



**MODUL
MKB-2/3 SKS/ MODUL I-IX**

ILMU UKUR TANAH

ARIEF SYAIFULLAH

**KEMENTERIAN AGRARIA DAN TATA RUANG/
BADAN PERTANAHAN NASIONAL
SEKOLAH TINGGI PERTANAHAN NASIONAL
2014**

Hak cipta © pada penulis dan dilindungi Undang-undang
Hak Penerbitan pada Penerbit Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional
Kode Pos 55293, www.stpn.ac.id Tlp.0274-587239
Indonesia

Dilarang mengutip sebagian ataupun seluruh buku ini dalam bentuk
apapun, tanpa ijin dari penulis dan penerbit

Edisi Revisi

Cetakan Pertama, Nopember 2011

Cetakan Kedua, Desember 2014

Penelaah Materi	Tim STPN
Pengembangan Desain Instruksional	STPN PRESS
Desain Cover	-
Lay-Outer	-
Copy-Editor	-
Ilustrator	

Arief Syaifullah
Ilmu Ukur Tanah; I-IX
MKB-2/ 3 SKS/ Arief Syaifullah
Yogyakarta : Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional, 55293

ISBN :

Judul

Ilmu Ukur Tanah

SEKAPUR SIRIH

Salah satu kompetensi utama yang sangat mudah diamati oleh para pengguna alumni STPN adalah kemampuannya dalam survei pengukuran. Karena sifatnya yang mudah diamati itu, sering para pengguna menstandarkan kualitas pendidikan di STPN dengan kemampuan para lulusannya menggunakan teodolit, menghitung luas, mengadakan titik dasar teknik sampai hal yang rumit, misalnya transformasi koordinat antar zone. Oleh sebab itu, semasa pendidikan oleh civitas akademika perlu ditingkatkan kualitas belajar mengajarnya, yang antara lain dengan mengadakan bahan-bahan ajar berupa modul yang terstruktur.

Sebagian besar mahasiswa dan praktisi pengukuran mengalami miskonsepsi pengetahuan dan bahkan misprosedur praktek penggunaan instrumen. Salah satu miskonsepsi yang sering dijumpai yaitu pengertian posisi *biasa* dan *luarbiasa*, pengertian asimut, pengertian sudut, arah, bacaan dan masih banyak lagi. Miskonsepsi dalam praktek misalnya tidak tepatnya proses sentering, leveling dan pembidikan target akibat salah memahami proses pointing, targeting, dan paralaks. Sering juga perdebatan terjadi antar mahasiswa karena perbedaan penafsiran pengaruh putaran teodolit -kanan atau kiri - terhadap bacaan horisontal atau terhadap sudut hitungan. Di sisi lain, perkembangan survei pengukuran dan pemetaan kian pesat. Teknologi satelit dan peralatan survei pengukuran yang baru terus menerus dipromosikan. Meskipun demikian, prinsip-prinsip pengukuran tidaklah boleh diabaikan begitu saja. Prinsip-prinsip itu merupakan pilar-pilar pengetahuan dan pilar-pilar praktek seorang surveyor, yang dengannya evaluasi dan putusan kerja lapangan dapat diambil secara akurat dan dapat dipertanggungjawabkan, baik secara akademis maupun praktis.

Bagi seorang surveyor, bekal akademik saja tidaklah cukup. Namun, tidak sedikit alumni pendidikan survei yang terampil mengaplikasikan perangkat-perangkat lunak terkini tetapi kurang terampil mensentering teodolit. Tidak sedikit seseorang yang mengaku surveyor profesional dan berpengetahuan akademik mumpuni tetapi belum memiliki karakter: kerja keras, kendali emosi yang baik, daya juang yang tinggi, teliti, kerjasama team yang solid dan survival yang tinggi. Semua itu

merupakan kompetensi utama untuk menjadi surveyor profesional yang didukung dengan pelatihan dan *up grade* pengetahuan secara terus menerus.

Harapannya modul ini merupakan secercah wujud nyata syukur penulis kepada Allah, SWT atas tak berhingga nikmat, ilmu, kesehatan yang diberikanNya. Untuk kesempurnaan buku ini, sudilah kiranya para pembaca yang Budiman dapat menyampaikan saran atau kritiknya kepada penulis. Akhirnya, semoga buku kecil ini dapat dijadikan bekal para mahasiswa, para surveyor berlisensi maupun praktisi pengukuran baik di lingkungan Badan Pertanahan Nasional maupun Lembaga-lembaga lainnya.

Nopember 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	ii
SEKAPUR SIRIH	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
PENDAHULUAN	x
Modul I: Pengantar Ilmu Ukur Tanah.....	1
A. Pengukuran tanah (<i>surveying</i>).....	2
B. Instrumen survei di masa lalu	2
C. Klasifikasi survei.....	7
1. Survei atas dasar akurasi.....	7
2. Survei atas dasar metode penentuan posisi	8
3. Survei atas dasar instrumen.....	9
4. Survei atas dasar tujuan.....	10
5. Survei atas dasar tempat.....	13
D. Kompetensi surveyor.....	14
E. Praktik pengukuran.....	15
F. Catatan lapangan.....	16
Latihan.....	18
Rangkuman	18
Tes Formatif 1.....	19
Modul II. Prinsip Pengukuran dan Sistem Referensi.....	22
A. Prinsip-prinsip pengukuran.....	23
B. Bentuk bumi.....	25
C. Sistem referensi.....	29
D. Latihan	30
E. Rangkuman	30
F. Tes Formatif 2.....	31
Lampiran III: Penghitungan Planimetris.....	34
A. Jarak.....	35
B. Asimut.....	37
C. Sudut.....	43
D. Koordinat.....	44
E. Satuan sudut.....	45
Latihan	46
Rangkuman	46
Tes Formatif 3.....	47
Modul IV: Pengukuran Jarak Langsung dan Tacimetri.....	50
A. Pengukuran Jarak Langsung	51
B. Pengukuran jarak langsung pada lapangan datar	51

C. Pengukuran Jarak langsung pada lapangan miring	52
D. Pengukuran jarak yang terhalang	53
E. Sumber-sumber kesalahan dan kesalahan pada pengukuran jarak	54
F. Beberapa kasus pengukuran jarak	55
Latihan	58
Rangkuman	58
Tes Formatif 4.....	58
Modul V. Bearing, Asimut, Pengukuran Sudut	61
A. Pengertian.....	62
B. Asimut geodetis.....	65
C. Asimut Astronomis.....	66
D. Pengertian arah dan sudut.....	66
E. Sudut kanan dan sudut defleksi	70
F. Metoda pengukuran sudut horisontal.....	73
1. Pengukuran sudut poligon	74
2. Analisis data ukuran sudut	76
G. Sudut vertikal	78
H. Kesalahan kolimasi.....	81
1. Kesalahan kolimasi horisontal.....	81
2. Kesalahan indeks (kesalahan kolimasi vertikal).....	81
Latihan.....	82
Rangkuman	83
Tes Formatif 5.....	84
Modul VI. Poligon Tertutup	90
A. Pengertian	91
B. Konsistensi jarak dan sudut	93
C. Hitungan poligon	96
a. Bowditch	97
b. Poligon tertutup.....	97
c. Toleransi sudut	100
D. Pengukuran sudut poligon	102
E. Analisis data ukuran sudut	104
Latihan.....	105
Rangkuman	106
Tes Formatif 6.....	107
Modul VII. Poligon Terbuka	111
A. Pengertian	112
B. Pengukuran poligon terbuka.....	113
C. Penghitungan poligon terbuka	115
D. Perataan poligon	159
Latihan.....	159
Rangkuman	160
Tes Formatif 7.....	161

Modul VIII Waterpas.....	149
A. Jenis Waterpas.....	166
B. Syarat pemakaian waterpas	166
C. Kesalahan-kesalahan dalam pengukuran waterpas.....	170
D. Contoh pengukuran tinggi dengan waterpas	172
Latihan.....	174
Rangkuman	174
Tes Formatif 8.....	175
Modul IX. Peta Situasi	178
A. Pembuatan kerangka kontrol	179
B. Pengukuran detail	180
C. Pembuatan garis kontur	180
D. Ploting	181
Latihan.....	182
Rangkuman	182
Tes Formatif 9.....	182
DAFTAR PUSTAKA	183
KUNCI JAWABAN	184

PENDAHULUAN

Modul ini merupakan pengembangan materi-materi perkuliahan yang diberikan oleh penulis pada Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional selama delapan tahun terakhir. Sebelumnya, materi-materi perkuliahan itu – yang diacu dari beberapa buku sumber – tersebar sehingga penyajiannya kurang sistematis dan sulit ditelusuri.

