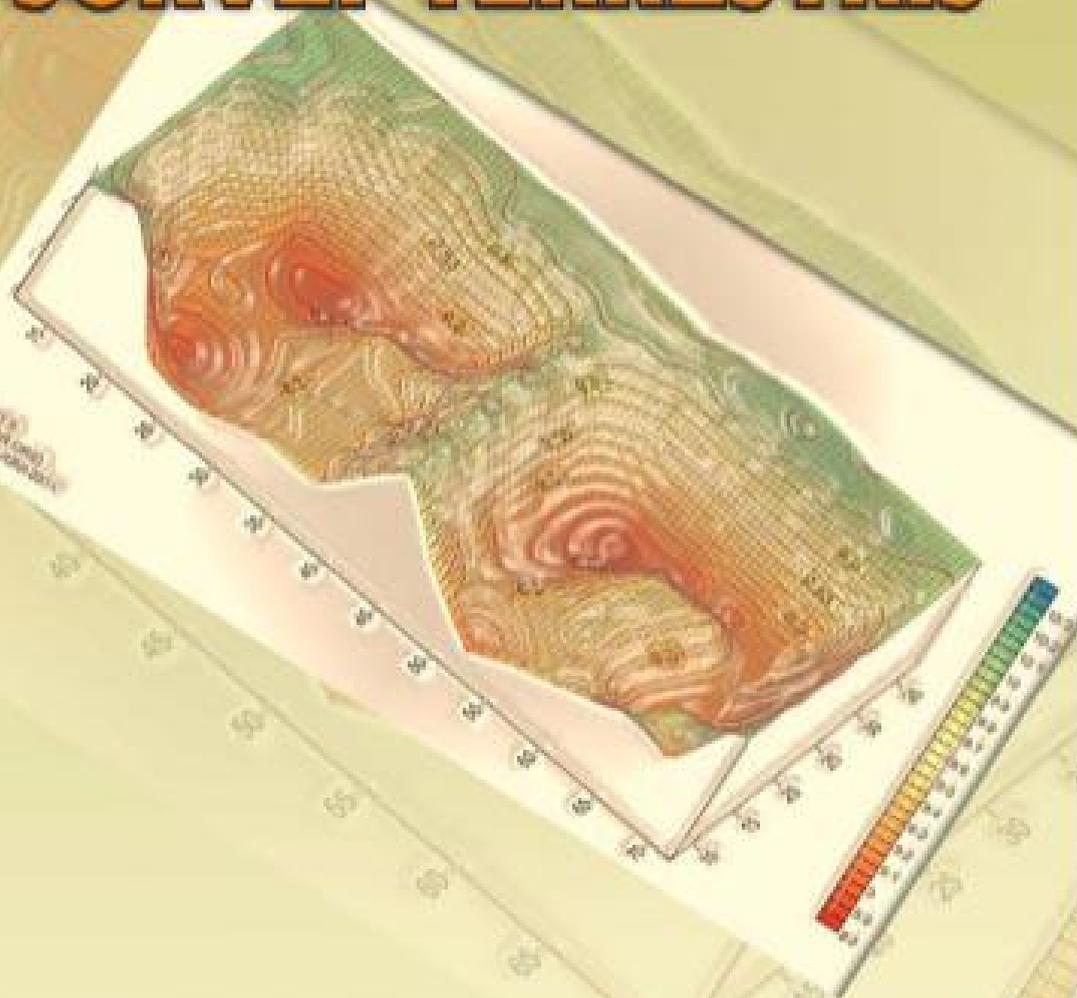




Oleh :
Ferry Sobatnu, S.T., M.T.

SURVEI TERRESTRIS



Diterbitkan Atas Kerjasama
Deepublish dengan Politeknik Banjarmasin



Survei Terrestri

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Survei Terrestris

Ferry Sobatnu, S.T. M.T.



SURVEI TERRESTRIS

Penulis :
Ferry Sobatnu

ISBN :
978-602-53458-3-8

ISBN Elektronis:
978-602-53458-8-3

Tata Letak :
Nurul Fatma Subekti

Penerbit :
POLIBAN PRESS
Cetakan Pertama, 2018

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit

Redaksi :
Politeknik Negeri Banjarmasin, Jl. Brigjen H. Hasan Basry,
Pangeran, Komp. Kampus ULM, Banjarmasin Utara
Telp : (0511)3305052
Email : press@poliban.ac.id

Dicetak oleh :
PERCETAKAN DEEPUBLISH
Jl.Rajawali, G. Elang 6, No 3, Drono, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman
Jl.Kaliurang Km.9,3 – Yogyakarta 55581
Telp/Faks: (0274) 4533427
Website: www.deepublish.co.id
www.penerbitdeepublish.com
E-mail: cs@deepublish.co.id

Katalog Dalam Terbitan (KDT)
Ferry Sobatnu—Cet. 1. — Survei Terrestri: Poliban Press, 2018.

viii; 129 hlm.; 15.5 x 23 cm

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan penyertaan Nya, buku ajar ini dapat diselesaikan dengan baik. Ketersediaan buku ajar ini sebagai instrumen pendamping bagi pengajar di Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Banjarmasin terkhusus pengajar mata kuliah ukur tanah pada kelompok keahlian survei dan pemetaan. Di samping itu, buku ini dapat juga digunakan oleh mahasiswa sebagai salah satu literatur dalam memperkuat pemahaman terhadap keilmuan yang menjadi bekal di dunia kerja di masa mendatang.

Buku Ajar ini disusun berdasarkan keilmuan dan pengalaman penulis dari sekolah menengah kejuruan sampai perguruan tinggi dan di dunia kerja lebih dari 10 tahun baik sebagai pengajar maupun praktisi. Survei Terrestri merupakan teknik atau metode pengukuran yang diterapkan oleh para surveyor secara langsung di muka bumi. Isi di dalam buku ajar ini disusun secara terukur untuk ketercapaian kompetensi pembelajaran di kelas dan selaras dengan kurikulum berbasis vokasi.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan dan kesempatan penulis untuk membuat buku ajar ini. Semoga buku ajar ini dapat diterima dan bermanfaat bagi banyak orang.

Banjarmasin, Oktober 2018.

Penulis,

ttd,

F. Sobatnu

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
Bagian 1.....	1
UKUR TANAH	
1.1 Definisi.....	1
1.2 Arti Penting.....	1
1.3 Tugas Juru Ukur (Surveyor).....	2
1.4 Sejarah Singkat Pengukuran Tanah.....	3
1.5 Jenis-jenis Pengukuran.....	3
1.6 Sasaran Keahlian Profesi.....	4
1.7 Dasar-dasar Ukuran.....	4
1.8 Penentuan Letak Suatu Titik.....	7
1.9 Skala.....	8
1.10 Konversi Harga Sudut.....	9
1.11 Soal Pelatihan.....	11
Bagian 2.....	12
PENGUKURAN JARAK	
2.1 Mengukur Jarak.....	12
2.2 Peralatan Ukur Jarak.....	13
2.3 Macam Pengukuran Jarak Menurut Perolehannya.....	14
2.3.1 Jarak Langsung.....	14
2.3.2 Jarak Optis.....	16
2.3.3 Jarak Elektronik.....	20
2.4 Membuat Garis Siku di Lapangan.....	21
2.5 Soal Pelatihan Pengukuran Jarak.....	25
Bagian 3.....	26
PENGUKURAN SUDUT	
3.1 Mengukur Sudut.....	26

3.2	Alat Ukur Sudut Teodolit	27
3.2.1	Teleskop	30
3.2.2	Syarat Teodolit	34
3.2.3	Macam Teodolit	38
3.2.4	Penilaian Ketelitian Alat.....	41
3.2.5	Macam Kesalahan pada Teodolit.....	41
3.2.6	Pemeliharaan Alat	42
3.3	Pengukuran Sudut Mendatar (Horizontal).....	42
3.3.1	Cara Reiterasi	43
3.3.2	Cara Repetisi	46
3.4	Pengukuran Bearing dan Azimuth.....	46
3.5	Pengukuran Sudut Vertikal (Tegak)	47
3.5.1	Sistem Skala Lingkaran Vertikal	48
3.5.2	Prinsip Pengukuran Sudut Vertikal.....	49
3.6	Pembacaan Skala Lingkaran pada Teodolit.....	49
3.7	Peralatan Pendukung.....	54
3.8	Soal Pelatihan.....	56
Bagian 4.....	57	
SURVEI TOPOGRAFI		
4.1	Survei dan Pemetaan	57
4.1.1	Survei	57
4.1.2	Pemetaan	58
4.2	Dasar Pemetaan.....	58
4.3	Survei Topografi	59
4.3.1	Metode Pengukuran Topografi	60
4.3.2	Alur Kerja Pengukuran Topografi	61
4.4	Bench Mark (BM)	64
4.5	Kerangka Kontrol Horizontal	65
4.6	Poligon.....	66
4.6.1	Poligon Terbuka	67
4.6.2	Poligon Tertutup.....	69
4.6.3	Penyelesaian Poligon.....	70
4.6.4	Syarat Penempatan Titik Poligon	72

4.7	Kerangka Kontrol Vertikal	72
4.8	Sistem Referensi Bidang Vertikal	73
4.9	Macam-macam Pengukuran Tinggi.....	74
4.10	Pengukuran Tinggi dengan Alat Penyipat Datar	75
4.11	Pengukuran Sipat Datar Memanjang	79
4.12	Pengukuran Sipat Datar Profil.....	85
	4.12.1 Profil Memanjang	85
	4.12.2 Profil Melintang	87
	4.12.3 Penggambaran Profil	89
4.13	Pengukuran Sipat Datar Luas	91
4.14	Ketelitian Pengukuran Sipat Datar	92
4.15	Pengukuran Situasi	93
	4.15.1 Pengukuran Detail	94
	4.15.2 Penentuan Posisi Horizontal Detail	95
	4.15.3 Penentuan Posisi Vertikal Objek	96
	4.15.4 Data Ukuran	97
	4.15.5 Kerapatan Titik-titik Detail.....	97
4.16	Peralatan dan Bahan	98
4.17	Sumber Kesalahan dalam Pengukuran Topografi.....	100
4.18	Soal Pelatihan.....	100
Bagian 5.....		101
PENGGAMBARAN PETA		
5.1	Pengertian tentang Peta	101
5.2	Unsur dan Syarat yang Harus Dipenuhi Suatu Peta.....	102
5.3	Klasifikasi Peta	103
5.4	Skala Peta.....	104
5.5	Teknik Penggambaran.....	105
5.6	Penggambaran Titik Poligon Utama.....	106
5.7	Penggambaran Titik Poligon Cabang	109
5.8	Penggambaran Titik Detail.....	110
5.9	Penggambaran Garis Ketinggian (Kontur)	111
	5.9.1 Bentuk dan Sipat Kontur	112
	5.9.2 Interpolasi Kontur.....	113

5.9.3	Penggambaran Titik Tinggi (Spot Height).....	116
5.10	Penyelesaian Penggambaran	117
5.10.1	Informasi Tepi Peta	118
5.10.2	Tata Letak Informasi Tepi Peta	119
5.10.3	Informasi di Daerah Tepi Peta	119
5.10.4	Informasi di Daerah Batas	124
5.11	Soal Pelatihan.....	125
	DAFTAR PUSTAKA.....	126
	GLOSARIUM	127
	BIOGRAFI PENULIS.....	129

Bagian 1

UKUR TANAH

Capaian Pembelajaran:

1. Mengetahui definisi ukur tanah.
2. Memahami ruang lingkup profesi dan arti penting ukur tanah.
3. Mengetahui sejarah dan jenis pengukuran tanah.
4. Mengetahui dasar-dasar ukuran yang digunakan pada ukur tanah.
5. Mampu menghitung dengan satuan, besaran dan rumus dasar.
6. Mampu dengan baik menerapkan dasar ukuran guna menyelesaikan permasalahan di lapangan.

1.1 Definisi

Menurut (Wongsotjitra S., 1977) Ilmu ukur tanah adalah bagian rendah dari ilmu yang lebih luas dinamakan ilmu geodesi. Ilmu geodesi mempunyai dua maksud:

1. Maksud Ilmiah : Menentukan bentuk permukaan bumi.
2. Maksud Praktis : Membuat peta dari sebagian besar atau sebagian kecil permukaan bumi.

Menurut (Paul R. Wolf & Russell C. Brinker, 1986) Pengukuran tanah secara umum adalah disiplin ilmu yang meliputi semua metode untuk pengumpulan dan pemrosesan informasi tentang bumi dan lingkungan fisis (*Surveying*).

1.2 Arti Penting

Pengukuran tanah adalah salah satu seni paling tua dan terpenting yang dipraktikkan manusia, karena sejak dahulu kala sudah dirasakan perlunya menandai batas-batas dan pemetaan tanah. Ukur tanah menjadi sangat penting didasari dua alasan berikut ini.

1. Ukur tanah sebagai dasar cara hidup moderen.

Contoh:

- a. Menentukan bentuk bumi. (di atas atau di bawah permukaan laut).
 - b. Menyiapkan peta-peta navigasi untuk keperluan di udara, laut, dan darat.
 - c. Penentuan batas-batas pemilikan tanah pribadi dan tanah negara.
 - d. Mengembangkan bank data informasi tata guna tanah, sumber daya alam guna pengelolaan lingkungan hidup.
 - e. Menentukan fakta-fakta tentang ukuran, bentuk, gaya berat dan medan magnet bumi.
2. Ukur tanah sebagai dasar teknik rekayasa.
- Contoh aplikasi:
- a. Perencanaan/Merencanakan pekerjaan konstruksi (Rekayasa Sipil).
 - b. Rekayasa Militer.
 - c. Agronomi, Arkeologi, Astronomi, Kehutanan.
 - d. Geografi, Geologi dan Seismologi.

1.3 Tugas Juru Ukur (Surveyor)

1. Pengambilan keputusan
Pemilihan metode pengukuran, peralatan, pengikatan titik-titik sudut dsb.
2. Melakukan pekerjaan lapangan atau pengumpulan data
Melaksanakan pengukuran-pengukuran dan pencatatan data di lapangan.
3. Menghitung atau memproses data
Melaksanakan perhitungan data di lapangan guna memperoleh informasi tentang letak, luas, bentuk, volume, arah dan sebagainya.
4. Menggambar atau penyajian hasil
Melaksanakan pembuatan peta (pemetaan) berdasarkan data/informasi pengukuran dengan syarat dan metode tertentu.
5. *Staking out*/pematokan/pemancangan
Pemberian tanda akurat (patok, tugu) di lapangan berdasarkan hasil hitungan, gambar rencana teknis (*site plane*) guna pedoman dalam pekerjaan konstruksi (Pelaksanaan pembangunan fisik).

1.4 Sejarah Singkat Pengukuran Tanah

Ilmu ukur tanah dimulai di Mesir. Seorang bernama Herodotus (\pm 1400 tahun S.M) memerintahkan pemetaan-pemetaan tanah Mesir menjadi kapling-kapling untuk tujuan perpajakan. Pekerjaan dilakukan dengan tali yang diberikan tanda pada tiap satuan jarak. Para pemikir Yunani kuno mengembangkan ilmu ukur geometri murni dan menciptakan alat ukur pertama “Diopter” pada 120 tahun S.M. Sedangkan ilmuwan Romawi berawal dengan Juru ukur bernama Prontinus yang hidup pada abad pertama mengembangkan ilmu ukur dengan pemikiran bersifat praktis serta Instrumen yang rumit pun dibuat. Peradaban-peradaban kuno beranggapan bahwa bumi ini bidang datar tetapi dengan mengamati bayangan-bayangan bumi di bulan pada waktu gerhana bulan dan mengamati kapal berangsur-angsur menghilang bila berlayar ke arah horizon, lambat laun bahwa planet ini sebenarnya berbentuk melengkung ke segala arah. Sehingga menentukan ukuran dan bentuk sebenarnya dari bumi menjadi cita-cita manusia selama berabad-abad.

Pada \pm 220 tahun S.M seorang Yunani bernama Eratosthenes pertama kali menghitung dimensi bumi dengan cara berikut.

1. Menentukan sudut di hadapan busur meridian antara Syene – Alexandria di Mesir dengan mengukur posisi bayangan-bayangan matahari di kedua kota tersebut.
2. Panjang busur diperoleh berdasarkan perkalian, Jumlah hari-hari kafilah dengan jarak rata-rata yang ditempuh tiap hari antara kedua kota tersebut.

Hasil pengukuran sudut dan busur serta menerapkan geometri dasar Eratosthenes memperoleh keliling bumi adalah 25.000 mil = 40.234 Km.

1.5 Jenis-jenis Pengukuran

Berikut ini merupakan beberapa jenis pengukuran.

1. Pengukuran titik kontrol/ikat.
2. Pengukuran topografi.
3. Pengukuran persil, batas, dan kadastral.
4. Pengukuran hidrografi.

5. Pengukuran jalur lintas.
6. Pengukuran konstruksi.
7. Pengukuran purna-rancang (as-built survey).
8. Pengukuran tambang.

1.6 Sasaran Keahlian Profesi

Seorang Juru Ukur Profesional (berlisensi) harus memiliki pengetahuan yang dalam tentang:

1. matematika terutama geometri dan trigonometri, hitungan diferensial-integral;
2. pengertian kuat terhadap teori pengukuran, instrumen dan metode-metode dalam bidang geodesi, fotogrametri, penginderaan jauh, kartografi dan komputer;
3. ilmu ekonomi (manajemen proyek dan kantor);
4. geografi, geologi, astronomi;
5. pemahaman undang-undang pertanahan (agraria);
6. pembuatan peta yang benar dan rapi;
7. terikat dengan kode etik profesional.

1.7 Dasar-dasar Ukuran

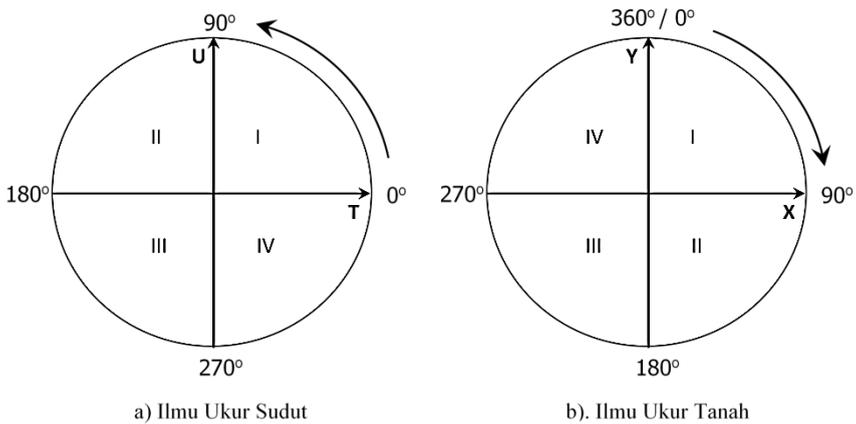
Berikut akan diuraikan ukuran yang digunakan dalam ilmu ukur tanah. **Panjang**, sebagai dasar ukuran panjang menggunakan **Meter/Metric** (m) Standar Internasional yaitu:

- 1000 m = 1 Km (Kilometer)
 100 m = 1 Hm (Hectometer)
 10 m = 1 Dam (Decameter)
 0.1 m = 1 Dm (Decimeter)
 0.01 m = 1 Cm (Centimeter)
 0.001 m = 1 mm (Millimeter)

Luas, sebagai dasar ukuran luas yaitu:

- 1 m² = 1 a (are) = 1 Petak
 1 Ha = 100 m x 100 m = 10.000 m²
 1 Km² = 10⁶ m² = 1.000.000 m²

Sudut, dasar untuk menyatakan besarnya sudut (β) ialah lingkaran yang dibagi dalam empat bagian yang dinamakan **Kuadran**. Adapun sistem pembagian kuadran dapat dilakukan dengan dua cara berikut ini.



Gambar 1.1. Sistem Pembagian Kuadran

Sedangkan untuk menentukan ukuran sudut di dalam satu lingkaran dapat dilakukan dengan tiga cara adalah sebagai berikut.

1. Cara *Seksagesimal*, yaitu membagi lingkaran dalam 360 bagian yang dinamakan derajat ($^{\circ}$) sehingga:
 - 1 kuadran bernilai 90 derajat
 - 1 derajat di bagi dalam 60 menit
 - 1 menit di bagi dalam 60 second/detik
 - penulisannya menjadi $1^{\circ} = 60' = 3600''$ dan $1' = 60''$
2. Cara *Sentisimal*, yaitu membagi lingkaran dalam 400 bagian, dan satu kuadran mempunyai 100 bagian yang dinamakan Grade ($^{\circ}$), sehingga:
 - 1 Grade = 100 Centigrade
 - 1 Centigrade = 100 Centi-centigrade
 - penulisannya menjadi $1^G = 100^c = 10.000^{cc}$ dan $1^c = 100^{cc}$
3. Cara *Radial*, menyatakan keliling lingkaran ada $2\pi r$, maka satu lingkaran mempunyai sudut sebesar:

$$\frac{2\pi \cdot r}{r} = 2\pi \text{ radial.}$$

Maka hubungan ketiga cara tersebut untuk menyatakan sudut dalam satu lingkaran dapat ditulis:

$$2\pi \text{ radial} = 360^\circ = 400^G$$

Dari hubungan tersebut maka dapat ditentukan harga satuan dan ditulis sebagai berikut.

1. Radial ke Seksagesimal.

$$\frac{360^\circ}{2\pi} = \frac{360 \times 60'}{2\pi} = \frac{360 \times 60 \times 60''}{2\pi}$$

$$\text{rad} = 57^\circ,29577951$$

$$\text{rad} = 3437',746771$$

$$\text{rad} = 06264'',8062$$

2. Radial ke Sentisimal.

$$\frac{400^G}{2\pi} = \frac{400 \times 100^c}{2\pi} = \frac{360 \times 100 \times 100^{cc}}{2\pi}$$

$$\text{rad} = 63^G,66197724$$

$$\text{rad} = 6366^c,197724$$

$$\text{rad} = 636619^{cc},7724$$

3. Sentisimal ke Seksagesimal

$$360^\circ / 400^G = \left(\frac{360 \times 60'}{400^G} \right) / 100^c = \left(\frac{360 \times 60 \times 60''}{400^G} \right) / 100^2$$

$$1^G = 0^\circ, 9$$

$$1^c = 0', 54$$

$$1^{cc} = 0'', 324$$

4. Seksagesimal ke Sentisimal

$$400^G / 360^\circ = \left(\frac{400 \times 100^c}{360^\circ} \right) / 60' = \left(\frac{400 \times 100 \times 100^{cc}}{360^\circ} \right) / 60^2$$

$$1^\circ = 1^g, 111111111$$

$$1' = 1^{\circ}, 851851852$$

$$1'' = 3^{\text{cc}}, 086419753$$

1.8 Penentuan Letak Suatu Titik

Variabel mendasar yang diperlukan untuk menyatakan suatu titik di lapangan adalah:

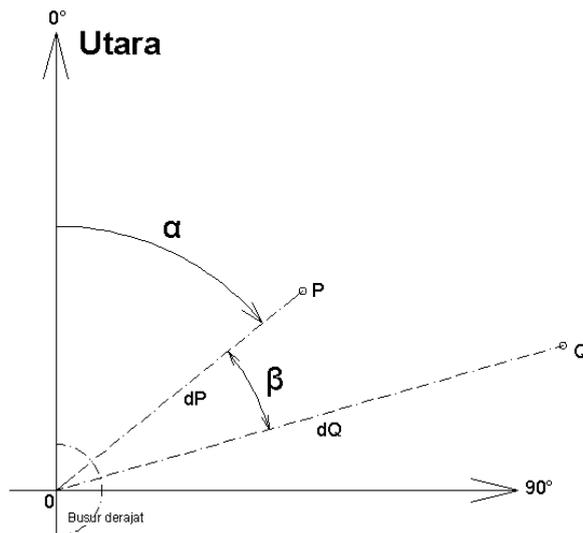
1. *jarak*;
2. *sudut jurusan (α) atau biasa dinamakan azimuth.*

Dalil dari kedua variabel tersebut adalah:

1. jarak terbentuk oleh dua titik yang berbeda letak;
2. sudut terbentuk oleh dua arah yang berbeda;
3. sudut jurusan terbentuk dari arah referensi (utara) terhadap titik jurusan atau target.

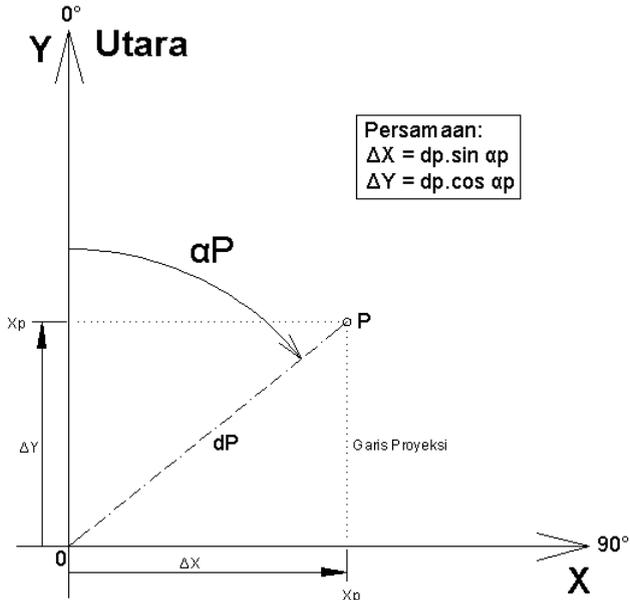
Prinsip yang dapat diberikan untuk menjelaskan penentuan letak titik adalah dengan:

1. Logika Busur Derajat



Gambar 1.2. Penentuan Letak Titik dengan Busur Derajat.

2. Sistem Proyeksi Orthogonal



Gambar 1.3. Penentuan Letak Titik dengan Proyeksi Orthogonal pada Sistem Salib Sumbu

1.9 Skala

Skala adalah perbandingan jarak di atas kertas dengan jarak yang sama di lapangan.

1. Misal diketahui jarak antar dua titik di atas kertas = 1 cm dan jarak sebenarnya di lapangan = 1 km, maka skala yang ditulis adalah:

$$1 \text{ cm} : 1 \text{ km} = 1 \text{ cm} : 100.000 \text{ cm}$$

atau,

$$1 : 100.000$$

2. Misal diketahui skala yang digunakan adalah 1 : 25.000 pada pengukuran jarak antara dua titik di kertas sebesar 10,5 cm, maka jarak tersebut di lapangan adalah:

$$25.000 \times 10,5 \text{ cm} = 262,500 \text{ cm} = 2,625 \text{ Km}$$

Untuk menyatakan skala umum dilakukan dengan dua cara yaitu:

- a. Cara Numerik
 Contoh: 1: 25.000
 1: 50.000
 1: 100.000
- b. Cara Grafis
 Contoh: Skala Bar



Gambar 1.4. Skala Bar Secara Grafis

Untuk kepentingan pemetaan biasanya skala dinyatakan dua cara tersebut sekaligus pada tiap lembar peta. Dan untuk kepentingan teknis digunakan skala besar seperti berikut.

- 1 : 1.000
 1 : 5.000
 1 : 10.000
- } — Skala Besar

1.10 Konversi Harga Sudut

1. Konversi ke harga Sentisimal jika diketahui harga Seksagesimal
 $332^{\circ} 28' 09''$

Penyelesaian:

$332^{\circ} 28' 09''$

$$332^{\circ} \times 1^G,111111111 = 368^G,88.889$$

$$28' \times 1^c,851851852 = 0,51.852$$

$$09'' \times 3^{cc},08641975 = \underline{0,00.278}$$

$$332^{\circ} 28' 09'' = 369^G,41.019$$

atau,

$$\frac{332^{\circ} 28' 09''}{360^{\circ}} \times 400^g = 369^G,41.019$$

2. Konversi ke harga Seksagesimal jika diketahui harga Sentisimal
 $369^G,41019$

Penyelesaian:

$369^G \times 0^{\circ},9$	$=$	332°	$06'$	$00''$	}	Tiap hasil pengalihan di derajatkan (shift o'')
$41^c \times 0',54$	$=$	000°	$22'$	$19''$		
$09^{cc} \times 0'',324$	$=$	000°	$00'$	$2916''$		
$369^G,41.019$	$=$	332°	$28'$	$09''$		

atau

$$\frac{369^G,41019}{400^G} \times 360^{\circ} = 332^{\circ} 28' 09''$$

3. Konversi ke Radial jika diketahui harga Sentisimal $78^G,4921$
Penyelesaian:

$$\left(\frac{78^g}{2\pi}\right) / 100 = 1,2252211$$

$$\left(\frac{49^c}{2\pi}\right) / 100^2 = 0,0076969 \text{ atau,}$$

$$\frac{78^g,4921}{400^g} \times 2\pi$$

$$\left(\frac{21^{cc}}{2\pi}\right) / 100^3 = 0,0000330$$

$$78^G,4921 = 1,232.951 \text{ rad}$$

4. Konversi ke Radial jika diketahui harga Seksagesimal $67^{\circ} 19' 48''$
Penyelesaian:

$$\left(\frac{67^{\circ}}{360^{\circ}}\right) \times 2\pi = 1,169370599$$

$$\left(\frac{19'}{360 \times 60'}\right) \times 2\pi = 0,0055269 \text{ atau,}$$

$$\frac{67^{\circ}19'48''}{360^{\circ}} \times 2\pi$$

$$\left(\frac{48''}{360 \times 60 \times 60''}\right) \times 2\pi = 0,0002327$$

$$67^{\circ} 19' 48'' = 1,1751302 \text{ rad}$$

5. Jika diketahui jarak sesungguhnya antara 2 titik di lapangan 115,5 m dan skala yang digunakan 1 : 25.000, maka jarak tersebut di kertas adalah:

Maka,

$$dk = \frac{115,5}{25000} = 4.62^{-3} \text{ m} \times 100 = \mathbf{0,462 \text{ cm}}$$

$$1 : 100 \sim 1 \text{ cm} = 100 \text{ cm} = 1 \text{ m}$$

$$\frac{1}{100} \times 100$$

$$1 : 25000 \sim 1 \text{ cm} = 25000 \text{ cm} = 250 \text{ m}$$

$$\frac{1}{100} \times 25000 \text{ di balik } \frac{250}{25000} \times 100 = 1 \text{ cm}$$

1.11 Soal Pelatihan

1. Sebutkan dan jelaskan cara menentukan ukuran sudut dalam 1 lingkaran!
2. Sebutkan dan jelaskan variabel utama, dalil serta prinsip menentukan letak suatu titik di lapangan!
3. Sebutkan dan berikan contoh masing-masing cara menyatakan Skala!
4. Jika diketahui jarak sesungguhnya antara 2 titik di lapangan 217,50 m dan skala yang digunakan 1 : 25.000, maka tentukan jarak tersebut di kertas?
5. Konversikan harga-harga segsagesimal, sentisimal, radial (*siapkan angka baru).

Bagian 2

PENGUKURAN JARAK

Capaian Pembelajaran:

1. Memahami cara perolehan jarak.
2. Mampu membuat garis siku di lapangan.
3. Mampu mengukur jarak secara langsung.
4. Mampu mengukur jarak secara optis.
5. Mampu mengukur jarak secara elektronis.

2.1 Mengukur Jarak

Di dalam pekerjaan pengukuran menentukan nilai jarak merupakan hal yang paling mendasar dengan kata lain hampir setiap pekerjaan pengukuran selalu menitikberatkan pada ketelitian menentukan jarak. Jarak adalah nilai ukuran antar 2 (dua) titik/posisi yang berbeda letaknya. Pemahaman jarak terbagi 3 (tiga) yaitu sebagai berikut.

1. Jarak Mendatar (Horizontal)

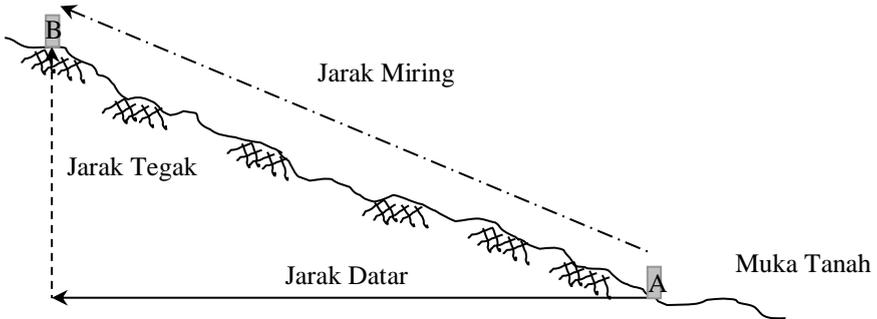
Jarak mendatar adalah jarak langsung di lapangan yang sejajar garis horizontal dan tegak lurus terhadap garis gaya berat bumi (gravitasi). Dengan demikian jarak mendatar biasa pula disebut jarak horizontal.

2. Jarak Miring

Jarak miring dapat dipahami adalah jarak langsung di lapangan yang tidak sejajar garis horizontal.

