakan adalah:

=(kolom jarak)*SIN(RADIANS(kolom azimuth))

Kemudian tekan **Enter** dan tarik ke bawah.

	M9		fx		=L9*(SIN(RADIANS(H9)))									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2														
3														
4														
5	Titik	Sudut Horizontal					Koreksi	Terkoreksi	Azimuth				Jarak (m)	D.sin a
6		Asal				DD			D	M	S	Asal		
7		D	M	S	DD									
8	A	75	44	10	75.73611	-0.00139	75.73472							
9	B	129	26	50	129.4472	-0.00139	129.4458	45	45	0	0	58.307	41.22928	
10														
11	C	47	55	10	47.91944	-0.00139	47.91806	95.55417	95	33	15	58.238	57.96458	
12														
13	D	106	54	10	106.9028	-0.00139	106.9014	227.6361	227	38	10	84.954	-62.7708	
14														
15	A							300.7347	300	44	5	42.376	-36.424	
16														
17														
18														
19	ΣD ukuran					360.0056			ΣD				243.875	
20	Syarat sudut ukuran					360			ΣD sin a					
21	Kesalahan penutup sudut					0.005556			fx					
22	Koreksi kesalahan penutup sudut					-0.00556			ΣD cos a					
23									fy					
24									fz					

19. Menghitung jumlah kolom D sin a Asal yang dimasukkan pada kolom **ΣD sin a** dengan rumus:

=SUM(kolom D.sin a Asal)

L20					f _x					=SUM(M9:M15)									
1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M						
2																			
3																			
4																			
5	Titik	Sudut Horizontal						Koreksi	Terkoreksi	Azimuth				Jarak (m)	D.s				
6		Asal				DD	DD			D	M	S	Asal			K			
7		D	M	S	DD														
8	A	75	44	10	75.73611	-0.00139	75.73472												
9								45	45	0	0	58.307	41.22928						
10	B	129	26	50	129.4472	-0.00139	129.4458												
11								95.55417	95	33	15	58.238	57.96458						
12	C	47	55	10	47.91944	-0.00139	47.91806												
13								227.6361	227	38	10	84.954	-62.7708						
14	D	106	54	10	106.9028	-0.00139	106.9014												
15								300.7347	300	44	5	42.376	-36.424						
16	A																		
17																			
18																			
19	ΣD ukuran					360.0056			ΣD				243.875						
20	Syarat sudut ukuran					360			ΣD sin a				-0.00095						
21	Kesalahan penutup sudut					0.005556			f _x										
22	Koreksi kesalahan penutup sudut					-0.00556			ΣD cos a										
23								f _y											
24								f _z											

20. Kolom fx merupakan kebalikan nilai dari **ΣD sin a**. Hal ini hanya berlaku untuk poligon tertutup. Hal ini karena:

$$\sum D. \sin a \pm fx = 0$$

Rumusnya adalah:

=-(kolom $\Sigma D \sin a$)
Tekan Enter.

	L21													f_x	=L20
1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M		
2															
3															
4															
5															
6	Titik	Sudut Horizontal					Azimuth				Jarak (m)	D.sin			
7		Asal				Koreksi	Terkoreksi					Asal	Ko		
8		D	M	S	DD			DD	D	M	S				
9	A	75	44	10	75.73611	-0.00139	75.73472	45	45	0	0	58.307	41.22928		
10	B	129	26	50	129.4472	-0.00139	129.4458	95	33	15	58.238	57.96458			
11	C	47	55	10	47.91944	-0.00139	47.91806	227	38	10	84.954	-62.7708			
12	D	106	54	10	106.9028	-0.00139	106.9014	300	7347	300	44	5	42.376		
13	A														
14															
15															
16															
17															
18															
19	ΣB ukuran					360.0056		ΣD	243.875						
20	Syarat sudut ukuran					360		ΣD sin a	-0.00095						
21	Kesalahan penutup sudut					0.005556		fx	0.000953						
22	Koreksi kesalahan penutup sudut					-0.00556		ΣD cos a							
23								fy							
24								fi							

21. Menghitung nilai **D. sin a Koreksi** dengan cara membagi nilai fx berdasarkan proporsi jarak. Rumusnya adalah:

$$= \text{jarak penggal} / \text{jumlah jarak} * fx$$
 Pada nilai fx dan jumlah jarak digunakan tanda \$ agar saat ditarik ke bawah nilainya konstan.

N9															fx		=L9/\$L\$19*\$L\$21	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O				
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19	ΣB ukuran				360.0056						ΣD		243.875					
20	Syarat sudut ukuran				360						ΣD sin a		-0.00095					
21	Kesalahan penutup sudut				0.005556						fx		0.000953					
22	Koreksi kesalahan penutup sudut				-0.00556						ΣD cos a							
23											fy							
24											fi							
25																		

22. Kolom **D. sin a** **Terkoreksi** dihitung dengan menambahkan nilai **D. sin a** **Asal** + **D. sin a** **Koreksi**.

O9																±M9+N9	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6	Titik	Sudut Horizontal						Azimuth					Jarak (m)	D.sin a (m)			
		Asal			DD	Koreksi	Terkoreksi	DD	D	M	S		Asal	Koreksi	Terkoreksi	As	
7	A	75	44	10	75.73611	-0.00139	75.73472		45	45	0	0	58.307	41.22928	0.000228	41.2295	
8																	
9	B	129	26	50	129.4472	-0.00139	129.4458		95.55417	95	33	15	58.238	57.96458	0.000228	57.96481	
10																	
11	C	47	55	10	47.91944	-0.00139	47.91806			0	0	0		0	0	0	
12									227.6361	227	38	10	84.954	-62.7708	0.000332	-62.7705	
13																	
14	D	106	54	10	106.9028	-0.00139	106.9014			0	0	0		0	0	0	
15									300.7347	300	44	5	42.376	-36.424	0.000166	-36.4238	
16	A																
17																	
18																	
19	TD ukuran				360.0056			TD				243.875					
20	Syarat sudut ukuran				360			TD sin a				-0.00095					
21	Kesalahan penutup sudut				0.005556			fx				0.000953					
22	Koreksi kesalahan penutup sudut				-0.00556			TD cos a									
23								fy									
24								ft									
25																	