Selain bahan-bahan perkuliahan yang berkaitan dengan survei pengukuran dirasa kurang, tatap muka di kelas masih sering dirasakan kurang baik oleh dosen maupun mahasiswa. Sebagai gantinya, kemandirian mahasiswa perlu diasah dengan memberikan berbagai latihan-latihan atau tugas-tugas terstruktur dan mandiri di perpustakaan. Seperti diketahui *team teaching* yang ada di STPN sering dikeluhkan berkenaan dengan overlapping materi yang diajarkan. Dalam situasi ini, modul ini akan sangat bermanfaat untuk memandu mahasiswa ataupun dosen dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar sehingga kemandirian belajar tercapai, *team teaching* menjadi semakin solid.

Demikian modul ini disusun semoga bermanfaat tidak hanya untuk perkuliahan tetapi juga untuk pelatihan-pelatihan lainnya.

Yogyakarta, Desember 2014

Penulis

MODUL

I

PENGANTAR

ILMU UKUR TANAH

Sekapur sirih. Calon surveyor dari seluruh wilayah Republik Indonesia yang saya banggakan. Saat ini, saudara sampai pada pintu gerbang untuk mempelajari ilmu ukur tanah dan akan berkenalan dengan ilmu ini. “Tak kenal maka tak sayang” merupakan ungkapan yang tepat untuk modul pertama ini. Semakin paham ruang lingkup ilmu ukur tanah maka saudara akan semakin tertarik, dan pada akhirnya akan termotivasi untuk mempelajarinya lebih lanjut. Perlu saudara sadari, ilmu ukur tanah mutlak dikuasai oleh saudara untuk menjadi seorang surveyor. Tidaklah berlebihan jika dikatakan, “Tak ada surveyor tanpa ilmu ukur tanah”. Oleh karena itu, sejak awal ini hendaknya saudara mulai bersungguh-sungguh untuk mempelajarinya. Selamat belajar!

Standar kompetensi. Standar kompetensi modul pertama ini adalah taruna memahami ruang lingkup Ilmu Ukur Tanah.

Indikator. Indikatornya adalah taruna mampu membedakan ilmu ukur tanah dalam arti sempit dan dalam arti luas, mampu menguraikan perkembangan berbagai peralatan survei, mampu mengklasifikasikan macam-macam survei, mampu menjelaskan syarat kompetensi yang harus dimiliki oleh seorang surveyor profesional dalam prakteknya, dan mampu menjelaskan pembuatan catatan - catatan lapangan yang baik.

PENGANTAR

ILMU UKUR TANAH

A. Pengukuran Tanah (*Surveying*)

Pengukuran didefinisikan sebagai seni penentuan posisi relatif pada, di atas, atau di bawah permukaan bumi, berkenaan dengan pengukuran jarak-jarak, sudut-sudut, arah-arah baik vertikal maupun horisontal.

Seorang yang melakukan pekerjaan pengukuran ini dinamakan Surveyor. Dalam keseharian kerjanya, seorang surveyor bekerja pada luasan permukaan bumi terbatas. Meskipun demikian, ia adalah pengambil keputusan apakah bumi ini dianggap datar atau melengkung dengan mempertimbangkan sifat, volume pekerjaan dan ketelitian yang dikehendaki.

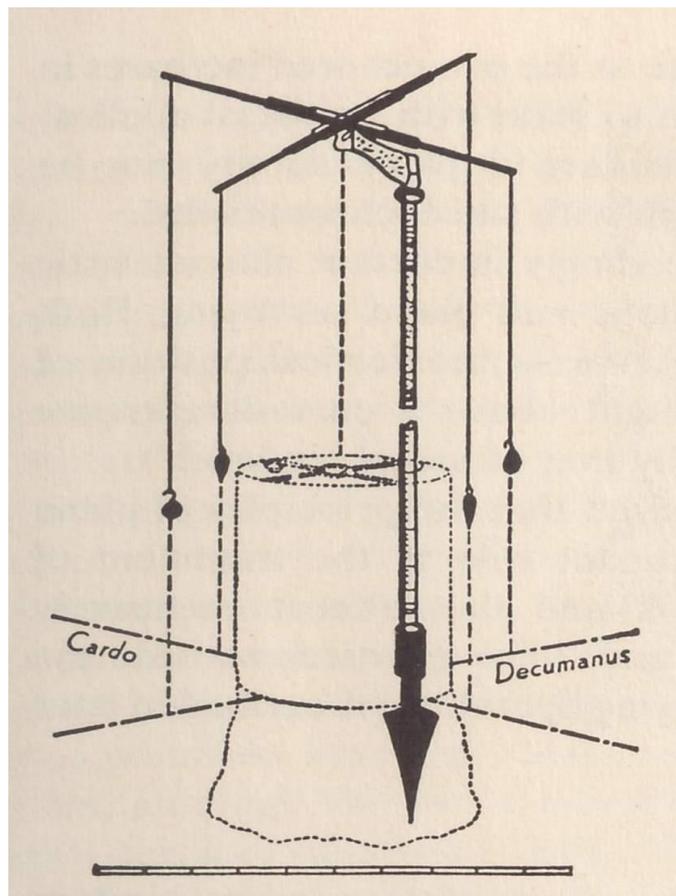
Tujuan pengukuran - antara lain - menghasilkan ukuran-ukuran dan kontur permukaan tanah, misalnya untuk persiapan gambar-rencana (*plan*) atau peta, menarik garis batas tanah, mengukur luasan dan volume tanah, dan memilih tempat yang cocok untuk suatu proyek rekayasa. Baik gambar-rencana maupun peta merupakan representasi grafis dari bidang horisontal. Yang pertama ber-skala besar sedangkan yang terakhir ber-skala kecil.

Skala didefinisikan sebagai perbandingan tetap antara jarak lokasi di peta dengan di permukaan bumi. Skala 1 : 500, artinya satu unit jarak di lapangan sama dengan 500 x unit jarak di peta. Sering, pemilihan skala pada proyek tertentu bergantung pada kerangka yang telah ada atau kepraktisan dalam membawanya.

B. Instrumen survei di masa lalu

Sejarah perkembangan survei pengukuran tidak terlepas dari ilmu-ilmu astronomi, astrologi dan matematika. Awalnya, matematika dikembangkan untuk keperluan praktis dalam kehidupan masyarakat masa itu. Orang-orang Mesir,

Yunani dan Romawi menggunakan prinsip-prinsip pengukuran (*surveying*) dan matematika untuk pematokan batas-batas kepemilikan tanah, penempatan (*stake out*) bangunan-bangunan publik, pengukuran dan penghitungan luas tanah. Hubungan yang erat antara matematika dan ukur tanah nampak dari istilah-istilah matematika; geometri; yang menurut bahasa latin berarti pengukuran bumi. Istilah lain yang terkait adalah geometronics yang digunakan pada pengukuran dan pemetaan.



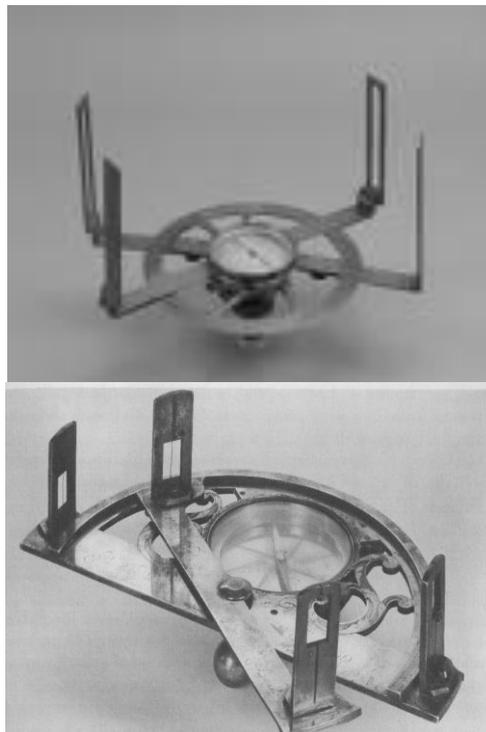
Gb .I. 1. *Groma*

Surveyor-surveyor Roma disebut juga *Gromatici* karena menggunakan groma (Gb.I.1) dalam pengukurannya. Tujuan utama pengukuran saat itu adalah untuk membuat sudut dua garis satu dengan lainnya di permukaan tanah. *Chorobates* adalah nama yang diberikan pada instrumen sipatdatar, terbuat dari kayu sepanjang 20 ft, di tengahnya diberi lubang (*groove*) sedalam 1 inc dan sepanjang 5 ft. Jika gelembung berada di tengah-tengah dan tetap, garis horisontal telah terbentuk.