3. Jarak Tegak (Vertikal)

Jarak tegak adalah jarak langsung di lapangan yang sejajar garis Vertikal atau garis gaya berat bumi (gravitasi). Jarak tegak dapat dipahami sebagai nilai ketinggian (Elevasi) pada letak tertentu yang diukur dari bidang referensi nol meter.



Gambar 2.1. Garis Bidang Pengukuran Jarak

2.2 Peralatan Ukur Jarak

Peralatan pengukuran jarak memiliki tingkatan ketelitian yang berbeda satu dengan lainnya yang langsung dapat dibandingkan dengan jelas penggunaannya. Peralatan pengukuran jarak tersebut di antaranya adalah:

1. mistar ukur (bahan: kayu, baja, aluminium, plastik/viberglass);
2. pita ukur/roll meter (bahan: kain, sintetis, baja);
3. mekanis analog/semi digital;
4. alat optik konvensional sampai dengan EDM (Electronic Distance Measurement).



Gambar 2.2. Alat Pengukur Jarak

Tabel 2.1. Tingkat Ketelitian Alat Ukur

Nama Peukur	Panjang (meter)	Tingkatan		
		Besar	Menengah	Kecil
1. Mistar Kayu	1;2	10 mm	5 mm	1 mm
2. Pita Baja Saku	2;3;5	10 mm	5 mm	1 mm
3. Pita Baja	10;20;30	10 mm	5 mm	1 mm
4. Pita Sintetik	10;20;30;50;100	100 mm	50 mm	10 mm

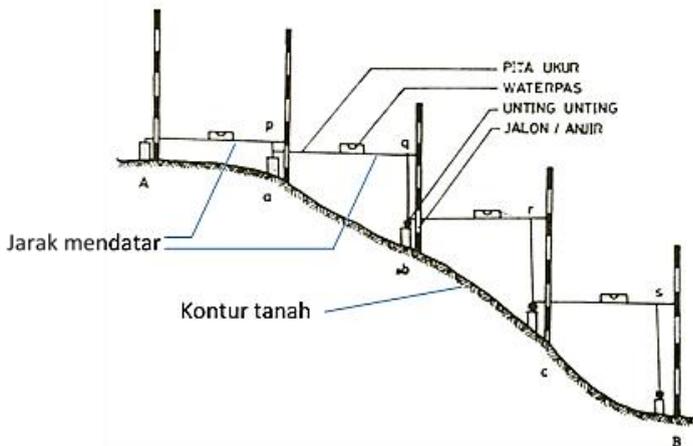
Selain peralatan jarak di atas terdapat pula peralatan pendukung lainnya yaitu rambu dan pen ukur. Fungsi peralatan ini adalah sebagai tanda di lapangan, bila pengukuran jarak tersebut lebih panjang dari peralatan pengukuran itu sendiri atau pada saat pengukuran dibutuhkan pembagian ruas tertentu.

2.3 Macam Pengukuran Jarak Menurut Perolehannya

2.3.1 Jarak Langsung

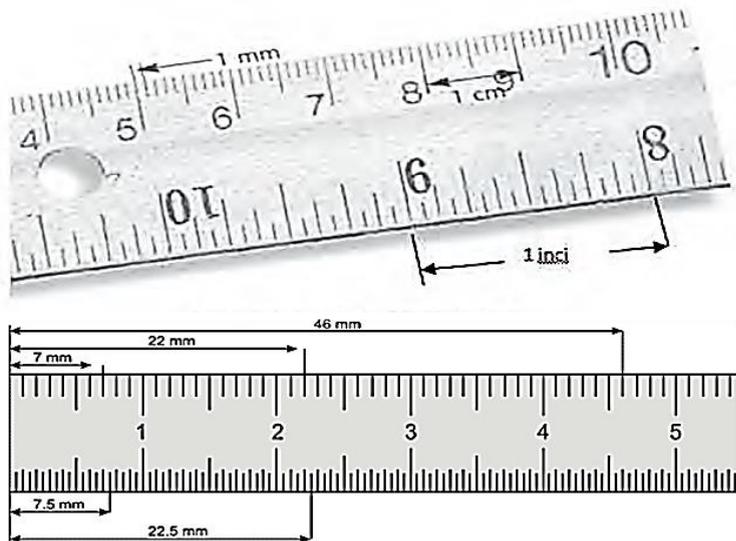
Jarak antara dua buah titik di permukaan bumi yang diukur secara langsung dengan menggunakan pita ukur, rantai ukur, mistar ukur.

1. Pita ukur harus diregangkan dan tidak kendur.
2. Jarak yang diukur adalah jarak yang mendatar yaitu, mengukur jarak tidak mengikuti kontur permukaan.



Gambar 2.3. Pengukuran Jarak Mendatar

3. Baca dan catat nilai jarak yang diperoleh antara dua titik dengan memperhatikan garis awal skala nol meter pada pita ukur.



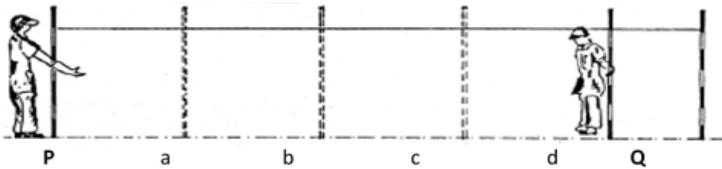
Gambar 2.4. Pembacaan Skala Pita Ukur

4. Jika pita ukur tidak mencukupi maka gunakan teknik pelurusan.

Pelurusan dilakukan apabila pengukuran tidak dapat dilakukan dengan sekali bentang sekali membentangkan pita ukur karena jarak yang diukur melebihi panjang pita ukur dan atau permukaan tanah tidak mendatar, sehingga jarak tersebut perlu dibagi per slag (per potongan pendek) dan pita ukur dapat ditarik hingga mendatar seperti pada gambar 2.3.

Teknik pelurusan harus diketahui dua buah titik ujungnya dan merupakan tanda yang jelas sehingga mudah untuk dikenal di lapangan. Pada umumnya tanda yang dipergunakan adalah Rambu. Agar garis lurus yang dibuat terlihat dengan jelas maka dibutuhkan titik-titik perantara yang diletakkan segaris sedemikian rupa di antara kedua titik ujung tersebut. Seperti yang terlihat pada gambar 1.5 ini,

untuk membuat titik a, b, c, berada segaris dengan titik **PQ** maka dalam hal ini membutuhkan dua orang pekerja.



Gambar 2.5. Teknik Pelurusan di Lapangan

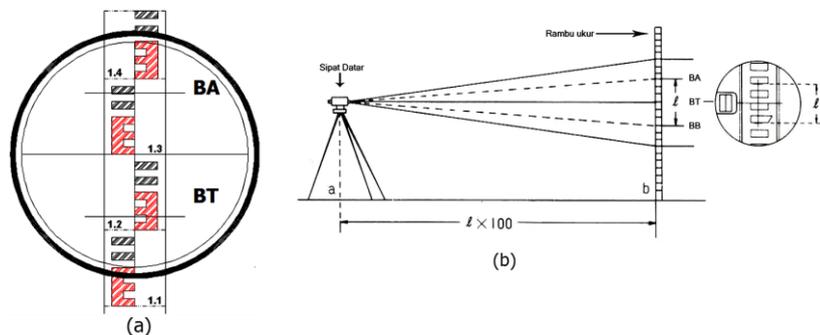
- a. Pertama-tama tancapkan rambu pada titik P dan Q yang sudah ditentukan.
- b. Orang pertama berdiri di sebelah kiri titik P atau dibelakang titik P bila memandang ke arah titik Q dengan jarak ± 1 meter.
- c. Orang yang kedua membawa beberapa rambu dan berdiri di sisi luar garis PQ, kemudian dengan mengikuti aba-aba dari orang pertama rambu akan ditancapkan pada titik a oleh orang kedua.
- d. Rambu yang akan ditancapkan ke tanah di pegang dengan ibu jari dan jari telunjuk harus di geser sedemikian rupa sehingga rambu **PaQ** terlihat berimpit menjadi satu rambu **P** bila dipandang oleh orang pertama.
- e. Cara menentukan titik a yang dijelaskan tersebut, kemudian diulang kembali untuk titik b, c dan seterusnya sesuai dengan keperluan.

2.3.2 Jarak Optis

Pengukuran jarak optis dilakukan dengan menggunakan instrumen (alat) berupa Teleskop yang memiliki sistem susunan lensa sedemikian rupa dan dilengkapi dengan visir berupa garis diafragma.

1. Pengukuran Jarak secara Optis dengan Teropong Horizontal
 - a. Pertama-tama tentukan letak titik-titik yang akan diukur. Dalam hal ini tentukan dua titik A dan B di lapangan, kemudian tempatkan alat di atas titik A dengan bantuan pendulum (unting-unting).

- b. Atur kedudukan alat pada kondisi mendatar sehingga memenuhi syarat melakukan pengukuran.
- c. Tempatkan Rambu ukur di atas titik B pada kedudukan benar-benar vertikal dengan bantuan nivo rambu.
- d. Bidik teropong ke arah rambu, baca dan catatlah skala rambu. Dalam hal ini terdapat tiga data yang harus dibaca yaitu: Benang Tengah (BT), Benang Atas (BA), Benang Bawah (BB) seperti pada gambar 2.6.(a).
- e. Dari ketiga bacaan tersebut dapat ditentukan jarak secara optis antara alat dengan rambu yang di bidik yaitu sebesar $L \times 100$ seperti terlihat pada gambar 2.6.(b).



Gambar 2.6. Pembidikan dan Pembacaan Rambu Ukur Teropong Horizontal

- a. Dari gambar 2.6 terlihat nilai bacaan:

$$BT = 1.300$$

$$BA = 1.382$$

$$BB = 1.218$$

$$\text{Jarak } ab = L \times 100$$

$$= (\mathbf{BA-BB}) \times \mathbf{100} \tag{2.1}$$

$$D_{ab} = (1.382 - 1.218) \times 100$$

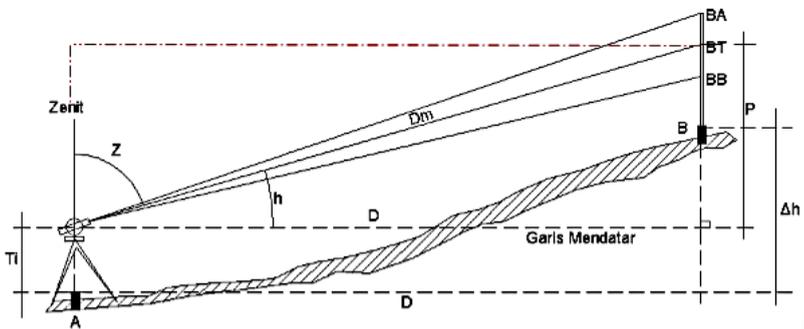
$$= 16.4 \text{ meter}$$

2. Pengukuran Jarak secara Optis dengan Teropong Tidak Horizontal

Seperti kondisi pada gambar 2.7 ini, dapat ditentukan jarak secara Optis. Jarak yang dapat diperoleh dalam hal ini yaitu jarak miring. Jarak miring (D_m) adalah nilai kemiringan garis bidik terhadap target sehingga teropong tidak horizontal. Dengan demikian dapat dibayangkan suatu segitiga yang terbentuk terhadap sudut miring. Dari kondisi tersebut maka diperoleh persamaan sebagai berikut.

$$D_m = (B_a - B_b) \times 100 \cdot \sin Z \quad \text{Jarak miring dengan sudut Zenit}$$

$$D_m = (B_a - B_b) \times 100 \cdot \cos h \quad \text{Jarak miring dengan sudut Helling}$$



Gambar 2.7: Pengukuran Jarak Miring secara Optis

Keterangan:

A, B : Nama Titik/Patok

D_m : Jarak Miring

D : Jarak Datar

Δh : Jarak Vertikal/Beda Tinggi

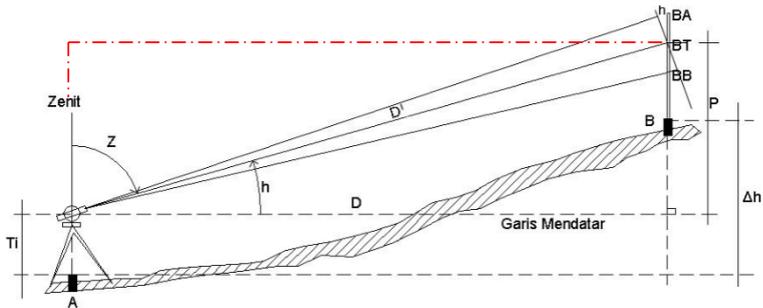
h : Sudut Helling

Z : Sudut Zenit (Vertikal)

T_i : Tinggi Instrumen/Alat

P : Jarak Vertikal, Garis Mendatar terhadap Bacaan Tengah Rambu

Akan tetapi kenyataan di lapangan, kondisi rambu ukur tidak tegak lurus garis bidik teropong sehingga akan terjadi seperti gambar 2.8 berikut ini.



Gambar 2.8. Pengukuran Jarak Datar secara Optis Teropong Tidak Horizontal

Dengan demikian terjadi pergeseran pada pembacaan skala rambu ukur terutama pada bacaan benang atas dan benang bawah sebesar h . Maka untuk mendapatkan jarak datar (D) diperlukan jarak miring dan koreksi sudut miring, sehingga persamaannya adalah:

$$D = Dm \times \sin Z \quad \text{Jarak datar dengan sudut Zenit}$$

$$D = Dm \times \cos h \quad \text{Jarak datar dengan sudut Helling}$$

Atau dapat ditulis demikian:

$$D = (Ba - Bb) \times 100 \cdot \sin^2 Z \quad (1.2)$$

$$D = (Ba - Bb) \times 100 \cdot \cos^2 h \quad (1.3)$$

3. Pengukuran Jarak Vertikal secara Optis

Selisih ketinggian (beda tinggi) titik-titik detail yang diukur maka akan dapat ditentukan ketinggian masing-masing titik terhadap bidang referensi. Untuk menentukan jarak vertikal (Beda tinggi) antara titik A dan B dari gambar 2.8 dapat digunakan persamaan sebagai berikut.

$$\Delta h = (P + Ti) - Bt \quad (2.4)$$

$$P = D \times \cotan Z = D \times \frac{1}{\tan Z}$$

2.3.3 Jarak Elektronis

Prinsip dasar pengukuran jarak elektronis adalah mengukur waktu yang diperlukan oleh gelombang elektronik bolak-balik dalam suatu jarak yang diukur. Karena gelombang elektronik merambat dengan kecepatan tinggi (± 300.000 Km/det), maka untuk jarak-jarak pendek waktu yang diperlukan sangat sulit untuk dicatat. Untuk memecahkan permasalahan ini gelombang elektronik diubah menjadi gelombang modulasi.

Apabila gelombang termodulasi yang dikirimkan (Signal Utama) kemudian dipantulkan (signal data) dan dibandingkan akan terjadi perbedaan fase yang sebanding jarak yang diukur. Dari perbedaan fase ini dapat dihitung besarnya jarak miring (D_m).

$$D_m = c \cdot t$$

Dimana:

c = Kecepatan merambat gelombang

t = Waktu yang digunakan untuk merambat.

Sedangkan untuk memperoleh jarak datar (D) maka perlu dilakukan pengukuran sudut Vertikal.

Sehingga:

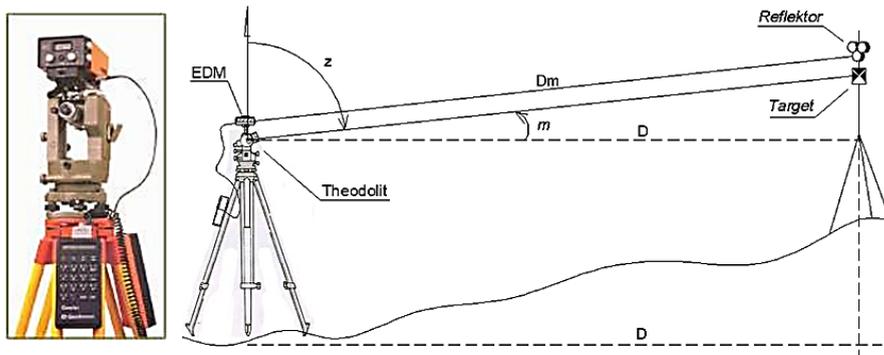
$$D = D_m \cdot \sin \text{ Zenit}$$

Atau,

(2.5)

$$D = D_m \cdot \cos \text{ Helling}$$

Alat yang digunakan ini dinamakan EDM (*Electronic Distance Measurement*). Unit peralatannya terdiri dari alat pengirim gelombang (transmitter) dan prisma reflektor (receiver). Untuk mendapatkan jarak datar sekaligus maka EDM disatukan dengan alat penyipat sudut (teodolit) guna memperoleh sudut vertikal. Seiring perkembangan teknologi, saat ini telah tersedia alat ETS (*Electronic Total Station*).



Gambar 2.9. Pengukuran Jarak Elektronik

Untuk memperoleh pengukuran yang teliti perlu diberikan koreksi-koreksi terhadap perubahan suhu atmosfer dan tekanan udara. Macam-macam EDM, dibedakan menurut jenis gelombang pembawa:

1. EDM gelombang Radio $\rightarrow \lambda = 8 \text{ mm} - 3 \text{ cm}$
2. EDM gelombang Cahaya $\rightarrow \lambda = 0,56 \mu\text{m} - 0,9 \mu\text{m}$

2.4 Membuat Garis Siku di Lapangan

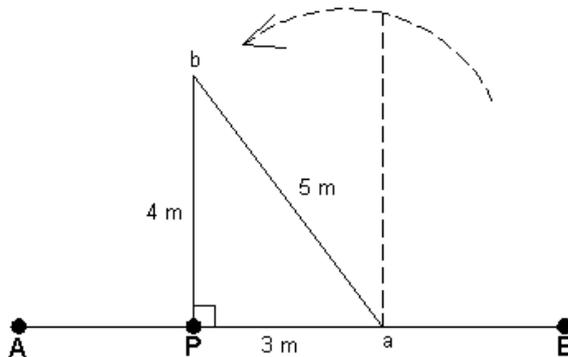
1. Menggunakan Pita Ukur

Adalah dengan membuat garis lurus lainnya yang sejajar terhadap garis PQ. Tentukan posisi titik A dan titik B sedemikian rupa dengan jarak (lebar) antara garis PQ terhadap AB sama panjangnya = k. Dalam hal ini haruslah dilakukan penyikuan pada titik A = L PAB dan titik B = L QBA senilai 90° .

Langkah selanjutnya ialah menentukan titik-titik a, b, c, d sebagai titik perantara di dalam garis lurus AB. Buatlah sudut siku-siku pada masing-masing titik tersebut serta tentukan garis tinggi sebesar k. Dengan demikian akan diperoleh titik a', b', c', d' yang merupakan titik perantara di dalam garis lurus PQ. Adapun cara membuat sudut siku-siku yaitu sebagai berikut (Wongsojitro, 1977).

- Perbandingan sisi segitiga siku

Di dalam segitiga siku-siku diketahui perbandingan sisinya 3:4:5. Bila sekarang di suatu titik P yang letaknya digaris AB harus dibuat sudut siku-siku, maka di titik P bertemu dua sisi siku-siku.

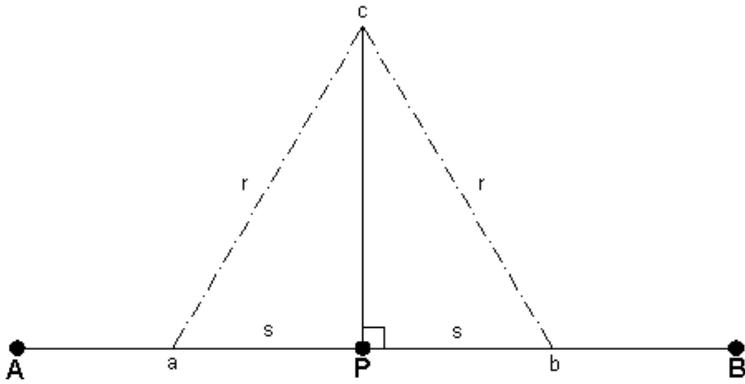


Gambar 2.10 (a).

Maka buatlah dari titik P ke arah titik A atau ke arah titik B suatu jarak Pa yang sama dengan misalnya 3p meter. Dengan menggunakan dua pita ukur baja dari titik P dibuat jarak 4p dan dari titik a jarak 5p dan dua pita ukur baja itu diputar sedemikian rupa, hingga dua titik ujungnya dari jarak-jarak 4p dan 5p berpotongan, misalnya di titik b. Maka sudut $bPa = 90^\circ$.

- Perbandingan segitiga sama kaki

Cara yang kedua yang paling sederhana untuk membuat sudut siku-siku ialah menggunakan sipat garis tinggi ke alas di dalam segitiga sama kaki yang memotong alas di titik tengah-tengahnya.



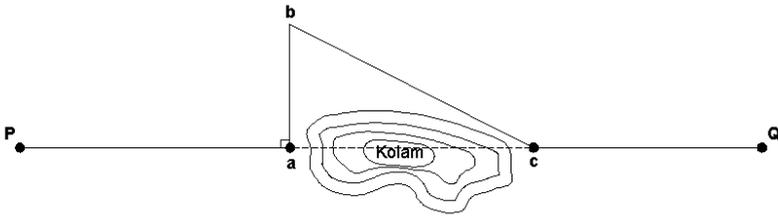
Gambar 2.10 (b).

Bila di titik P yang letak di garis lurus AB harus dibuat garis lurus yang letak tegak lurus pada AB, maka buatlah di garis lurus AB mulai dari titik P ke kiri dan ke kanan jarak masing-masing $Pa = Pb = s$. Ambillah dua pita ukur baja dengan ujung-ujungnya diletakkan masing-masing di titik-titik a dan b. Ambillah pada kedua pita ukur baja itu dua jarak yang sama, misalnya r, putarlah pita ukur baja itu, sehingga ujung lainnya jarak r itu bertemu di titik c maka $Pc \perp AB$.

- Perbandingan segitiga pythagoras

Bila kondisi di lapangan pada saat membuat garis lurus PQ terhalang oleh rintangan kolam seperti gambar 2.8, sehingga jarak a ke c tidak dapat diukur langsung. Untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan membuat sudut siku pada titik L Pab menggunakan salah satu cara yang telah diuraikan. Ukurlah masing-masing jarak a ke b dan b ke c dan dengan menggunakan dalil Pythagoras, jarak a ke c dapat ditentukan dengan persamaan;

$$ac = \sqrt{bc^2 - ab^2} \quad (2.6)$$



Gambar 2.11. Garis Lurus dengan Rintangan Kolam

2. Menggunakan alat yang mempunyai Prisma

Ada beberapa jenis prisma yang biasa dijumpai yaitu sebagai berikut.

- *Prisma Tiga Sisi*

Prisma ini terdiri dari prisma ABC dari gelas yang penampangnya mempunyai bentuk segitiga siku-siku sama kaki.

- *Prisma Segilima (Pentagon)*

Pencipta prisma ini adalah Goulier dan pada permulaan prisma ini adalah prisma empat sisi. Tetapi pada satu sudut dipancuh dan bila dilihat dari konstruksinya menjadi lima sisi. Keuntungan jenis pentagon ini terhadap prisma segitiga adalah:

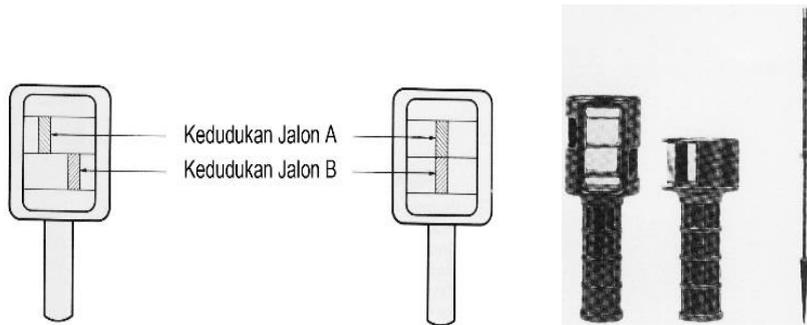
- medan penglihatan menjadi lebih besar;
- tidak banyak kehilangan sinar cahaya, karena sinar cahaya masuk tegak lurus ke dalam prisma;
- titik potong sinar cahaya yang masuk dan sinar cahaya yang keluar letak di dalam pentagon sendiri.

Karena keuntungan ini pada penggunaan pentagon lebih menyenangkan dari pada prisma segitiga.

- *Dwi-Prisma*

Konstruksinya terdiri dari dua prisma segitiga atau dua pentagon yang di pasang bertumpuk. Dengan dwi-prisma tidak hanya dibuat siku-siku, tetapi dapat pula dibuat sudut-sudut 180° . Dengan maju atau mundur satu orang dapat menentukan suatu titik P yang letaknya pada garis lurus AB seperti gambar 2.6 (b). Titik P ini akan

diperoleh, bila observasi bayangan jalon A dan jalon B di dalam dwi-prisma telah terlihat berimpit.



Gambar 2.11. Dwi-Prisma

Sedangkan untuk menentukan posisi atau tanda titik P tersebut di atas tanah adalah dengan menggunakan unting-unting yang digantungkan di bawah prisma dan tegak lurus di atas titik P. Bila observasi bayangan masing-masing jalan telah benar maka unting-unting dilepaskan ke arah tanah, hasil yang diperoleh adalah tanda lubang pada tanah.

2.5 Soal Pelatihan Pengukuran Jarak

1. Praktikkan pengukuran jarak secara langsung di lapangan menggunakan pita ukur.
2. Praktikkan pengukuran dan perhitungan jarak secara optis di lapangan menggunakan alat teodolite.
3. Praktikkan pengukuran jarak di lapangan secara elektronik menggunakan Total Station.

Bagian 3

PENGUKURAN SUDUT

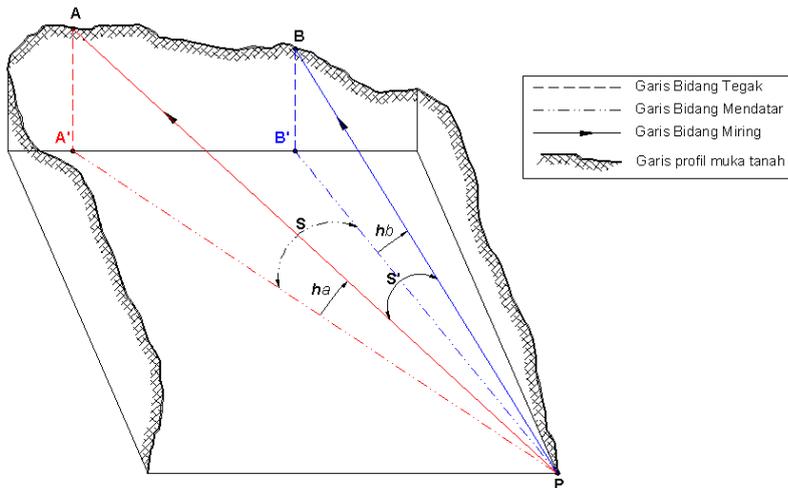
Capaian Pembelajaran:

1. Memahami fungsi dan penggunaan alat ukur sudut.
2. Mampu mengatur kedudukan alat hingga siap dipergunakan.
3. Mampu mengukur sudut mendatar (horizontal) dan sudut tegak (vertikal) secara benar serta memahami cara menghitung sudut dari hasil pengukuran.

3.1 Mengukur Sudut

Kegiatan pengukuran yang dilakukan pada permukaan tanah bertujuan untuk menentukan bentuk luasan, arah, posisi suatu titik dan ukuran relatif titik tersebut terhadap titik-titik lainnya. Dalam hal ini yang dimaksud adalah bila rangkaian antara titik-titik di lapangan dapat membentuk luasan, arah, posisi suatu titik maka dapatlah digambarkan kondisi nyata di lapangan.

Hubungan rangkaian antara titik tersebut terjadi pada bidang datar dan pada bidang tegak. Untuk menyatakan hubungan yang dimaksud maka diperlukan sejumlah pengukuran di lapangan, baik pengukuran sudut-sudut mendatar maupun sudut tegak seperti pada gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1. Pengukuran Sudut

Keterangan:

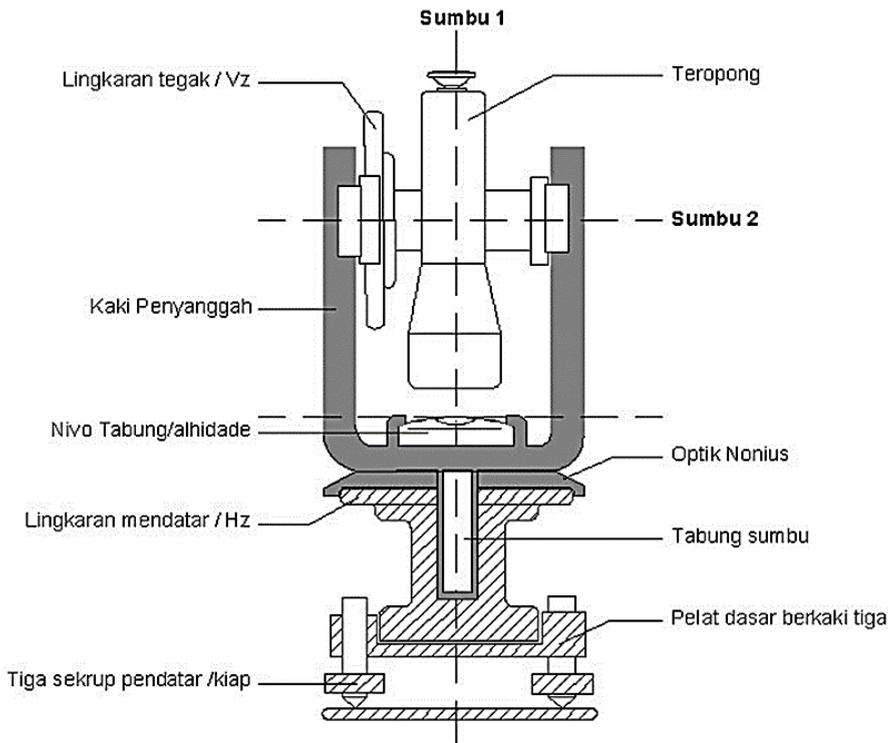
- A, B : Titik sesungguhnya di permukaan tanah
- P : Tempat alat theodolit berdiri
- A', B' : Titik proyeksi pada bidang datar
- S : Sudut pada bidang datar
- S' : Sudut pada bidang miring
- h_a, h_b : Sudut pada bidang tegak/vertikal

Untuk mendapatkan ukuran sudut yang teliti dibutuhkan instrumen penyipat sudut yang teliti pula. Instrumen penyipat sudut yang umum digunakan oleh para ahli profesional dalam pengukuran yaitu theodolit. Seiring perkembangan ilmu dan teknologi di bidang pengukuran saat ini theodolit telah banyak mengalami peningkatan, baik dari segi konstruksi dan kemampuan alat (presisi), namun demikian prinsip dan sistem yang ada padanya tetap.

3.2 Alat Ukur Sudut Teodolit

Theodolit adalah instrumen/alat yang dirancang guna pengukuran sudut, yaitu sudut-sudut mendatar dan sudut tegak. Konstruksi instrumen

Teodolit ini secara mendasar dibagi dalam tiga bagian, seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 3.2: Konstruksi Dasar Teodolit

Keterangan:



Bagian bawah ditunjukkan dengan arsiran

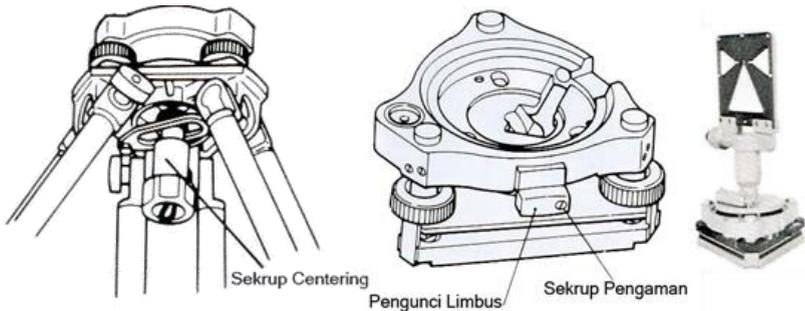


Bagian tengah ditunjukkan dengan warna hitam



Bagian atas ditunjukkan dengan warna putih

1. **Bagian bawah**, terdiri dari pelat dasar dengan tiga sekrup penyetel yang menyanggah suatu tabung sumbu dan pelat mendarat berbentuk lingkaran. Pada tepi lingkaran ini dibuat pengunci *limbus*.