23. Kolom D.cos a dikerjakan dengan rumusan sama dengan D.sin a. Perbedaannya adalah D.cos a menggunakan rumus cosinus.

S24																		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	
4																		
5																		
6	Titik	Sudut Horizontal					Azimuth					Jarak (m)	D.sin a (m)			D cos a (m)		
7		Asal					Terkoreksi						Asal	Koreksi	Terkoreksi	Asal	Koreksi	Terkoreksi
8	A	75	44	10	75.73611	-0.00139	75.73472											
9								45	45	0	0	58.307	41.22928	0.000228	41.2295	41.22928	-0.00103	41.22824
10	B	129	26	50	129.4472	-0.00139	129.4458											
11								95	95	33	15	58.238	57.96458	0.000228	57.96481	-5.63667	-0.00103	-5.6377
12	C	47	55	10	47.91944	-0.00139	47.91806											
13								227	227	38	10	84.954	-62.7708	0.000332	-62.7705	-57.2451	-0.0015	-57.2466
14	D	106	54	10	106.9028	-0.00139	106.9014											
15								300	300	44	5	42.376	-36.424	0.000166	-36.4238	21.65684	-0.00075	21.65609
16	A																	
17																		
18																		
19	TP ukuran					360.0056							243.875					
20	Syarat sudut ukuran					360							-0.00095					
21	Kesalahan penutup sudut					0.005556							0.000953					
22	Koreksi kesalahan penutup sudut					-0.005556							0.004318					
23													fy					
24													-0.00432					
25																		

24. Kolom Koordinat X didapat dari nilai koordinat X titik sebelumnya ditambah dengan nilai D.sin a Terkoreksi.

S10																			
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q		
4																			
5																			
6	Titik	Sudut Horizontal						Azimuth				Jarak (m)	D sin a (m)			D cos a (m)			Koordinat (m)
7		Asal						Terkoreksi					Asal	Koreksi	Terkoreksi	Asal	Koreksi	Terkoreksi	
8	A	75	44	10	75.73611	-0.00139	75.73472											41.2080	9145115
9								45	45	0	0	58.307	41.22928	0.000228	41.2295	41.22928	-0.00103	41.22824	
10	B	129	26	50	129.4472	-0.00139	129.4458												41.7121
11								95	95	33	15	58.238	57.96458	0.000228	57.96481	-5.63667	-0.00103	-5.6377	
12	C	47	55	10	47.91944	-0.00139	47.91806												41.2179
13								227	227	38	10	84.954	-62.7708	0.000332	-62.7705	-57.2451	-0.0015	-57.2466	
14	D	106	54	10	106.9028	-0.00139	106.9014												41.7116
15								300	300	44	5	42.376	-36.424	0.000166	-36.4238	21.65684	-0.00075	21.65609	
16	A																		41.0380
17																			
18																			
19	TP ukuran					360.0056							243.875						
20	Syarat sudut ukuran					360							-0.00095						
21	Kesalahan penutup sudut					0.005556							0.000953						
22	Koreksi kesalahan penutup sudut					-0.005556							0.004318						
23													fy						
24													-0.00432						
25																			

25. Kolom Koordinat Y didapat dari nilai koordinat Y titik sebelumnya ditambah dengan nilai $D \cdot \cos a$ Terkoreksi.

T10		#T04R9																																			
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T																	
4																																					
5																																					
6																																					
7	Titik	Sudut Horizontal					Azimuth					Jarak (m)			D sin a (m)			D cos a (m)			Koordinat (m)																
8		D	M	S	DD	Koreksi	Terkoreksi	DD	D	M	S		Asal	Koreksi	Terkoreksi	Asal	Koreksi	Terkoreksi	X	Y																	
9	A	75	44	10	75.73611	-0.00139	75.73472						58.307	41.22938	0.000238	41.2295	41.22938	-0.00103	41.22834		412080	9145115															
10	B	129	26	50	129.4472	-0.00139	129.4458	45	45	0	0		58.307	41.22938	0.000238	41.2295	41.22938	-0.00103	41.22834		412121.3	9145156															
11	C	47	55	10	47.91944	-0.00139	47.91805	95	33	15	58.236		57.96438	0.000238	57.96441	-5.63667	-0.00103	-5.6377	0	0	412179.2	9145151															
12	D	106	54	10	106.9038	-0.00139	106.9024	227	69	27	58	54	94.954	-62.7798	0.000332	-62.7795	-57.2451	-0.0015	-57.2466	0	0	9145099	0														
13	A							300	78	47	300	44	5	42.376	-36.434	0.000164	-36.4338	21.65884	-0.00075	21.65609	0	0	412080	9145115													
14																																					
15																																					
16																																					
17																																					
18																																					
19	TD ukuran					360.0036	TD					243.873																									
20	Syarat sudut ukuran					360	TD sin a					-0.00095																									
21	Kesalahan penutup sudut					0.003356	fx					0.000953																									
22	Koreksi kesalahan penutup sudut					-0.00336	TD cos a					0.004318																									
23							fy					-0.00432																									
24																																					
25																																					

RANGKUMAN

1. Metode penentuan posisi horisontal terdiri dari atas penentuan titik tunggal dan penentuan banyak titik.
2. Koordinat suatu titik dapat ditentukan dengan cara Polygon, Triangulasi, Trilaterasi, dan Kwadrilateral.
3. Penentuan titik tunggal terdiri atas pengikatan ke muka dan pengikatan ke belakang.
4. Salah satu contoh titik banyak adalah metode polygon.