Teleskop ditemukan oleh Lippershey pada 1607. Penemuan ini mempunyai andil besar terhadap perkembangan peralatan survei dalam hal peningkatan ketelitian dan kecepatan pengukuran.

Pada 1631, Pierre Vernier, orang Perancis mempublikasikan penemuan instrumen, dinamakan (*vernier*), yang sekarang digunakan sebagai alat pembagian skala yang akurat.

Sebelum teleskop digunakan untuk pengukuran sudut, orang banyak

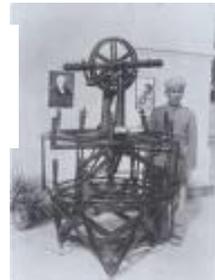


Gb .I. 2. *Circumferentor*

menggunakan *peep sight* sebagai garis bidik yang banyak digunakan pada survei tambang dan survei tanah (Gb.I .2), instrumen tersebut dinamakan *circumferentor*.

Dua orang Amerika, Draper dan Young, 1830, merancang instrumen pengukuran sudut yang dapat diputar pada sumbunya tanpa harus melepaskannya. Instrumen ini sekarang dinamakan *transit*. Transit sebenarnya suatu istilah yang untuk teodolit yang teleskopnya dapat diputar 180° terhadap sumbu horisontalnya sehingga posisinya menjadi berlawanan. Lawannya adalah teodolit nontransit yang teleskopnya tidak dapat diputar 180° . Sejak saat itu, peralatan mengalami perubahan-perubahan dan mempunyai andil yang besar dalam perkembangan survei. (Gb I.3 s.d I.5).

Gb I.3
Teodolit terbesar



Gb .I.4 Teodolit pertama



Gb.I .5 Teodolit pertama buatan AS . (Keufel & Esser Co)

Transit atau teodolit adalah instrumen yang digunakan untuk mengukur sudut-sudut horisontal dan vertikal. Di Eropa, mula-mula dipakai istilah 'transit teodolit' untuk jenis instrumen ukur ini. Namun pada perkembangannya, orang-orang Eropa menyebutnya sebagai 'teodolit' saja sedangkan orang-orang Amerika menyebutnya sebagai 'transit' saja. Dari kenampakannya, transit lebih terbuka, lingkaran logamnya dapat dibaca melalui nonius sedangkan teodolit mempunyai kenampakan yang tertutup. Teodolit mempunyai beberapa keuntungan yaitu lebih ringan, mudah dibaca, dll sehingga mampu mendominasi keberadaan transit ala Amerika. Selanjutnya, buku ini menggunakan istilah teodolit.

Teodolit ditemukan oleh Roemer, seorang Astronom Denmark, pada 1690. Sekitar se-abad kemudian, instrumen astronomi itu digunakan untuk keperluan surveying. Pada 1893, diadakan penambahan-penambahan pada bagian-bagian instrumen prototipe itu sehingga dimungkinkan dipakai pengukuran-pengukuran lainnya dalam kaitannya dengan pengukuran sudut-sudut vertikal dan horisontal. Karena sekarang ini teodolit banyak digunakan untuk berbagai keperluan; e.g mengukur sudut horisontal dan vertikal, membuat garis lurus, mengukur bearing, mengukur jarak horisontal dan vertikal, menentukan arah utara; teodolit sering disebut instrumen universal.

Atas dasar fasilitasnya teodolit dibagi menjadi: teodolit *vernier* sederhana, teodolit mikrometer, teodolit optik (*glass arc*) dan teodolit elektronik. Dua jenis yang pertama sudah jarang digunakan. Teodolit modern saat ini adalah tipe optik dan digital.

Teodolit modern bersifat kompak, ringan, sederhana dan tahan banting. Bagian-bagian dan skalanya tertutup, kedap debu dan kelembaban. Ukuran teodolit ditentukan oleh piringan bawahnya. Sebagai contoh, 20 cm teodolit berarti diameter piringan bawahnya adalah 20 cm. Atas dasar itu, ukuran teodolit bervariasi antara 8 sampai dengan 25 cm.

C. Klasifikasi Survei

Pengklasifikasian survei tidak bersifat mutlak, mungkin ada perbedaan-perbedaan objek dan prosedur yang saling tumpangtindih. Secara garis besar survei dibedakan berdasarkan :

- akurasi yang diinginkan
- metode penentuan posisi
- instrumen yang digunakan
- tujuan survei
- tempat pengukuran

a. Survei atas dasar akurasi

- 1) Survei planimetris. Survei yang berasumsi bahwa permukaan bumi mendatar atau tidak melengkung. Kenyataannya, permukaan bumi melengkung. Survei ini berasumsi:
 - a) Garis level (*level line*) dianggap sebagai garis lurus, oleh sebab itu garis unting-unting (*plumb line*) di suatu titik dianggap paralel dengan di titik lainnya.
 - b) Sudut yang dibentuk oleh kedua garis semacam itu merupakan sudut pada bidang datar bukan sudut pada bidang bola.
 - c) Meridian yang melalui dua garis berupa garis paralel.

Dengan asumsi itu, survei ini cocok bagi pengukuran yang tidak terlalu luas. Sebagai gambaran, untuk panjang busur 18,5 km, kesalahan yang terjadi 1,52 cm lebih besar. Selisih sudut pengukuran segitiga datar dan bola hanya 1" untuk rata-rata luasan 195,5 km².

Survei planimetris ini tidak digunakan untuk proyek-proyek luasan besar seperti pabrik-pabrik, jembatan, dam, kanal, jembatan layang, rel kereta dsb, dan tidak juga untuk menentukan batas-batas.

2) Survei geodetis. Survei ini memperhitungkan bentuk bumi yang melengkung dan melakukan pengukuran jarak-jarak dan sudut-sudut ketelitian tinggi. Survei ini diterapkan untuk lokasi yang luas. Penghitungan-penghitungan pada survei ini didasarkan pada ilmu geodesi, yaitu ilmu yang mempelajari bentuk dan dimensi bumi, yang merupakan bagian dari prinsip-prinsip dan prosedur-prosedur matematis untuk penentuan posisi titik-titik di permukaan bumi. Boleh jadi, rentang jarak titik-titik itu antara benua satu dengan lainnya.

Berbeda dengan survei planimetris, survei geodetis menganggap garis yang menghubungkan dua titik berupa lengkungan. Panjang garis antar dua titik dikoreksi akibat kurva dan diplotkan pada bidang datar. Sudut-sudut yang terbentuk sebagai perpotongan garis-garis adalah sudut-sudut bola. Untuk maksud semua itu, diperlukan keterpaduan pekerjaan lapangan dan pertimbangan penghitungan-penghitungan matematis.

Survei geodetis sering digunakan untuk pengadaan titik-titik kontrol teknologi ruang angkasa (*spaced control points*) yang selanjutnya akan digunakan untuk titik-titik ikat bagi titik-titik minor pada survei planimetris. Di Indonesia titik-titik ini banyak diadakan oleh Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (Bakosurtanal) dan sebagian lagi diadakan oleh Badan Pertanahan Nasional (BPN).