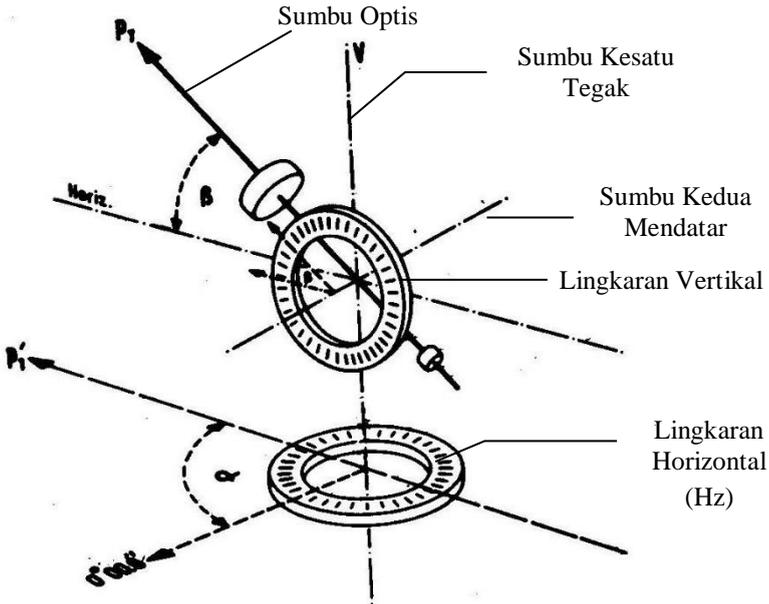


2. **Bagian tengah**, terdiri dari suatu sumbu yang dimasukkan ke dalam tabung dan diletakkan pada bagian bawah. Sumbu ini adalah sumbu tegak atau sumbu kesatu. Di atas sumbu kesatu diletakkan lagi suatu pelat yang berbentuk lingkaran dan mempunyai jari-jari yang lebih kecil dari pada jari-jari pelat pada bagian bawah. Pada dua tempat di tepi lingkaran dibuat alat pembaca nonius. Di atas pelat nonius ini ditempatkan dua kaki yang menjadi penyanggah sumbu mendatar atau sumbu kedua dan suatu nivo tabung diletakkan untuk membuat sumbu kesatu tegak lurus.

Lingkaran mendatar dibuat dari kaca dengan garis-garis pembagian skala dan angka digoreskan di permukaannya. Garis-garis tersebut amat tipis dan lebih jelas tajam bila dibandingkan hasil goresan pada logam. Lingkaran dibagi dalam derajat *sexagesimal* yaitu satu lingkaran penuh dibagi dalam 360° atau dalam *grades* *sentisimal* yaitu satu lingkaran penuh dibagi dalam 400^g .

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 kedua ini pula diletakkan pelat yang berbentuk lingkaran tegak sama seperti pelat lingkaran mendatar.

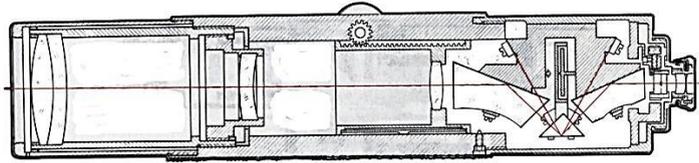
Sistem yang berlaku pada ketiga bagian dalam Teodolit adalah sebagai berikut.



Gambar 3.3: Sistem Sumbu/Poros pada Teodolit

3.2.1 Teleskop

Konstruksi alat ukur sudut dirancang sedemikian rupa guna penentuan sudut, jarak, dengan teliti. Dengan demikian dibutuhkan garis bidik untuk menempatkan objek (target) dan alat bidik yang bebas paralaks yaitu teropong guna menentukan ukuran suatu objek dengan teliti. Dalam bentuk yang sederhana teleskop atau teropong terdiri dari dua lensa. Lensa yang berada di depan dinamakan *lensa objektif* (lensa benda) sedangkan yang di belakang dinamakan *lensa okuler* (lensa mata). Dua lensa tersebut diletakkan sedemikian rupa pada tabung teropong hingga kedua sumbu optisnya berimpit. Lensa objektif memiliki jarak titik api besar dan lensa okuler mempunyai jarak titik api kecil disebabkan lensa okuler berfungsi sebagai loop.



Gambar 3.4. Teleskop

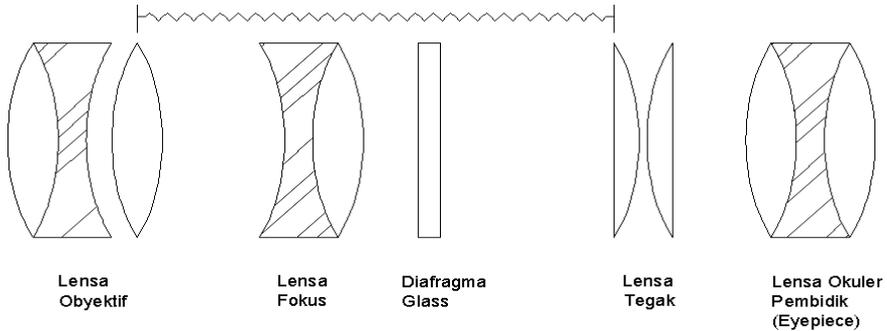
Prinsip kerja kedua lensa tersebut yaitu sebagai berikut.

- Lensa objektif membuat bayangan dan diperkecil dari benda yang diamati.
- Bayangan tersebut menjadi objek bagi lensa okuler dan harus jatuh di dalam jarak titik api okuler.
- Mata yang berada di belakang okuler akan melihat bayangan objek yang dibentuk oleh okuler.
- Diperbesar terhadap benda sebenarnya.

1. Sistem Lensa pada Teleskop

Dalil Lensa:

- a. Semua sinar yang melalui titik pusat optis lensa berjalan terus tidak di bias.
- b. Semua sinar/cahaya yang datang pada lensa sejajar dengan sumbu optis lensa, setelah di bias akan melalui titik api F_2 .
- c. Semua sinar yang melalui titik api F_1 akan di bias sejajar dengan sumbu optis lensa.



Gambar 3.5. Urutan Lensa pada Teleskop

2. Fungsi Teleskop

- Untuk mengarahkan atau membidik target yang letak jauh sehingga terlihat jelas dan terang.
- Untuk mengurangi pantulan cahaya yaitu lensa dilapis dengan magnesium floeride tebal $\frac{1}{4} \lambda$ (panjang gelombang berkas cahaya yang datang) dengan mengurangi pantulan sampai dengan 6 %. Sedangkan tanpa Lapisan yang terpantul adalah 20 %, khususnya pada lensa objektif.

Jadi agar dapat mengarahkan teropong ke suatu titik tertentu, maka teropong dilengkapi dengan dua garis salib sumbu dan berada pada bagian belakang tidak jauh dari muka lensa okuler. Dua garis ini dinamakan *garis diafragma*.

3. Garis Diafragma

Fungsi garis diafragma sebagai garis bidik yang ditempatkan pada garis lurus titik tengah lensa objektif searah terhadap sasaran.

Garis diafragma pada alat-alat ukur yang lama terbuat dari bahan benang laba-laba, sedangkan pada alat-alat ukur yang modern garis diafragma digores pada lempengan kaca.

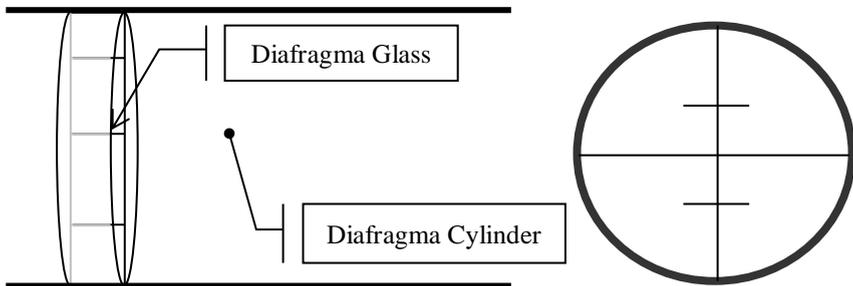
Sedangkan bentuk atau susunan dari garis diafragma yang dapat dijumpai adalah:

- dua garis yang letak saling tegak lurus;

- b. dua garis mendatar dan dua garis tegak;
- c. satu garis tegak dan tiga garis mendatar.

Bentuk terakhir dari ke tiga bentuk tersebut adalah yang paling sering dijumpai. Dengan bentuk atau susunan ini dapat di tentukan jarak optis.

Lempengan glass tempat garis diafragma pada alat modern dapat diubah, dengan cara diletakkan sedemikian di dalam tabung pada teleskop yang dinamakan *diafragma*, sehingga dapat diatur dengan bantuan empat sekrup koreksi diafragma, yaitu dua sekrup penggeser tegak dan dua sekrup penggeser mendatar.



Gambar 3.6. Benang Diafragma

4. Sistem Lensa Okuler

Sistem lensa okuler menurut konstruksi Ramsden:

- a. Lensa okuler di buat dari 2 lensa Plankonvers yang di pasang dengan jarak antara ke dua lensa = $\frac{2}{3} f$, dan bagian cembungnya berhadapan.
- b. 2 lensa Plankonvers yang mempunyai panjang fokus (f) yang sama dengan jarak ke dua lensa = $\frac{3}{4} f$.

Sistem lensa okuler menurut konstruksi Haygens

- a. Lensa okuler terdiri dari 2 lensa Plankonvers yang ditempatkan dengan jarak a dan berada dengan susunan:
Cembung – Plan – a – Cebung – Plan
- b. Bila jarak titik ke api F_1 dan F_2 maka berlaku rumus okuler Haygens:

$$F_1 : a : F_2 = 3 : 2 : 1$$

5. Kesalahan bayangan yang dibentuk oleh lensa teleskop

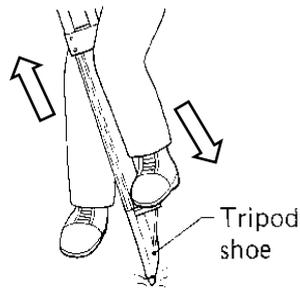
- a. *Aberasi sferis*. Sinar cahaya yang terletak jauh dari sumbu optis akan di bias lebih keras sedangkan di pusat lensa terlihat terang dan daerah sekitarnya terlihat buram.
- b. *Aberasi chromatis*. Berkas sinar putih terdiri dari beberapa cahaya berwarna. Cahaya berwarna merah mempunyai gelombang panjang (λ) dan warna ungu mempunyai gelombang pendek. λ yang pendek di bias dan atau dipantulkan keras bila di bandingkan λ panjang.
- c. *Astigmatisme*. Sinar cahaya yang datang dari suatu titik yang tidak berimpit dengan sumbu optis tidak mempunyai jarak titik api yang sama.
- d. *Koma*. Aberasi steris terhadap sinar cahaya yang memotong sumbu optis lensa.
- e. *Melengkungnya* bayangan benda yang terletak di bidang tegak lurus pada sumbu optis lensa.
- f. *Salah bentuk bayangan*.

3.2.2 Syarat Teodolit

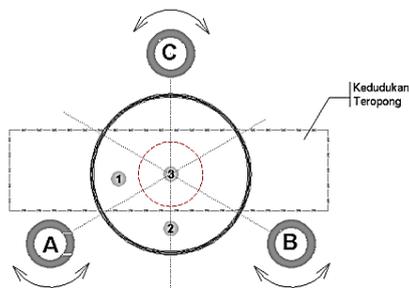
Berdasarkan susunan konstruksi dan sistem yang berlaku pada alat theodolit serta untuk mendapatkan hasil ukuran yang baik maka, diperlukan tindakan-tindakan pengaturan kedudukan alat agar memenuhi syarat. Syarat-syarat utama yang harus dipenuhi alat theodolit sehingga siap dipergunakan untuk pengukuran yang benar adalah sebagai berikut.

1. Syarat pertama yang harus dipenuhi adalah ***sumbu kesatu benar-benar tegak/vertikal***. Jika sumbu kesatu miring, maka lingkaran skala mendatar tidak lagi mendatar. Dan ini berarti sudut yang diukur bukan lagi sudut mendatar.

Tindakan I: *Mengatur kedudukan gelembung nivo kotak dengan menggerakkan (naik/turun) perpanjangan kaki statif.*



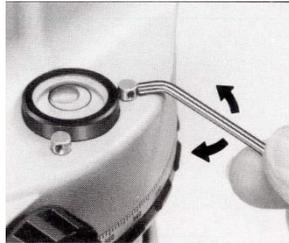
Mengatur Kedudukan gelembung nivo kotak dengan menggunakan tiga sekrup pendatar kiap.



Gambar 3.7. Pengaturan Gelembung Nivo Kotak

- Berilah nama untuk ke tiga sekrup tersebut semisal A, B dan C.
- Aturlah teropong membentang di atas letak dua sekrup semisal A dan B, kemudian amati posisi gelembung nivo semisal pada kedudukan 1, dibawa menjadi kedudukan 2 dengan memutar sekrup A dan B secara bersama dengan gerakan putar yang berlawanan arah.
- Setelah gelembung nivo pada posisi 2 kemudian diatur kembali menjadi kedudukan 3 dengan menggerakkan sekrup C saja.
- Amati kedudukan nivo dengan menggerakkan teropong ke segala arah dan gelembung nivo harus tetap berada di tengah lingkaran. Jika tidak terjadi demikian maka ulangi pengaturan dengan cara yang telah diuraikan.

- e. Jika kedudukan gelembung nivo kotak tetap tidak letak berada di tengah lingkaran skala maka perlu dilakukan koreksi dengan pen koreksi nivo kotak.

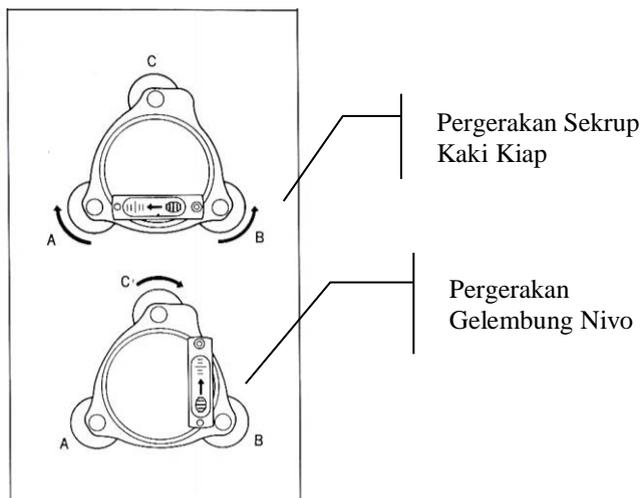


Gambar 3.8. Koreksi Nivo Kotak

2. Syarat kedua adalah ***sumbu kedua harus benar-benar mendatar***, jika sumbu kesatu sudah benar-benar tegak, maka dapat dikatakan sumbu kedua ini tegak lurus sumbu kesatu.

Tindakan II:

Mengatur kedataran gelembung nivo tabung (Alhidade) dengan menggerakkan secara beraturan tiga sekrup pendatar/kiap.

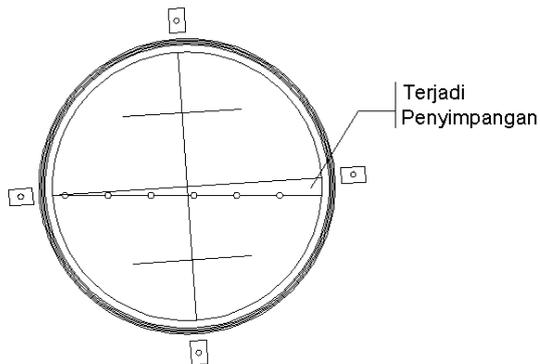


3. Syarat ketiga adalah **garis bidik harus tegak lurus sumbu kedua/mendatar**. Ini disebabkan kombinasi kesalahan sumbu kedua dan garis bidik tidak letak tegak lurus.

Tindakan III:

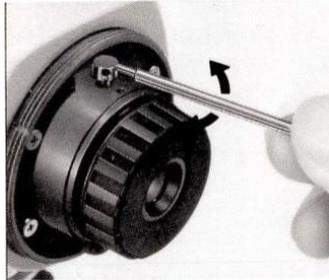
Menguji kedudukan garis bidik dengan bantuan tanda (garis silang atau titik) pada dinding. Kemudian melakukan koreksi sebesar penyimpangan/kesalahan yang terjadi.

- Dengan bantuan tanda atau satu titik yang dibuat pada dinding selanjutnya bidik dan letakkan salah satu ujung benang silang mendatar di samping titik atau tanda tersebut.
- Amati dan geserkan benang silang mendatar ke ujung lainnya menggunakan sekrup penggerak halus horizontal. Jika jalannya pergeseran benang selalu berada pada tanda atau titik tersebut maka syarat telah terpenuhi.
- Jika kondisi di atas tidak terpenuhi atau dengan kata lain terjadi penyimpangan (tidak sejajar) maka harus dilakukan koreksi benang silang diafragma.



- Cara melakukan koreksi yaitu, buka ring pelindung sekrup koreksi diafragma yang berada di bagian belakang teropong.
- Longgarkan keempat sekrup pengunci ring benang silang yang terdapat di dalamnya, sehingga ring tersebut dapat di putar ke arah kiri atau pun kanan sesuai koreksi yang diamati.

- f. Ulangi cara pengecekan benang silang mendatar di atas. Jika benang telah pada kedudukan yang benar maka kunci kembali keempat sekrup tersebut.



Gambar 3.9. Koreksi Benang Silang Mendatar Diafragma

4. Syarat keempat adalah ***tidak adanya salah indeks pada skala lingkaran kesatu***. Salah indeks disebabkan tidak tepatnya indeks pada bacaan 0.

Tindakan IV:

Dengan melakukan pembacaan sudut tegak Biasa (B) dan sudut tegak Luar Biasa (LB) akan diperoleh nilai kesalahan indeks. Kemudian hilangkan penyimpangan tersebut dengan sekrup koreksi kedudukan gelembung nivo tabung.

3.2.3 Macam Teodolit

Dari konstruksi dan cara pengukuran, dikenal tiga macam Teodolit.

1. Teodolit Reiterasi

Pada Teodolit reiterasi, pelat lingkaran skala mendatar menjadi satu dengan pelat lingkaran nonius dan tabung sumbu pada kiap, sehingga lingkaran mendatar bersifat tetap. Pada jenis ini tidak terdapat sekrup pengunci pelat nonius.

2. Teodolit Repetisi

Pada Teodolit repetisi, pelat lingkaran skala mendatar ditempatkan sedemikian rupa, sehingga pelat ini dapat berputar sendiri dengan tabung poros sebagai sumbu putar. Pada jenis ini

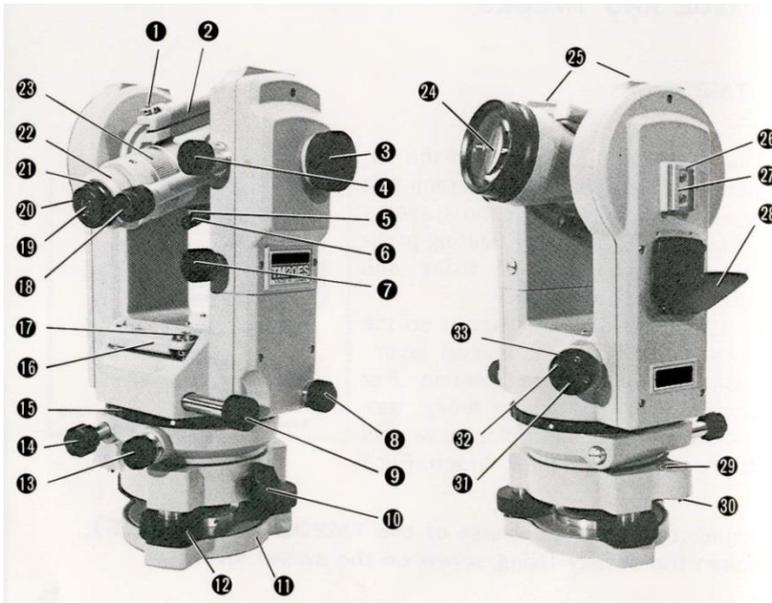
terdapat sekrup lingkaran mendatar dan sekrup nonius.(tinjau gambar 3.10)

3. Teodolite Elektro Optis

Dari konstruksi mekanis sistem susunan lingkaran sudutnya antara Teodolit optis (manual) dengan Teodolit 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 perhitungan secara otomatis akan ditampilkan pada layar (LCD) dalam angka desimal.

Teodolit Optis (Manual)	Teodolit Digital	Total Station
		



Gambar 3.10. Teodolit Sokkia TM20E

Keterangan bagian-bagian alat:

- | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| 17. Lensa Mikrometer | 1. Nivo Teleskop |
| 18. Lensa Okuler | 2. Tombol Mikrometer |
| 19. Ring fokus Benang Diafragma | 3. Sekrup Pengunci gerak Vertikal |
| 20. Ring Bantalan Lensa Okuler | 4. Pemantul Cahaya Penglihatan Nivo |
| 21. Penutup Koreksi Reticle | 5. Visir Collimator |
| 22. Ring Fokus Objek | 6. Sekrup Pengerak halus Vertikal |
| 23. Lensa Objektif | 7. Sekrup Pengunci gerak Horizontal |
| 24. Kiap Penyanggah/Penahan | 8. Sekrup Pengerak halus Horizontal |
| 25. Tanda Ketinggian Alat | 9. Pengunci Limbus |
| 26. Slot Penjepit | 10. Plat Dasar |
| 27. Reflektor Cahaya | 11. Sekrup Pendatar Nivo |
| 28. Nivo Kotak | 12. Sekrup Pengunci Nonius |
| 29. Sekrup Koreksi Nivo Kotak | 13. Sekrup Pengerak halus Nonius |
| 30. Centering Optik | 14. Ring pengatur posisi Horizontal |
| 31. Sekrup Koreksi Centering Optik | 15. Nivo Tabung |
| 32. Ring Fokus Centering Optik. | 16. Sekrup Koreksi Nivo Tabung |
| 33. Sekrup Koreksi Nivo Teleskop | |

3.2.4 Penilaian Ketelitian Alat

Penilaian Teodolit dibagi dalam beberapa tingkatan menurut kemampuan bacaan langsungnya. Secara umum dibagi sebagai berikut.

1. Teodolit teliti untuk triangulasi orde satu atau pengukuran astronomi.
2. Teodolit 1", untuk triangulasi orde dua atau poligon teliti.
3. Teodolit untuk pengukuran teknik dengan bacaan 10" sampai 20".
4. Teodolit tachometry dengan atau tanpa kompas.

Konsekuensi ketelitian suatu Teodolit dengan sendirinya harga akan semakin mahal, namun dengan hasil ukuran yang dapat dipertanggung jawabkan.

Tabel 3.1. Jenis dan Merek Teodolit yang Beredar di Indonesia

Merk	Negara Pembuat	I	II	III		IV
		0.5"	1"	10"	20"	1'+ kompas
KERN	Swiss	DKM3	DKM2-4	DKM1	KI-S	KI-RA
NIKON	Jepang	-	NT-5	NT-3A	NT-2A	-
PENTAX	Jepang	-	TH-01	TH-10	TH-20	-
SOKKISHA	Jepang	-	TM-1A	TM 10C	TM-20C	T6OD + Kompas di atas
TOPCON	Jepang	-	-	TL-10E	TL-20E	TL-6E
WILD	Swiss	T3	T2-A	T1-A	T16	T0 + Kompas di dalam
ZEISS	Jerman Barat	-	Th2	Th3	Th4	Th5
ZEISS JENA	Jerman Timur	-	THEO 010A	THEO 020A	-	THEO 080 A + Kompas di atas

3.2.5 Macam Kesalahan pada Teodolit

1. Kesalahan sudut kolimasi

- Tidak berputarnya lingkaran graduasi sesuai dengan gerakan mendatar.
- Ketidak sesuaian gerakan/berputarnya lingkaran graduasi dengan gerakan mendatar Teodolit untuk pengukuran sudut.
- Kesalahan ini dapat dihilangkan dengan pembacaan sudut *biasa – luar biasa*.

2. *Kesalahan sumbu horizontal*
 - Kesalahan akibat sumbu horizontal tidak tegak lurus pada sumbu vertikal dihilangkan dengan pembacaan sudut *biasa – luar biasa*.
3. *Kesalahan sumbu vertikal*
 - Kesalahan akibat tidak berhimpitnya sumbu vertikal Teodolit dengan arah garis vertikal.
4. *Kesalahan eksentris*
 - Kesalahan akibat sumbu vertikal Teodolit tidak berimpit dengan pusat lingkaran graduasi horizontal dihilangkan dengan pembacaan graduasi yang berhadapan dirata-ratakan.
5. *Kesalahan luar*
 - Kesalahan akibat sumbu kolimasi teleskop tidak melewati sumbu vertikal.
 - Dengan pembacaan *Biasa – luar biasa* dapat dihitung dan dikoreksikan pada pembacaan.
6. *Kesalahan graduasi*
 - Kesalahan akibat bidang permukaan lingkaran graduasi tidak tegak lurus pada sumbu kesatu.
 - Dengan menggunakan semua bagian lingkaran graduasi.

3.2.6 Pemeliharaan Alat

1. Dibersihkan dari segala macam kotoran setelah dipakai menggunakan fasilitas pembersih yang telah disediakan pabrik pembuatnya.
2. Terlindung dari matahari dan hujan.
3. Disimpan dalam keadaan yang bersih dan kering.
4. Penyimpanan dalam almari yang dilengkapi dengan lampu pemanas (5 watt) dan sirkulasi udara yang lancar.

3.3 Pengukuran Sudut Mendatar (Horizontal)

Pengertian sudut mendatar adalah sudut yang terbentuk dari perpotongan dua arah atau jurusan berbeda pada bidang normal/nivo. Titik perpotongan dua garis jurusan tersebut merupakan titik pengamatan sudut

bila menggunakan theodolit di lapangan. Pengukuran sudut mendatar tidak memperhitungkan pengaruh ketinggian atau pun kemiringan selama kedudukan skala lingkaran horizontal sejajar bidang nivo atau memenuhi syarat alat theodolit.

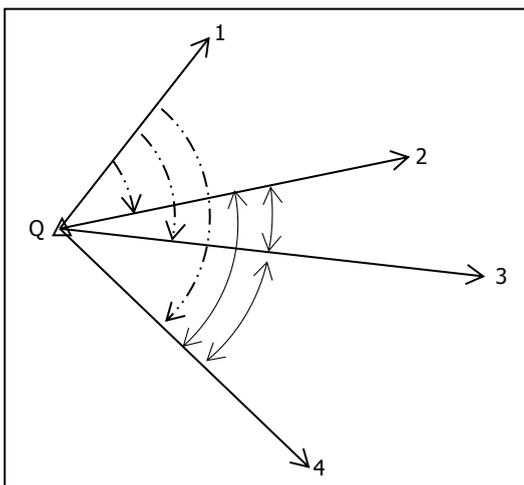
Pengukuran sudut mendatar dapat dilakukan dengan dua cara, sesuai dengan jenis alat yang telah disebutkan yaitu:

1. cara reiterasi;
2. cara repetisi.

3.3.1 Cara Reiterasi

Pengukuran sudut dengan cara reiterasi dapat pula disebut dengan pengukuran jurusan. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya jenis theodolit reiterasi tidak terdapat sekrup pengunci pelat nonius, sehingga sudut-sudut tidak ditentukan dengan langsung melainkan didapat dari selisih dua jurusan yang diukur.

Sebagai contoh, bila suatu titik Q merupakan perpotongan dari empat jurusan yaitu 1, 2, 3 dan 4. Pada titik Q didirikan theodolit yang sudah diatur dengan sumbu kesatu tegak lurus di atas titik Q melalui proses *centering point*.



Pada pengukuran cara reiterasi jurusan 1 dapat dijadikan acuan. Langkah yang dilakukan adalah arahkan secara kasar teropong ke titik 1 dengan bantuan visir Collimator, kemudian kunci piringan horizontal dan tetapkan benang diafragma pada target dengan batuan penggerak halus horizontal. Atur pembacaan skala

lingkaran horizontal sebagai pembacaan $0^{\circ} 00' 00''$ dengan sekrop ring horizontal.

Langkah berikutnya lepas pengunci lingkaran horizontal, arahkan kembali teropong secara kasar ke titik 2 secara searah jalannya jarum jam. kemudian kunci lingkaran dan tepatkan target dengan penggerak halus. Lakukan sampai dengan titik ke 4. Catat hasil pembacaan pada masing-masing jurusan ke tabel pengukuran. Dari gambar tersebut dapat diperoleh 6 sudut; $\angle 1Q2$, $\angle 1Q3$, $\angle 1Q4$, $\angle 2Q3$, $\angle 2Q4$, dan $\angle 3Q4$ maka, prinsipnya adalah bacaan jurusan muka di kurang dengan bacaan jurusan belakang.

Untuk mendapatkan pengukuran sudut yang teliti, pembacaan dilakukan minimal 2 kali pada masing-masing titik. Pengukuran ini biasa dinamakan seri rangkap, yaitu:

1. pengukuran sudut mendatar posisi biasa (B);
2. pengukuran sudut mendatar posisi luar biasa (LB).

Berikut prinsip kerja perubahan posisi alat *biasa* menjadi *Luar biasa*, seperti terlihat pada gambar contoh di atas.

1. Setiap jurusan 1, 2, 3 dan 4 telah dilakukan pembidikan dan pembacaan pada posisi biasa (B) yaitu bila skala lingkaran tegak berada di sisi kiri.
2. Setelah bacaan akhir pada jurusan 4 dibaca, lepaskan kunci lingkaran horizontal dan putar alat searah jarum jam sebesar $\frac{1}{2}$ putaran dengan sumbu I sebagai sumbu putar.
3. Demikian halnya kedudukan teropong pun diputar $\frac{1}{2}$ putaran dengan sumbu II sebagai sumbu putar, sehingga secara kasar kedudukan alat berputar $\pm 180^\circ$ baik lingkaran horizontal maupun lingkaran vertikal.
4. Kedudukan alat saat ini menjadi posisi Luar biasa (LB) dengan skala lingkaran tegak berada di sisi kanan.
5. Arahkan pembidikan target kembali ke titik 4 secara kasar dengan bantuan visir Collimator, kunci lingkaran horizontal dan tepatkan menggunakan penggerak halus horizontal.
6. Baca skala lingkaran di titik 4 dan catat pada tabel pengukuran. Hubungan ideal bacaan *Biasa* dan *Luar Biasa* adalah **$LB - B = 180^\circ 0' 00''$** .

7. Lakukan pembidikan posisi LB pada titik 3 kemudian titik 2 dan diakhiri titik 1. Untuk mendapatkan sudut rata-rata maka selisih pembacaan antara dua jurusan adalah sebagai berikut.

$$S^{\text{rata}} = \frac{1}{2} \times (S_B + S_{LB}) \quad (3.1)$$

Semakin banyak bacaan sudut yang diambil (lebih dari 1 seri rangkap), maka dapat dibandingkan bacaan sudut yang paling teliti atau mendekati kebenaran. Berikut contoh tabel bacaan sudut mendatar 1 seri rangkap.

Tabel 3.2. Contoh Data Bacaan Sudut Reiterasi

No. Titik	Target	Bacaan Sudut		Besaran Sudut		Rata-Rata	Ket.
		Biasa	Luar Biasa	Biasa	Luar Biasa		
	BM	05° 30' 40"	185° 30' 41"				blk
01				105° 14' 30"	105° 14' 28"	105° 14' 29"	
	02	110° 45' 09"	290° 45' 09"				mk
	01	274° 53' 06"	94° 53' 06"				blk
02				124° 53' 06"	124° 53' 08"	124° 53' 07"	
	03	39° 46' 12"	219° 46' 14"				mk

Data Pada Tabel ini merupakan pengukuran yang terdiri dari 3 titik poligon, Alat berdiri pada titik 1 dan kemudian ke titik 2.

- Cara menghitung sudut yaitu:
"Bacaan Target Muka – Bacaan target Belakang".
- Jika hasil penghitungan sudut bernilai negatif (-), maka:
 $360^\circ +$ sudut tersebut.

3.3.2 Cara Repetisi

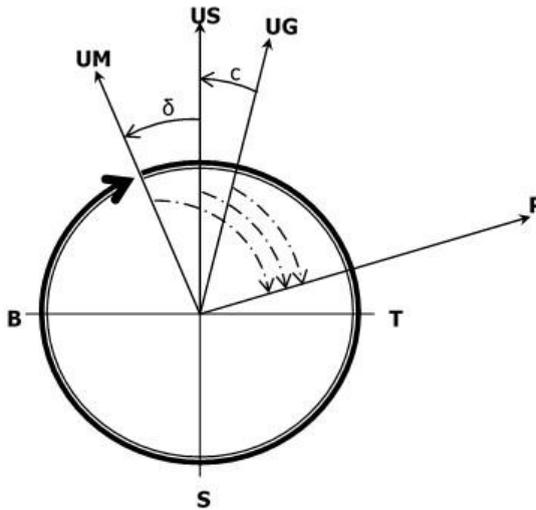
Pengukuran cara repetisi adalah penentuan satu sudut antara dua jurusan yang dapat dilakukan berulang sejumlah n pengukuran sampai dengan tingkat ketelitian yang ingin dicapai. Sesuai dengan jenisnya, pada alat repetisi terdapat sekrup lingkaran horizontal dan sekrup nonius sehingga dalam hal ini pengukuran cara reiterasi pun dapat dilakukan.