SOAL

Diketahui:

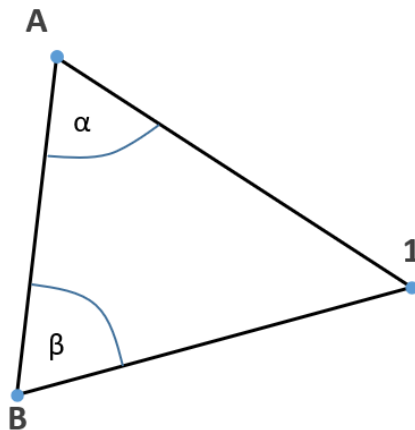
(40)

Titik	X (m)	Y (m)
A	1446.61	965.78
B	1291.36	-1344.23

Data sudut dalam:

$$\alpha = 45^{\circ}15'16''$$

$$\beta = 60^{\circ}38'42''$$



Ditanyakan:

- Koordinat titik 1 menggunakan metode Pengikatan ke Muka
- Gambarlah posisi titik A, B, 1 pada skala tertentu.

BAB 6

PENGUKURAN TITIK DETAIL SITUASI METODE TACHYMETRI

A. Sejarah Tachymetri

“Metode Stadia” yang disebut “Tachymetri” di Eropa, adalah cara yang cepat dan efisien dalam mengukur jarak yang cukup teliti untuk sipat datar trigonometri, beberapa poligon dan penentuan lokasi detail-detail fotografi. Lebih lanjut, di dalam metode ini cukup dibentuk regu 2 atau 3 orang, sedangkan pada pengukuran dengan transit dan pita biasanya diperlukan 3 atau 4 orang.

Stadia berasal dari kata Yunani untuk satuan panjang yang asal-mulanya diterapkan dalam pengukuran jarak-jarak untuk pertandingan atletik. Bermula dari sinilah muncul kata “stadium (stadio)” dalam pengertian modern. Kata ini menyatakan 600 satuan Yunani (sama dengan “*feet*”), atau 606 ft 9 in dalam ketentuan Amerika sekarang.

Istilah stadia sekarang dipakai untuk benang silang dan rambu yang dipakai dalam pengukuran, maupun metodenya sendiri. Pembacaan optis (stadia) dapat dilakukan dengan transit, theodolit, alidade, dan alat sipat datar. Prinsip pengukuran tachymetri dan

metodenya memberikan konsepsi-konsepsi dasar dan sangat mungkin dipakai terus menerus.

B. Pengukuran Titik Detail Situasi Metode Tachymetri

Pengukuran titik detail situasi dilakukan untuk menghasilkan titik-titik detail yang tersebar di permukaan bumi yang menggambarkan situasi daerah pengukuran. Pengukuran titik detail situasi dilakukan sesudah pengukuran kerangka dasar vertikal dan pengukuran kerangka dasar horizontal dilakukan. Pengukuran titik detail situasi mempunyai orde ketelitian lebih rendah dibandingkan orde pengukuran kerangka dasar.

Pengukuran titik detail situasi dengan metode tachymetri pada dasarnya dilakukan dengan menggunakan peralatan dengan teknologi lensa optis dan elektronis digital.

Dalam pengukuran titik detail situasi pada prinsipnya adalah menentukan koordinat dan tinggi titik-titik detail dari titik-titik ikat. Pengukuran titik detail situasi pada dasarnya dapat dilakukan dengan beberapa metode, yaitu offset dan tachymetri.

Metode offset menggunakan peralatan sederhana, seperti pita ukur, jalon, meja ukur, mistar, busur derajat, dan lain sebagainya. Metode tachymetri menggunakan peralatan dengan teknologi lensa optis dan elektronis digital. Pengukuran metode tachymetri mempunyai keunggulan dalam hal ketepatan dan kecepatan dibandingkan metode offset.

Pengukuran titik-titik detail metode tachymetri ini relatif cepat dan mudah karena yang diperoleh dari lapangan adalah pembacaan rambu, sudut horizontal (azimuth magnetis), sudut vertikal (zenith atau inklinasi) dan tinggi alat. Hasil yang diperoleh dari pengukuran tachymetri adalah posisi planimetris X, Y, dan ketinggian Z.

Pengukuran titik-titik detail dengan metode Tachymetri ini adalah cara yang paling banyak digunakan dalam praktek, terutama untuk pemetaan daerah yang luas dan untuk detail-detail yang bentuknya tidak beraturan. Untuk dapat memetakan dengan cara ini diperlukan alat yang dapat mengukur arah dan sekaligus mengukur jarak, yaitu Theodolite Kompas atau BTM (*Boussole Tranche Montage*). Pada alat tersebut arah-arah garis di lapangan diukur dengan jarum kompas sedangkan untuk jarak digunakan benang silang diafragma pengukur jarak yang terdapat pada teropongnya.

Salah satu theodolite kompas yang banyak digunakan misalnya theodolite WILD TO. Tergantung dengan jaraknya, dengan cara ini titik-titik detail dapat diukur dari titik kerangka dasar atau dari titik-titik penolong yang diikatkan pada titik kerangka dasar.

C. Tata Cara Pengukuran Detil Cara Tachymetri Menggunakan Theodolit Berkompas

Pengukuran detil cara tachymetri dimulai dengan penyiapan alat ukur (Theodolite) titik ikat dan penempatan rambu di titik bidik. Setelah alat siap

untuk pengukuran, dimulai dengan perekaman data di tempat alat berdiri, pembidikan ke rambu ukur, pengamatan azimuth dan pencatatan data di rambu BT, BA, BB serta sudut miring m.

Tempatkan alat ukur theodolite di atas titik kerangka dasar atau titik kerangka penolong dan atur sehingga alat siap untuk pengukuran, ukur dan catat tinggi alat di atas titik ini.

Dirikan rambu di atas titik bidik dan tegakkan rambu dengan bantuan nivo kotak.

Arahkan teropong ke rambu ukur sehingga bayangan tegak garis diafragma berimpit dengan garis tengah rambu. Kemudian kencangkan kunci gerakan mendatar teropong.