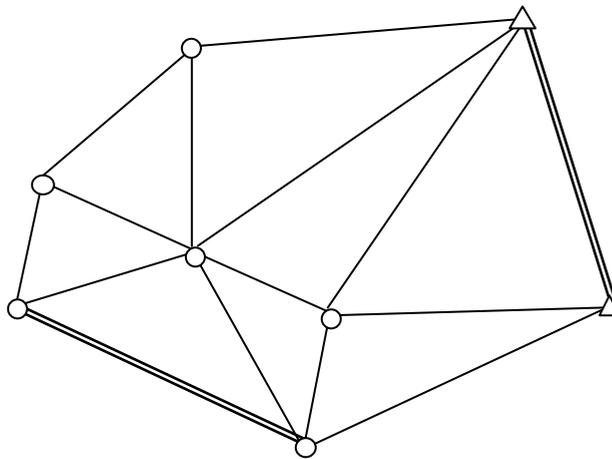
b. Survei atas dasar metode penentuan posisi

Atas dasar metode penentuan posisi titik di permukaan bumi dibedakan antara terestris dan ekstraterestris. Metoda terestris dilakukan berdasarkan pengukuran dan pengamatan yang semuanya dilakukan di permukaan bumi. Metoda ekstraterestris dilakukan berdasarkan pengukuran dan pengamatan dilakukan ke objek atau benda angkasa, baik yang alamiah (bulan, bintang, quasar) maupun yang buatan (satelit). Ada berbagai metoda ekstraterestris yang dikenal selama ini: astronomi geodesi, fotografi satelit, SLR (*Satellite Laser Ranging*), LLR (*Lunar Laser Ranging*), VLBI (*Very Long Baseline Interferometry*), Transit (*doppler*) dan GPS (*Global Positioning System*).

c. Survei atas dasar instrumen

1. Survei *chain*. Survei ini dilakukan pada luasan yang sempit-terbuka dan pekerjaan lapangannya hanya dilakukan dengan pengukuran-pengukuran linear (jarak-jarak dengan alat meteran). Kelemahannya: survei sulit dilakukan pada tempat yang banyak hambatan seperti pepohonan dan sulit dilakukan pada tempat-tempat padat. Survei ini direkomendasikan untuk perencanaan pembangunan gedung, jalan, irigasi dan saluran limbah.
2. Survei *traverse*. Istilah *traverse* digunakan untuk pengukuran yang melibatkan pengukuran jarak-jarak dengan meteran atau *chain*, arah-arah dan sudut-sudut dengan kompas, atau teodolit. Kecepatan dan akurasi *traverse* bergantung pekerjaan lapangannya. Sebagai contoh, pada pengukuran batas dirancang pengukuran dengan *traverse* terbuka. Sementara itu, untuk pengukuran daerah yang padat dirancang pengukuran *traverse* tertutup. Survei *traverse* cocok untuk proyek-proyek besar seperti pembangunan waduk atau dam. Survei ini identik dengan survei poligon karena alat yang digunakannya pun sama.
3. Survei *tacimetri*. Istilah ini digunakan untuk survei-survei yang menggunakan metoda pengukuran jarak-jarak horisontal dan vertikal dengan pengamatan rambu melalui teodolit berteleskop khusus yang dilengkapi benang-benang stadia dan lensa lensa analitis. Metoda ini sangat berguna bagi lokasi sulit jangkauan dalam melakukan pengukuran jarak horisontal langsung. Metoda ini cocok untuk membuat kontur bagi pembangunan perumahan, bendungan dsb.
4. Survei Penyipatdatar (*leveling*). Istilah ini digunakan untuk survei pengukuran ketinggian vertikal relatif titik-titik dengan suatu sipatdatar (*waterpass*) dan rambu. Dalam perencanaan proyek konstruksi, dari mulai bangunan kecil sampai dengan bendungan, penting diukur kedalaman galian pondasi, transis, urugan dsb. Hal ini hanya mungkin dilakukan dengan baik dengan mengukur tinggi relatif permukaan tanah dengan penyipatdatar.

5. *Plane tabling*. Istilah ini digunakan untuk pengukuran grafis yang dilakukan secara serentak antara pekerjaan lapangan dan plotting. Klinometer (alat ukur lereng), bersama *plan table* ini, digunakan untuk pengeplotan garis-garis kontur. Keuntungan survei ini, kecil kemungkinan dijumpai data pengukuran yang tertinggal atau terlupakan karena dilakukan plotting langsung di lapangan sedangkan kelemahannya: tidak direkomendasikan pada medan beriklim lembab.



Gb.I.6 Jaringan triangulasi

6. Survei Triangulasi. Jika akan dilakukan pengembangan wilayah, survei triangulasi diadakan. Wilayah itu dibagi-bagi menjadi jaringan segitiga-segitiga (Gb.I. 6). Beberapa sisi-sisi dipilih dan diukur secara teliti yang disebut *baseline*. Semua sudut diukur dengan transit. Kemudian garis-garis lainnya dihitung melalui data data ukuran *baseline* dan sudut-sudut dikoreksi dengan rumus-rumus sinus.

d. Survei atas dasar tujuan

1. Survei rekayasa. Survei dilakukan untuk penyediaan data yang lengkap untuk desain rekayasa, seperti: jalan layang, rel kereta, saluran air, saluran limbah, bendungan, jembatan, dsb. Survei ini terdiri atas tahap-tahap: survei

topografi, pengukuran kerja lapang, penyediaan spesifikasi kualitas, dan pelaksanaan pengukuran sampai pekerjaan selesai. Survei ini, sering juga disebut survei konstruksi.



Gb.I.7 Prajurit dan teodolit

2. Survei pertahanan. Survei ini menjadi bagian sangat penting bagi militer. Hasil survei ini akan menyediakan informasi strategis yang dapat dijadikan putusan kebijakan jalannya peperangan. Pet.peta, foto udara dan topografi mengindikasikan jalur-jalur penting, bandara, pabrik-pabrik, tempat peluncuran rudal, pemantau atau radar, posisi penangkis serangan udara, dan kenampakan-kenampakan topografis lainnya dapat

disiapkan melauai survei ini. Foto udara dapat menyediakan informasi penting tentang konsentrasi dan pergerakan pasukan-pasukan atau peralatan perang. Informasi ini berguna untuk perencanaan strategis dan taktis untuk tetap bertahan atau menyerang. Pada Gb.I. 7 ditunjukkan seorang prajurit yang sedang melakukan pengukuran dengan teodolit.



Gb.I. 8 Gyro

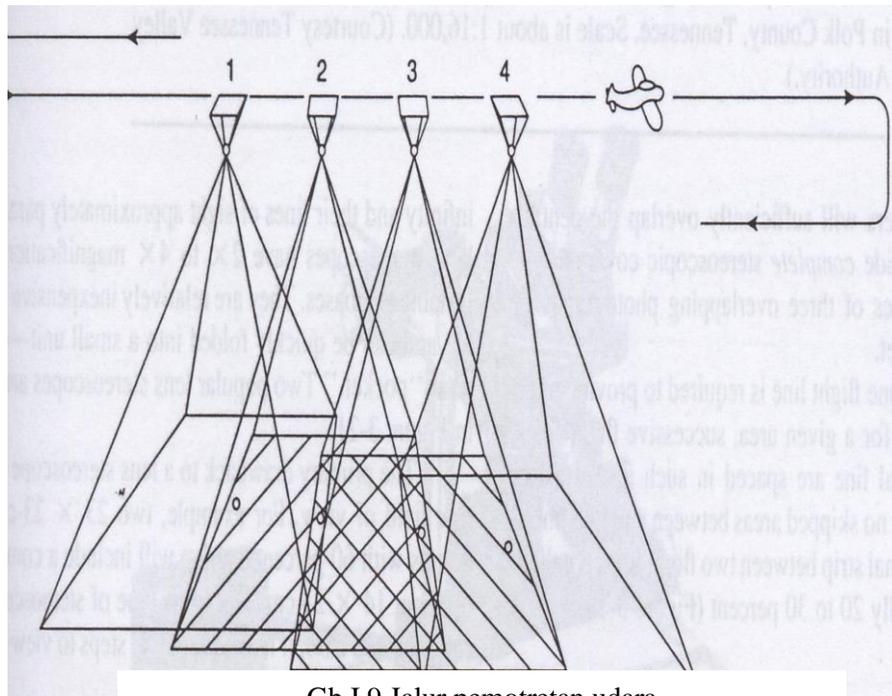
3. Survei geologi. Survei ini dilakukan baik dipermukaan maupun sub-permukaan bumi untuk menentukan lokasi, volume dan cadangan mineral-mineral dan tipe-tipe batuan. Dengan penentuan perbedaan struktur, seperti lipatan-lipatan, patahan-patahan dan keganjilan-keganjilan formasi,

dapat ditentukan kemungkinan adanya mineral-mineral berharga.