Kelebihan dari repetisi adalah dapat meletakkan garis bidik secara tepat pada target dengan penggerak halus nonius dengan tanpa mengubah kedudukan skala lingkaran horizontal. Hal ini dikarenakan alat dilengkapi dengan sekrup pengunci nonius.

3.4 Pengukuran Bearing dan Azimuth

Di dalam ukur tanah dikenal istilah Bearing yaitu sudut yang digunakan untuk menunjukkan arah yang diukur dari arah utara atau selatan searah putaran jarum jam atau sebaliknya. Dengan kata lain Bearing sama dengan Sudut Jurusan. akan tetapi untuk menentukan arah yang teliti dibutuhkan Azimuth yaitu sudut horizontal yang diukur dari garis dasar (base line) pengukuran searah putaran jarum jam. Garis dasar pengukuran dalam hal ini:

1. bila azimuth diukur dengan *True North* sebagai garis dasar maka dinamakan azimuth yang sesungguhnya/Utara Sesungguhnya (**US**);
2. bila azimuth diukur dengan *Magnetic North* sebagai garis dasar disebut azimuth magnetis/Utara Magnetik (**UM**);
3. bila azimuth diukur dengan *Grid North* sebagai garis dasar disebut azimuth grid/Utara Grid (**UG**).



Gambar 3.11. Pembagian Arah Utara

Keterangan:

δ : Deklinasi

c : Konvergensi meridian

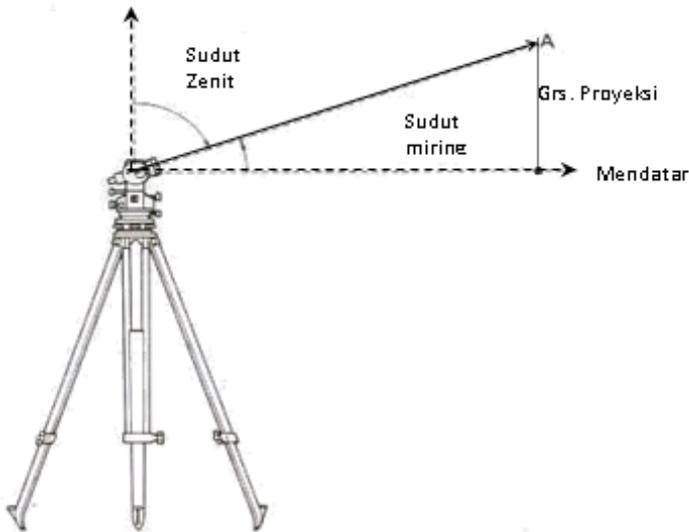
P : Titik Target

3.5 Pengukuran Sudut Vertikal (Tegak)

Sudut vertikal (Tegak) adalah sudut yang terbentuk antara jurusan/arah terhadap bidang proyeksi mendatar jurusan tersebut (lihat gambar 3.12). Sudut vertikal diukur dengan skala lingkaran pada posisi vertikal pula. Tujuan pengukuran sudut vertikal adalah untuk menentukan:

1. besarnya sudut tegak yang terbentuk antara dua titik terhadap arah Mendatar bila digunakan h (Helling) atau arah vertikal bila digunakan (Zenit);
2. jarak mendatar antara 2 (dua) titik, yang biasa dinamakan jarak optis;
3. jarak tegak antara 2 (dua) titik, yang biasa dinamakan beda tinggi (Δh).

Fungsi dari pengukuran sudut vertikal ialah untuk menentukan nilai ketinggian (Elevasi) suatu titik terhadap titik yang lain berdasarkan bidang referensi yang digunakan.



Gambar 3.12. Sudut Vertikal/Tegak

3.5.1 Sistem Skala Lingkaran Vertikal

1. Sudut yang terbentuk dihitung terhadap arah Mendatar pada skala lingkaran vertikal yang disebut sudut miring (*Helling*) (h).

Artinya:

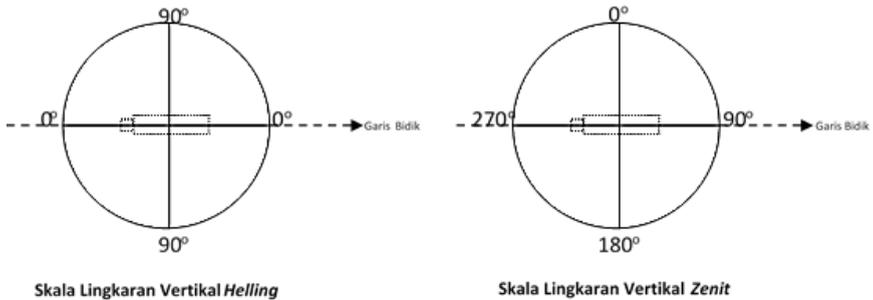
Bila teropong dalam keadaan mendatar, bacaan sudut vertikal = 0.

2. Sudut yang terbentuk dihitung terhadap arah vertikal (tegak) pada skala lingkaran vertikal yang disebut sudut *Zenit* (Z).

Artinya:

Bila teropong dalam keadaan Mendatar, bacaan sudut vertikal = 90° .

Dasar penentuan besarnya sudut vertikal pada 2 sistem tersebut disebabkan karena perbedaan jenis/konstruksi alat Theodolit yang umumnya terjadi perbedaan konstruksi pada skala lingkaran vertikal.



Gambar 3.13. Skala Lingkaran Sudut Vertikal/Tegak

3.5.2 Prinsip Pengukuran Sudut Vertikal

Untuk Jenis Theodolit yang menggunakan *Helling* sebagai sudut vertikal:

h : besarnya sudut miring dengan batasan $-90^\circ < h < 90^\circ$

$h > 0$ bila target lebih tinggi dari pada teropong Theodolit

$h < 0$ bila target lebih rendah dari pada teropong Theodolit

Untuk Jenis Theodolit yang menggunakan *Zenit* sebagai sudut vertikal

Z : Besarnya sudut Zenit, dengan batasan $0^\circ < Z < 180^\circ$ dan $180^\circ < Z < 360^\circ$

Bila target bidik lebih tinggi dari pada teropong Theodolit, maka $Z < 90^\circ$ atau $270^\circ < Z < 360^\circ$. Bila target bidik lebih rendah dari pada teropong Theodolit, maka $90^\circ < Z < 180^\circ$ atau $180^\circ < Z < 270^\circ$

Hubungan antara sudut miring/*helling* (h) dan sudut *Zenit* (Z) adalah:

$$h + Z = 90^\circ$$

3.6 Pembacaan Skala Lingkaran pada Teodolit

Untuk memperoleh nilai bacaan sudut baik sudut secara mendatar maupun sudut secara tegak, maka pada alat theodolit terdapat lensa mikrometer. Fungsi lensa ini adalah sebagai sistem optik yang disusun sedemikian rupa hingga dapat menangkap bayangan secara jelas dan teliti

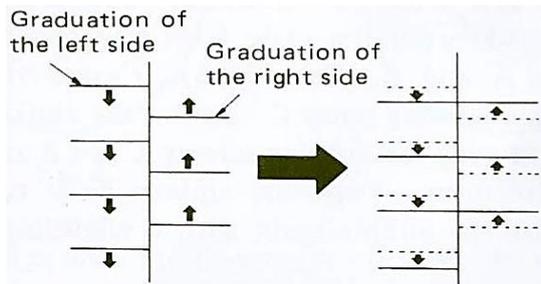
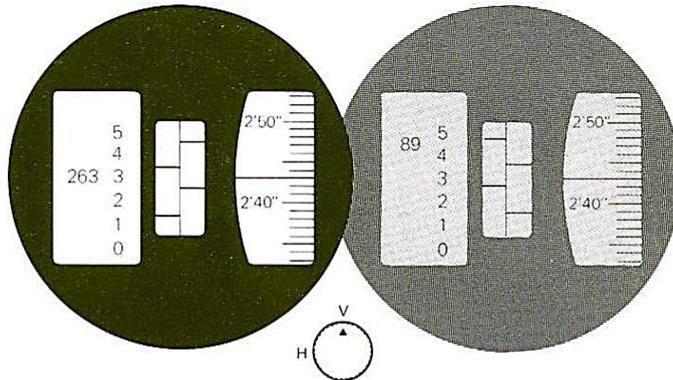
terhadap susunan skala lingkaran horizontal dan vertikal yang terdapat di dalam teodolit.

Dikatakan *Jelas* bayangan tersebut karena pada sistem susunan lensa tersebut diberikan pencahayaan sehingga objek yang dipantulkan tersebut menjadi jelas dan terang. Sumber cahaya yang dimaksud adalah sinar matahari yang dipantulkan melalui cermin reflektor dan atau sinar dari komponen yang disediakan teodolit dengan tenaga baterai.

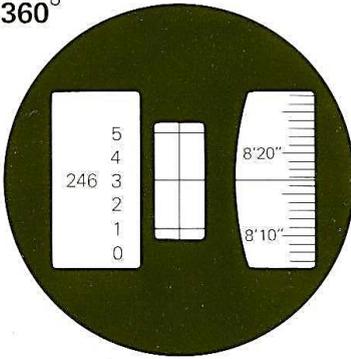
Sedangkan *teliti* dikarenakan pada alat juga dilengkapi Tombol mikrometer yang dipergunakan untuk menempatkan indikator pembaca skala lingkaran pada indeks terkecil (menit/detik) terhadap letak objek atau target yang dibidik.

Berikut beberapa contoh indikator pembaca skala lingkaran, sesuai dengan merek dan tipe teodolit yang umum dijumpai.

TEODOLIT SOKKIA TM1A

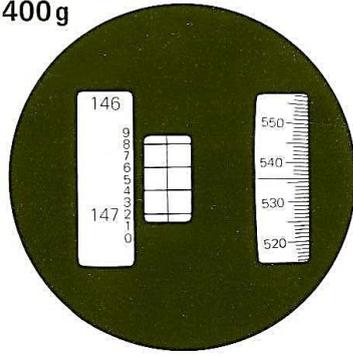


360°



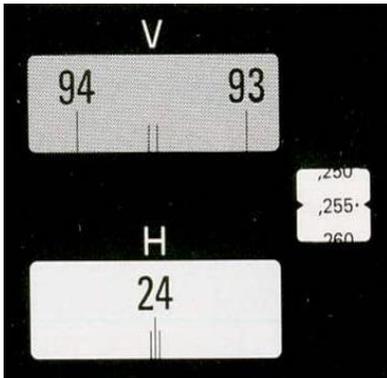
246° 38' 16" 7

400g

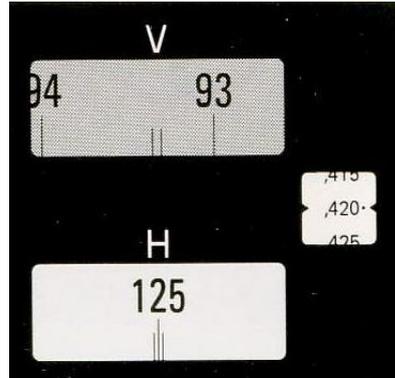


147g 25c 36cc

TEODOLIT SOKKIA TM20E

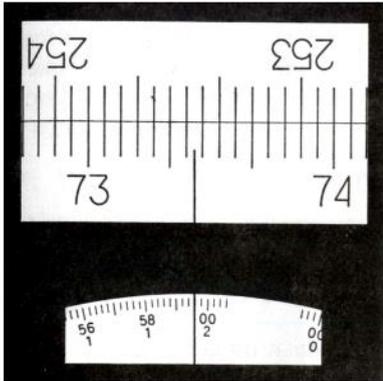


Hz = 24° 2' 55"



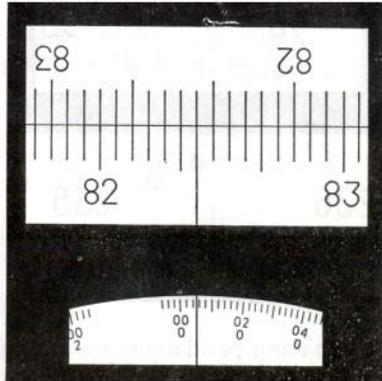
Hz = 125° 4' 20"

TEODOLIT WILD T03



Horizontal (1 skala = 2')

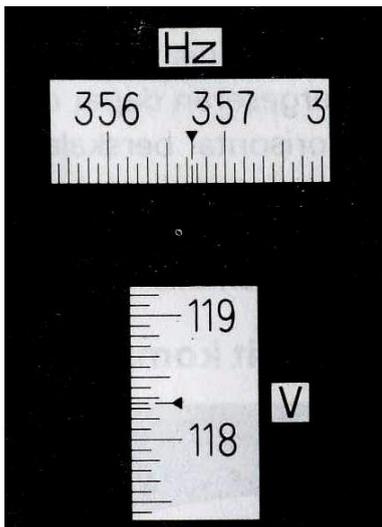
$$\begin{array}{r} 73^{\circ} 26' \\ 1' 59.6'' \\ \hline 73^{\circ} 27' 59.6'' \end{array}$$



Vertikal

$$\begin{array}{r} 83^{\circ} 24' \\ 0' 00.5'' \\ \hline 83^{\circ} 24' 00.5'' \end{array}$$

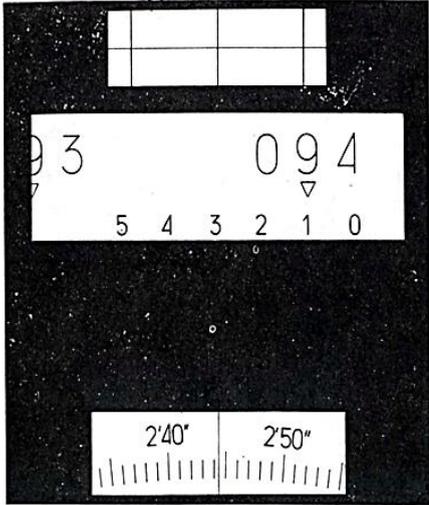
TEODOLIT WILD T05



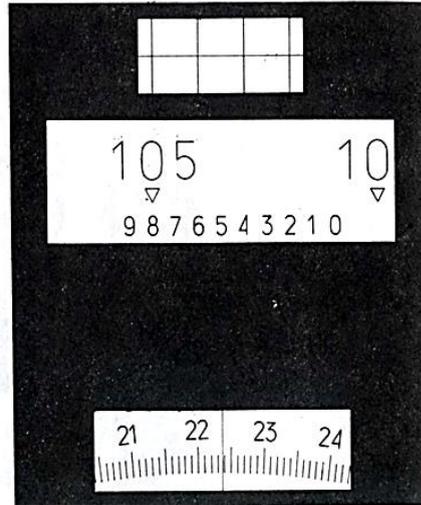
$$V_z = 118^{\circ} 18'$$

$$H_z = 356^{\circ} 42'$$

TEODOLIT WILD T12

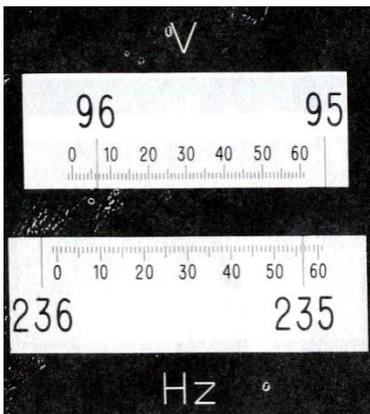


94° 12' 44"



105,8224^g

TEODOLIT WILD T16



Hz = 2350 56.5'

Vz = 960 06.5'

3.7 Peralatan Pendukung

1. Rambu Ukur

Dalam pengukuran di bantu dengan suatu mistar ukur yang besar yang dinamakan rambu ukur atau bak ukur. Jenis rambu ukur yang sering dijumpai yaitu:

- a. jenis pertama, dengan satuan panjang terkecilnya adalah 1 centimeter;
- b. jenis kedua, dengan satuan panjang terkecilnya adalah 0,5 centimeter jenis ini digunakan pada pengukuran sipat datar teliti.

Namun dari kedua jenis rambu ukur ini memiliki kesamaan dalam skala pembagian yaitu per 10 centimeter dan di tandai oleh bagian/warna yang masing-masing bagian mempunyai lebar 5 centimeter.



2. Landasan Rambu

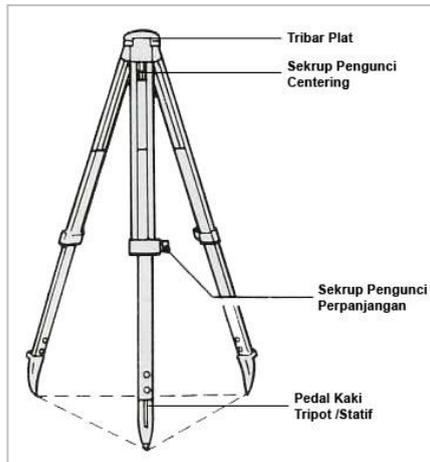
Landasan rambu ukur diciptakan guna mengurangi kesalahan sistematis pada saat pengukuran di lapangan. Alat ini terbuat dari plat baja (logam) berbentuk lingkaran bagian bawahnya dibentuk runcing (seperti Paku Payung) atau berbentuk segitiga dan berdiri di atas tiga kaki runcing. Cara penggunaan landasan rambu yaitu, pertama-tama tentukan suatu letak titik yang akan diukur kemudian letakkan landasan pada titik yang dimaksud dan beri tekanan kuat (dengan kaki) agar landasan tertancap kukuh di tanah.

Jika pada suatu pengukuran menggunakan dua batang rambu ukur guna menghemat waktu maka disarankan menggunakan dua landasan rambu pula. Penggunaan landasan rambu baik digunakan pada jenis tanah yang labil.

3. Statif

Statif merupakan peralatan yang selalu akan digunakan pada alat-alat ukur seperti penyipat datar, teodolit, total station dan sebagainya. Statif

dirancang sedemikian rupa dengan maksud sebagai penyanggah alat dengan bentuk dan ukuran yang telah teruji penggunaannya di lapangan.



Pada mode yang lama rangka statif terbuat dari kayu sedangkan bagian sendi dan pedal kaki terbuat dari logam sehingga statif ini terasa berat. Saat ini rangka statif terbuat dari alumunium campuran dan pada sendi serta pedal kaki tetap terbuat dari logam sehingga lebih ringan.

4. Nivo

Dari bentuknya telah dikenal secara umum dua jenis nivo berikut.

a. Nivo tabung

Jenis ini berbentuk silinder yang terbuat dari kaca atau bahan khusus dan di berikan skala indeks padanya. Fungsi Nivo ini adalah mereduksi garis bidik sejajar dengan garis arah nivo dan tegak lurus sumbu ke satu. Ciri dari nivo ini adalah berbentuk tabung silinder dengan gelembung udara memanjang. Contoh penggunaan jenis ini adalah nivo Reversi dan nivo Koinsidensi serta nivo tukang.

b. Nivo Kotak

Jenis ini berbentuk lingkaran yang terbuat dari kaca dan dibungkus dengan logam kecuali bagian atasnya. Pada bagian atas diberikan lingkaran skala gelembung nivo. Fungsi nivo ini adalah

membuat kedudukan alat sejajar garis arah bidang nivo dan tegak lurus sumbu ke satu. Ciri dari nivo ini adalah seluruhnya berbentuk lingkaran. Contoh penggunaan jenis ini adalah nivo kotak pada alat ukur dan nivo rambu.

Hampir semua jenis alat ukur (mekanis) dilengkapi dengan kedua nivo ini.

3.8 Soal Pelatihan

1. Buatlah gambar/sketsa alat Theodolit lengkap beserta keterangan masing-masing bagiannya.
2. Praktik cara mendirikan alat Theodolit sehingga siap untuk dioperasikan.
3. Praktik pembidikan target dan membaca skala lingkaran.
4. Praktik set bacaan $0^{\circ} 00' 00''$ dan arah utara kompas.
5. Praktik pengukuran sudut horizontal dan vertikal (biasa dan luar biasa).

Bagian 4

SURVEI TOPOGRAFI

Capaian Pembelajaran:

1. Mampu memahami tujuan survei topografi.
2. Mampu secara baik dan benar melaksanakan pengukuran kerangka kontrol pemetaan.
3. Mampu secara baik dan benar melaksanakan pengukuran situasi detail topografi.
4. Mampu secara baik dan benar melakukan penghitungan data ukuran.

4.1 Survei dan Pemetaan

Dalam pelaksanaan pekerjaan perencanaan maupun konstruksi, peta memegang peranan penting sebagai sarana untuk menampilkan hasil perencanaan dan kontrol terhadap pelaksanaannya. Dengan adanya peta maka kita dapat mengetahui orientasi wilayah maupun informasi suatu kota yang akan kita capai. Peta yang baik adalah dapat memberikan kenyamanan dan kemudahan bagi penggunanya baik dari segi keakuratan, kelengkapan informasi yang disajikan terutama pada peta yang memiliki tema tertentu. Untuk menghasilkan peta yang baik maka diperlukan pengetahuan mengenai arti pemetaan baik dalam segi penggunaannya maupun segi penyajiannya, selain itu harus dilakukan pula prosedur survei lapangannya sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.

4.1.1 Survei

Survei dilakukan adalah untuk mengamati keadaan di suatu wilayah. Pengamatan tersebut meliputi pengumpulan data terdiri dari Arah, Jarak, dan data ketinggian pada wilayah tersebut dengan menggunakan metode (teknik) tertentu. Teknik survei dimaksud terbagi dalam dua kategori dengan maksud dan kepentingan yang berbeda pula, yaitu:

1. *Plane Surveying*

Teknik pengukuran pada areal yang terbatas dengan mengabaikan

kelengkungan bumi atau asumsi bahwa bumi bentuknya datar dengan luasan $\pm 50 \text{ Km}^2$. Umumnya pekerjaan ini dilaksanakan untuk keperluan teknis seperti irigasi, konstruksi, perencanaan tahap III dll.

2. *Geodetic Surveying*

Teknik pengukuran yang umumnya digunakan pada areal yang luas, sehingga faktor kelengkungan bumi tidak dapat diabaikan agar diperoleh posisi yang benar sesuai dengan posisi geografisnya. Kegiatan yang dapat dikategorikan pada survei ini ialah pengukuran jaring basis triangulasi, pengukuran penyebaran titik referensi nasional, pemetaan batas wilayah, dll.

4.1.2 Pemetaan

Pemetaan merupakan kegiatan penggambaran dari sebagian besar atau sebagian kecil permukaan bumi ke atas suatu bidang datar, yaitu dengan cara melakukan pengukuran-pengukuran di atas permukaan bumi yang mempunyai bentuk tidak beraturan.

Pengukuran dibagi dalam pengukuran bidang mendatar (horizontal) untuk mendapatkan hubungan yang mendatar dari titik-titik yang diukur di atas permukaan bumi, dan pengukuran tinggi (vertikal) guna mendapatkan hubungan tegak antara titik yang diukur, sehingga berdasarkan hasil pengukuran tersebut dapat dibuat bayangan atau gambar yang cukup jelas dengan suatu skala yang telah ditentukan sebelumnya.

4.2 Dasar Pemetaan

Dalam pelaksanaan pekerjaan perencanaan pemetaan terdapat beberapa hal yang penting dan perlu ditentukan antara lain berikut ini.

1. Titik Kontrol

Titik kontrol diperlukan untuk memperoleh posisi relatif suatu titik/objek terhadap suatu titik kontrol nasional.

Titik kontrol nasional ini biasanya tercantum di peta sehingga dapat dengan mudah diketahui koordinat dan, tingginya seperti titik triangulasi, titik Doppler dsb. Titik kontrol tersebut biasa disebut sebagai titik referensi atau datum.

Datum terbagi dari dua bidang yaitu:

a. Datum Horizontal

Datum pemetaan diambil dari titik tertentu yang diketahui koordinat geografisnya (L,B) dalam satuan segsagesimal atau koordinat kartesian (X,Y) dalam satuan meter.

b. Datum Vertikal

Datum vertikal diambil berdasarkan ketinggian muka air laut rata-rata (mean sea level).

2. Survei Lapangan

Survei lapangan dilakukan untuk mendapatkan data lapangan yang diperlukan dan disajikan dalam sebuah peta. Data tersebut dapat berupa data fisik, sosial, ekonomi, penggunaan lahan dan lain-lain.

3. Penyajian Data

Penyajian data lapangan dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu: klasifikasi data, pengolahan data ukuran yaitu dengan melakukan hitungan-hitungan sesuai dengan kaidah pemetaan, verifikasi data, dan penggambaran.

4.3 Survei Topografi

Survei topografi dilaksanakan untuk mendapatkan gambaran relief permukaan bumi dan untuk menentukan letak lokasi ciri-ciri alami dan kebudayaan di atasnya. Dengan bantuan berbagai garis dan symbol-simbol konvensional, peta-peta topografi dihasilkan dari data pengukuran.

Peta topografi adalah penyajian dari sebagian permukaan bumi yang memperlihatkan kebudayaan, relief, hidrografi, serta tumbuh-tumbuhan. Ciri-ciri kebudayaan (buatan) adalah produk manusia, misalnya; jalan, gedung, jembatan, saluran, bendungan dan garis batas. Peta topografi dibuat dan dipakai para ahli dalam menentukan lokasi-lokasi yang paling dikehendaki dan ekonomis untuk berbagai kepentingan di antaranya sebagai berikut.

1. Ahli rekayasa sipil, untuk jalan raya, jalan baja, saluran, jalur pipa, jalur transmisi, waduk dan lainnya.
2. Ahli geologi, untuk menyelidiki mineral, minyak, air, dan sumber daya alam lain.

3. Ahli arsitek untuk perencanaan bangunan dan pertamanan.
4. Ahli pertanian dalam pekerjaan pengawetan tanah, cetak sawah.
5. Ahli kehutanan dalam penentuan wilayah flora maupun fauna.

4.3.1 Metode Pengukuran Topografi

Pengukuran topografi umumnya dilaksanakan dengan tiga metode populer berikut ini.

1. Metode Teristris, metode ini adalah yang paling umum diselenggarakan dengan dikarenakan si pengukur berada (bersentuhan) langsung dengan objek yang dipetakan (diukur). Atau sering pula dikenal dengan pengukuran secara langsung di lapangan. Metode ini digunakan untuk menghasilkan peta topografi skala besar dan sebagai salah satu syarat teknis dalam suatu perencanaan rekayasa sipil.
2. Metode Fotogrametri, metode ini adalah pengukuran (pengamatan) dengan cara tidak langsung terhadap wilayah yang dipetakan. Metode ini menerapkan teknik pemotretan dari udara terhadap sebagian wilayah yang ingin dipetakan. Hasil dari foto udara ini berupa citra foto yang direktifikasi kembali dengan alat stereoplotter. Penerapan metode ini umumnya untuk pemetaan wilayah cakupan yang luas dengan peta yang dihasilkan dalam skala kecil.
3. Metode remote sensing, saat ini metode ini adalah salah satu metode pemetaan yang paling cepat dan cukup ekonomis untuk kepentingan pemetaan wilayah yang luas. Metode ini prinsipnya memiliki kesamaan dengan metode fotogrametri yaitu pengukuran tidak bersentuhan langsung di lapangan, namun metode ini cukup mutakhir (Up to Date) dari segi pengambilan data. Metode ini menggunakan wahana satelit ruang angkasa yang dilengkapi dengan sensor. Hasil yang diperoleh dari metode ini adalah berupa citra satelit.

Namun seringkali untuk beberapa bagian dari ketiga metode di atas digabung, terutama pengukuran dengan metode teristris akan selalu digunakan untuk Penerapan kedua metode yang lainnya. Hal ini

dimaksudkan terutama untuk penentuan titik kontrol dan pemeriksaan di lapangan.

Catatan: Pada buku ini akan dibahas lebih lanjut pengukuran topografi dengan metode teristris ini, dan merupakan materi pada mata kuliah ini.

4.3.2 Alur Kerja Pengukuran Topografi

Berikut beberapa tahapan yang harus dilakukan dalam pelaksanaan pengukuran topografi dengan metode teristris.

1. Reconnaissance

Penentuan lokasi secara garis besar ditentukan secara hati-hati pada peta-peta skala kecil dan dari foto-foto udara atau peta rupa bumi sebagai peta dasar dengan penjelajahan lapangan. Tahapan ini lebih dikenal dengan orientasi awal.

2. Preliminary survei

Survei dilakukan pada lokasi terpilih, pada survei ini dilakukan penentuan titik kontrol peta, dan telah ditentukan metode pengukuran yang paling efisien dan pada tahapan ini biasanya juga dihitung kebutuhan logistik, masa kerja dan target setiap harinya.

3. Pengukuran

Maksud dari tahapan ini adalah melakukan serangkaian pengukuran seperti; pengukuran kerangka kontrol horizontal, pengukuran kerangka kontrol vertikal dan pengukuran detail.

4. Pengolahan data

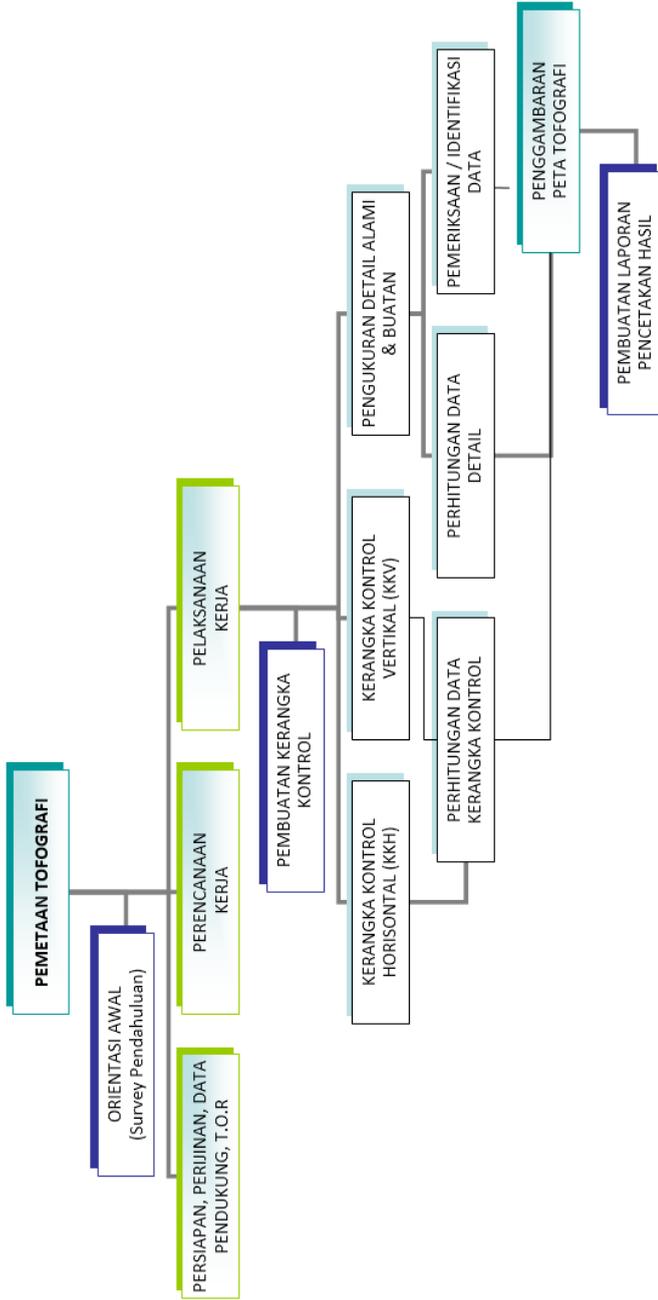
Pada tahap ini proses pengolahan data pada masing-masing data hasil pengukuran seperti; kerangka horizontal, kerangka vertikal, detail.

5. Penggambaran peta

Penggambaran peta adalah akhir dari keseluruhan tahapan pekerjaan. Sebelum dihasilkan peta akhir biasanya didahului dengan pembuatan peta draf yang merupakan hasil awal dari penggambaran berdasarkan data hasil perhitungan. (mungkin masih perlu adanya revisi). Dari peta draf yang sudah benar selanjutnya dilakukan penggambaran peta sesungguhnya, dalam hal ini telah melibatkan

unsur ilmu katografi dalam penggambaran peta seperti; Penyiapan lembar peta, informasi tepi peta, legenda, lettering, pewarnaan dan sebagainya.

Rangkaian tahapan di atas dapat digambarkan dengan alur kerja sebagai berikut.