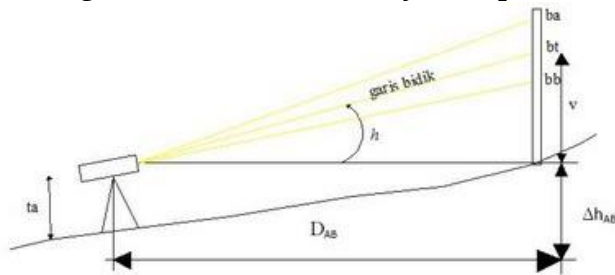
Kendorkan kunci jarum magnet sehingga jarum bergerak bebas. Setelah jarum setimbang tidak bergerak, baca dan catat azimuth magnetis dari tempat alat ke titik bidik.

Kencangkan kunci gerakan tegak teropong, kemudian baca bacaan benang tengah, atas dan bawah serta cata dalam buku ukur. Bila memungkinkan, atur bacaan benang tengah pada rambu di titik bidik setinggi alat, sehingga beda tinggi yang diperoleh sudah merupakan beda tinggi antara titik kerangka tempat berdiri alat dan titik detil yang dibidik.

D.Rumus Metode Tachymetri

Pada pengukuran titik detil kali ini, perhitungan jarak dan beda tinggi dilakukan dengan cara tachymetri. Dengan cara tachymetri maka beda tinggi titik-titik yang di ukur dan jarak datar dilakukan

dengan cara tidak langsung karena yang diukur adalah sudut miring atau sudut zenith dan jarak optis.



Gambar 70 Metode Tachymetri

Keterangan:

- D_{AB} : jarak horisontal dari titik A ke titik B
 h : sudut helling
 ba : benang atas
 bb : benang bawah
 bt : benang tengah
 t_A : tinggi alat

Rumus hitungan detail dengan metode tachymetri adalah sebagai berikut :

1. Jarak dengan menggunakan rumus

$$d_{AB} = 100(ba - bb) \cos^2 h \quad (180)$$

2. Jarak vertikal antara garis sejajar sumbu II dengan garis sejajar bt

$$v = d_{AB} \tan h \quad (181)$$

3. Beda tinggi titik detail

$$\Delta h_{AB} = t_A + v - bt \quad (182)$$

4. Tinggi titik tiap detail (nilai Z)

$$HB = HA + \Delta h_{AB} \quad (183)$$

Sebelum dimulai pengukuran, terlebih dahulu dibuat sketsa yang berisi perencanaan kode tiap detil-detil baik detil planimetris maupun detil spotheight. Tahapan pengukuran detil adalah:

- a. Dirikan teodolit di titik poligon. Lakukan centering dan sumbu I vertikal.
- b. Arahkan teropong ke salah satu titik poligon yang digunakan sebagai titik acuan. Kemudian baca dan catat lingkaran horisontalnya
- c. Dirikan rambu ukur di atas salah satu titik detil
- d. Arahkan teropong pada rambu ukur. Baca dan catat benang atas, benang tengah, benang bawah, bacaan lingkaran horisontal, dan bacaan lingkaran vertikal.
- e. Pengukuran detil planimetris dilakukan dengan membidik pojok-pojok detil sehingga membentuk geometri dari detil tersebut. Sedangkan pembidikan detil spotheight dilakukan tergantung dari kerapatan titik detil yang diinginkan

Rumus berikut ini merupakan rumus tachymetri, umumnya digunakan untuk pengukuran dengan menggunakan theodolite manual maupun semi digital. Pembacaan data dilakukan secara manual dengan membaca nilai pada bak ukur/rambu.

Umumnya perhitungan tersebut berkaitan dengan pekerjaan pengukuran, baik pengukuran topografi, batas lahan, irigasi, tambang, dan lain-lain. Berikut ini beberapa rumusnya:

- Jarak Optis

$$\text{jarak optis} = (\text{Bacaan benang atas} - \text{Bacaan benang bawah}) \times 100$$

Catatan:

- Bacaan benang dalam satuan meter
- Jarak Datar

$$\text{Jarak}_{\text{datar}} = \text{Jarak}_{\text{Optis}} \times (\sin V)^2$$

- Beda Tinggi

$$\text{Beda}_{\text{tinggi}} = \text{jarak}_{\text{datar}} \times (\tan(90 - V)) - (BT - TA)$$

- Koreksi Horizontal (Polygon Tertutup)

$$K = (n \times 180^0) - \sum n$$

- Azimuth

$$\text{Azimuth}_n = \text{Azimuth}_{n-1} + \text{horizontal}_n \pm \text{Koreksi}$$

Catatan:

- Jika hasilnya lebih kecil dari 180^0 , maka di tambahkan dengan 180^0
- Jika hasilnya lebih besar dari 360^0 , maka di kurang dengan 360^0
- dst...
- Absis

$$\text{Absis} = \text{Jarak datar} \times \sin \text{Azimuth}$$

- Ordinat

$$\text{Ordinat} = \text{Jarak datar} \times \cos \text{Azimuth}$$

- Koreksi Absis

$$K = \frac{\text{Jarak}_{\text{Datar}_n}}{\sum \text{Absis}} \times \sum \text{Jarak}_{\text{Datar}}$$

- Koreksi Oordinat

$$K = \frac{\text{Jarak}_{\text{Datar}_n}}{\sum \text{Oordinat}} \times \sum \text{Jarak}_{\text{Datar}}$$

- Koordinat X

$$X = X_{n-1} \pm Absis \pm Koreksi_Absis$$

- Koordinat Y

$$Y = Y_{n-1} \pm Oordinat \pm Koreksi_Oordinat$$

- Koordinat Z

$$Z_n = Z_{n-1} + Beda_tinggi + Koreksi$$

- Perhitungan Luas berdasarkan koordinat X , Y

$$Luas = \frac{[\sum (X_n \times Y_{n+1})] - [\sum (Y_n \times X_{n+1})]}{2}$$

E. Contoh Formulir Pengukuran Detail Situasi

FORMULIR PENGUKURAN DETAIL SITUASI

Laboratorium Survei Pemetaan dan Informasi Geografis		No. Lebar	 dari
Lokasi		Cuaca	
Diukur		Tanggal	
Oleh		Alat Ukur	

Tempat alat	Tinggi alat	Titik Bidik	Bacaan Benang			Sudut Zenith	Sudut Horizontal	Jarak optis	Jarak Mendatar	Azimuth	Beda tinggi	Tinggi Titik	Koordinat		Keterangan
			Tengah	Atas	Bawah								X	Y	

RANGKUMAN

1. Dalam pengukuran titik detail situasi pada prinsipnya adalah menentukan koordinat dan tinggi titik-titik detail dari titik-titik ikat.
2. Pengukuran titik detail situasi pada dasarnya dapat dilakukan dengan beberapa metode, yaitu offset dan tachymetri.