4. Survei geografi. Survei ini dilakukan untuk penyediaan data dalam rangka pembuatan peta geografi. Peta itu mungkin dipersiapkan untuk efisiensi atau analisis tata guna tanah, sumber dan intensitas irigasi, lokasi-lokasi fisiografis termasuk air terjun, drainase permukaan, kurva kemiringan, profil kemiringan dan kontur, juga termasuk keadaan geologisnya secara umum.
5. Survei tambang. Suatu survei diperlukan juga pada permukaan maupun bawah permukaan. Survei ini terdiri atas survei topografi terhadap kepemilikan tambang dan pembuatan peta permukaan, pembuatan peta bawah tanah untuk mendelineasi secara menyeluruh pekerjaan dan konstruksi rencana bawah tanah, penetapan posisi dan arah terowongan, lubang udara, arah aliran dsb, dan persiapan peta geologisnya. Pada survei ini digunakan gyro (Gb.I 8).
6. Survei arkeologi. Survei ini dilakukan untuk pengungkapan relik-relik (barang peninggalan) antik, peradaban, kerajaan, kota, kampung, benteng, candi dsb, yang terkubur akibat gempa bumi, longsor, atau bencana lainnya, dan semuanya itu dilokalisasi, ditandai dan diidentifikasi. Ekskavasi di lokasi membantu kita merefleksikan sejarah, budaya dan perkembangan jaman. Hasil-hasil survei ini membantu merumuskan kaitan-kaitan evolusi peradaban dan manusia.
7. Survei *route*. Survei ini dilakukan untuk menempatkan dan mengeset garis-garis di permukaan tanah untuk keperluan jalan raya, rel kereta dan untuk mengambil data yang perlu. Secara garis besar, urutan survei ini: (1) Survei pendahuluan, dilakukan untuk memperoleh peta terkait, atau bila perlu dilakukan survei secara kasar, (2) survei awal, yaitu survei topografi untuk mendapatkan lokasi kenampakan-kenampakan, bila perlu dengan pemotretan udara (3) survei kontrol, berupa triangulasi atau *traverse* (poligon) dan (4) survei lokasi, yaitu penempatan titik-titik di lapangan.

e. Survei atas dasar tempat

1. Survei tanah. Beberapa contoh survei ini di antaranya adalah pengukuran garis batas tanah, penentuan jarak dan asimutnya, pembagian tanah atas dasar bentuk, ukuran, penghitungan luas, pemasangan patok batas bidang tanah dan penentuan lokasinya. Yang termasuk survei ini adalah survei topografi, survei kadastral dan survei perkotaan. Survei topografi menghasilkan peta yang menggambarkan perbedaan-perbedaan permukaan tanah dari hasil pengukuran elevasi dan menggambarkan lokasi kenampakan-kenampakan alam atau buatan manusia (detail-detail). Survei kadastral disebut juga survei tanah publik, yaitu survei batas-batas bidang tanah, rumah-rumah dan properti lainnya yang dilakukan di perdesaan maupun perkotaan. Survei perkotaan hampir sama dengan survei kadastral kecuali dalam hal penyesuaian pengukuran dilakukan proporsional dengan harga tanah tempat survei dilakukan.
2. Survei hidrografi. Survei ini berkaitan dengan badan air, seperti sungai, danau, perairan pantai, dan pengambilan data data garis pasang surut (pantai) dari badan-badan air tersebut. Selain itu, termasuk dalam survei ini adalah penentuan bentuk permukaan di bawah air untuk menilai faktor-faktor yang mempengaruhi navigasi (pelayaran), keperluan air, konstruksi bangunan air, dsb.
3. Survei bawah tanah. Survei ini dipersiapkan untuk perencanaan bawah tanah, penempatan titik-titik, dan arah terowongan, lubang udara, arah aliran, dsb. Termasuk di dalamnya adalah pekerjaan transformasi koordinat dan *bearing* dari *baseline* permukaan tanah ke *baseline* bawah tanah. Salah satu contohnya: survei tambang.
4. Survei udara. Survei ini dilakukan dengan pemotretan dari pesawat berkamera (Gb.I. 9). Survei ini sangat berguna untuk pengadaan pet.peta skala besar. Meskipun survei ini mahal, direkomendasikan untuk proyek-proyek pengembangan wilayah, karena survei dari permukaan tanah lambat dan sulit dilakukan bagi wilayah yang padat dan rumit.



Gb.I.9 Jalur pemotretan udara

D. Kompetensi Surveyor

Kompetensi surveyor adalah kemampuan minimal surveyor yang wajib dimilikinya agar dapat bekerja dengan baik dan profesional, meliputi pengetahuan akademik, ketrampilan teknis dan karakternya. Ketiga komponen itu saling mendukung dalam diri surveyor dalam menghadapi pekerjaan yang berat di lapangan (Gb.I. 10).

Surveyor kompeten harus memiliki pengetahuan tentang teori-teori pengukuran dan ketrampilan-ketrampilan praktis. Pada pengukuran planimetris banyak digunakan geometri, aljabar dan trigonometri. Pengetahuan itu, khususnya trigonometri, wajib diberikan sejak awal kepada calon surveyor pemula. Sementara itu, pekerjaan-pekerjaan kantor pada survei geodetis memerlukan pelatihan hitungan-hitungan khusus lanjut yang lebih rumit.



Gb.I .10. Surveyor pada medan kesulitan sangat tinggi

Untuk kesuksesan kerjanya, karakter dan pola pikir surveyor merupakan faktor-faktor potensial yang lebih penting daripada sekedar pengetahuan-pengetahuan teknis. Surveyor harus bisa memutuskan sesuatu dengan tepat dan rasional. Dia harus memiliki kendali emosi, cepat tanggap terhadap rekan-rekan kerjanya, membantu anak

buahnya dan memperhatikan keperluan-keperluan kerja rekan-rekannya itu. Dengan semua itu, dia merasa belum puas terhadap hasil kerjanya kecuali diperoleh hasil akurat yang telah secara seksama dilakukan pengecekan-pengecekan. Dengan hanya membaca buku, seorang surveyor tidak akan dapat mengembangkan ketrampilan dan kemampuan memutuskan, selain itu kemungkinannya dapat menggapai kepuasan kinerja menjadi rendah. Kecakapan bekerja hanya akan bisa terwujud hanya dengan pelatihan-pelatihan lapangan yang rutin dan pembimbingan oleh surveyor- surveyor profesional.

Hal penting lain yang harus dimiliki oleh seorang surveyor adalah kemampuan bertahan-kerja di bawah tekanan alam dan kelelahan fisik.

Keselamatan kerja dan alat-alat survei juga merupakan hal yang harus diperhatikan.

E. Praktek Pengukuran

Meskipun nampaknya teori survei planimetris sederhana, prakteknya di lapangan tidak mudah bahkan sangatlah rumit. Oleh sebab itu, pelatihan-pelatihan kepada calon surveyor hendaknya dilakukan dengan arahan yang baik meliputi

keseluruhan kompetensi metod.metoda lapangan, instrumen-instrumen yang terkait, dan pekerjaan-pekerjaan kantor.

Perlu diketahui, permasalahan survei bisa diatasi dengan metod.metoda pengamatan yang berbeda dan dengan menggunakan instrumen-instrumen yang berbeda. Jelasnya, pengukuran dua batas pojok bidang tanah dapat dilakukan dengan metoda perkiraan, dengan langkah, dengan stadia, dengan meteran, dengan pengukur jarak elektronik (EDM), atau satelit GPS. Dari beberapa metode itu, terdapat satu metode terbaik yaitu yang hemat waktu, dana dan tidak mengejar ketelitian tinggi yang memang tidak diperlukan. Namun, perlu diwaspadai, survei dikatakan gagal jika tidak memenuhi ketelitian standar yang diinginkan.

Seorang surveyor harus mengetahui keseluruhan kerugian dan keuntungan metod.metoda pengamatan yang berbed.beda dan juga keterbatasan-keterbatasan instrumen. Umumnya, waktu dan dana terbatas. Oleh karena itu, seorang surveyor harus mampu memilih metoda yang menghasilkan akurasi yang cukup untuk maksud survei tertentu.

Dengan kata lain, seorang surveyor yang baik bukan seseorang yang dapat melakukan pengukuran secara teliti, tetapi seseorang yang dapat memilih dan menerapkan pengukuran yang cocok dengan syarat-syarat ketelitian bagi tujuan pengukurannya.

F. Catatan Lapangan

Catatan lapangan merupakan bagian penting yang perlu perhatian lebih. Para surveyor seharusnya menyadari sejak awal, kualitas pekerjaan bergantung pada catatan-catatan lapang itu. Pencatatan seharusnya menyajikan hasil-hasil pengukuran yang handal dan informasi-informasi lain yang ada di lapangan. Oleh sebab itu, pencatatan hendaknya hanya dilakukan di lapangan, tidak cepat rusak, terbaca, lengkap dan satu penafsiran. Kertas yang digunakan harus yang baik dan digunakan pensil jenis keras-menengah (3H-4H) yang rucing sehingga dapat ditekan pada kertas.