Gambar 4.1. Alur Survei Topografi

4.4 Bench Mark (BM)

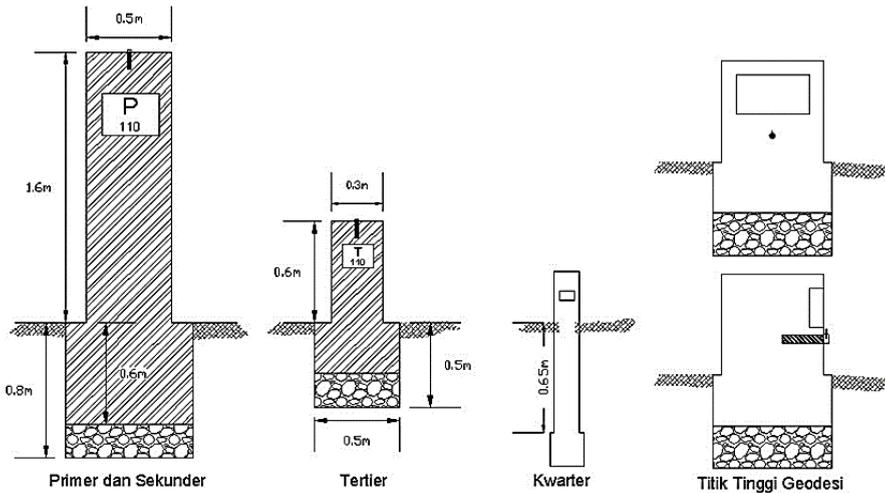
Di dalam pekerjaan pengukuran di lapangan pada umumnya akan menghasilkan suatu titik. Titik bisa jadi merupakan hasil dari ukuran jarak, sudut atau pun secara sengaja diberikan sebagai tanda awal di lapangan untuk kepentingan selanjutnya (Titik Ikat). Dengan demikian untuk menyatakan letak titik-titik di permukaan bumi ini diperlukan suatu tanda.

Tanda tersebut dapat berupa benda hidup ataupun benda mati, suatu simbol dan lainnya. Akan tetapi pada ilmu ukur tanah umumnya tanda untuk menyatakan letak titik adalah berupa tugu atau patok. Tanda tersebut memiliki data berupa Nama, Nomor, Tanggal/Tahun dan Koordinat yaitu nilai perpotongan sumbu X,Y pada bidang horizontal serta nilai ketinggian Z pada bidang Vertikal diukur dari bidang nol permukaan air laut rata-rata. Berdasarkan fungsi pemanfaatannya, titik-titik di permukaan bumi ini dikenal memiliki dua sifat yaitu, bersifat tetap (permanen) serta yang bersifat sementara.

Bench Mark adalah suatu monumen/tugu/patok beton yang telah diketahui koordinatnya (X,Y,Z) yang dipasang untuk keperluan pemetaan. Dalam hal ini ketinggiannya diukur secara teliti terhadap sistem referensi tertentu. BM tersebut dapat pula dipakai sebagai titik awal pengukuran atau titik ikat atau titik kontrol.

Melihat dari fungsinya titik yang bersifat tetap digunakan sebagai acuan/referensi untuk tahapan kegiatan pengukuran selanjutnya. Titik-titik tetap pada umumnya ditentukan melalui proses pengamatan, penelitian dalam waktu lama dengan tingkat ketelitian tertentu dan merupakan kerangka dasar (titik kontrol). Ditinjau dari kegunaan dan tingkat ketelitian yang dimiliki oleh suatu titik tetap (Bench Mark) maka titik tetap dapat diklasifikasikan menurut ordenya sebagai berikut.

1. Titik Kerangka Dasar Utama (Orde I/**P**rimer).
2. Titik Kerangka Dasar Tingkat Dua (Orde II/**S**ekunder).
3. Titik Kerangka Dasar Tingkat Tiga (Orde III/**T**ertier).
4. Titik Kerangka Dasar Tingkat Empat (Orde IV/**K**uartier).



Gambar 4.2. Tugu/Monumen Kerangka Kontrol

Pembuatan atau pengadaan kerangka dasar tersebut dapat diterapkan pada setiap daerah, akan tetapi bentuk rangkaian titik dan metode pengukuran yang digunakan harus disesuaikan dengan bentuk, luas serta kondisi daerah yang disertakan. Sedangkan titik-titik yang bersifat sementara diperlukan pada pengukuran sebagai titik-titik bantu. Letak titik-titik ini diberi tanda dari kayu dengan ukuran tertentu dan ditanam di dalam tanah. Patok kayu ini diberi Nomor dan cat merah, sedangkan pada bagian atas dipasang paku payung.

Titik-titik yang dibuat di lapangan harus dapat diketemukan dengan mudah, kukuh dan aman dalam artian tidak rusak dan bergeser sehingga mempengaruhi dari nilai koordinat yang dimiliki titik tersebut. Adapun metode yang digunakan untuk menentukan titik-titik di lapangan yaitu dengan pengukuran Triangulasi, Poligon dan pengamatan GPS.

4.5 Kerangka Kontrol Horizontal

Rangkaian kegiatan pengukuran topografi dilakukan secara langsung di lapangan dengan teknik dan perhitungan tertentu serta peralatan yang tentu pula. Dalam hal ini pengukuran dilakukan pada permukaan bumi mencakup unsur 3 dimensi yaitu penentuan koordinat-koordinat (X, Y, Z).

Koordinat tersebut dapat dijadikan Kerangka Kontrol. Dari 3-Dimensi tersebut 2-Dimensi diperoleh melalui pengukuran panjang sumbu x dan sumbu y pada bidang mendatar, perpotongan garis proyeksi dari kedua sumbu tersebut digunakan untuk menyatakan titik di lapangan. Rangkaian titik yang telah memiliki koordinat X dan Y dapat digunakan sebagai Kerangka Kontrol Horizontal (KKH). Pengukuran KKH ini biasa menggunakan jaringan *Triangulasi*, *poligon* dan jaringan titik *GPS*.

Catatan: Pada buku ini akan dibahas lebih lanjut tentang Penerapan poligon untuk menyiapkan kerangka kontrol horizontal.

4.6 Poligon

Poligon merupakan rangkaian titik-titik yang membentuk segi banyak sehingga mudah disesuaikan (*flexible*) dengan kondisi di lapangan. Dari titik-titik tersebut dapat digunakan untuk berbagai keperluan atau pekerjaan seperti yang telah disebutkan. Berdasarkan bentuk geometrisnya poligon dapat dibedakan menjadi:

1. poligon terbuka, dan
2. poligon tertutup/keliling.

Poligon dapat pula diklasifikasikan berdasarkan fungsi dan ketelitian yang dimilikinya yaitu sebagai berikut.

1. Poligon Utama

Merupakan rangkaian titik kontrol tingkat pertama dan yang memiliki ketelitian tinggi. Rangkaian ini bisa berupa Poligon Terbuka atau Poligon Tertutup.

2. Poligon Cabang/Bantu

Merupakan rangkaian titik kontrol tingkat kedua yaitu sebagai poligon bantu jika kondisi di lapangan memerlukannya. Dari sebutannya Poligon Cabang adalah cabang dari poligon utama.

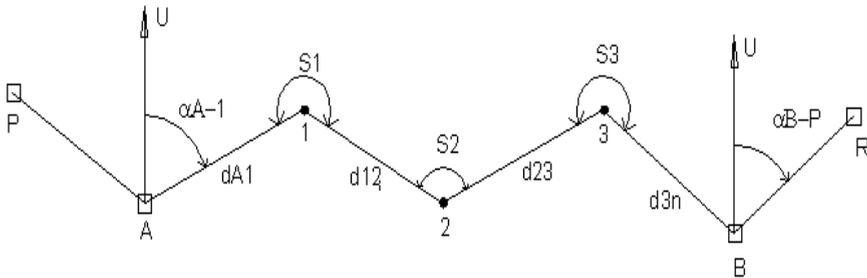
Dengan demikian dapat dipahami pengukuran poligon bertujuan untuk membentuk jaringan kontrol yang terdiri dari titik-titik yang memiliki Koordinat di lapangan. Koordinat tersebut dapat ditentukan berdasarkan data yang diperoleh dari kegiatan pengukuran sudut jurusan dan jarak.

4.6.1 Poligon Terbuka

Poligon terbuka merupakan poligon dengan titik awal dan titik akhir tidak berimpit atau tidak pada posisi yang sama. Jenis poligon terbuka ini terbagi menjadi tiga.

1. Poligon Terbuka Terikat Sempurna

Poligon terbuka terikat sempurna merupakan poligon terbuka yang memiliki dua titik ikat pada awal dan pada akhir rangkaian poligon berupa titik tetap.



Gambar 4.3. Poligon Terbuka Terikat Sempurna

Keterangan gambar:

- | | | |
|---|---|---|
| A, P, B, R | : | Titik tetap |
| $d_{A1}, d_{12}, d_{23}, \dots, d_{nB}$ | : | Jarak sisi-sisi poligon |
| $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$ | : | Sudut yang diukur |
| α_{A1}, α_{BP} | : | Azimut awal dan azimuth akhir |
| 1, 2, 3, ... n | : | Titik yang akan ditentukan koordinatnya |

➡ Persyaratan yang harus dipenuhi: (4.1)

a. $\sum S + f(S) = (\alpha_{Akhir} - \alpha_{Awal}) + (n-1) \times 180^\circ$

b. $\sum d \sin \alpha + f(x) = X_{akhir} - X_{awal}$

c. $\sum d \cos \alpha + f(y) = Y_{akhir} - Y_{awal}$

Dalam hal ini:

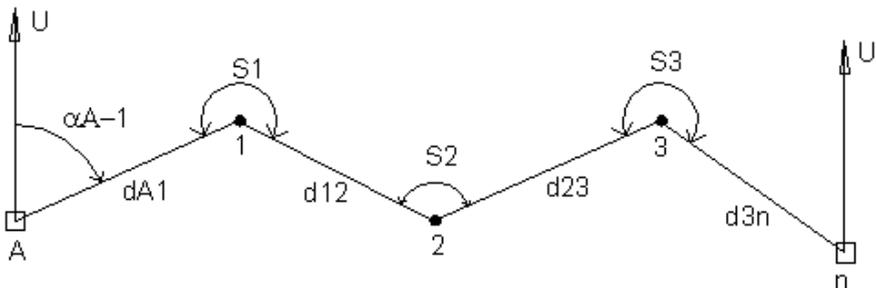
$f(S)$: Kesalahan penutup sudut poligon

$f(x)$: Kesalahan sumbu X (absis)

$f(y)$: Kesalahan sumbu Y (ordinat)

2. Poligon Terbuka Terikat Sepihak

Poligon terbuka terikat sepihak merupakan poligon terbuka yang memiliki titik ikat berupa titik tetap pada titik awal rangkaian poligon atau titik akhir rangkaian poligon.



Gambar 4.4. Poligon Terbuka Terikat Sepihak

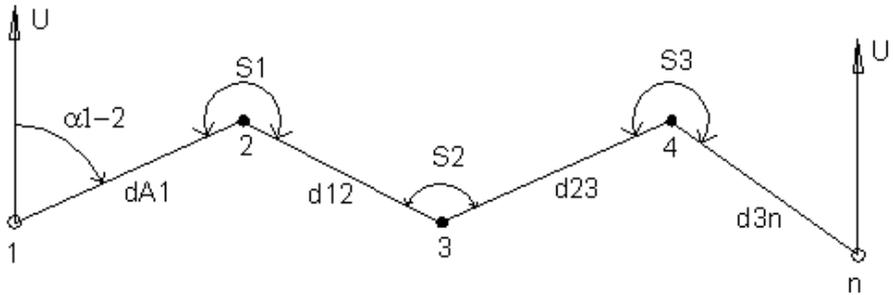
Untuk Poligon jenis ini hanya dapat dilakukan koreksi sudut saja, dengan persyaratan geometris sebagai berikut.

$$\sum S + f(S) = (\alpha_{\text{Akhir}} - \alpha_{\text{Awal}}) + n \times 180^\circ \quad (4.2)$$

Titik A merupakan titik tetap sebagai titik ikat untuk koordinat titik-titik yang lain seperti, (1, 2, 3, ... n).

3. Poligon Terbuka Sempurna

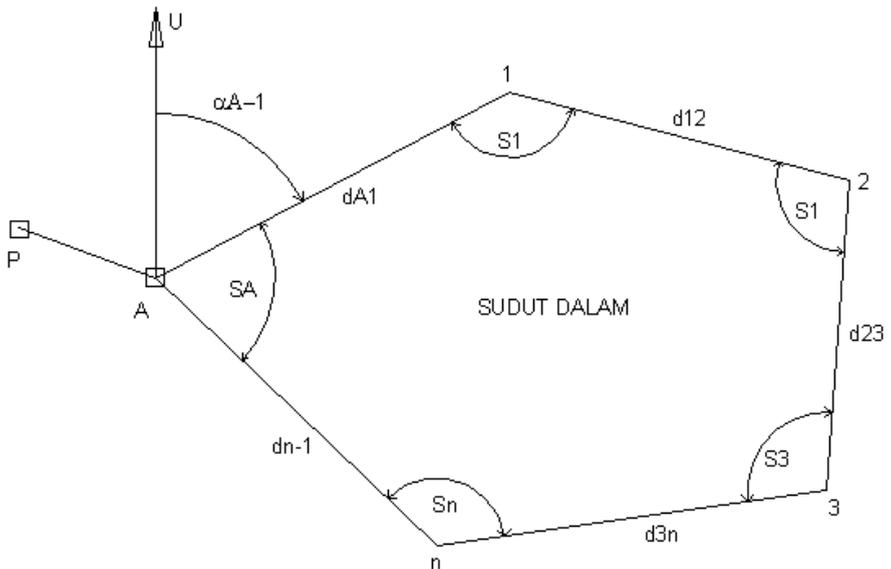
Poligon ini merupakan poligon terbuka yang tidak memiliki titik tetap. Pada poligon ini juga hanya dapat dilakukan koreksi terhadap data sudut. Syarat geometris yang digunakan sama dengan Poligon terbuka terikat sepihak.

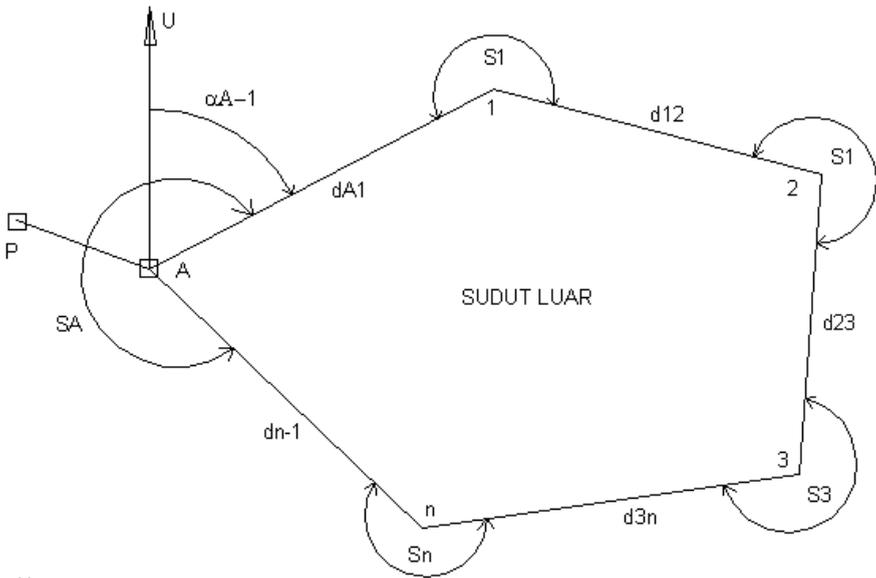


Gambar 4.5. Poligon Terbuka Sempurna

4.6.2 Poligon Tertutup

Poligon tertutup merupakan poligon yang titik awal dan titik akhir saling berimpit atau pada posisi yang sama (Saling bertemu). Pada poligon tertutup ini secara geometris bentuk rangkaian poligon bila memiliki dua titik tetap bisa dinamakan poligon tertutup terikat sempurna.





Gambar 4.6. Poligon Tertutup Sempurna

Persamaan geometris pada poligon tertutup ini: (4.3)

1. $\sum S + f(S) = (n-2) \times 180^\circ$ untuk sudut dalam
2. $\sum S + f(S) = (n+2) \times 180^\circ$ untuk sudut luar
3. $\sum d \sin \alpha + f(x) = 0$ untuk koreksi absis
4. $\sum d \cos \alpha + f(y) = 0$ untuk koreksi ordinat

4.6.3 Penyelesaian Poligon

Penyelesaian poligon merupakan metode hitungan untuk memperoleh koordinat titik-titik di lapangan berdasarkan koordinat titik tetap yang telah diketahui.

1. Persamaan menentukan Azimut antar 2 titik Tetap yang telah

diketahui koordinatnya:
$$\alpha A - B = \text{tg} \left(\frac{X_B - X_A}{Y_B - Y_A} \right) \quad (4.4)$$

2. Persamaan menentukan Jarak Basis antar 2 titik Tetap yang telah diketahui koordinatnya:

$$dA - B = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2} \quad (4.5)$$

3. Persamaan menentukan Azimut semua sisi poligon dihitung berdasarkan Azimut awal dan sudut semu titik hasil koreksi.

- a. Jika metode pengukuran sudut searah jarum jam, rumus yang digunakan: (4.6)

$$\alpha_{n.(n+1)} = (\alpha_{n-1.n} + 180^\circ) - S_d$$

$$\alpha_{n.(n+1)} = (\alpha_{n-1.n} + S_i) - 180^\circ$$

- b. Jika metode pengukuran sudut berlawanan arah jarum jam, rumus yang digunakan: (4.7)

$$\alpha_{n.(n+1)} = (\alpha_{n-1.n} + S_d) - 180^\circ$$

$$\alpha_{n.(n+1)} = (\alpha_{n-1.n} + 180^\circ) - S_i$$

Dalam hal ini:

n : Nomor titik

$\alpha_{n.(n+1)}$: Azimut sisi n ke $n+1$, (*contoh α 1-2*)

$\alpha_{n-1.n}$: Azimut sisi $n-1$ ke n , (*contoh α 2-1*)

S_d : Sudut dalam terkoreksi

S_i : Sudut luar terkoreksi

4. Persamaan menentukan jarak Absis (ΔX) dan jarak Ordinat (ΔY):

$$\Delta X = dn-1.n \sin \alpha_{n-1.n} \quad (4.8)$$

$$\Delta Y = dn-1.n \cos \alpha_{n-1.n}$$

5. Persamaan menentukan Koordinat sementara semua titik poligon:

$$X_n = X_{n-1} + dn-1.n \sin \alpha_{n-1.n} \rightarrow X_n = X_{n-1} + \Delta X$$

$$Y_n = Y_{n-1} + dn-1.n \cos \alpha_{n-1.n} \rightarrow Y_n = Y_{n-1} + \Delta Y$$

Dalam hal ini:

X_n, Y_n : Koordinat titik n

X_{n-1}, Y_{n-1} : Koordinat titik $n-1$

6. Persamaan menentukan Koordinat terkoreksi titik poligon tertutup:

$$\mathbf{X}_n = \mathbf{X}_{n-1} + \Delta \mathbf{X} + \left[\frac{dn}{\Sigma d} x \Sigma \Delta X \right] \quad (4.9)$$

$$\mathbf{Y}_n = \mathbf{Y}_{n-1} + \Delta \mathbf{Y} + \left[\frac{dn}{\Sigma d} x \Sigma \Delta Y \right]$$

7. Kesalahan Azimut dan Jarak pada poligon tertutup;

$$Eb = \arctg \frac{\Delta X}{\Delta Y} \text{ untuk Azimut} \quad (4.10)$$

$$Cd = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \text{ untuk jarak} \quad (4.11)$$

8. Persamaan Ketelitian Linier poligon tertutup:

$$K = \frac{\Sigma D}{Cd} \quad (4.12)$$

Dalam hal ini:

- Eb : Error bearing (kesalahan sudut penutup)
Cd : Error distace (kesalahan jarak)
K : Ketelitian linier poligon tertutup
 ΔX : Absis
 ΔY : Ordinat

4.6.4 Syarat Penempatan Titik Poligon

1. Dalam menentukan jumlah titik poligon, harus berdasarkan pada fungsi poligon.
2. Bentuk poligon diusahakan tidak terlalu banyak sudut.
3. Jarak dari setiap titik-titik poligon diusahakan mendekati sama, tidak terlalu pendek.
4. Diusahakan tidak membentuk sudut lancip dan tumpul ($60^\circ - 160^\circ$).
5. Memudahkan untuk pelaksanaan pengukuran.
6. Titik poligon harus ditempatkan pada daerah yang mudah dibidik secara langsung.

4.7 Kerangka Kontrol Vertikal

Unsur Z merupakan ukuran tinggi dari suatu bidang referensi pada bidang vertikal atau tegak. Rangkaian titik yang telah memiliki nilai Z dapat digunakan sebagai Kerangka Kontrol Vertikal (KKV). Kegiatan pengukuran yang dilakukan untuk penentuan KKV dengan teliti pada cakupan wilayah kecil yaitu *Leveling*. Namun demikian untuk kepentingan proyek sipil terpenuhinya ke tiga unsur tersebut (X, Y, Z) sering kali tidak terpisahkan.

Sistem referensi atau acuan yang dipergunakan adalah Tinggi muka air laut rata-rata atau *Mean Sea Level* (MSL) atau sistem referensi lain yang dipilih. Sistem referensi ini mempunyai arti sangat penting, terutama dalam bidang keairan, misalnya; Irigasi, Hidrologi dan sebagainya. Namun demikian masih banyak pekerjaan-pekerjaan lain yang memerlukan sistem referensi.

Untuk menentukan ketinggian suatu titik di permukaan bumi tidak selalu harus mengukur beda tingginya dari muka laut (MSL), namun dapat dilakukan dari titik-titik tetap yang sudah ada di sekitar lokasi pengukuran. Titik-titik tersebut umumnya telah diketahui ketinggian maupun koordinatnya (X,Y,Z) yang disebut dengan *Bench Mark* (BM). Bench Mark merupakan suatu tanda yang jelas (mudah ditemukan) dan kukuh di permukaan bumi yang berbentuk tugu atau patok beton sehingga terlindung dari faktor-faktor pengrusakan.

Manfaat penting lainnya dari pengukuran Leveling ini adalah untuk kepentingan proyek-proyek yang berhubungan dengan pekerjaan tanah (Earth Work) misalnya untuk menghitung volume galian dan timbunan. Untuk itu dikenal adanya pengukuran sipat datar *Profil Memanjang* (Long Section) dan sipat datar *Profil Melintang* (Cross Section).

Dalam melakukan pengukuran sipat datar dikenal adanya tingkat-tingkat ketelitian sesuai dengan tujuan proyek yang bersangkutan. Hal ini dikarenakan pada setiap pengukuran akan selalu terdapat kesalahan-kesalahan. Fungsi tingkat-tingkat ketelitian tersebut adalah batas toleransi kesalahan pengukuran yang diperbolehkan. Untuk itu perlu diantisipasi kesalahan tersebut agar di dapat suatu hasil pengukuran untuk memenuhi batasan toleransi yang telah ditetapkan.

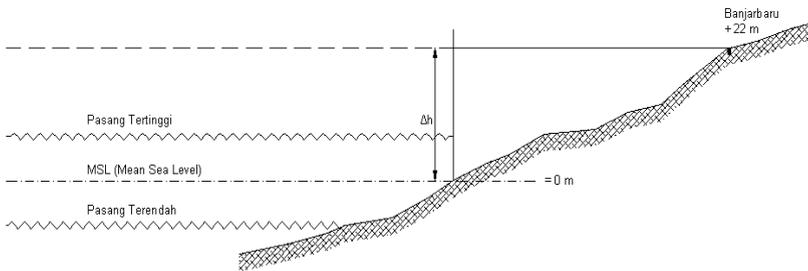
4.8 Sistem Referensi Bidang Vertikal

Sistem referensi adalah suatu sistem yang mendefinisikan suatu titik awal (Titik No). Hal ini mempunyai arti penting sehingga tidak memungkinkan terjadinya perbedaan tinggi antara satu proyek dengan proyek yang lain dalam satu wilayah.

Ada 2 (dua) macam sistem referensi untuk tinggi yang dipergunakan yaitu:

1. Sistem Referensi Muka Air Laut Rata-Rata (MSL)

Dimana tinggi diukur dari permukaan laut rata-rata yang tak terganggu (0 meter sama dengan permukaan air laut rata-rata). Jadi misalnya kota Banjarbaru mempunyai ketinggian + 22 meter berarti bahwa kota tersebut terletak di atas MSL (*Mean Sea Level*) setinggi 22 meter. Untuk proyek-proyek pengukuran yang besar biasanya mempergunakan MSL sebagai referensi tinggi.



Gambar 4.7. Pengukuran MSL

2. Sistem Referensi Lokal.

Pada sistem ini tinggi diukur dari permukaan tanah pada lokasi proyek (0 meter ditentukan secara sembarang/lokal). Misalnya ketinggian awal dapat dimulai dari 100 m, 250 m atau 0 m (lokal).

4.9 Macam-macam Pengukuran Tinggi

1. Pengukuran tinggi secara langsung dengan menggunakan pita ukur dan nivo sederhana.
2. Pengukuran tinggi menggunakan alat Barometer (Barometric Leveling).

Pada dasarnya ada hubungan antara ketinggian suatu tempat dengan tekanan udara di tempat itu, dimana makin tinggi tempatnya, makin kecil tekanan udaranya. Dengan alat Barometer ini ketinggian dapat diukur alatnya disebut dengan Altimeter.

3. Pengukuran tinggi menggunakan cara Trigonometris (Trigonometric Leveling).

Beda tinggi antara dua tempat dapat ditentukan/dihitung bila data yang diukur dengan alat yang dilengkapi dengan skala lingkaran sudut vertikal misal Theodolit dan Clinometer.

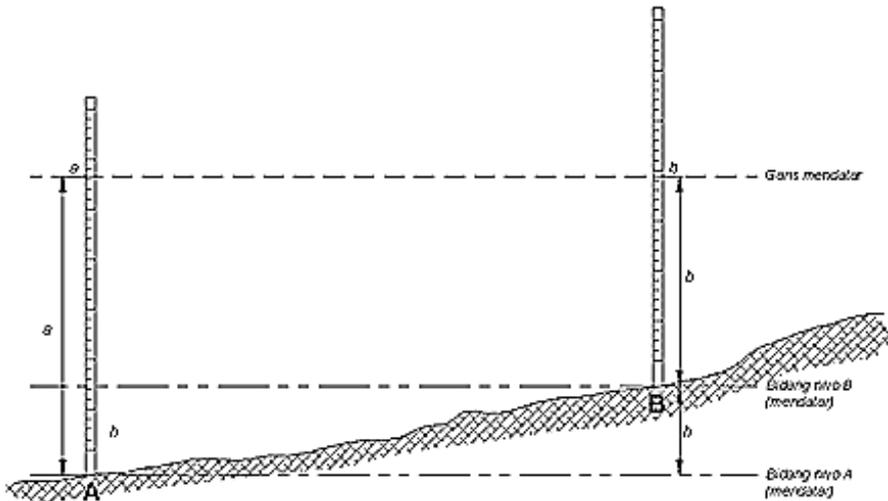
4. Pengukuran tinggi dengan alat Penyipat Datar

Pada cara ini didasarkan atas kedudukan garis bidik teropong yang dibuat horizontal dengan menggunakan gelembung nivo.

4.10 Pengukuran Tinggi dengan Alat Penyipat Datar

Maksud pengukuran tinggi ialah menentukan *beda tinggi* antara dua titik. Bila beda tinggi h diketahui antara dua titik A dan B, sedang tinggi titik A di ketahu sama dengan H_a dan titik B letak lebih tinggi dari pada titik A, maka tinggi titik B adalah $H_b = H_a + h$.

Yang diartikan dengan beda tinggi antara titik A dan B adalah jarak antara dua *bidang nivo* yang melalui titik A dan B. Umumnya bidang nivo adalah bidang yang lengkung, tetapi bila jarak antara titik-titik A dan B kecil, maka kedua bidang nivo yang melalui titik-titik A dan B dapat di anggap sebagai *bidang yang mendatar*. Apabila demikian, beda tinggi h dapat ditentukan dengan menggunakan garis mendatar yang sembarang dan dua mistar yang dipasang di atas kedua titik A dan B. Misalkan sekarang garis mendatar itu memotong mistar A di titik a dan mistar B di titik b , maka angka a dan angka b pada mistar akan selalu menyatakan jarak-jarak A_a dan B_b , bila titik nol kedua mistar itu letak di bawah. (Wongsotjitro S., 1977).



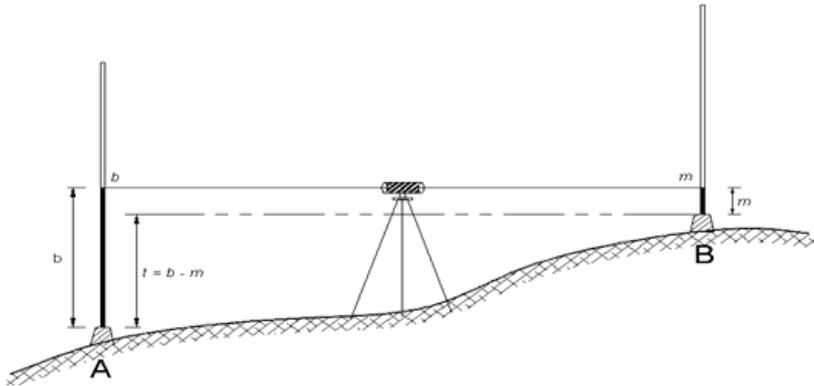
Gambar 4.8. Beda Tinggi antara Dua Titik

Dari gambar dapat dilihat, bahwa beda tinggi $h = A_a - B_b = \text{angka } a - \text{angka } b$ atau dengan pendek dapat ditulis $h = a - b$.

Penentuan beda tinggi antara dua titik dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu ditinjau dari kedudukan atau penempatan alat ukur penyipat datar. Tiga cara ini dapat dipergunakan sesuai dengan kondisi di lapangan dan hasil pengukuran yang ingin diperoleh.

1. Cara pertama, alat ukur berada di antara kedua titik.

Pada cara ini alat ukur ditempatkan antara titik A dan B, sedangkan pada masing-masing titik tersebut ditempatkan rambu ukur yang vertikal. Jarak dari alat ukur terhadap masing-masing rambu di usahakan berimbang atau \pm sama. Sedangkan letak alat ukur tidaklah harus pada garis lurus yang menghubungkan titik A dan B. Cara ini merupakan dasar dalam pengukuran sipat datar memanjang.



Gambar 4.9. Pengukuran Beda Tinggi di Antara Titik dengan Alat Penyipat Datar

Dengan cara ini aturlah kedudukan alat agar memenuhi syarat melakukan pengukuran, kemudian arahkan garis bidik ke rambu A sebagai bacaan *belakang* (b) dan ke rambu B sebagai bacaan *muka* (m). Dalam hal ini selalu diingat, bahwa angka pembacaan pada rambu merupakan jarak yang dibatasi antara alas rambu terhadap garis bidik, maka dapat dimengerti bahwa beda tinggi antara titik A dan B yaitu sebesar $t = b - m$.

2. Cara kedua, alat ukur berada di luar kedua titik.

Cara yang kedua ini merupakan cara yang dapat dilakukan bilamana pengukuran beda tinggi antara kedua titik tidak memungkinkan dilakukan dengan cara yang pertama, disebabkan oleh kondisi di lapangan atau hasil pengukuran yang hendak dicapai. Pada cara ini alat ukur ditempatkan di sebelah kiri atau kanan pada salah satu titik. Jadi alat tidak berada di antara kedua titik A dan B melainkan di luar garis A dan B. Sedangkan pembacaan kedua rambu sama dengan cara yang pertama, hingga diperoleh beda tinggi antara kedua titik A dan B. Penentuan tinggi dengan cara ini umum dilakukan pada pengukuran sipat datar profil.

Seperti terlihat pada Gambar.8 tinggi a adalah *Tinggi Garis Bidik* yang diukur dengan rambu dari atas patok B terhadap titik tengah teropong. Untuk memperoleh beda tinggi antara titik A dan B maka, arahkan teropong ke rambu lainnya yaitu rambu A dengan angka bacaan rambu sebesar b . Dengan demikian, beda tinggi titik A terhadap titik B adalah $t = b - a$.

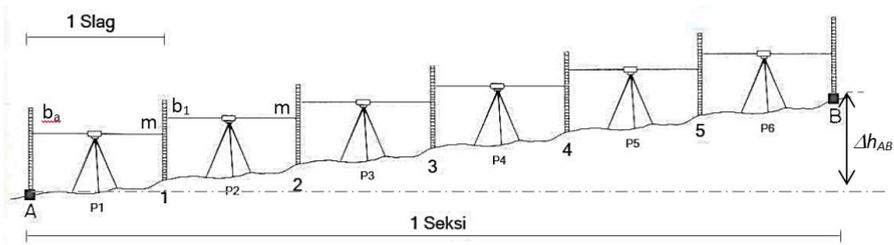
Dari ketiga cara pengukuran beda tinggi di antara dua titik tersebut, sesuai dengan urutannya cara yang pertama merupakan cara yang paling teliti. Hal ini disebabkan alat berada di antara kedua rambu sehingga dapat saling memperkecil kesalahan yang di sebabkan oleh tidak sejajarnya garis bidik dan garis nivo pada saat pengaturan kedudukan alat.