SOAL

Lakukan praktikum pengukuran detail situasi. Hasil ukuran dituangkan dalam formulir pengukuran detail situasi.

BAB 7

PERKEMBANGAN TEKNOLOGI SURVEI PEMETAAN

A. Sejarah Survei Pemetaan

Perkembangan pemetaan ini dimulai dengan dinyatakannya bahwa bumi ini bulat oleh seorang Yunani Kuno untuk pertama kalinya sekitar tahun 500 SM (Sebelum Masehi), orang tersebut dikenal dengan nama Phythaghoras. Pada awalnya banyak ilmuwan Yunani Kuno yang tidak percaya, sampai ketika tahun 220 SM adalah Erasthotenes mencoba membuktikan bahwa bumi ini bulat dengan menghitung keliling bumi dengan pemikiran sederhana, dengan memanfaatkan dua buah sumur di dua Kota, Alexandria dan Syene, ia menghitung kemiringan bayangan yang disebabkan sinar matahari. Dari hasil perhitungan tersebut diketahui bahwa keliling bumi $\pm 40000\text{km}$, hanya berbeda $\pm 75\text{km}$ dari pengukuran modern.

Selanjutnya pada tahun 140 sampai dengan 120 SM masih di Yunani, mulai bermunculan pemikiran-pemikiran baru dalam hal pengukuran tanah. Salah satunya adalah adanya penerapan ilmu geometri dalam pengukuran sebidang tanah. Di Arab, ilmu ini juga dilestarikan dan disebut dengan ilmu geometri praktis. Di samping itu, seorang Raja Mesir Sesostrius juga sudah

mulai menerapkan ilmu ini dalam pengukuran bidang-bidang tanah untuk keperluan pajak, yang saat ini dikenal dengan kadaster.

Sampai pada tahun 60 SM, perkembangan penerapan ilmu geometri dalam pengukuran tanah masih terus berlanjut. Di Romawi, ilmu ini sudah mulai diterapkan pada pekerjaan-pekerjaan konstruksi di wilayah kekaisaran. Peralatan-peralatan yang digunakan pun semakin berkembang. Contohnya, *Groma*, sebuah alat untuk mengukur sudut dan jarak. *Libella*, alat yang digunakan untuk mengukur kedataran sebuah bidang seperti halnya waterpass. Dan juga *Crobates*, sebuah alat yang memiliki fungsi yang sama seperti nivo kotak.



(a)



(b)

Gambar 71 (a) *Groma*, (b) *Libella*

Pada abad 13 dan 14 pemetaan terestris maju pesat. Terbukti dengan banyaknya ilmuwan yang mulai mengembangkan dan menuliskannya dalam bentuk buku. Salah satunya adalah Von Piso, seorang Perancis, menjelaskan cara untuk melakukan pengukuran tanah dalam karyanya yang berjudul “*Practica Geometri*”. Selain

itu ia juga menjelaskan mengenai pembagian kuadran pada karyanya yang berjudul "*Liber Quadratorium*". Dari segi peralatan, pada abad ini telah digunakan sebuah alat bernama Astrolab. Selain digunakan untuk memprediksikan posisi matahari, bintang dan bulan, alat ini juga bisa digunakan untuk keperluan survei dan triangulasi. Dengan alat ini pengukuran jarak dapat dilakukan dengan perbandingan sudut.



Gambar 72 Astrolab

Pemetaan terestris maju lebih pesat pada abad 18 dan 19. Beberapa Negara seperti Inggris dan Perancis mulai sadar akan kegunaan dari ilmu ini. Kebutuhan akan pengukuran yang lebih teliti dan akurat juga telah mulai terpenuhi pada abad ini, dengan adanya theodolite, alat pengukur sudut dan jarak yang dilengkapi dengan tripod dan kompas, sudah ditemukan pada akhir abad 16. Di Perancis sendiri, oleh keluarga Cassini, dalam waktu empat generasi berhasil melakukan pengukuran tanah

ilmiah pertama. Hasil dari pengukuran ini disebut La Carte DeCassini atau Peta Cassini.

Setelah perang dunia II berakhir, pemetaan terestris berkembang sejalan dengan perkembangan teknologi. Pengambilan data dan pengolahan data kini dapat dilakukan dengan lebih modern. Peralatan-peralatan yang digunakan pun kini sudah digital, lebih otomatis, elektrik, dan terkomputerisasi, contohnya *Electronic Total Station* (ETS) dan *Terrestrial Laser Scanning* (TLS).



Gambar 73 (a) *Theodolite*, (b) *Electronic Total Station* (ETS), (c) *Terrestrial Laser Scanning* (TLS)

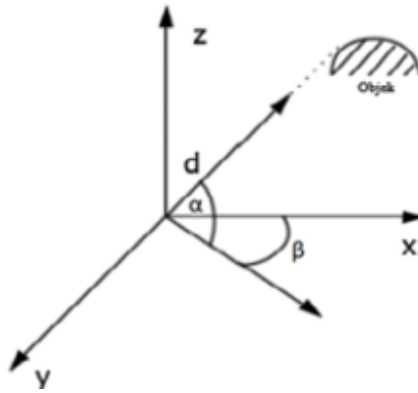
B. *Terrestrial Laser Scanning* (TLS)

Seiring dengan kemajuan teknologi pemetaan, terdapat teknologi baru yaitu 3D *Terrestrial Laser Scanning* (TLS). Hal yang membedakan dengan metode konvensional adalah proses scanning objek dengan jangkauan yang luas. Untuk daya jangkauan alat, TLS mempunyai jangkauan yang berkisar antara 300 meter

hingga 6000 meter (tergantung spesifikasi alat yang dipakai) dan hasil pengukuran berupa *point cloud* dalam bentuk 3D.