Pencatatan harus dilakukan di lapangan. Mungkin suatu kali kita mencatat hasil ukuran pada kertas lepas yang kemudian disalin kembali, mungkin kita menggunakan memori perekaman khusus, car.cara itu berbermanfaat , namun semua itu bukanlah catatan lapangan. Keabsahan dan kehandalan catatan lapang selalu disangsikan kecuali telah dituliskan pada waktu dan tempat ketika dat.data ukuran itu diperoleh.

Untuk mewujudkan dokumen yang lengkap, pencatatan seharusnya mencatat semua data dan sekaligus interpretasinya untuk menjawab pertanyaan yang mungkin muncul pada saat survei yang dilakukan. Pencatatan tidak akan lengkap, jika surveyor tidak sadar akan kegunaan data. Data tidak hanya digunakan saat itu saja tetapi juga di masa mendatang. Sering pengukuran kembali dilakukan setelah beberapa tahun berlalu dengan kondisi fisik yang telah berubah, misalnya pengembalian batas tanah. Catatan asli yang lengkap merupakan hal penting untuk tujuan itu, jika tidak lengkap catatan itu tak si.sia.

Supaya bermanfaat, catatan lapang harus terbaca. Untuk itu, tidak hanya kejelasan penulisanya tetapi juga bentuk hurufnya. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pencatatan lapangan, adalah:

1. Dilarang melakukan penghapusan. Jika ada kesalahan cukup dicoret dengan sau garis, kemudian data yang benar dituliskan di atas data aslinya. Penghapusan akan mengurangi keabsahan data ukuran;
2. Gunakan singkatan atau simbol supaya ringkas, tetapi pastikan petugas kantor mengerti maksudnya;
3. Pastikan indeks diisi, nomor halaman (“halaman 2 dari 17”), hari, tanggal, nama surveyor, nama pencatat, instrumen yang digunakan , lokasi, dan cuaca yang mungkin mempengaruhi hasil ukuran.
4. Tidak perlu ragu, gunakan narasi untuk menjelaskan aspek-aspek penting dari proyek survei;
5. Gunakan selalu sumber data asli dalam memulai dan mengakhiri survei. Pengecekan berbagai sumber data sangatlah berguna.

6. Catat data sesuai dengan format formulirnya. Contoh, jika dikehendaki sudut defleksi yang diukur, jangan menuliskannya melalui sudut kanan yang ditransformasi.

Latihan

- 1) Jelaskan secara singkat perkembangan survei !
- 2) Bedakan survei planimetris dan geodetis !
- 3) Jelaskan secara singkat, survei tambang, survei pemoteratan udara, survei pertahanan, dan survei kadastral !
- 4) Jelaskan, untuk menjadi surveyor kompeten, apakah cukup seorang surveyor menguasai teori-teori pengukuran?
- 5) Berkaitan dengan tujuan pengukuran, apakah pengukuran yang teliti selalu baik?
- 6) Diskusikan, jenis-jenis survei apa yang dilakukan oleh Badan Pertanahan Nasional?

Rangkuman

Ukur tanah merupakan bagian dari seni pengukuran secara luas (*suveying*) yaitu penentuan posisi relatif pada , di atas, atau di bawah permukaan bumi.

Peralatan survei ada sejak zaman Mesir Kuno yang ilmunya itu sendiri berinduk pada astronomi, astrologi dan matematika. Pada perkembangannya, peralatan survei dipengaruhi oleh penemuan pembagian skala (*vernier*) dan teleskop, yang nantinya menjadi transit di Amerika dan Teodolit di Eropa.

Survei, meskipun tidak kaku, dapat diklasifikasikan atas dasar akurasi, metoda penentuan posisinya, instrumen yang digunakannya, tujuannya, dan tempatnya. Atas dasar itu, pekerjaan survei dapat memiliki lebih dari satu klasifikasi bergantung dari sudutpandangannya.

Surveyor kompeten tidak cukup memiliki kemampuan akademis dan ketrampilan teknis yang baik tetapi harus didukung oleh fisik yang tangguh, dan karakter yang kuat yaitu kendali emosi yang baik dan ketahanan mental dalam menghadapi tekanan fisik di lapangan. Perlakuan terhadap peralatan survei dan keselamatan kerja juga faktor penting untuk menjadi surveyor kompeten.

Pada praktek pengukuran, surveyor secara bijak mempertimbangkan waktu dan dana untuk dapat menerapkan metoda pengukuran yang optimal. Metoda yang teliti bagi sustu pekerjaan tidaklah selalu tepat untuk pekerjaan lainnya.

Catatan lapangan merupakan bukti otentik di lapangan haruslah dilakukan di lapangan secara lengkap dengan interpretasinya, jelas, terbaca. Beberapa tips catatan lapangan hendaknya diikuti oleh surveyor untuk kelancaran kerjanya.

Tes formatif 1

1. Istilah yang digunakan pada teodolit yang dapat diputar 180^0 terhadap sumbu horisontalnya dinamakan:
 - a. Transit
 - b. Circumverentor
 - c. Gromatici
 - d. Chorobates
2. Peristiwa yang tidak mempengaruhi perkembangan teodolit:
 - a. ditemukannya vernier
 - b. ditemukannya transit
 - c. ditemukannya teleskop
 - d. ditemukannya chorobates
3. Survei dengan luas sempit, menganggap bumi datar, atas dasar ketelitiannya tergolong survei:
 - a. Survei geodetis
 - b. Survei planimetris
 - c. Survei tacimetri
 - d. Survei traverse

4. Survei BPN yang di dalamnya terdapat pemasangan patok batas bidang tanah, atas dasar tempatnya tergolong survei:
 - a. Survei udara
 - b. Survei hidrografi
 - c. Survei terestris
 - d. Survei tanah

5. Berikut tiga jenis kompetensi yang harus dipunyai oleh seorang surveyor, kecuali
 - a. Akademik
 - b. Ketrampilan teknis
 - c. Badan kekar
 - d. Karakter yang baik

6. Memiliki kendali emosi, cepat tanggap termasuk kompetensi:
 - a. akademik
 - b. Ketrampilan teknis
 - c. Karakter yang baik
 - d. Psikomotorik

7. Pada praktek-praktek pengukuran survei yang baik adalah:
 - a. Survei yang teliti
 - b. Survei yang menggunakan alat canggih
 - c. Survei yang cepat selesai
 - d. Survei yang disesuaikan antara tujuan, dana dan waktu

8. Pembuatan jarak dalam rangka pembuatan sketsa pada tempat terbuka, metoda yang paling tepat digunakan:
 - a. GPS
 - b. Meteran
 - c. Langkah
 - d. Teodolit

9. Pensil yang digunakan untuk survei, sebaiknya:
- Pensil 2B
 - Pensil HB
 - Pensil EE
 - Pensil 4H
10. Peralatan tulis yang tidak perlu digunakan pada saat survei:
- Pensil
 - Ballpoint
 - Penghapus
 - Penggaris

Umpan Balik

Cocokkan jawaban Saudara dengan kunci jawaban tes formatif 1 yang ada pada halaman akhir modul ini. Hitunglah jawaban saudara yang benar (B), hitunglah tingkat penguasaan saudara dengan formula berikut ini:

$$\text{Tingkat penguasaan} = B / 10 (100\%)$$

Contoh,

Jawaban yang benar 7, maka

$$\text{Tingkat penguasaan} = 7/10 (100\%) = 70 \%$$

Jadi, penguasaan Saudara 70%

Jika penguasaan saudara sama dengan atau lebih dari 80%, Saudara dapat melanjutkan pada modul berikutnya. Jika penguasaan saudara yang benar kurang dari 80%, Saudara sebaiknya membaca kembali modul di atas, utamanya bagian yang belum Saudara kuasai.

==

MODUL

II

PRINSIP PENGUKURAN DAN SISTEM REFERENSI

Setelah pada kegiatan belajar sebelumnya mahasiswa diantarkan kepada penghitungan planimetris, selanjutnya penting diketahui oleh mahasiswa bahwa dalam pengukuran mengenal prinsip-prinsip yang harus dipahami dengan baik. Oleh sebab itu, jika dikehendaki hasil pengukuran yang baik, surveyor harus memiliki pengetahuan tentang prinsip-prinsip itu. Selain itu, Surveyor juga harus tahu bahwa pengukuran mengacu pada referensi yang padanya semua hasil-hasil ukuran diacu. Pengetahuan tentang bentuk atau konsep bumi menjadi pengetahuan dasar yang penting dipelajari sejak awal.