Cara kedua dan cara ketiga sering kali dipahami sebagai cara *Tinggi Garis Bidik* dan selanjutnya disingkat TGB. Dengan TGB sebagai garis acuan, maka dengan cepat dapat ditentukan ketinggian atau elevasi titik-titik di lapangan. Bila dicermati lebih mendalam cara kedua lebih teliti dibandingkan dengan cara ketiga, karena kasarnya prediksi terhadap titik tengah teropong menggunakan rambu.

Yang harus dipahami pada pengukuran beda tinggi antara dua titik ini ialah, *beda tinggi selalu diperoleh dari bacaan rambu belakang – bacaan rambu muka*. Ditentukannya nama belakang dan muka pada rambu terkait dengan nama patok serta arah jalur pengukuran yang direncanakan. Bila t bernilai positif (+), maka titik muka *lebih tinggi* dari pada titik belakang, sedangkan sebaliknya bila t bernilai negatif (-), maka titik muka *lebih rendah* dari pada titik belakang.

4.11 Pengukuran Sipat Datar Memanjang

Seperti yang telah dijelaskan pada tiga cara pengukuran beda tinggi di atas, pengukuran sipat datar memanjang merupakan aplikasi dari salah satu cara tersebut yaitu, pengukuran beda tinggi di antara dua titik. Bila ke dua titik A dan B tersebut letaknya berjauhan sehingga pembacaan rambu tidak terlihat dengan jelas dan menjadi kurang teliti, atau disebabkan kondisi permukaan tanah yang mengakibatkan garis bidik tidak memotong rambu karena rambu berada di atas atau di bawah alat.



Gambar 4.12. Pengukuran Sipat Datar Memanjang

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, seperti terlihat pada gambar di atas maka jarak antara titik A dan titik B dibagi menjadi jarak-jarak yang kecil, sehingga pengukuran dapat dilakukan dengan mudah dan baik. Adapun hal-hal yang harus diperhatikan pada pelaksanaan pengukuran di antaranya berikut ini.

1. Pengukuran beda tinggi dalam 1 slag yaitu, pengukuran beda tinggi di antara dua posisi rambu *belakang* (*b*) dan rambu *muka* (*m*).
2. Pembagian jarak antara posisi berdirinya alat ukur dengan masing-masing rambu yaitu maksimal 60 meter, dan usahakan pembagian jarak tersebut berimbang atau \pm sama.
3. Dalam pengukuran, posisi alat tidak perlu segaris dengan kedua rambu ukur.
4. Dalam pengukuran sipat datar memanjang, satu kali jalur pengukuran yang terdiri dari beberapa jumlah slag disebut 1 seksi (trayek) atau dari BM (Band Mark) ke BM.
5. Pengukuran 1 seksi harus memiliki jumlah slag yang genap agar tidak terjadi kesalahan dan mudah dalam pemberian koreksi.
6. Semua angka-angka pembacaan rambu harus dicatat dengan jelas ke dalam tabel pengukuran sehingga menjadi buku ukur. Dengan demikian harus disiapkan terlebih dahulu tabel pengukuran sipat datar memanjang.
7. Buatlah sketsa jalur pengukuran sipat datar memanjang dengan jelas dan mudah dimengerti.

Adapun tahapan pengukuran yang harus dilakukan dengan cara ini adalah sebagai berikut. Tentukan jalur pengukuran dan letak titik-titik yang akan diukur. Buatlah jarak antar titik di bawah jarak maksimum antara alat dengan masing-masing rambu. Letakkan rambu pada titik A sebagai rambu belakang dan letakkan pula rambu pada titik 1 yang telah ditentukan sedemikian rupa sebelumnya sebagai rambu muka. Atur posisi alat P1 di antara kedua rambu tersebut sehingga jarak antara alat dan rambu \pm sama. Bidikan teropong ke arah rambu belakang dan bacalah skala rambu terhadap nilai Benang Tengah, Benang Atas dan Benang Bawah dengan garis diafragma. Catatlah hasil pembacaan rambu pada tabel pengukuran. Selanjutnya bidik teropong ke rambu muka dan baca serta catatlah pula skala rambu tersebut.

Setelah pengukuran rambu belakang dan muka pada posisi alat P1 terpenuhi, maka alat dapat dipindahkan ke posisi P2, dan harus diingat bahwa sebelum alat diletakkan pada P2 rambu yang ada pada titik A dipindahkan ke titik 2 menjadi rambu muka, sedangkan rambu di titik 1 di putar perlahan mengarah ke P2 menjadi rambu belakang di titik 1. Kemudian bidikan teropong ke titik 1 sebagai rambu belakang, baca dan catat skala rambu selanjutnya bidik dan arahkan teropong ke titik 2 sebagai bacaan rambu muka. Demikian berjalannya pengukuran hingga pada posisi terakhir alat berdiri dalam hal ini P6. Berikut contoh hasil pengukuran sipat datar memanjang seperti terlihat pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1. Pengukuran Sipat Datar Memanjang

No Alat	No Titik	Pembacaan Rambu				Beda Tinggi (Δh)	Jarak (d) (meter)	Elevasi (H)
		Belakang		Muka				
P1	A	785	872	1562	1664	-777	35.7	100,570
			697					
P2	1	1560	1738	1455	1672	105	20.4	99,793
			1381					
P3	2	720	1000	2120	2409	-1400	56.1	99,898
			439					
P4	3	415	708	1743	1954	-1328	58.6	98,498
			122					
P5	4	1070	1305	1952	2148	-882	47.0	97,170
			835					
P6	5	1567	1758	962	1169	605	38.2	96,288
			1376					
	B				754		0.0	96,893
							41.5	
$\Sigma =$		6117	9794		-3,677		235.6 m	
							<u>244.5 m</u>	

Dari contoh tabel.1 di atas merupakan angka-angka hasil pengukuran antara titik A dan B sedangkan terdapat 5 titik detail yang menghubungkan kedua titik tersebut. Pada saat pengukuran data yang dicatat dari pembacaan rambu di isikan pada kolom *Pembacaan Rambu Belakang* dan *Pembacaan Rambu Muka*. Adapun angka pada kolom *Beda tinggi* ditentukan kemudian melalui proses hitungan dan kolom *Jarak* dapat ditentukan secara langsung dengan pita ukur atau dihitung *secara optis*. Sedangkan pada kolom *Elevasi* juga harus dilakukan perhitungan akan tetapi dibutuhkan nilai ketinggian (Elevasi) awal untuk menentukan nilai ketinggian pada titik-titik selanjutnya. Cara pengisian data pada tabel pengukuran tersebut diusahakan sesuai dengan cara kerja pada saat pengukuran di lapangan sehingga terlihat jelas dan mudah dilakukan pemeriksaan terhadap angka-angka tersebut. Berikut adalah prinsip dan rumus yang digunakan pada penyelesaian tabel 2.1 di atas.

1. Bila yang dicari adalah nilai beda tinggi maka, seperti yang telah di jelaskan sebelumnya bahwa beda tinggi diperoleh dari *bacaan rambu belakang* – *bacaan rambu muka*, sehingga pada posisi alat P1 bacaan

belakang adalah rambu pada titik A dan bacaan muka adalah rambu pada titik 1, dengan demikian dapat dipahami Δh_{A-1} = bacaan Benang Tengah pada titik A – bacaan Benang Tengah pada titik 1 atau ditulis singkat:

$$\Delta h_{AB} = \Sigma BT_{belakang} - \Sigma BT_{muka}$$

$$\Delta h_{A1} = BT_A - BT_1$$

$$\Delta h_{12} = BT_1 - BT_2$$

$$\Delta h_{23} = BT_2 - BT_3$$

$$\Delta h_n = BT_n - BT_n.$$

2. Bila yang dicari adalah nilai jarak secara optis maka, dapat dilakukan perhitungan menggunakan prinsip pengukuran jarak optis seperti terlihat pada gambar 4.6 sebagai berikut.

Seperti telah diketahui sebelumnya, pada alat-alat ukur tanah yang baru garis-garis diafragma digores sedemikian rupa pada kaca, sehingga jarak K antara a dan b dibuat permanen dengan konstanta

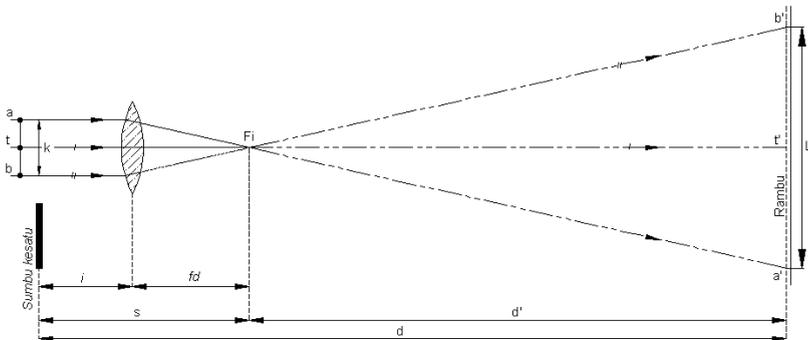
ukuran $B = 100$ atau $K = 0,01 \text{ } fd$ Bila $\frac{fd}{K} = B$ maka, dari gambar

dapat dilihat d' dapat dicari dengan dua segitiga yang mempunyai titik api lensa objektif F_i sekutu dan yang sebangun $i \text{ } fd : S \text{ } d'$, dengan demikian:

$$d' = \frac{fd}{K} L = B.L$$

$$d = B.L + (i + fd) \text{ atau } d = B.L + S$$

Bilangan konstanta S terdiri dari i dan fd , jarak i dapat dengan langsung diukur pada alat ukur penyipat datar sedangkan jarak fd yaitu jarak titik api lensa objektif, dapat ditentukan langsung dengan pembacaan skala rambu ukur pada interval benang bawah b dan benang atas a dengan angka skala perbandingan 1 cm : 1 m. Akan tetapi bilangan S pada beberapa maksud pengukuran sering kali diabaikan terhadap d' .



Gambar 4.13. Prinsip Pengukuran Jarak Secara Optis

Keterangan gambar:

- a, t, b : Benang atas, tengah, bawah
- k : Konstanta interval diafragma benang atas dan bawah
- F_i : Titik api lensa objektif
- i : Jarak antara sumbu kesatu dan lensa objektif teropong
- fd : Jarak antara lensa objektif dan titik api
- d : Jarak sumbu kesatu dengan rambu (yang dicari)
- L : Interval (delta) benang atas dan bawah pada rambu

Dengan tersedianya garis diafragma pada alat sipat datar tersebut maka jarak antara sumbu kesatu dengan rambu dapat ditentukan dengan rumus:

$$d = \mathbf{B.L}$$

atau umum ditulis $d = 100 \times (\mathbf{Ba} - \mathbf{Bb})$

Selain menentukan jarak secara optis fungsi dari garis-garis diafragma ini juga sebagai penelitian pembacaan secara tepat pada skala rambu karena konstanta garis diafragma tersebut adalah sebagai berikut.

$$t = \frac{1}{2} (a + b) \text{ atau jarak } t \text{ terhadap } a \text{ dan } b \text{ adalah } \frac{1}{2} K.$$

3. Bila dalam pengukuran ini yang dicari nilai ketinggian titik-titik maka seperti yang telah diuraikan sebelumnya bahwa, jika angka beda tinggi antara titik A dan B bertanda positif maka kedudukan rambu muka lebih tinggi dari rambu belakang demikian sebaliknya. Dalam hal ini angka elevasi awal pada titik ikat harus terlebih dahulu

ditentukan atau diketahui, sehingga seperti table.1 rumus untuk menghitung *Elevasi* titik-titik adalah sebagai berikut.

$$H_n = H_{n-1} + \Delta h_{n-1n} \quad (4.13)$$

Dengan elevasi awal pada titik A = + 100.57 m, maka titik 1 dapat ditentukan:

$$H_1 = 100.57 \text{ m} + (- 0.777)$$

$$H_1 = + 99.793 \text{ m}$$

Sehingga dapat ditulis:

$$H_1 = H_A + \Delta h_{A1}$$

$$H_2 = H_1 + \Delta h_{12}$$

$$H_3 = H_2 + \Delta h_{23}$$

$$\vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots$$

$$H_n = H_n + \Delta h_n$$

4.12 Pengukuran Sipat Datar Profil

Dengan data ukuran jarak dan perbedaan tinggi titik-titik di atas permukaan tanah dapat ditentukan irisan tegak di lapangan yang dinamakan *profil* atau biasa pula disebut *penampang*. Pengukuran sipat datar profil terbagi menjadi, profil memanjang dan profil melintang. Fungsi kedua profil ini merupakan kerangka dalam penentuan garis rencana yang baik atau ideal pada pekerjaan jalan raya, saluran air, jalur pipa air minum, bendungan, trase jalan kereta api dan sebagainya. Profil tanah ini juga bermanfaat dalam pekerjaan perhitungan volume tanah serta perencanaan bentuk geometris jalan.

Prinsip pengukuran profil di lapangan adalah menggunakan cara TGB untuk mengukur ketinggian titik-titik pada jalur pengukuran di lapangan.

4.12.1 Profil Memanjang

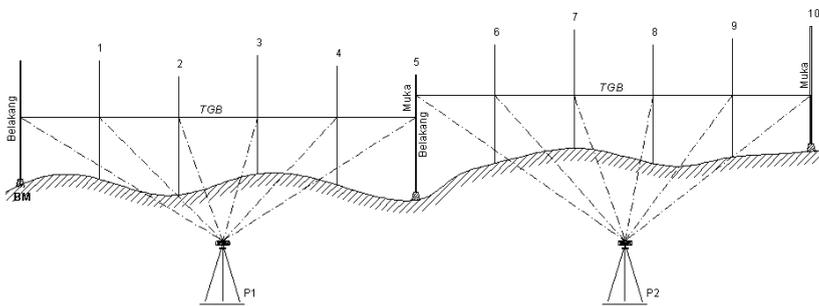
Sekilas bila dilihat cara pengukuran profil memanjang hampir sama dengan pengukuran sipat datar memanjang akan tetapi terdapat perbedaan dari maksud dan pola di lapangan. Dalam hal ini sebagai contoh pengukuran profil memanjang pada pekerjaan jalan raya, yang harus diukur

adalah titik-titik yang telah tentu yaitu jalur sumbu proyek. Dengan cara TGB *khususnya cara kedua pada prinsip pengukuran beda tinggi antara kedua titik*, alat berada di luar jalur sumbu proyek maka hal yang harus diperhatikan pada saat pengukuran adalah sebagai berikut.

1. Harus memiliki titik ikat atau BM di lapangan, dengan interval jarak antar titik yang umumnya dijumpai adalah 10, 15, 25, 50, 100 meter.
2. Harus tersedia tabel pengukuran dan sketsa pengukuran.
3. Dalam pengukuran cara TGB terdapat bacaan belakang, bacaan tengah dan bacaan muka, mengingat alat berada di luar garis sumbu proyek sehingga pada posisi satu kali alat berdiri banyak titik yang dapat diukur.
4. Rambu ditempatkan di atas patok sedangkan tinggi masing-masing patok harus diukur dari permukaan tanah.

Sebagai contoh pengukuran profil memanjang seperti terlihat pada gambar 2.17 berikut, terdapat satu titik ikat (BM) dan 10 titik detail. Angka bacaan rambu belakang pada BM merupakan nilai TGB untuk kedudukan alat P1, sedangkan angka bacaan rambu belakang pada titik 5 merupakan nilai TGB alat P2.

Titik 1, 2, 3, 4 merupakan bacaan tengah alat P1 dan titik 6,7,8,9 bacaan tengah alat P2. Titik 5 merupakan titik simpul kedudukan alat P1 dan P2, sehingga terdapat bacaan belakang dan bacaan muka pada titik tersebut.



Gambar 4.14. Pengukuran Profil Memanjang

Berikut diberikan contoh tabel data pengukuran profil memanjang.

Tabel 4.2. Profil Memanjang

No Alat	No Titik	Pembacaan Rambu				Beda Tinggi (h)	TGB	Elevasi (H)				
		Belakang		Tengah					Muka			
P1	BM	747	899				101,317	100,570				
			597									
	1			978	1089							
					867			-231	100,339			
	2			1147	1217				100,170			
				1077				-400	100,170			
	3			1282	1458				-535	100,035		
					1106							
	4			1450	1741					-703	99,867	
					1159							
P2	5	970	1201			1481	1900	-734	100,806	99,836		
			742								1062	
	6			1251	1391					-281	99,555	
					1110							
	7			1419	1478						-449	99,387
					1360							
P3	8	1055	1195			1540	1702	-570	100,321	99,266		
			916								1380	
	9			1279	1360						-224	99,042
					1198							
	10					1646	1776	-591		98,675		
							1518					

Penyelesaian hitungan data pada tabel tersebut adalah:

$\Delta h_1 = BT_{BM} - BT_1$	$TGB_{P1} = H_{BM} + BT_{BM}$	$H_1 = TGB_{P1} -$	$H_6 = H_5 + \Delta h_6$
$\Delta h_2 = BT_{BM} - BT_2$	$TGB_{P2} = H_5 + BT_5$	BT_1	$H_7 = H_5 + \Delta h_7$
$\Delta h_5 = BT_{BM} - BT_5$	belakang	$H_2 = TGB_{P1} -$	$H_8 = H_5 + \Delta h_8$
muka	$TGB_{P3} = H_8 + BT_8$	BT_2	
	belakang	$H_5 = TGB_{P1} -$	
		BT_5	

4.12.2 Profil Melintang

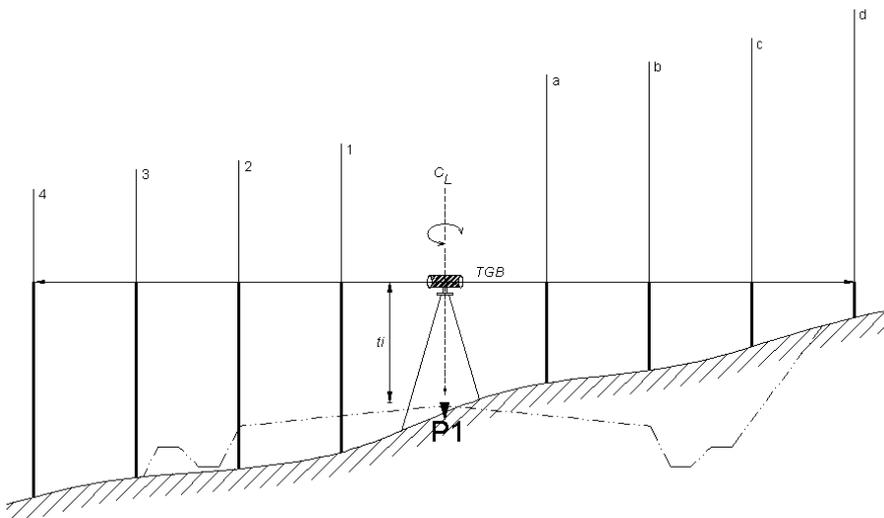
Pengukuran profil melintang bertujuan untuk mendapatkan bentuk irisan tegak dari sumbu proyek. Data profil melintang ini diperlukan untuk

melengkapi data profil memanjang guna perhitungan volume galian (Cut) dan timbunan (Fill) tanah. Pengukuran profil melintang dilakukan di tiap-tiap titik pada sumbu proyek dan pada titik-titik proyeksi lengkungan pada sumbu proyek. Batas lebar profil melintang ke kiri dan kanan dari garis sumbu proyek umumnya adalah 50 m – 100 m.

Adapun cara pengukuran profil melintang dapat dilakukan dengan cara yang sama dengan profil memanjang, akan tetapi jarak antara titik-titik detail di lapangan lebih pendek dan disesuaikan dengan maksud pengukuran tersebut.

Cara lainnya adalah dengan alat berada di atas titik perpotongan sumbu proyek. Perbedaan dengan cara profil memanjang adalah tiap alat berdiri pada satu patok harus diukur ketinggiannya dari atas patok dan ketinggian patok diukur dari permukaan tanah. Keuntungan cara ini yaitu:

1. irisan tanah akan tergambar dengan jelas;
2. tegak lurus garis sumbu proyek sehingga dapat digambar secara planimetricis.



Gambar 4.15. Pengukuran Profil Melintang

Tabel 4.3. Profil Melintang

No Alat	No Titik	Pembacaan Rambu		Beda Tinggi ($\square h$)	TGB	Elevasi (H)	
		Kanan	Kiri				
						100,339	
PI	1	1398	1408		-71	<u>1,327</u>	100,268
			1386				
	2	1484	1495		-157		100,182
			1474				
	3	1582	1607		-255		100,084
			1565				
	3	1689	1740		-362		99,977
			1643				
	4	1508	1554		-181		100,158
			1449				
5	1552	1613		-225		100,114	
		1495					
a			1308	1353	19		100,358
				1262			
b			1382	1427	-55		100,284
				1338			
c			1455	1518	-128		100,211
				1393			
d			1520	1602	-193		100,146
				1438			
e			1221	1305	106		100,445
				1138			

4.12.3 Penggambaran Profil

Penggambaran profil berdasarkan hasil ukuran dibedakan antara profil memanjang dan profil melintang, akan tetapi prinsip penggambaran sama untuk kedua profil ini. Prinsip penggambaran profil adalah dengan *sistem proyeksi orthogonal*, yaitu terdapat garis tinggi (sumbu y) dan garis panjang (sumbu x) dan titik proyeksi dari perpotongan garis orthogonal terhadap masing-masing sumbu. Dari titik-titik proyeksi tersebut dirangkai/dihubungkan dengan garis linier sehingga memperlihatkan bentuk permukaan irisan tanah. Yang menjadi perbedaan pada

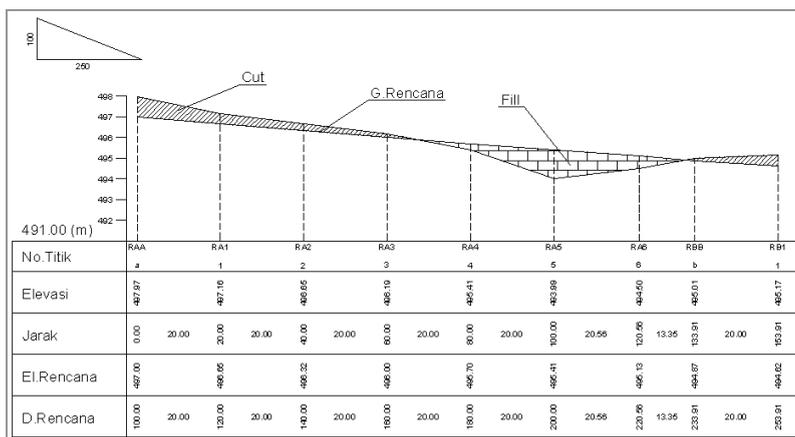
penggambaran kedua profil tersebut adalah skala yang digunakan dan angka elevasi dasar untuk masing-masing irisan.

Penentuan skala profil dibedakan untuk skala jarak dan skala tinggi. Hal ini dilakukan karena Kenyataan yang sering kali dijumpai adalah nilai jarak jauh lebih panjang bila di bandingkan nilai beda tinggi di lapangan, sehingga angka skala tinggi lebih kecil bila dibandingkan angka skala jarak. Sebagai contoh angka skala jarak 1:1000 dan angka skala tinggi 1:100. Angka skala yang umum dijumpai adalah berikut ini.

1. Jarak 1:100, 1:200, 1:500, 1:1000.
2. Tinggi 1:50, 1:100, 1:200.
3. Elevasi dasar 1 – 3 m di bawah elevasi terendah hasil ukuran.

Jika pengukuran profil tersebut dilakukan guna pekerjaan perencanaan jalan raya maka harus diperhatikan kondisi nyata (Existing) permukaan tanah hasil ukuran tersebut secara saksama. Dalam menentukan garis rencana dipengaruhi beberapa faktor yaitu:

1. proyeksi kemiringan yang diperbolehkan;
2. lengkung horizontal dan lengkung vertikal yang diberikan;
3. elevasi dasar rencana;
4. faktor ekonomis dalam perhitungan galian dan timbunan;
5. kondisi topografi sekitar proyek, dll.



Gambar 4.16: Gambar Profil Memanjang

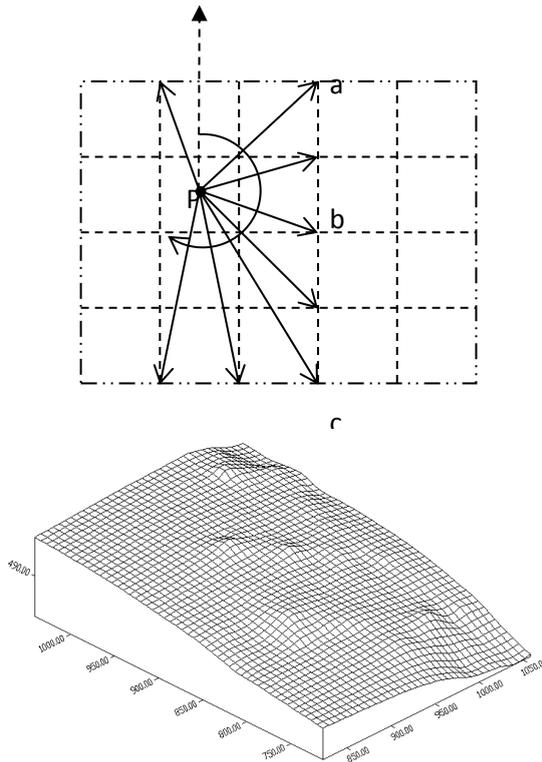
4.13 Pengukuran Sipat Datar Luas

Pengukuran sipat datar luas adalah merupakan suatu cara yang dilakukan untuk mendapatkan *relief* permukaan tanah pada wilayah yang cukup luas. Gambaran lekukan permukaan tanah tersebut dibutuhkan untuk merencanakan fondasi bangunan-bangunan, pekerjaan pertanian dan perkebunan. Untuk menggambarkan lekukan permukaan tanah digunakan garis-garis tinggi. Garis tinggi tersebut terbentuk dari titik-titik yang memiliki ketinggian sama.

Untuk dapat melukiskan garis-garis tinggi dengan teliti pada suatu wilayah, maka haruslah diketahui sebanyak mungkin ketinggian titik-titik pada seluruh wilayah yang diukur tersebut.

Agar pengukuran dapat berjalan dengan mudah, cepat dan teliti maka perlu dilakukan pengamatan di lapangan guna penentuan cara pengukuran dan letak kedudukan alat. Prinsip pengukuran yang digunakan pada pengukuran sipat datar luas ini adalah cara tinggi garis bidik (TGB). Adapun cara pengukuran yang biasa dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Cara Polar/Radial, Jika keadaan wilayah yang diukur merupakan pemukiman sehingga jangkauan pengamatan menjadi terbatas.
2. Cara Grid, Jika keadaan wilayah yang diukur tersebut terbuka atau kosong yaitu membagi wilayah tersebut dalam kotak-kotak sehingga letak titik-titik teratur.



Gambar 4.17. Relief Permukaan Tanah

4.14 Ketelitian Pengukuran Sipat Datar

Untuk menentukan baik buruknya pengukuran menyipat datar, sehingga pengukuran harus diulang atau tidak, maka ditentukan batas harga kesalahan terbesar yang masih dapat diterima. (Wongsotjitro S., 1977). Bila pengukuran dilakukan pergi-pulang dan atau pengukuran menyipat datar yang di ikat oleh dua titik yang telah diketahui tingginya sebagai titik-titik ujung pengukuran, maka selisih hasil pengukuran tidak boleh lebih besar dari pada:

1. (First Order Leveling) (4.14)
 $k_1 = \pm (2,0 \sqrt{S_{km}})$ mm untuk pengukuran tingkat pertama.

2. (Second Order Leveling) (4.15)

$k_2 = \pm (3,0 \sqrt{S_{km}})$ mm untuk pengukuran tingkat kedua.

3. (Third Order Leveling) (4.16)

$k_3 = \pm (6,0 \sqrt{S_{km}})$ mm untuk pengukuran tingkat ketiga.

Pada rumus-rumus S_{km} berarti jarak pengukuran yang dinyatakan dalam kilometer. Dalam hal ini prinsip penggunaan toleransi ketelitian di atas adalah:

1. *Pengukuran Sipat datar pergi pulang*

S merupakan hasil rata-rata jumlah jarak pergi dan jumlah jarak pulang sehingga:

$$S_{\text{rata-rata}} = \frac{1}{2} (S_{\text{Pergi}} + S_{\text{Pulang}})$$

2. *Pengukuran Sipat datar antara dua titik ikat*

Toleransi selisih beda tinggi – (*elevasi titik awal – elevasi titik akhir*) sehingga:

$$t = (\Sigma \Delta h) - \Delta H$$

4.15 Pengukuran Situasi

Pengukuran situasi merupakan suatu kegiatan pengumpulan data di lapangan (daerah yang dipetakan). Kegiatan yang dilakukan bersifat teknis pengukuran posisi horizontal dan pengukuran posisi vertikal terhadap unsur-unsur atau objek-objek di permukaan bumi. Maksud dan tujuan pengukuran situasi adalah untuk mendapatkan gambaran selengkap mungkin dari sebagian kecil maupun sebagian besar suatu lokasi/daerah tertentu dengan cara memindahkan data ukuran lapangan ke suatu bidang datar menggunakan skala dan sistem proyeksi orthogonal.

Dalam hal ini unsur-unsur/objek yang dipetakan dari permukaan bumi terdiri dari unsur buatan manusia dan unsur alami, di antaranya adalah:

1. gedung, perumahan, batas kavling;
2. jalan raya dan jalan desa;
3. jembatan;
4. bendungan, saluran irigasi, parit;
5. batas administrasi;

6. batas kebun/ladang dan petak persawahan;
7. jaringan utilitas (tiang listrik/telepon/pipa air minum);
8. sungai, anak sungai, danau dan kolam;
9. kedaan relief tanah, rupa bumi;
10. dan lain-lain.

Pada kegiatan pengukuran situasi diperlukan adanya suatu jaringan kerangka dasar pemetaan yang terdiri dari kerangka dasar horizontal maupun kerangka dasar vertikal sebagai titik referensi/ikat/kontrol/acuan bagi pengukuran titik-titik detail. Dari kondisi ini terlihat ada tiga bagian penting/utama yang harus dilakukan dalam rangka pengukuran situasi, yaitu:

1. penentuan dan pengukuran posisi horizontal untuk kerangka dasar pemetaan. (sebagai contoh menggunakan poligon tertutup);
2. penentuan dan pengukuran posisi vertikal (elevasi) untuk kerangka dasar pemetaan. (sebagai contoh menggunakan metode sipat datar);
3. penentuan dan pengukuran posisi horizontal dan vertikal untuk titik-titik detail atau objek daerah/lokasi yang dipetakan menggunakan metode *tachometry*.

Penentuan dan pengukuran posisi horizontal dengan metode poligon tertutup dan penentuan posisi vertikal dengan sipat datar telah diuraikan di atas. Selanjutnya akan dibahas dan mempelajari bagian penentuan dan pengukuran posisi titik-titik detail di lapangan dengan metode *Tachometry*. Berikut merupakan tahapan yang umum dilakukan dalam pelaksanaan pengukuran situasi.

4.15.1 Pengukuran Detail

Untuk mengetahui situasi daerah di lingkup kerangka kontrol peta serta bentuk relief tanah, maka haruslah diketahui banyak titik-titik detail di daerah tersebut. Tindakan orientasi awal, terhadap kondisi lapangan yang dipetakan adalah hal yang sangat penting dilakukan, karena dari hasil tersebut berupa *catatan* dan *sketsa* lokasi bermanfaat untuk memperlancar proses pengukuran situasi.

Adapun manfaat dari orientasi awal lapangan di antaranya adalah:

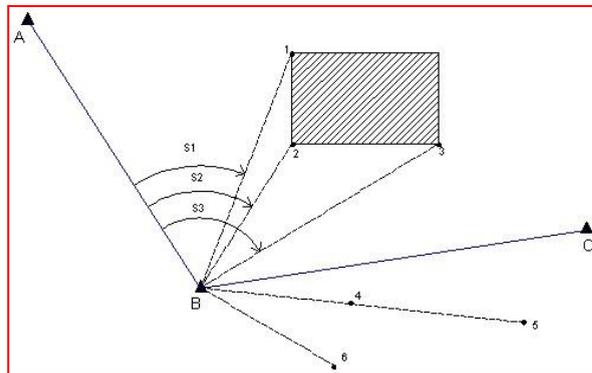
1. metode pengukuran/kerja;
2. batas wilayah kerja;
3. volume pekerjaan;
4. penentuan sebaran titik-titik detail;
5. mobilisasi kerja;
6. alat yang dipergunakan;
7. waktu yang diperlukan;
8. dan hal lainnya.