Oleh karena itu, teknologi 3D TLS ini dapat dijadikan solusi dalam bidang pemetaan untuk menyediakan data spasial, dengan keunggulan antara lain kecepatan pengambilan data yang tinggi, tingkat akurasi yang lebih baik, ekonomis dan kenampakan data hasil pengukuran yang mendekati objek aslinya. Dengan teknologi ini diharapkan data spasial dapat diperoleh dengan cepat, tepat, akurat dan ekonomis sehingga dapat dijadikan strategi baru dalam analisis teknis, manajemen aset, dan pemodelan objek.

Prinsip kerja Teknologi 3D TLS pada dasarnya memiliki prinsip yang sama dengan pengukuran dengan teknologi konvensional yang membutuhkan titik referensi *bench mark* (BM) dan pengukuran *backsight* sebagai titik ikat atau acuan. Yang menjadi keunggulan 3D TLS bekerja dengan cara pemindaian laser berulang kali, bahkan terkadang hingga jutaan titik per detik, dari berbagai arah sehingga diperoleh data dan informasi tentang semua sisi dari objek secara lebih banyak dan lebih detail. Pemindaian laser ini mencatat rekaman digital objek pengukuran yang jelas dan akurat sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan. Titik – titik yang ditangkap merupakan data yang berupa koordinat (x,y dan z). Kemudian titik - titik tersebut berkumpul membentuk suatu kumpulan data dalam bentuk *point cloud*.



Gambar 74 Konsep Pengukuran Tiga Dimensi pada Pemindai Laser Range Finder

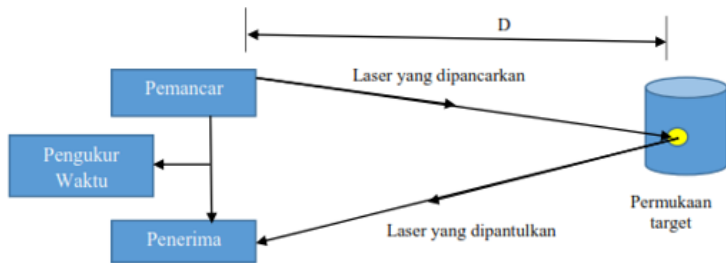
Keterangan:

α adalah sudut vertikal antara bidang horizontal dengan arah penembakan laser.

β adalah sudut horizontal antara arah penembakan laser dengan sumbu x alat.

d adalah jarak yang didapatkan dari pengukuran waktu tempuh laser.

Prinsip kerja pada TLS adalah *pulse based/times of flight*. *Pulse based* adalah pengukuran yang didasarkan pada waktu tempuh gelombang laser sejak dipancarkan sampai diterima kembali oleh penerima pulsa laser tersebut. Berdasarkan kecepatan gelombang sinar laser dan waktu tempuhnya, maka akan diketahui jarak obyek dari *scanner*.



Gambar 75 Ilustrasi Pengukuran Jarak Pulse Based

Akuisisi data teknologi 3D TLS dimulai dengan mendirikan kaki tiga (*tripod*) dan melakukan centering alat di titik bench mark stasiun. Pendirian alat 3D TLS di lapangan dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 76 Akuisisi Data dengan TLS

Setelah alat sudah berdiri di titik stasiun *bench mark (standpoint)*, maka langkah selanjutnya adalah pengukuran backsight titik ikat yang digunakan sebagai acuan. Kebutuhan personil dalam pengukuran dengan menggunakan 3D TLS cukup dengan 2 orang yaitu 1 surveior pemetaan dan 1 orang asisten surveior pemetaan. Jumlah personil ini lebih sedikit apabila dibandingkan dengan metode pemetaan terestris konvensional. Akuisisi data di lapangan dilakukan dengan cara pemindaian (scan) jarak jauh dengan memanfaatkan laser yang dipantulkan ke obyek di lapangan. Oleh karena itu, metode 3D TLS cenderung lebih aman dibandingkan metode pemetaan terestris konvensional dikarenakan menggunakan pemindaian secara 3600 tanpa menyentuh objek.

Hasil dari akuisisi data di lapangan yaitu jutaan titik pindai (scan) yang berkumpul dalam bentuk *point clouds*. Akuisisi data dilakukan dari beberapa kali berdiri alat. Data hasil penyiaman dari setiap berdiri alat disebut dengan *stand point*. Semakin banyak jumlah *stand point*, maka akan semakin baik pula hasil pemodelan yang didapatkan. Terdapat beberapa tahapan dalam pengolahan data teknologi 3D TLS antara lain: proses registrasi, proses filterisasi, proses geo-referensi dan pemodelan 3D.

Proses registrasi yaitu suatu proses menggabungkan *point-clouds* yang sama dari posisi (*standpoint*) yang berbeda atau pada proses registrasi ini adalah mengubah koordinat *point-clouds* dari posisi yang berbeda kedalam sistem koordinat yang sama. Pada setiap pemindaian dari *standpoint* diperoleh satu sistem koordinat *point-clouds* yang didefinisikan dalam sistem

koordinat lokal, yaitu sistem koordinat internal dari alat TLS. Untuk menggabungkan posisi yang berbeda ini, perlu diketahui posisi standpoint dan orientasi dalam sistem koordinat berbagai pindaian. Secara matematis dapat dilakukan transformasi koordinat dari sistem koordinat alat TLS (*coordinate in the scanner system*) ke sistem bersama (*coordinate in the Common system*).