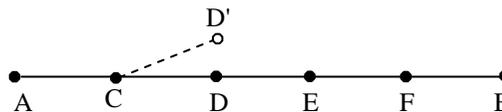
Adapun standar kompetensi dan indikator yang hendak dicapai dengan materi ini adalah, (1) Standar kompetensi, mahasiswa mampu menjelaskan prinsip pengukuran dan sistem referensi (2) Indikatornya, mahasiswa mampu menjelaskan kasus sederhana prinsip-prinsip pengukuran menggambar secara tepat sistem referensi.

PRINSIP PENGUKURAN DAN SISTEM REFERENSI

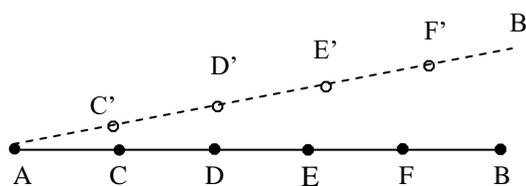
A. Prinsip-prinsip Pengukuran

Pada tahap-tahapan pekerjaan suatu proyek, prinsip-prinsip ini digunakan mulai dari perencanaan awal sampai akhir pekerjaan. Prinsip-prinsip tersebut adalah,

- bekerja mulai dari keseluruhan menuju bagian-bagiannya
- posisi suatu titik dapat diletakkan paling sedikit dengan dua pengukuran



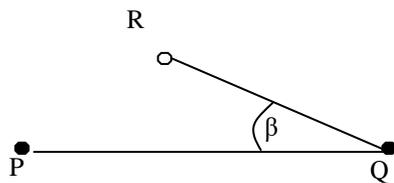
Gb II.1. Prinsip pertama pada pengukuran jarak



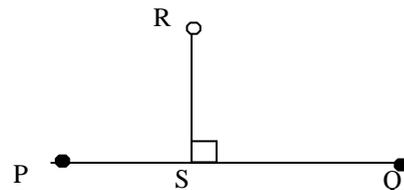
Gb II.2. Pengukuran jarak yang mengabaikan prinsip pertama

Prinsip pertama merupakan prinsip utama pengukuran yang tidak boleh ditinggalkan kecuali keadaan terpaksa. Ide utamanya adalah melokalisir kesalahan-kesalahan dan akumulasinya. Berbeda jika bekerja dari ‘bagian-bagian ke keseluruhan’, kesalahan-kesalahan akan terakumulasi dan bertambah besar. Akibatnya survei tak terkendali. Sebagai contoh, pada kasus pengukuran garis AB yang panjangnya 150 meter, meteran yang digunakan 30 meter. Prosesnya adalah

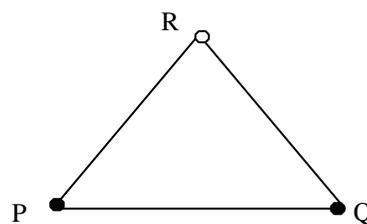
pengukuran jarak sebagian-sebagian, karena panjang meterannya lebih pendek dari yang akan diukur. Cara melakukannya ada dua macam cara: Cara pertama, dengan cara langsung titik-titik C, D dan E diukur secara bebas lebih kurang 30 meter memperhatikan dua titik kontrol AB. Jika terjadi kesalahan pengukuran pada D yang keluar dari garis AB (Gb 20), jarak sesungguhnya CD dan DE menjadi salah (CD' dan D'E), tetapi ukuran lainnya, AC, EF, FB akan tetap benar. Dalam hal ini, kesalahan-kesalahan dilokalisir pada D dan tidak diperbesar. Cara kedua, jarak AC yang merupakan bagian AB diukur secara tetap dengan menetapkan C sebagai C' yang tetap. Kemudian titik-titik lainnya D, E, F, dst diukur tetap dengan pedoman A dan C. Jika titik C berada di luar garis AB, posisi titik-titik D, E, F dsb akan juga berada di luar garis dengan kesalahan-kesalahan yang kian membesar. Akibatnya, pengukuran-pengukuran panjang itu akan salah. Cara pengukuran yang kedua itu tidak direkomendasikan.



Gb II.3. Sudut β , jarak



Gb II.4. Siku, jarak



Gb II.5. Jarak, jarak

Keterangan: P, Q : titik tetap ; R : titik yang ditentukan posisinya dari titik-titik tetap

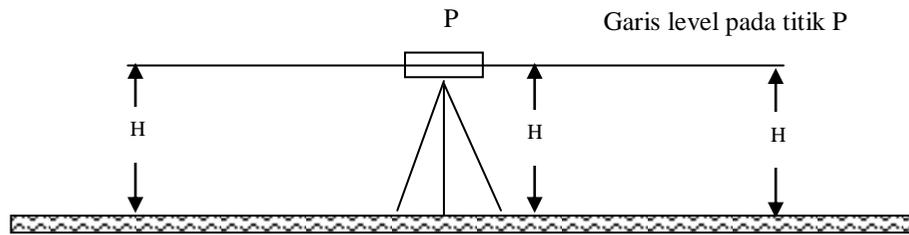
Prinsip kedua, dapat dijelaskan sebagai berikut: dua titik kontrol dipilih di lapangan dan jarak keduanya diukur. Kemudian, jaraknya digambarkan di kertas dengan skala tertentu. Sekarang, dikehendaki suatu titik diplot dengan menggunakan dua pengukuran dari kedua titik kontrol tersebut. Katakan PQ adalah kedua titik kontrol itu yang posisinya telah diketahui dari perencanaan. Posisi titik R dapat diplot dari beberapa cara berikut : (a) mengukur jarak QR dan sudut β (Gb II. 3); (b) membuat garis tegak lurus dari titik R ke garis PQ, dan diukur jarak PS dan SR, atau SQ dan SR (Gb II. 4), dan (c) mengukur jarak PR dan QR (Gb II. 5).

B. Bentuk bumi

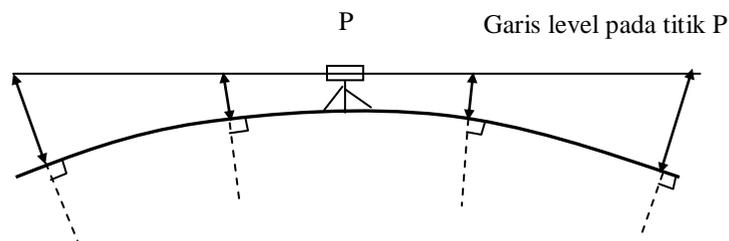
Sejak jaman Yunani Kuno, para ilmuwan dan filosof tertarik pada bentuk dan dimensi bumi. Bumi berbentuk bulat pertama kali digagas oleh Pythagoras. Sementara itu, para sarjana lainnya berpendapat bumi berbentuk kotak, bidang datar, atau silinder. Erasthenes (276-194 SM) dicatat sebagai orang-pertama yang mengukur besaran bola bumi dengan hasil yang cukup akurat pada era itu.

Era selanjutnya, Galileo mendukung pendapat bahwa bumi itu bulat, dan Columbus berusaha membuktikannya. Pada abad 17-an dilakukan pengukuran bumi dengan peralatan dan metoda yang lebih baik, hasilnya: bumi berbentuk ellipsoid bukan bulat penuh. Selanjutnya, pengukuran-pengukuran terhadap fenomena sumbu panjang dan pendek bumi dilanjutkan oleh Cassini, Newton dan Hugen pada berbagai studinya. Tercatat, pada 1735 dikirim ekspedisi geodesi ke Peru dan Lapland, tujuannya membandingkan panjang busur meridian di ekuator dan di sekitar kutub. Hasil ekspedisi menunjukkan bahwa bumi berbentuk ellipsoid *oblate*.

Sepintas, permukaan bumi seragam. Lautan merupakan permukaan yang seragam, tetapi permukaan atau topografi dari massa tubuh bumi menunjukkan variasi vertikal antara gunung-gunung dan bukit-bukit, dengan demikian tidaklah mungkin memperkirakan bentuk pada wilayah yang luas dengan hanya menggunakan model matematis sederhana.