4.15.2 Penentuan Posisi Horizontal Detail

Untuk menentukan kedudukan/posisi titik-titik suatu objek di lapangan memerlukan pengukuran arah (sudut jurusan/azimut), jarak mendatar dan sudut mendatar. Sedangkan untuk menempatkan posisi titik-titik objek tersebut pada bidang datar (di kertas) menggunakan sistem proyeksi tertentu (dalam hal ini proyeksi Ortho).

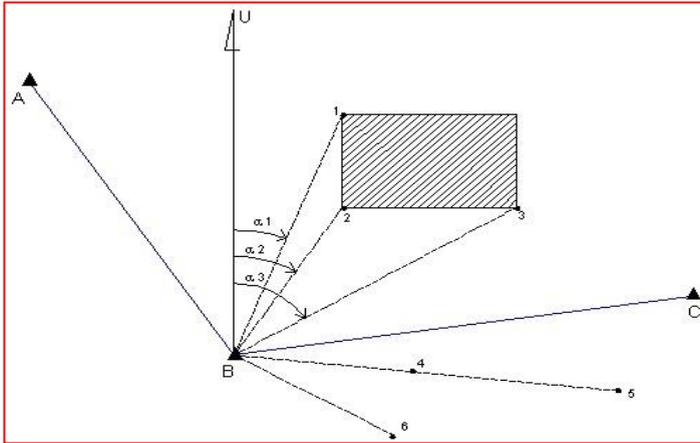
Pengukuran titik-titik detail/objek dilakukan dengan banyak cara. Adapun cara/metode yang umum digunakan ialah *Ekstrapolasi dengan sistem koordinat kutub*. Prinsip penentuan posisi horizontal titik-titik detail ditentukan berdasarkan:

1. *Jarak mendatar dan sudut horizontal terhadap titik-titik ikat/referensi/kontrol/acuan.*



Gambar 4.18. Pengukuran Objek dengan Referensi Titik Ikat

2. Jarak mendatar dan arah/azimut/sudut jurusan. (utara magnetik)



Gambar 4.19. Pengukuran Objek dengan Referensi Azimut

Penjelasan dari dua ilustrasi sketsa di atas adalah sebagai berikut.

- A, B, C ... : Semisal contoh titik kontrol poligon
- S1, S2, S3 ... : Sudut horizontal pada masing-masing detail
- $\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3 \dots$: Azimuth/sudut jurusan pada masing-masing detail
- 1, 2, 3, 4, 5, 6 ... : Posisi objek/detail

Dengan kedudukan alat berada tegak lurus di atas titik kontrol, dengan demikian posisi secara horizontal (X, Y) dan vertikal (Z) suatu titik detail dapat ditentukan secara bersama (Metode Tachometry).

4.15.3 Penentuan Posisi Vertikal Objek

Pengertian posisi vertikal objek merupakan nilai ketinggian (elevasi) titik-titik detail terhadap bidang referensi tertentu. Dalam hal ini, yang umum digunakan sebagai bidang referensi/bidang Datum dalam ukur tanah adalah berdasarkan ketinggian muka air laut rata-rata (MSL: mean sea level) sebagai ketinggian nol.

Dari selisih ketinggian (beda tinggi) titik-titik detail yang diukur maka akan dapat ditentukan ketinggian masing-masing titik terhadap bidang referensi.

Berdasarkan ketinggian titik tersebut dapat digambarkan *kontur* dengan skala tertentu pada bidang datar. Tujuan *Kontur* atau garis-garis ketinggian tersebut mewakili gambaran kondisi relatif/relief permukaan tanah pada lokasi/daerah yang dipetakan.

4.15.4 Data Ukuran

Untuk dapat menghitung menggunakan semua rumus di atas maka membutuhkan data hasil ukuran di lapangan. Data yang harus diukur ialah;

1. Tinggi alat (jarak dari pusat lensa teropong theodolit terhadap titik tempat kedudukan alat, pilar, patok). Jika diukur dari muka tanah maka perlu diukur tinggi patok.
2. Bacaan bedang silang diafragma pada skala rambu ukur (BT, BA dan BB).
3. Bacaan sudut mendatar (H) dan sudut vertikal (V).

4.15.5 Kerapatan Titik-titik Detail

Untuk mendapatkan gambaran permukaan tanah yang jelas dan menghindari tumpang tindih antar titik detail, maka jarak pengambilan antar titik detail adalah sebagai berikut.

1. Skala 1 : 500
 - Maksimum 75 m, untuk daerah datar
 - Maksimum 30 m, untuk daerah berbukit $>15^\circ$
2. Skala 1 : 1000
 - Maksimum 30 m, untuk daerah datar
 - Maksimum 14 m, untuk daerah berbukit $>15^\circ$
3. Skala 1 : 2000
 - Maksimum 15 m, untuk daerah datar
 - Maksimum 7 m, untuk daerah berbukit $>15^\circ$

Ketentuan di atas bukan merupakan ketentuan baku, pengambilan titik detail tergantung kondisi di lapangan dan keperluan penggunaan peta yang dihasilkan.

4.16 Peralatan dan Bahan

Pelaksanaan pengukuran topografi memerlukan persiapan dan perencanaan yang matang. Kesiapan peralatan dan bahan yang digunakan merupakan salah satu modal utama kesuksesan pengukuran. Berikut kelompok peralatan dan bahan yang umum digunakan dalam pengukuran topografi.

1. Kelompok alat ukur Utama

Peralatan	Pengukuran Orde	Pengukuran Teliti	Pengukuran GIS
✓ GPS Geodetic	√	√	
✓ GPS Map			√
✓ Total Station	√	√	
✓ Teodolit	√	√	√
✓ Automatic Level (Penyipat Datar)	√	√	√
✓ Radio (Handy Talk)	√		√
✓ Prisma Reflektor	√	√	
✓ Rambu Ukur	√	√	

2. Kelompok Alat Pendukung

Peralatan	Pengukuran Orde	Pengukuran Teliti	Pengukuran GIS
✓ Peta dasar/pendukung	√	√	√
✓ Roll meter		√	√
✓ Kompas teodolit		√	
✓ Alat tulis + papan data	√	√	√
✓ Kalkulator	√	√	
✓ Formulir ukur	√	√	√
✓ Palu		√	
✓ Unting-unting	√	√	

Peralatan	Pengukuran Orde	Pengukuran Teliti	Pengukuran GIS
✓ Jalon + pen ukur		✓	
✓ Kamera	✓	✓	✓
✓ Payung	✓	✓	
✓ Linggis	✓	✓	
✓ Cangkul	✓	✓	
✓ Parang	✓	✓	

3. Kelompok Bahan

Peralatan	Pengukuran Orde	Pengukuran Teliti	Pengukuran GIS
✓ Papan cetak	✓	✓	
✓ Logam kuningan (Label BM)	✓		
✓ Batu mermer (Label BM)	✓	✓	
✓ Baut 15' atau besi baja 15 cm		✓	
✓ Besi rangka cor	✓	✓	
✓ Semen	✓	✓	
✓ Pasir	✓	✓	
✓ Kerikil	✓	✓	
✓ Pipa paralon		✓	
✓ Cat dan kuas	✓	✓	✓
✓ Patok kayu		✓	✓
✓ Paku	✓	✓	✓
✓ Kertas folio	✓	✓	✓

4. Kelompok Alat Penggambaran

Peralatan	Pengukuran Sangat Teliti	Pengukuran Teliti	Pengukuran GIS
✓ Mal latering	✓	✓	
✓ Rapido	✓	✓	
✓ Kertas milimeter	✓	✓	
✓ Kertas kalkir	✓	✓	✓
✓ Mistar skala	✓	✓	

Peralatan	Pengukuran Sangat Teliti	Pengukuran Teliti	Pengukuran GIS
✓ Busur		√	
✓ Jangka		√	
✓ Pensil mekanis	√	√	√
✓ Komputer + software	√	√	√
✓ Plotter	√	√	√

4.17 Sumber Kesalahan dalam Pengukuran Topografi

Pengukuran topografi memiliki beberapa penyebab terjadinya kesalahan, terutama sebagai berikut.

1. Kontrol tidak diperiksa dan disesuaikan Sebelum topografi diambil.
2. Jarak titik kontrol terlalu besar.
3. Titik-titik referensi tidak dipilih dengan cermat.
4. Pemilihan titik-titik untuk penggambaran kontur tidak baik.

Kesalahan tipikal dalam pengukuran topografi adalah sebagai berikut.

1. Pemilihan interval kontur tidak tepat.
2. Peralatan utama pengukuran dengan kondisi medan tidak memadai.
3. Kontrol horizontal dan vertikal tidak cukup.
4. Beberapa rincian topografi hilang, seperti misalnya batas lereng atau titik tinggi atau titik rendah setempat.

4.18 Soal Pelatihan

1. Praktikum pengukuran poligon terbuka terikat sempurna.
2. Praktikum pengukuran poligon tertutup sempurna.
3. Praktikum perhitungan poligon.
4. Praktikum pengukuran topografi.
5. Praktikum penggambaran peta topografi.

Bagian 5

PENGGAMBARAN PETA

Capaian Pembelajaran:

1. Mampu memahami manfaat peta dan survei yang dilakukan secara baik dan benar.
2. Mampu menggambar peta berdasarkan data hasil pengukuran di lapangan secara baik dan benar.

5.1 Pengertian tentang Peta

Peta adalah gambaran dari sebagian besar atau sebagian kecil permukaan bumi di atas suatu bidang datar dengan menggunakan skala dan sistem proyeksi tertentu.

1. Fungsi dan Tujuan Pembuatan Peta
 - a. *Menunjukkan posisi*, atau lokasi relatif (letak suatu tempat dalam hubungannya dengan tempat lain di permukaan bumi).
 - b. *Memperlihatkan ukuran*, dari peta dapat diukur luas daerah dan jarak-jarak di atas permukaan bumi.
 - c. *Memperlihatkan bentuk*, (misalnya: unsur yang sifatnya alami dan unsur buatan manusia), sehingga dimensinya dapat terlihat dalam peta.
 - d. Mengumpulkan dan menyeleksi data dari suatu daerah dan menyajikan di atas peta, dalam hal ini penyajian menyangkut penggunaan simbol-simbol sebagai wakil dari data tersebut.
2. Kegunaan Peta

Peta merupakan gambaran dari permukaan bumi pada suatu bidang datar yang dilengkapi dengan simbol dan legenda, adalah merupakan informasi dan alat untuk melakukan komunikasi yang diperlukan, sampai dengan alat untuk mengambil keputusan yang menyangkut ruang.

Peta biasanya dibuat untuk memenuhi kebutuhan si pemakai peta,

dengan perkataan lain peta dibuat dengan maksud dan tujuan tertentu sesuai dengan kebutuhan si pemakai peta, dalam hal ini skala peta erat sekali hubungannya dengan maksud tujuan dari peta yang akan dibuat.

5.2 Unsur dan Syarat yang Harus Dipenuhi Suatu Peta

Peta yang baik dan benar dalam pembuatannya harus memenuhi persyaratan baik secara kualitatif dan kuantitatif, yaitu berikut ini.

1. Persyaratan Kualitatif

Merupakan suatu persyaratan yang memuat keterangan-keterangan yang sifatnya standar dan tidak berubah untuk seluruh lembar peta, yaitu sebagai berikut.

- a. Skala Numeris dan Skala Grafis, kedua macam skala ini tidak boleh dipisah-pisahkan penempatannya dan sebaiknya ditempatkan di bagian tertentu dari peta.
- b. Arah Utara; Arah Utara Sejati (True North) harus disajikan dalam setiap peta, apabila perlu juga arah Magnetis yang dilengkapi dengan pernyataan besaran Deklinasi Magnetis pada daerah yang dipetakan.
- c. Grid; merupakan salib sumbu menurut sistem proyeksi tertentu, dengan adanya Grid tersebut kita dapat secara mudah menentukan posisi suatu tempat.
- d. Koordinat (Referensi) Geografis; besaran-besaran lintang (Latitude) dan bujur (Longitude) harus disajikan dengan interval yang sesuai dan dituliskan pada tepi peta.

2. Persyaratan Kuantitatif

Merupakan suatu persyaratan yang memuat keterangan yang menyatakan informasi dari isi peta dan keterangan pelengkap suatu peta, misalnya:

- a. Judul peta; judul paling baik ditempatkan di bagian tengah atas dari peta, apabila hal ini tidak memungkinkan, dapat ditempatkan disebelah kanan atas atau sebelah kiri dari lembar peta.
- b. Legenda; merupakan hal yang sangat penting dalam setiap peta, tanpa adanya Legenda pemakaian peta tidak akan memperoleh

informasi yang ada dalam isi peta tersebut.

- c. Diagram lokasi; suatu diagram kecil yang menyatakan lokasi dari suatu daerah yang dipetakan secara keseluruhan, Diagram ini menggambarkan letak dari daerah yang dipetakan secara keseluruhan, Diagram tersebut cukup digambarkan dengan bentuk yang sederhana.
- d. Informasi lain yang penting, termasuk di sini adalah tanggal dilakukan pemetaan, sumber, bahan dan keterangan-keterangan lain yang berguna. Informasi ini biasanya dibuat di bagian bawah dari peta, dapat di pojok kiri atau kanan dari lembar peta.

5.3 Klasifikasi Peta

Macam peta dapat ditinjau dari empat segi.

1. Macam peta ditinjau dari jenis

- a. Peta Foto: yaitu peta yang menyajikan detail alami maupun buatan manusia dalam bentuk (Citra Foto Grafik yang dihasilkan dari Mozaik Foto Udara atau Orto Foto).
- b. Peta Garis: yaitu peta yang menyajikan detail alam dan buatan manusia yang disajikan dalam bentuk titik dan garis serta luasan. Misalnya: Peta Dasar, Peta Topografi, Peta Tematik dan Peta Teknis.
- c. Peta Dasar; yaitu suatu peta yang disajikan dasar dalam pembuatan peta-peta lainnya seperti Peta Tematik, Peta Topografi. Peta Dasar untuk peta Tematik disebut Peta Kerangka.
- d. Peta Topografi; adalah peta yang memperlihatkan unsur-unsur alam dan buatan manusia di atas permukaan bumi, yang digambarkan pada bidang datar dengan menggunakan skala dan metode tertentu.
- e. Peta Tematik; adalah suatu peta yang mempresentasikan ukuran secara kualitatif dan atau kuantitatif pada unsur tertentu dari permukaan bumi (topografi) yang disajikan dengan tema/konsep tertentu. Peta Teknis; adalah peta-peta skala besar yang digunakan untuk keperluan rekayasa (engineering).

2. Macam peta ditinjau dari skala

- a. Peta skala besar: 1 : 500, 1 : 1000 sampai dengan 1 : 10.000.
 - b. Peta skala kecil: 1 : 25.000, 1 : 50.000 sampai dengan 1 : 250.000.
 - c. Sedangkan yang lebih kecil lagi dikategorikan untuk atlas.
3. Macam peta ditinjau dari fungsinya
- a. Peta Umum (General Map), merupakan peta yang berisi informasi yang bersifat umum seperti: jalan, bangunan, batas wilayah, garis pantai, elevasi, dsb.
 - b. Kart, merupakan peta yang di desain untuk keperluan Navigasi, Nautical dan Aeronautical, peta kelautan yang ekuivalen dengan peta topografi disebut Batimetrik.

5.4 Skala Peta

Skala adalah bilangan perbandingan tertentu yang digunakan untuk memperjelas hubungan antara peta dengan daerah yang dipetakan. Skala Peta yaitu perbandingan antara jarak sebenarnya di atas permukaan bumi dengan jarak yang sama di atas peta.

Misalnya: jarak antara dua titik di atas peta adalah 1 cm dan jarak sebenarnya di atas permukaan bumi antara dua titik itu adalah 1 km, maka skala peta adalah 1 cm : 1 km (1 km = 100.000 cm) = 1 : 100.000.

Bila sebaliknya diketahui skala peta dan jarak yang diukur di atas peta diketahui dengan pengukuran, maka dapatlah ditentukan jarak yang sebenarnya di atas permukaan bumi, contoh; di atas peta jarak itu diukur: 8,3 cm x 25.000 = 2,075 km.

1. Macam Skala
 - *Skala Numeris:* Pernyataan perbandingan antara jarak di atas peta dengan jarak yang sama di atas permukaan bumi, dinyatakan dengan besaran angka.
 - *Skala Grafis:* Pernyataan perbandingan antara jarak di atas peta dan jarak yang sama di atas permukaan bumi dinyatakan secara grafis, dimana di atas garis dibuat suatu skala dengan bagian yang

menyatakan 1 (satu) km di atas permukaan bumi, dan berapa cm yang menyatakan jarak di atas peta.

Skala ini ditulis atau di gambar pada tempat/kolom keterangan peta yang bersangkutan, tiap-tiap peta harus diberi tanda besarnya skala. Suatu peta tanpa dinyatakan skalanya tidaklah berguna.

2. Kegunaan Skala

Isi, ketelitian dan penggunaan peta mempunyai hubungan yang erat dan tergantung dari skalanya, misalnya:

- Dalam pemetaan topografi yang mempunyai tujuan utama memperlihatkan semua unsur topografi di suatu daerah dengan teliti, dan dengan cara yang paling ekonomis, luas daerah dan kerapatan detailnya sangat mempengaruhi skala peta, suatu daerah yang luas dengan sedikit detail, misalnya daerah rawa-rawa tidak ada gunanya dipetakan dengan skala besar, tetapi pada daerah dengan detail yang padat, misalnya perkotaan memerlukan skala yang lebih besar, karena makin banyak detail yang dapat diperlihatkan.
- Selain itu untuk kepentingan teknis, misalnya perencanaan jalan raya, tahap pertama perencanaan jalan tersebut dibutuhkan peta dengan skala yang cukup kecil untuk menentukan alinemen secara umum, kemudian bila hal ini telah selesai maka peta dengan skala yang lebih besar dibutuhkan untuk menentukan posisi secara tepat dari jalan tersebut.

5.5 Teknik Penggambaran

Setelah semua data hasil pengukuran poligon, beda tinggi dan semua posisi detail dihitung serta telah diberikan koreksi berdasarkan toleransi kesalahan yang diperkenankan, maka tahapan berikutnya adalah menyampaikan informasi harga X, Y dan ketinggian titik (koordinat) dalam satu kesatuan utuh berupa gambar atau peta. Teknik penggambaran dapat dilakukan dengan dua cara berikut.

1. **Cara Numeris** atau berdasarkan angka data dari lapangan, yang diperoleh melalui perhitungan. Data ini dinamakan koordinat (X dan Y) dan cara ini memiliki ketelitian tinggi.
2. **Cara Grafis** adalah letak titik-titik tersebut berdasarkan sudut dan jarak di lapangan, sehingga penggambaran dilakukan dengan busur derajat dan mistar ukur cara ini tingkat ketelitiannya rendah.

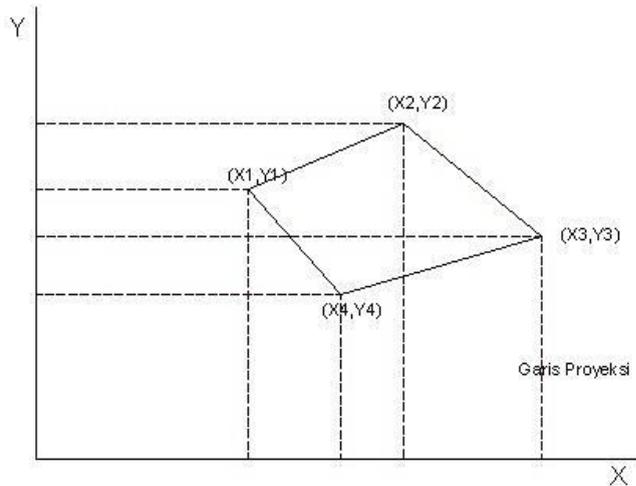
Untuk memulai penggambaran, terlebih dahulu dipersiapkan peralatan dan bahan yang diperlukan di antaranya ialah:

1. kertas gambar yang disesuaikan dengan luas cakupan gambar dan diberikan kotak-kota bujur sangkar (grid) setiap 5 cm atau kertas milimeter blok;
2. kertas kalkir;
3. pensil HB dan 2B serta penghapus;
4. mistar skala dan busur derajat 360° serta jangka mekanis;
5. rapidograph 0,1 s/d 0,6 dan sablon lengkap;
6. peralatan gambar lainnya.

5.6 Penggambaran Titik Poligon Utama

Penggambaran titik poligon utama merupakan kerang untuk menggambar titik-titik poligon cabang dan titik detail berikutnya. Dengan demikian cara yang digunakan adalah cara numeris, berikut diuraikan cara penggambaran dengan metode numeris.

1. Pada kertas milimeter yang telah disiapkan, titik-titik poligon yang telah memiliki koordinat (X, Y) dapat di plot sesuai dengan skala yang diinginkan. Perhatikan dari keseluruhan daftar koordinat yang dimiliki yaitu angka koordinat terkecil (Minimum) dan angka koordinat tertinggi (Maksimum).
2. Buatlah salib sumbu, yaitu perpotongan X O Y, perhatikan jika daftar koordinat yang dimiliki bernilai positif baik sumbu X maupun Y, maka koordinat tersebut berada pada kuadran I. Selanjutnya plot perpotongan sumbu X dan Y yaitu O pada sudut kiri bawah kertas milimeter ± 5 cm dari tepi kertas.



Gambar 5.1. Penggambaran Titik Poligon

3. Plot angka koordinat pada O satu kelipatan di bawah koordinat terkecil. Kemudian berikan batas grid koordinat di setiap interval 5 cm pada sumbu X dan Y sampai dengan memenuhi batas tertinggi koordinat.
4. Plot angka-angka koordinat di setiap batas grid tersebut sesuai dengan interval yaitu berdasarkan skala yang diinginkan.
5. Tentukan posisi tiap-tiap titik poligon tersebut dengan perpotongan garis proyeksi terhadap sumbu X dan sumbu Y. Lakukan penggambaran awal menggunakan pensil.
6. Cantumkan notasi titik, nomor dan ketinggiannya.
7. Hubungkan titik-titik poligon tersebut dengan sebagai jalur Poligon Utama.

Contoh: Tinjau gambar 5.2

Diketahui,

- | | |
|-------------------------------|------------------------|
| Skala gambar | = 1 : 1000 |
| Grid interval yang diinginkan | = 25 m di lapangan |
| | = 25 mm di atas kertas |

Apabila koordinat titik 2 adalah $X_2 = 544,535$ m dan $Y_2 = 1011,367$ m.

Maka:

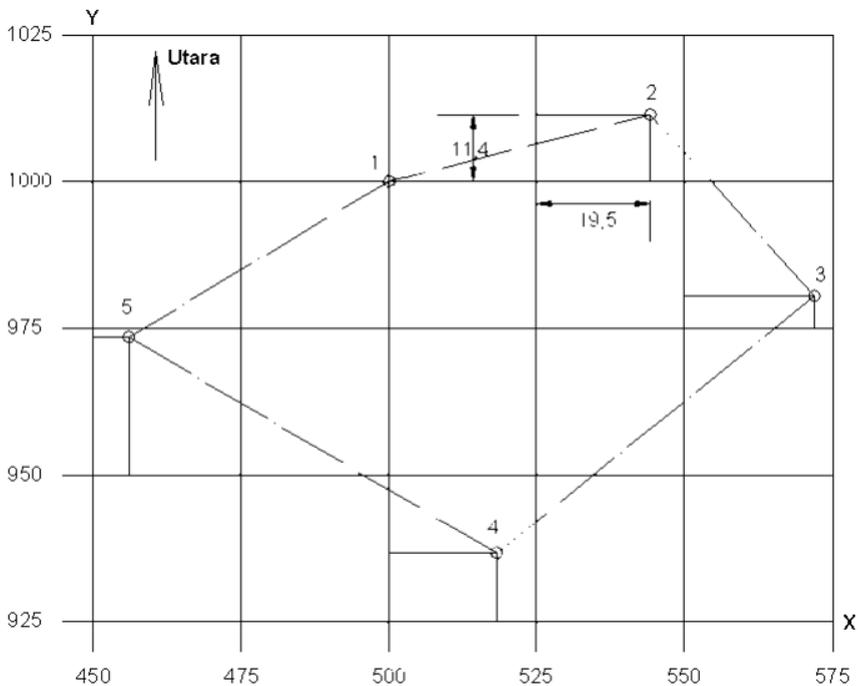
Penggambaran titik 2 diambil dari grid interval 525 m untuk harga X dan 1000 m untuk harga Y.

Intervolasi, Jarak X_2 dari grid 525:

$$\begin{aligned} 544,535 - 525 \text{ m} &= 19,535 \text{ m di lapangan} \\ &= 19,5 \text{ mm di atas kertas} \end{aligned}$$

Intervolasi Jarak Y_2 dari grid 1000:

$$\begin{aligned} 1011,367 - 1000 \text{ m} &= 11,367 \text{ m di lapangan} \\ &= 11,4 \text{ mm di atas kertas} \end{aligned}$$



Gambar 5.2. Penggambaran Poligon Tertutup

5.7 Penggambaran Titik Poligon Cabang

Penggambaran titik poligon cabang dapat dilakukan dengan cara yang sama seperti poligon utama, apabila titik-titik cabang ini dihitung koordinatnya (cara numeris). Apabila tidak dihitung koordinatnya, maka di plot dengan cara grafis berdasarkan *sudut jurusan* dan *jarak datar* dari titik poligon yang bersangkutan (baca penggambaran detail). Jika posisi titik akhir pengukuran tidak menutup atau kembali ke titik yang telah tetap (Poligon Utama/Kerangka Peta) maka harus dieliminasi dengan *Koreksi Grafis*.

Menghitung dan menggambar koreksi grafis (tinjau gambar 5.3)

f_e = Kesalahan penutup

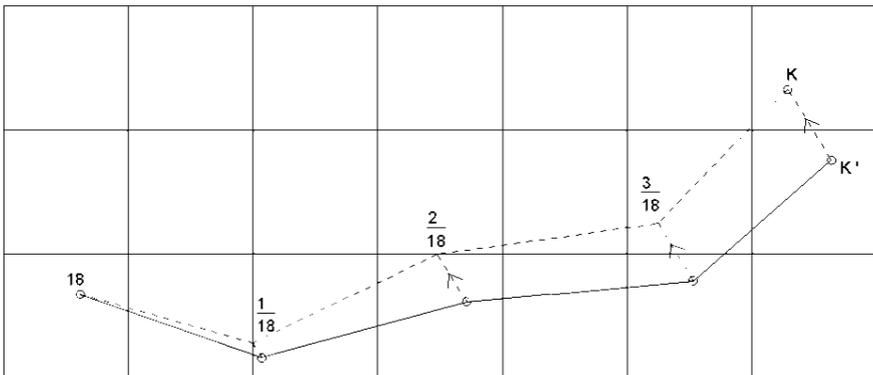
Σd = Jumlah jarak sisi poligon cabang ($d_1 + d_2 + d_3 + d_4$)

Maka koreksi grafis setiap titik adalah:

$$f_1 = \frac{d_1}{\Sigma d} \cdot f_e$$

$$f_2 = \frac{d_1 + d_2}{\Sigma d} \cdot f_e$$

$$f_3 = \frac{d_1 + d_2 + d_3}{\Sigma d} \cdot f_e$$



Gambar 5.3. Penggambaran Koreksi Grafis

Cara menggambar koreksi grafis (tinjau gambar 5.4)

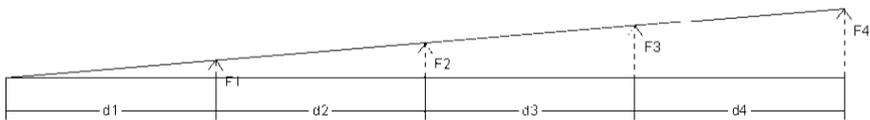
1. Tarik garis-garis sejajar searah dengan f_e (K'K) pada setiap titik poligon cabang.
2. Ukurlah (dengan jangka) pada garis-garis sejajar tersebut, besaran jarak-jarak tersebut.

F_1 pada titik $\frac{1}{18}$,

F_2 pada titik $\frac{2}{18}$, dan

F_3 pada titik $\frac{3}{18}$.

Hubungkan dengan garis putus-putus titik-titik poligon cabang yang telah dikoreksi tersebut dan cantumkan nomor, notasi dan ketinggian titik tersebut.



Gambar 5.4: Koreksi Grafis

5.8 Penggambaran Titik Detail

Penggambaran titik-titik detail dilakukan dengan Cara Grafis. Penggambaran ini disesuaikan dengan metode pengukuran detail yang dilakukan di lapangan. Penggambaran titik detail diukur/diambil dari titik-titik kerangka peta yaitu poligon utama maupun poligon cabang dengan bantuan busur derajat dan mistar skala berdasarkan data pengukuran yang telah dihitung dalam skala tertentu.

Dalam hal ini yang dimaksud adalah bagaimana *merekonstruksi* kembali cara pengukuran sudut dan jarak di lapangan dan selanjutnya diproyeksikan ke bidang datar menggunakan skala tertentu.

1. Metode jarak mendatar dan sudut horizontal.

Penggambaran dilakukan dengan meletakkan titik pusat busur pada posisi alat berdiri dan 0° ke arah garis basis poligon (arah belakang pada saat pengukuran). Kemudian menarik garis sepanjang

jarak yang ditentukan pada arah derajat yang diperoleh untuk mendapatkan posisi titik detail.

2. Metode jarak mendarat dan azimut/sudut jurusan.

Penggambaran dilakukan dengan meletakkan titik pusat busur pada posisi alat berdiri dan 0° ke arah Y positif/Utara. Kemudian menarik garis sepanjang jarak yang ditentukan pada arah derajat yang diperoleh untuk mendapatkan posisi titik detail.

Dengan menggunakan salah satu metode tersebut maka diperoleh posisi titik detail di atas kertas. Pada titik-titik detail ini lakukan penyempurnaan gambar sesuai situasi sesungguhnya di lapangan sambil mengacu pada sketsa pengukuran berikut.

1. Cantumkan nomor/nama detail pada titik-titik yang diplot serta ketinggian pada posisi tersebut.
2. Hubungkan titik-titik yang telah diplot tersebut sesuai dengan nomor/kode pada sketsa pengukuran terhadap objek batas wilayah/areal, sawah, ladang, tepi jalan, as jalan, bangunan, jembatan, alur sungai, saluran drainase, jalur transmisi dan lainnya.
3. Setelah jelas bentuk yang diplot berdasarkan rangkaian titik-titik detail maka berikan keterangan legenda atau simbol pada gambar/peta dimaksud menurut standarisasi legenda/symbol yang berlaku.
4. Cantumkan nama wilayah/kampung, sungai, jalan, pegunungan/bukit dan jika diperlukan berikan warna pada bentuk relief tanah (lekukan tanah). Bedakan tipe dan ketebalan garis serta ukuran/bentuk tulisan (huruf).
5. Langkah berikutnya yaitu penggambaran garis ketinggian dan pemilahan ketinggian titik dari keseluruhan pada gambar yang dijadikan spot height.

5.9 Penggambaran Garis Ketinggian (Kontur)

Garis ketinggian adalah garis yang menghubungkan titik-titik atau tempat-tempat pada peta dengan nilai ketinggian yang sama. Susunan garis-garis yang terbentuk dari interval ketinggian yang berbeda akan

memberikan gambaran yang jelas terhadap bentuk relief (lekukan) tanah di lapangan.

Garis ketinggian ini lebih dikenal dengan nama Kontur, yang dijadikan media untuk mempresentasikan kondisi medan yang sesungguhnya. Dari kontur ini dapat dijadikan ukuran atau referensi untuk perencanaan letak bangunan, rencana jalan, saluran irigasi, pertanian dan perkebunan serta perencanaan teknis lainnya. Melihat fungsi dari kontur tersebut sangatlah penting, maka nilai ketinggian yang benar dan teliti menjadi syarat yang mutlak.

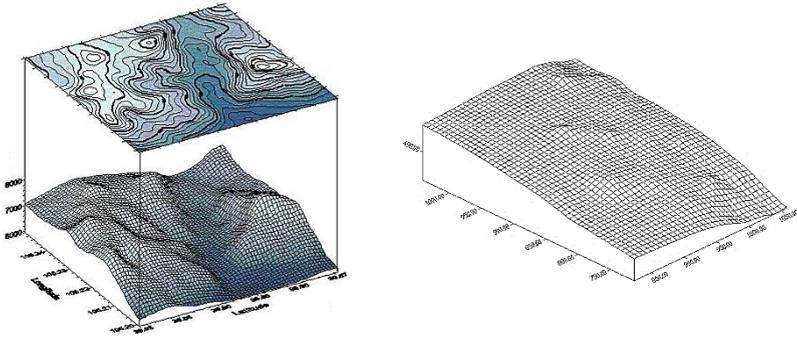
Agar dapat menggambarkan kontur yang benar dan teliti, maka harus diketahui dan dicantumkan data ketinggian titik-titik yang cukup banyak dari daerah yang dipetakan. Dengan jumlah data yang banyak akan mempermudah pula dalam menarik garis-garis ketinggian.