Proses filtering merupakan salah satu proses yang sangat penting, dimana dalam hal ini dilakukan pemilihan antara data yang diperlukan maupun data yang tidak diperlukan (data yang dibuang/*noise*). Proses filtering ini menggunakan perangkat lunak yang telah tersedia satu paket untuk proses pengolahan data point clouds. Sedangkan pada tahap geo-referencing, diperlukan koordinat titik-titik tempat berdiri alat (standpoint), agar point-clouds berada dalam sistem koordinat baik lokal (SRGI 2013) ataupun global (WGS 1984). Pada tahap pemodelan, dilakukan proses *meshing* yaitu dengan melakukan *wrapping* dimana *point-clouds* diproses menjadi bentuk *Triangulated Irregular Network* (TIN) sebagai pembungkus permukaan obyek sehingga diperoleh model *mesh*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z. (2004). *Survai dengan GPS*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Anderson, J. &. (1998). *Surveying Theory And Practice*. New York: Mc. Graw Hill.
- Muller, I. R. (1979). *Introduction To Surveying*. New York: Fredevich Ungar.
- Purworaharjo, U. (1982). *Hitung proyeksi Geodesi (Proyeksi Peta)*. Bandung: Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Bandung.
- Purworaharjo, U. (1986). *Ilmu Ukur Tanah Seri A Pengukuran Tinggi*. Bandung: Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Bandung.
- Purworaharjo, U. (1986). *Ilmu Ukur Tanah Seri B Pengukuran Horisontal*. Bandung: Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Bandung.
- Purworaharjo, U. (1986). *Ilmu Ukur Tanah Seri C Pemetaan Topografi*. Bandung: Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Bandung.
- Surkad, K. (2017, 7 18). *KK Survei dan Kadaster*. Diambil kembali dari <http://fitb.itb.ac.id/kk-survei-dan-kadaster/>.
- Wongsotjitro. (1980). *Ilmu Ukur Tanah*. Yogyakarta: Kanisius.

INDEKS

A

akurasi · 1
alat ukur · 23, 25, 30, 34, 37, 40,
50, 59, 63, 126
As-built survei · 1
aspek · 1
aspek matematik · 1

B

bangunan · 2, 24
basis data · 2
bentuk permukaan bumi · 1, 3, 4
bidang datar · 1, 3, 4, 15, 82
bidang ekuipotensial · 15
bidang geoid · 15, 16
bidang kerucut · 15
bidang melengkung · 1
bidang nivo · 15, 43, 61
bidang proyeksi · 15
bidang silinder · 15

C

citra fotografis · 2

D

data teknik · 2
derajat · 1, 27, 115, 125
deskripsi · 1, 7
dumpy level · 23, 24, 59, 61

E

elipsoida · 1, 13, 15, 82
equipotensial · 3
Eratosthenes · 3

F

fisika · 1

G

gambar rencana · 2
gaya · 15
gaya berat · 15
gelombang elektromagnetik · 2
Geodetic Surveying · 1
geometrik · 15, 16

H

horisontal · 2, 82, 122, 127, 128

I

ilmu · 1, 2, 3, 5, 7, 44
ilmu Geodesi · 3
ilmu pengetahuan · 1, 7
implementasi · 2
Indonesia · 15, 22, 78
informasi · 2, 4, 17, 63
interpretasi · 2

K

komputasi · 3
konstruksi · 1, 28, 29
koordinat · 2, 3, 9, 10, 11, 12, 13,
14, 15, 16, 22, 39, 82, 89, 95,
106, 108, 109, 121, 122, 125,
130, 132
koordinat bidang datar · 15
koordinat ellipsoid referensi · 15

L

landasan statif · 59
level surface · 15

M

manajemen · 2
manipulasi matematis · 3
matematik · 13, 16

matematika · 1
metode · 2, 3, 7, 8, 47, 80, 82, 83,
122, 123, 124, 125, 127, 132
metode fotogrametris · 2, 7
metode pemetaan · 2
metode penginderaan jauh · 2, 7
metode pengukuran · 2
metode terestris · 2, 3, 7

N

nivo · 27, 30, 34, 36, 39, 40, 41,
42, 43, 44, 47, 56, 57, 58, 59,
60, 61, 68, 126
nivo kotak · 30, 34, 36, 48, 59, 61,
126
nivo tabung · 27, 30, 34, 36, 47,
56, 57, 59, 61

P

paralel · 59
pedoman · 2, 61
pemetaan · 1, 2, 3, 7, 15, 16, 22,
24, 125
pemetaan bumi · 2
pemodelan fisik · 3
pemodelan matematis · 3
penelitian · 42
penentuan batas tanah · 2
pengamatan · 2, 24, 44, 126
pengembangan lahan · 2
pengetahuan · 2
pengukuran · 1, 2, 3, 7, 12, 14, 15,
19, 20, 23, 24, 25, 26, 28, 37,
39, 40, 41, 43, 44, 45, 46, 47,
48, 49, 50, 51, 52, 63, 65, 67,
69, 71, 72, 74, 80, 81, 82, 83,

95, 124, 125, 126, 127, 128,
132
pengungkit teropong · 58, 59, 61
penyetelan · 37, 61
peralatan · 1, 2, 20, 125
perencanaan · 1, 7, 24, 128
permukaan bumi · 1, 2, 3, 4, 5, 8,
15, 16, 17, 82, 125
permukaan laut · 3
permukaan tanah · 1, 7
pesawat ungit · 59
peta · 2, 3, 4, 13, 15, 16, 17, 20, 82
peta navigasi · 2
posisi · 1, 7, 25, 31, 34, 35, 36, 38,
46, 51, 57, 59, 71, 80, 82, 95,
122, 123, 125
posisi relatif · 1, 7
potensi gravitasi · 3
praktik geodesi · 16
prosedur · 2
proses perekaman · 2
pusat ellipsoida · 16