5.9.1 Bentuk dan Sipat Kontur

Berikut beberapa sipat kontur yang diperlukan untuk penggambarannya.

1. Awal dan akhir dari kontur akan selalu bertemu. Dengan kata lain, kontur pada titik ketinggian tertentu akan selalu membentuk satu lingkaran tidak beraturan.
2. Kontur tidak pernah berpotongan dan tidak bercabang.
3. Kontur yang rapat akan menggambarkan permukaan tanah yang terjal sangat miring.
4. Kontur yang semakin renggang menggambarkan daerah medan yang landai atau relatif datar.
5. Kontur yang melintasi objek jalan akan cenderung cembung ke arah bagian yang lebih rendah atau jalan yang menurun.
6. Bentuk kontur untuk menggambarkan alur sungai, saluran air akan cembung ke arah hulu sungai.
7. Kontur yang menggunakan suatu tanjung/semenanjung akan berbentuk cembung ke arah laut.
8. Kontur yang menggambarkan bukit akan berbentuk cembung ke arah rendahnya bukit atau lereng yang menurun.

9. *Kontur indeks* adalah garis ketinggian yang digambarkan dengan tebal dibandingkan garis yang lain pada tiap kelipatan lima atau sepuluh dari seluruh kontur.



Gambar 5.5. Pemodelan Permukaan Tanah dengan Kontur

5.9.2 Interpolasi Kontur

Bila titik-titik detail sudah di plot beserta nilai ketinggiannya, maka sebelum memulai menarik garis-garis ketinggian perlu ditentukan terlebih dahulu *Interval Kontur* berdasarkan skala peta/gambar yang diinginkan. Interval kontur adalah harga (nilai) selisih/slag antar tiap kontur.

$$\text{INTERVAL KONTUR} = \frac{1}{2000} \times \text{Skala Peta} \quad (5.1)$$

Contoh.

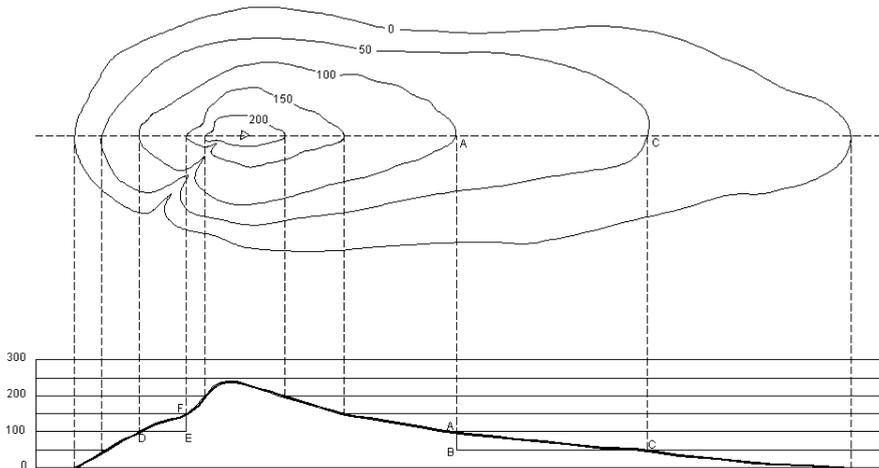
Untuk peta skala 50.000, maka interval konturnya adalah:

$$\frac{1}{2000} \times 50.000 \text{ m} = 25 \text{ m}$$

Untuk peta skala 1.000, maka interval konturnya adalah:

$$\frac{1}{2000} \times 1.000 \text{ m} = 0,5 \text{ m}$$

Gambar 5.6 memberikan contoh sebuah bukit dengan *Indeks Kontur* +100, +200, +300, pada gambar dapat ditentukan nilai interval dari garis-garis ketinggian tersebut sebesar +50. Dengan demikian untuk menarik garis-garis ketinggian mengikuti interval tersebut.



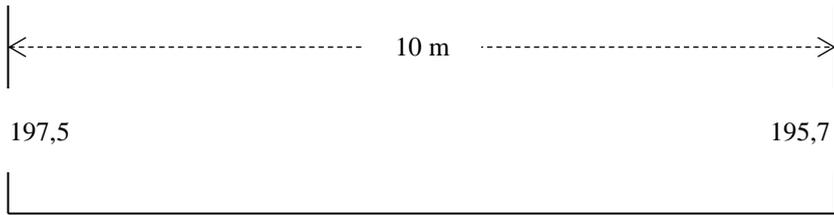
Gambar 5.6: Profil Kontur

Untuk menggambar kontur harus terlebih dahulu dicari titik-titik yang ketinggiannya sama. Pada kenyataannya sangat sulit memperoleh harga data ketinggian sesuai dengan yang diinginkan (misal +100, +200, +300 dst). Untuk itu perlu diadakan *Interpolasi* dari titik-titik yang tersedia (hasil pengukuran) dengan prinsip perbandingan jarak.

Posisi dari titik yang akan dilalui kontur dapat diinterpolasikan secara matematis dari titik-titik yang telah diketahui. Hal ini merupakan salah satu penyederhanaan dengan asumsi *kemiringan tanah* tersebut linier di sekitar titik tinggi itu.

Contoh interpolasi kontur bila pengukuran menggunakan sistem Grid.

Jika diketahui jarak antar dua titik pada sebidang petak adalah 10 m, dan tinggi masing-masing titik adalah +197,5 m dan +195,7 m, maka dapat ditentukan letak/posisi kontur 197,0 m sebagai berikut.



Posisi kontur +197,0:

$$\frac{(197,0 - 195,7)}{(197,5 - 195,7)} \times 10 \text{ m} = 7,2 \text{ m}$$

Artinya = +7,2 m dari titik tinggi 195,7 m

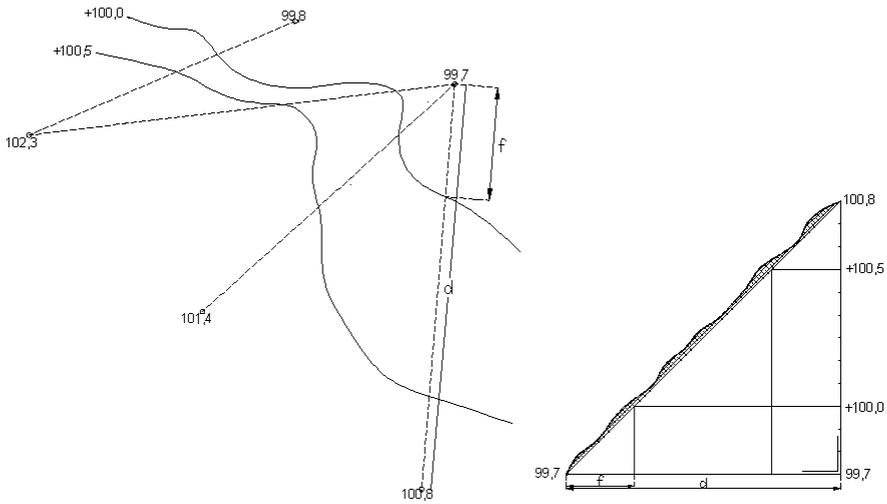
Atau

$$\frac{(197,5 - 197,0)}{(197,5 - 195,7)} \times 10 \text{ m} = 2,8 \text{ m}$$

Artinya = -2.8 m dari titik tinggi 197,5 m

Contoh interpolasi kontur bila pengukuran menggunakan sistem Polar/sebaran.

Jika diketahui seperti gambar 6.6 yaitu, 5 titik detail yang telah memiliki ketinggian, kemudian akan ditarik kontur dengan interval 0,5 m pada angka +100,0 m dan +100,5 m. maka interpolasi kontur akan membentuk demikian.



Gambar 5.7. Interpolasi Garis Ketinggian/Kontur

5.9.3 Penggambaran Titik Tinggi (Spot Height)

Bila semua kontur telah tergambar dengan jelas, maka langkah berikutnya ialah memilih data ketinggian dari seluruh data ketinggian titik detail yang digunakan untuk menggambar kontur sebelumnya. Data ketinggian yang dipilih, akan dijadikan *Titik Tinggi* pada letak tertentu. Sedangkan ketinggian titik-titik detail lainnya dapat dihilangkan (dihapus).

Titik tinggi atau sering disebut *Spot Height* merupakan tanda perwakilan ketinggian pada tempat-tempat tertentu yang dianggap penting di atas permukaan tanah. *Spot Height* juga berfungsi sebagai informasi ketinggian pada letak tertentu, sehingga mempermudah menginterpretasi ketinggian pada tempat tersebut yang tidak dilalui kontur. Dalam menentukan letak *Spot Height* harus jelas terbaca di atas kertas (peta) dan mudah ditemukan letaknya di lapangan.

Contoh penempatan *Spot Height* pada saat penggambaran:

1. puncak gunung atau bukit;
2. tempat yang paling rendah dari lekuk tanah;
3. letak jembatan;
4. perpotongan jalan;

5. pertemuan atau pencabangan sungai;
6. dan letak lainnya yang dianggap penting;

Banyaknya titik tinggi pada suatu peta tergantung dari:

1. skala peta;
2. karakteristik daerahnya;
3. kegunaan titik tinggi tersebut;
4. fungsi peta dan bagaimana keadaan konturnya.

Pemberian simbol atau tanda Spot Height di peta yaitu:

1. tanda titik hitam, yang sekaligus sebagai pemisah desimal angka ketinggian;
2. garis silang kecil dan lingkaran di tengahnya;
3. tanda segitiga kecil dengan titik di tengahnya, untuk titik triangulasi;
4. tanda titik dengan huruf BM (.BM) untuk titik Bench Mark.

5.10 Penyelesaian Penggambaran

Tahap akhir dari penggambaran adalah sebagai berikut.

- 1 Pembuatan Garis Tepi dan Grid Koordinat.

Garis tepi dibuat dengan ketentuan berjarak Minimal 2 cm dari tepi gambar.

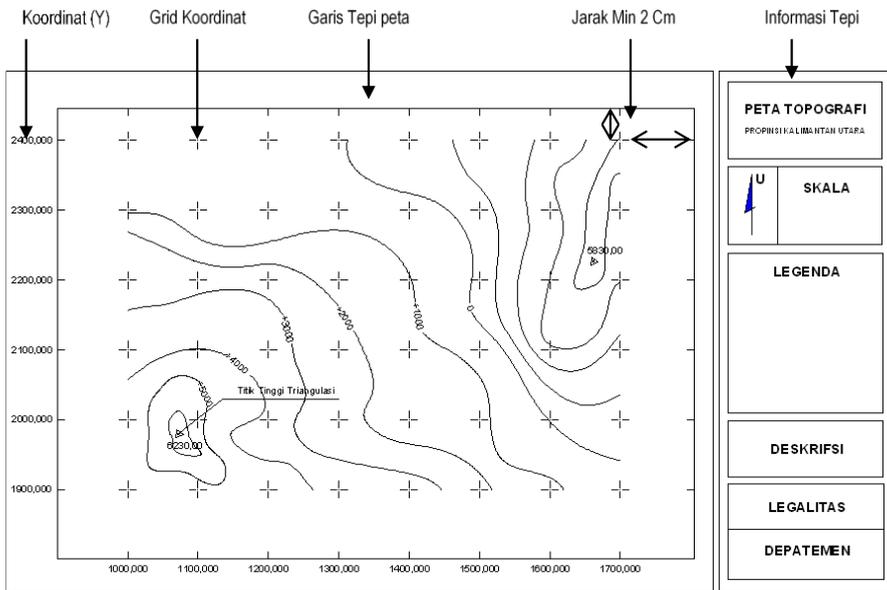
Grid koordinat dibuat pada tiap perpotongan garis proyeksi sumbu X dan Y dengan jarak pada masing-masing sumbu berdasarkan skala yang digunakan.

- 2 Kolom Keterangan.

Pemberian keterangan yang memperjelas semua unsur yang tercantum di dalam Peta. Pemberian keterangan umumnya dibuat dengan menyertakan tempat atau kolom-kolom di sisi kanan peta. Keterangan-keterangan tersebut di antaranya;

- a. mencantumkan jenis/nama peta;
- b. nomor indeks lembar peta (jika > 1 lembar untuk 1 wilayah);
- c. mencantumkan skala peta secara grafis dan numeris;
- d. mencantumkan arah utara;
- e. mencantumkan legenda dari simbol-simbol yang tergambar pada peta;

- f. mencantumkan waktu pelaksanaan pemetaan dan lokasinya;
 - g. mencantumkan instansi/departemen/perusahaan pelaksana;
 - h. kolom-kolom pengesahan/legalitas (bila diperlukan);
 - i. keterangan-keterangan lainnya yang dianggap perlu.
- 3 Hal yang penting dalam penggambaran suatu peta adalah harus memahami fungsi dari peta yang akan dibuat. Dalam penyajiannya, peta haruslah mudah dipahami (tepat bila diinterpretasi) oleh penggunanya.
 - 4 Apabila peta yang dibuat perlu diperbanyak untuk keperluan lainnya, maka perlu dikalkir agar dapat direproduksi.



Gambar 5.8. Contoh Sederhana Layout Peta

5.10.1 Informasi Tepi Peta

Seperti telah dijelaskan di atas bahwa peta dasar topografi merupakan peta yang memperlihatkan gambaran permukaan bumi dalam skala tertentu, serta merupakan kerangka untuk memetakan data-data tematik. Oleh karena itu, ketelitian peta tersebut sangat menentukan tingkat

ketelitian peta tematik yang dihasilkannya.

Ketelitian suatu peta tergantung pada metode pemetaan, skala peta, sistem proyeksi peta, bahan/material peta, serta tujuan pemetaan. Mengingat pentingnya informasi tersebut, maka perlu diketahui oleh setiap pengguna peta sehingga dapat menggunakan informasi tersebut sesuai dengan keperluannya. Untuk keperluan tersebut, informasi ini disajikan di bagian batas dan tepi peta sehingga disebut *informasi tepi peta* dan bertujuan untuk memberikan informasi atau keterangan mengenai isi muka peta.

5.10.2 Tata Letak Informasi Tepi Peta

Informasi di muka peta dan informasi tepi peta merupakan satu kesatuan yang tidak terpisahkan, sebab informasi tepi peta tersebut merupakan bagian peta yang memberikan penjelasan mengenai informasi yang disajikan pada muka peta.

Oleh karena itu, dalam penempatan informasi tepi ini perlu diatur agar mudah dibaca dan dipahami, serta mempunyai daya tarik bagi pengguna peta. Untuk itu, informasi tepi peta perlu diletakkan tersebar secara seimbang di setiap bagian tepi peta.

Pada prinsipnya, tata letak informasi ini tergantung kepada maksud/tujuan pemetaan, skala peta, dan instansi pembuat peta. Walaupun demikian, secara umum informasi tepi peta ini dapat dikelompokkan ke dalam dua golongan, yaitu:

1. informasi di daerah tepi peta;
2. informasi di daerah batas peta.

Untuk dapat memberikan gambaran yang jelas tentang masalah itu, berikut ini contoh tentang kedua informasi di atas yang digunakan dalam Peta Rupa Bumi skala 1: 50.000 terbitan Bakosurtanal, tahun 1991.

5.10.3 Informasi di Daerah Tepi Peta

1. *Nama lembar (judul peta)*

Nama lembar peta topografi biasanya diambil dari nama daerah terpenting atau terbesar yang ada di dalam lembar peta tersebut.

Walaupun demikian, Pemberian nama lembar tersebut dipengaruhi pula oleh skala peta. Untuk lebih jelasnya, perhatikan contoh warna lembar berikut ini.

- a. Peta Rupa Bumi Indonesia 1 : 50.000 - Lembar Jakarta.
- b. Peta Rupa Bumi Indonesia 1 : 100.000 - Lembar Jakarta.

Walaupun nama kedua lembar tersebut sama, tetapi luas cakupannya berbeda. Pada peta skala. 1 : 50.000 hanya mencakup daerah Jakarta raja, tetapi pada peta 1 : 100.000 mencakup daerah Jakarta ditambah dengan daerah di sekitarnya.

Dalam peta 1 : 50.000, nama lembar tersebut dipasang di sudut kanan atas dengan hunt berukuran besar, dan dipasang pula di bagian sudut kiri bawah dengan huruf berukuran kecil.



Gambar 5.9. Tata Letak Informasi Tepi Peta

2. *Nomor lembar*

Nomor lembar peta memberikan petunjuk tentang kedudukan lembar peta dalam setiap Seri pemetaan. Untuk peta dasar topografi nasional, sistem penomoran lembar peta ini sudah dibakukan Bakosurtanal, sehingga memudahkan pengguna peta dalam mencari nomor-nomor lembar tertentu.

Nomor lembar peta pada umumnya ditulis di dekat nama lembar (judul peta), yaitu di sudut kanan atas dengan huruf berukuran besar dan di sudut kiri bawah dengan huruf berukuran kecil.

3. *Nomor sari*

Seri peta topografi pada umumnya dibuat/direncanakan berdasarkan skala peta. Perubahan nomor seri terjadi bila terdapat perubahan yang sifatnya menyeluruh dalam gaga, atau dalam isi peta. Contoh: 1 : 50.000 sari pertama, 1 : 50.000 seri kedua, dan sebagainya.

4. *Edisi peta*

Edisi peta selalu berhubungan dengan tanggal atau tahun penerbitan. Bila peta tersebut mengalami perubahan/revisi pada sebagian isinya, maka biasanya akan dinyatakan dalam edisi yang bans. Edisi peta ditulis di sudut kanan atas lembar peta. Contoh: Edisi I - 1991, Edisi II - 1995, dan sebagainya.

5. *Skala numerik*

Skala numeris merupakan keterangan tentang skala peta yang disajikan dalam bentuk huruf dan angka, sehingga mudah dibaca. Skala ini ditulis dengan ukuran besar dan ditempatkan di sudut kanan atas. Kemudian skala ditulis pula dengan ukuran kecil dan ditempatkan di tepi bawah bagian tengah.

6. *Skala grafis*

Skala grafis merupakan keterangan tentang skala peta yang disajikan dalam bentuk gambar garis lurus yang mempunyai panjang tertentu, sehingga panjang garis (dalam cm) dan angka yang tercantum di alas garis tersebut (dalam satuan km) mempunyai perbandingan yang menyatakan skala peta tersebut. Skala grafis ini disajikan bersama-sama skala numeris di tepi bawah bagian tengah

peta.

7. *Satuan ketinggian*

Satuan ketinggian merupakan keterangan mengenai satuan untuk ketinggian yang digunakan dalam peta. Satuan ketinggian yang digunakan di Indonesia adalah satuan meter. Keterangan ini ditulis dengan huruf ukuran kecil, dan disajikan di tepi kanan bagian atas, dan di tepi bawah bagian tengah.

8. *Simbol/legenda*

Simbol atau legenda merupakan informasi tepi peta yang menggambarkan unsur-unsur topografi dalam bentuk Simbol dan warna tertentu, sesuai dengan bentuk/warna yang digunakan dalam muka peta. Informasi ini disajikan di tepi kanan lembar peta.

9. *Petunjuk letak peta*

Petunjuk ini digambarkan dalam bentuk diagram yang menyatakan hubungan lembar tersebut dengan lembar yang berdampingan. Diagram ini disajikan di sudut kanan atas.

10. *Diagram lokasi*

Diagram lokasi digunakan untuk mengetahui lokasi area pemetaan dalam hubungannya dengan daerah di sekitarnya. Diagram ini dibuat dengan ukuran yang sama dengan ukuran diagram petunjuk letak peta dan disajikan di sudut kanan atas, tepat di samping diagram petunjuk letak peta.

11. Keterangan tentang proyeksi peta, sistem grid, datum (horizontal, dan vertikal), satuan tinggi, selang kontur, parameter translasi untuk transformasi koordinat. Catatan ini ditulis dengan huruf ukuran kecil, dan disajikan di tepi kanan atas.

12. *Petunjuk pembacaan koordinat geografis*

Petunjuk ini menerangkan tentang cara-cara pembacaan koordinat geografi suatu tempat/titik tertentu di muka peta. Petunjuk ini ditulis dengan huruf ukuran kecil dalam suatu kotak, dan disajikan di sudut kanan bawah.

13. *Petunjuk pembacaan koordinat UTM*

Petunjuk ini menerangkan tentang cara-cara pembacaan koordinat UTM suatu tempat/titik tertentu di muka peta. Petunjuk ini ditulis

dengan huruf ukuran kecil dalam suatu kotak, dan disajikan di sudut kanan bawah.

14. *Keterangan arah utara*

Tiap lembar peta memuat keterangan tentang arah utara, yaitu:

- a. arah utara sejati, yaitu arah dari meridian suatu titik ke kutub utara;
- b. arah utara grid, yaitu arah ke jurusan utara dari grid utara-selatan;
- c. arah utara magnet, yaitu arah ke jurusan kutub magnet utara.

Di samping ketiga arah tersebut, dalam diagram tersebut ditunjukkan pula besaran sudut penyimpangan ketiga arah di atas, yaitu:

- a. deklinasi magnet, merupakan sudut antara utara grid dengan utara sejati;
- b. konvergensi grid, merupakan sudut antara utara grid dengan utara sejati.

Dalam diagram tersebut, dicantumkan juga perubahan magnetik tahunan untuk periode lima tahun tertentu.

15. *Keterangan garis batas daerah administrasi*

Keterangan ini harus disertai catatan tentang landasan hukum mengenai penggambaran garis batas tersebut. Keterangan ditulis dengan huruf berukuran kecil dan disajikan di tepi bawah bagian tengah.

16. *Keterangan penerbit*

Ditulis dengan huruf berukuran kecil, dan disajikan di tepi kanan bagian atas.

17. *Keterangan riwayat peta*

Keterangan ini merupakan catatan tentang asal usul pemetaan tersebut, terutama mengenai sumber data, metode pemetaan, tahun pengumpulan/pengolahan data, serta keterangan lainnya yang berhubungan dengan pemetaan ini. Keterangan ini ditulis dengan huruf berukuran kecil, dan disajikan di tepi kanan bagian bawah.

18. *Catatan hak cipta*

Ditulis dengan huruf ukuran kecil, dan ditempatkan di tepi kanan

bagian tengah.

19. *Keterangan pelaksana pemetaan*

Ditulis dengan huruf ukuran kecil dan disajikan di tepi kanan, tepat di samping keterangan penerbit.

20. *Diagram pembagian daerah administrasi*

Diagram ini merupakan diagram yang menggambarkan pembagian daerah administrasi, dengan unit terkecil kecamatan. Diagram ini ditempatkan di tepi bawah sebelah kanan.

21. *Singkatan*

Merupakan keterangan mengenai singkatan yang digunakan dalam lembar peta, seperti gunung disingkat g, sungai disingkat s, dan lain-lain. Keterangan ini ditulis dengan huruf berukuran kecil, dan disajikan di tepi bawah bagian kiri.

22. *Informasi tepi tambahan*

Merupakan keterangan-keterangan yang dianggap perlu dan sebaiknya disajikan bila keadaan ruang masih memungkinkan. Contoh: *diagram kompilasi*.

Diagram kompilasi merupakan diagram yang berbentuk persegi panjang (sama dengan bentuk muka peta) dan di dalamnya dicantumkan sumber data dalam penyusunan/kompilasi peta tersebut, misalnya: foto udara, survei lapangan, peta, dan sebagainya.

5.10.4 Informasi di Daerah Batas

1. **Koordinat geografi**, digunakan untuk menyatakan koordinat titik sudut muka peta dan disajikan dalam satuan derajat dan menit.
2. **Nilai graticule** ditulis setiap satu menit pada keempat sisi muka peta tersebut. Nilai graticule ini digunakan untuk memudahkan pembaca peta dalam menaksir koordinat geodetic suatu titik di muka peta.
3. **Koordinat UTM**, digunakan pula untuk menyatakan koordinat titik sudut muka peta dan disajikan dalam satuan meter.
4. **Nilai grid** ditulis setiap 5000 meter pada keempat sisi muka peta tersebut. Nilai grid ini digunakan untuk memudahkan pembaca peta dalam menaksir koordinat UTM suatu titik di muka peta.
5. **Arah tujuan**. Arah tujuan jalan raya atau jalan kereta api yang

terpotong oleh garis batas peta sangat penting untuk disajikan, sehingga dapat membantu pengguna peta untuk mengetahui tujuan selanjutnya dari jalan tersebut. Arah tujuan ini ditulis dengan huruf yang berukuran sangat kecil di bagian batas peta.

6. **Nama unsur topografi.** Nama dari suatu unsur topografi yang besar dan memanjang, Seperti pegunungan atau sungai yang terpotong oleh garis batas peta sangat penting untuk ditulis lengkap. Untuk itu diatur penulisan sebagai berikut: sebagian ditulis di bagian muka peta dengan huruf berukuran besar, dan sebagian lagi ditulis di bagian batas peta dengan huruf berukuran sangat kecil.

5.11 Soal Pelatihan

1. Sebutkan kegunaan dari peta dalam lingkup pekerjaan sipil!
2. Jelaskan bagaimana peta bisa dikatakan baik atau memenuhi syarat!
3. Jelaskan metode dalam melakukan survei di lapangan!
4. Sebutkan klasifikasi peta!
5. Sebutkan fungsi skala di dalam pemetaan!
6. Sebutkan teknik penggambaran titik kerangka peta dan titik detail di lapangan!
7. Jelaskan fungsi dari kontur dan kegunaannya!
8. Praktikum interpolasi garis kontur.
9. Praktikum penggambaran peta topografi.

DAFTAR PUSTAKA

- Brinker, R.C & Wolf, P.R Edisi VII, Jilid 1, 1986, Dasar-Dasar Pengukuran Tanah (Surveying), Erlangga, Jakarta.
- Brinker, R.C & Wolf, P.R Edisi VII, Jilid 2, 1986, Dasar-Dasar Pengukuran Tanah (Surveying), Erlangga, Jakarta.
- Frick, H, Ir, Cetak X, 1993, Ilmu dan Alat Ukur Tanah, Kanisius, Yogyakarta.
- Indra Sinaga, 1992, Pengukuran dan Pemetaan Pekerjaan Konstruksi, Sinar Harapan.
- Jacob Rais. Prof, 1977, Ilmu Ukur Tanah I, Cipta Sari, Semarang.
- Jacob Rais. Prof, 1977, Ilmu Ukur Tanah II, Cipta Sari, Semarang.
- John Clane, Second Edition, 1991, Site Surveying and Leveling, Arnold.
- Poerbondono, D.N, Dr, & Djunasjah, E, MT, 2005, Survey Hidrografi, Refika Aditama, Bandung.
- Purworhardjo U.U, 1986, Ilmu Ukur Tanah Seri A Pengukuran Horizontal, Jurusan Teknik Geodesi, ITB, Bandung.
- Sosrodarsono, S, Dr, Cetak V, 2005, Pengukuran Topografi dan Teknik Pemetaan, Pradnya Paramita, Jakarta.
- William Irvine, 4th Edition, 1995, Surveying for Construction, The McGraw-Hill.
- Wirshing, J.R, & R.H, 1995, Pengantar Pemetaan, Erlangga, Jakarta.
- Wongsojitro, S 1977 Ilmu Ukur Tanah, Kanisius, Yogyakarta.
- Wongsojitro, S, 1984, Berbagai Ilmu Ukur dalam Ilmu Geodesi, Kanisius, Yogyakarta.
- W.Whyte & R.E. Paul, 1997, Basic Surveying, Butter Worth, Heineman.

GLOSARIUM

- Azimuth = Arah horizontal suatu vektor, diukur searah jarum jam dari sumbu Y positif. Sebagai contoh, derajat jarum kompas.
- Azimuth magnetik = Bilamana azimuth diukur dari kutub utara magnetik.
- Azimuth true = Azimuth sebenarnya diukur dari kutub utara geografis.
- Barometer = Alat pengukur tekanan udara. Terdapat dua jenis barometer merkuri (air raksa) dan barometer aneroid. Besar tekanan udara dibaca pada inci atau cm.
- Base map = Peta yang menyajikan unsur-unsur atau informasi topografi di atas mana tema tertentu akan digambarkan. Base map adalah dasar untuk peta tematik. Base map umumnya adalah peta rupa bumi.
- Bench mark = Sebuah pelat kuningan atau perunggu yang di tanam permanen pada dasar beton atau struktur permanen, Diada ditulis dengan tanda yang menunjukkan elevasi di atas atau di bawah datum vertikal.
- Coordinates = Serangkaian nilai data absolut atau relatif yang tersusun yang menentukan lokasi dalam sistem koordinat cartesian.
Titik potong antara dua angka dan dua huruf yang menunjukkan kolom dan baris sebuah sel.
Dua angka yang digunakan untuk menentukan posisi cursor atau penunjuk pada layar monitor.

- Data = Menunjukkan semua kenyataan, misalnya angka, huruf, bilangan, teks, simbol, lambang yang merupakan situasi keadaan atau fakta-fakta yang dapat diukur, disusun, diformat untuk diproses, disimpan atau diambil komputer.
- Datum = Suatu titik, garis atau bidang permukaan yang digunakan sebagai rujukan bagi pengukuran kuantitas. Suatu model bumi yang digunakan untuk kalkulasi geodesi.
- Survei = Proses secara teratur untuk menentukan data yang berhubungan dengan karakteristik fisik atau kimia bumi.
- Terrestris/
Terrestrial = Data besaran arah, sudut, jarak dan ketinggian diperoleh dari pengukuran di lapangan. Pengukuran yang dilakukan oleh surveyor yang berada langsung (kontak langsung) di lapangan (di permukaan tanah).

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Tamiang Layang (Barito Timur) pada tanggal 20 Oktober 1979. Bangku SD dan SMP dijalani di tempat kelahiran. Tahun 1997 penulis menyelesaikan pendidikan kejuruan di SMK Negeri 5 Banjarmasin Program Studi Survei dan Pemetaan. Penulis melanjutkan pendidikan tinggi di FTSP Institut Teknologi Nasional Malang Jurusan Teknik Geodesi.

Penulis diangkat menjadi staf pengajar di Jurusan Teknik Sipil POLIBAN pada tahun 2006 setelah dua tahun sebelumnya menjadi anggota tim Studi Kelayakan mendirikan Program Studi Teknik Geodesi. Di tahun 2010 penulis melanjutkan pendidikan Magister Teknik di Fakultas Teknik ULM Banjarmasin dengan memilih konsentrasi Program Rekayasa Pengelolaan Sumber daya Lahan Rawa, dengan topik penelitian: *Tidal Swampland Modeling Using Remote Sensing Technology And GIS To Determine Hydrotopography Zone*. Penulis telah mempunyai sejumlah publikasi ilmiah pada jurnal nasional, dan juga telah merepresentasikan beberapa makalah di pertemuan-pertemuan ilmiah berskala nasional bahkan internasional.

Selain melakukan tugas mengajar pada program studi Teknik Geodesi POLIBAN, penulis juga aktif melakukan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat. Tahun 2008 kali pertama penulis diberikan tugas tambahan menjadi Ketua Laboratorium Geodesi. Saat ini penulis duduk sebagai Ketua Laboratorium Penginderaan Jauh dan SIG. Dari tahun 1996 penulis telah berkecimpung sebagai praktisi survei dan pemetaan yang diawali keterlibatan pada proyek Penyiapan dan Pemetaan Lahan Transmigrasi di wilayah Kalimantan Selatan.

Penulis menikah dengan Salikurnima pada tahun 2005 dan dikaruniai seorang putri, Aurelia Ferli Karuniani (2006) dan seorang putra, Vincent Sobatnu (2011).

SURVEI TERRESTRIS

Ferry Sobatnu, ST, MT

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan penyertaan-Nya, buku ajar ini dapat diselesaikan dengan baik. Ketersediaan buku ajar ini sebagai instrumen pendamping bagi pengajar di Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Banjarmasin terkhusus pengajar Mata Kuliah Ukur Tanah pada kelompok keahlian survei dan pemetaan. Di samping itu, buku ini dapat juga digunakan oleh mahasiswa sebagai salah satu literatur dalam memperkuat pemahaman terhadap keilmuan yang menjadi bekal di dunia kerja di masa mendatang.

Buku Ajar ini disusun berdasarkan keilmuan dan pengalaman penulis dari sekolah menengah kejuruan sampai perguruan tinggi dan di dunia kerja lebih dari 10 tahun baik sebagai pengajar maupun praktisi. Survei Terrestri merupakan teknik atau metode pengukuran yang diterapkan oleh para *surveyor* secara langsung di muka bumi. Isi di dalam buku ajar ini disusun secara terukur untuk ketercapaian kompetensi pembelajaran di kelas dan selaras dengan kurikulum berbasis vokasi.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan dan kesempatan penulis untuk membuat buku ajar ini. Semoga buku ajar ini dapat diterima dan bermanfaat bagi banyak orang.



Penerbit Poliban Press

Redaksi :

Politeknik Negeri Banjarmasin, Jl. Brigjen H. Hasan Basry,
Pangeran, Komp. Kampus ULM, Banjarmasin Utara

Telp : (0511)8305052

Email : press@poliban.ac.id

ISBN 978-602-53456-6-3