R

rekaman gambar · 2
rotasi bumi · 16

S

sekrup · 27, 28, 29, 30, 36, 59, 61
sensor · 2, 29
sistem koordinat · 9, 10, 11, 12,
13, 14, 15, 22, 82
sistem koordinat proyeksi · 15, 22
sistem koordinat UTM · 15, 22
sistem pemetaan nasional · 15, 22
soket · 59

sumber daya · 2
sumbu · 4, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 14,
16, 18, 25, 27, 28, 29, 30, 48,
51, 53, 56, 57, 58, 59, 61, 127,
128
survei · 1, 3, 26, 39, 76, 133
surveying · 1, 2, 8
surveying bidang datar · 1, 8
surveying geodetik · 1, 8

T

teknologi · 1, 2, 4, 125
tilting level · 48, 59
titik kontrol · 2, 3
tradisional · 1
tribach · 59

U

Universal Transverse Mercator
(UTM) · 15, 22
unsur alam · 1
unsur buatan manusia · 1

V

variabel · 3
vertikal · 2, 3, 32, 38, 39, 45, 46,
48, 50, 51, 53, 59, 63, 80, 125,
127, 128

W

wahana · 2

LAMPIRAN

DOKUMENTASI PEMETAAN TERESTRIS



Proses *Centring*



Membidik ke Arah Target Ukur



Pengukuran Detail Situasi



Penegakkan Rambu Ukur



Juru Ukur Berkolaborasi dengan Tim Pencatat Ukuran



Pengukuran Susur Sungai



Pengukuran KDH menggunakan ETS (1)



Pengukuran KDH menggunakan ETS (2)



Pekerjaan Pembuatan Jalan (1)



Pekerjaan Pembuatan Jalan (2)

PROFIL PENULIS I

Dr. Nanin Trianawati Sugito, S. T., M. T., lahir di Magetan pada tanggal 3 April 1983 dan menempuh pendidikan mulai dari jenjang S1 hingga S3 di Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika ITB. Penulis adalah seorang Dosen di Universitas Pendidikan Indonesia dengan pengalaman lebih dari 14 tahun sebagai pendidik pada tiga Program Studi di Fakultas Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial, Universitas Pendidikan Indonesia, yaitu: S1 Pendidikan Geografi, S1 Sains Informasi Geografi, dan D4 Survei Pemetaan dan Informasi Geografis. Penulis aktif dalam kegiatan penelitian dan publikasi yang terkait dengan nilai tanah dan bergabung dalam asosiasi profesi Ikatan Surveyor Indonesia (ISI) dan Ikatan Geografi Indonesia (IGI). Penulis berperan dalam Kelompok Bidang Keilmuan Geografi Teknik yang sejalan dengan latar belakang Pendidikan, yaitu Teknik Geodesi dan Geomatika. Mata Kuliah yang penulis ampu berkaitan erat dengan pemetaan dan informasi geografis. Begitu pun kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat yang dilakukan selalu sejalan dengan bidang keahlian penulis.

PROFIL PENULIS II

Ihwan Fauzi, S. T., M. T., lahir di Bandung pada tanggal 25 September 1982 dan telah menempuh pendidikan mulai dari jenjang S1 di Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika ITB dan S2 di Program Studi Magister Sistem Teknik Jalan Raya ITB. Saat ini, Penulis merupakan Widyaiswara di Balai Pengembangan Kompetensi PUPR Wilayah IV Bandung. Pada tahun 2014 sampai dengan tahun 2022, Penulis aktif sebagai seorang peneliti dan perekayasa di Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan Bandung. Asosiasi profesi yang diikuti diantaranya adalah Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia (HPJI), Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia (HATTI), dan Asosiasi Profesi Widyaiswara Indonesia (APWI). Sejak tahun 2021 hingga saat ini, penulis aktif sebagai narasumber dalam pelatihan dan sertifikasi Juru Ukur Tambang di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Geologi dan Mineral Batubara (PPSDM Geominerba).

PROFIL PENULIS III

Asri Ria Affriani, S. T., M. T., lahir di Kulon Progo pada tahun 1992, dan telah menempuh sekolah jenjang Magister di Teknik Geomatika, Universitas Gadjah Mada di tahun 2016. Saat ini, penuli merupakan seorang dosen tetap di Program Studi D4 - Survei Pemetaan dan Indormasi Geografis, S-1 Sains Informasi Geografi, dan S1 - Pendidikan Geografi, di Fakultas Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial, Universitas Pendidikan Indonesia. Dalam kegiatan pengajaran, penulis mengampu mata kuliah konsentrasi survei pemetaan. Penulis juga aktif dalam kegiatan penelitian dan pengabdian masyarakat bidang survei pemetaan skala nasional maupun internasional. Penulis aktif berkolaborasi dengan instansi pemerintah maupun swasta untuk mengembangkan kemampuan dalam bidang teknologi survei pemetaan.

PROFIL PENULIS IV

Muhammad Ihsan, S. T., M. T., lahir pada tanggal 28 Mei 1991 di Kota Padang, dan menempuh Pendidikan sarjana (S-1) di Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Institut Teknologi Bandung pada tahun 2014. Pendidikan magister (S-2) di Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Institut Teknologi Bandung pada tahun 2016. Saat ini, penulis merupakan dosen tetap di S-1 Program Studi Pendidikan Geografi, S-1 Sains Informasi Geografi, dan D4 - Survei Pemetaan dan Informasi Geografi di Fakultas Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial, Universitas Pendidikan Indonesia. Selama proses pengajaran tersebut, Penulis mengampu mata kuliah Oseanografi, Survei Pemetaan, Fotogrametri, Hidrografi, dan CAD untuk Pemetaan. Dalam perjalanan karirnya, Penulis berperan sebagai *staff* teknik pada *Project* Pembangunan Bendung Pengalih Rababaka, oleh PT. Nindya Karya (Persero). Penulis telah mengikuti berbagai pelatihan lapangan di bidang survei dan pemetaan, serta aktif dalam kegiatan profesional dalam bidang survei terestris, GNSS, dan fotogrametri.