Gb II.6. Permukaan “level” pada jarak pendek



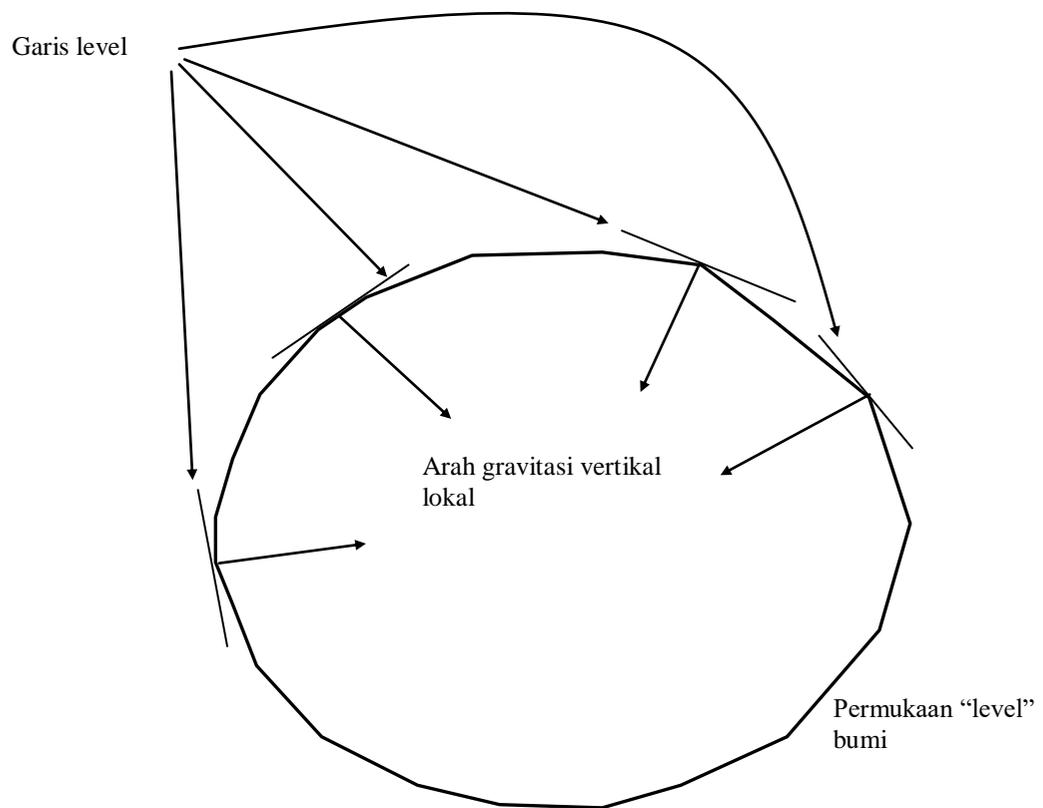
Gb II.7. Permukaan “level” pada jarak panjang

Secara sederhana, kita bisa merferensikan pengukuran-pengukuran topografi pada permukaan laut rata-rata dan mempertimbangkan bahwa permukaan bumi datar (*level*). Namun, anggapan itu hanya berlaku pada jarak-jarak pendek (Gb II.6). Untuk jarak-jarak jauh, apa yang dikatakan *level* itu ternyata lengkung, sementara garis bidik berupa garis lurus (Gb II.7).

Garis *level* mengarah tegak lurus dengan arah gravitasi karena didefinisikan dengan gelembung nivo. Karena permukaan bumi adalah permukaan yang relatif bulat, arah garis level akan berbeda antara satu titik dengan titik lainnya (Gb II.8). Jika pengukuran dilakukan pada tak berhingga titik, garis level akan membentuk permukaan *level*. Permukaan level ini dinamakan geoid.

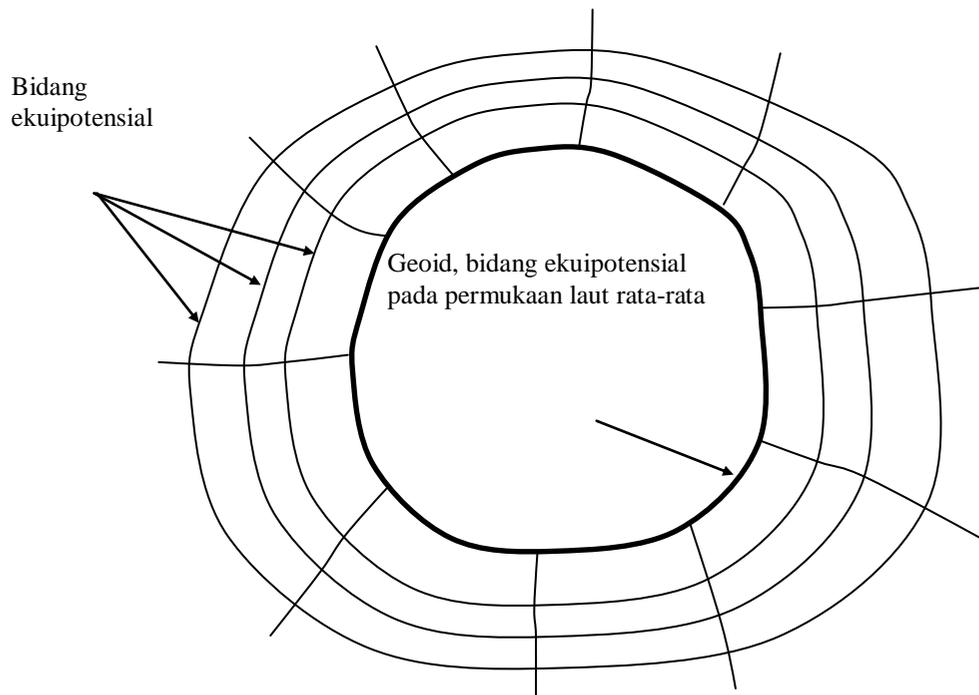
Geoid didefinisikan sebagai bidang ekuipotensial yang mirip dengan permukaan laut rata-rata. Tidaklah persis sama antara geoid dengan permukaan laut riil karena permukaan laut masih dipengaruhi pasangsurut dan arus. Air mengalir dari satu tempat ke tempat lainnya karena ada perbedaan jarak terhadap *level*. Karena geoid merupakan permukaan ekuipotensial, potensial gravitasi

sembarang-titik pada permukaan itu besarnya menjadi sama, dan arah-arah gravitasi sembarang-titik akan tegak lurus dengan geoid. Jika bumi terdiri atas terusan-terusan (kanal) yang saling terhubung ke lautan secara bebas, dengan anggapan tidak ada pengaruh pasangsurut dan arus laut, permukaan air lautan dan kanal-kanal tersebut akan membentuk geoid.



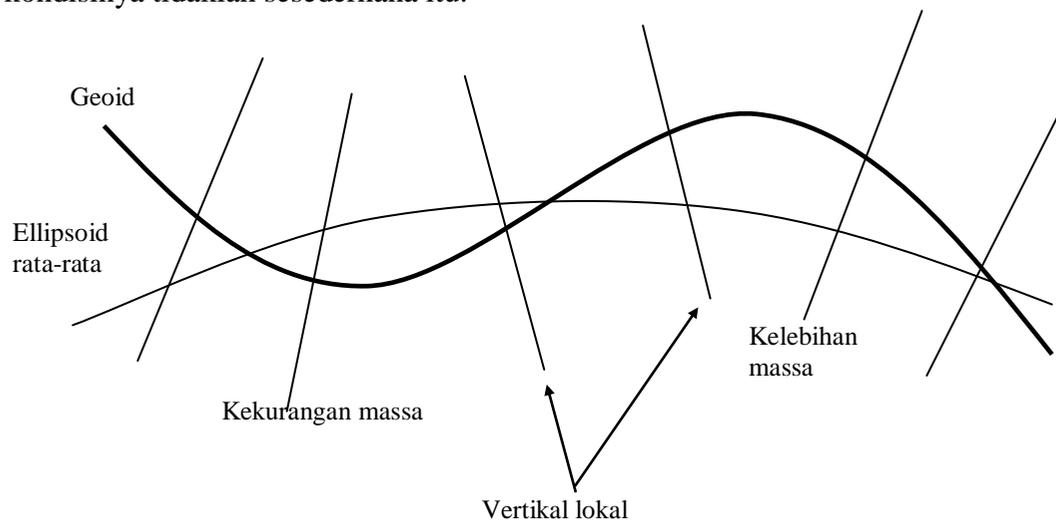
Gb II.8. Arah garis level

Sesungguhnya, bidang ekuipotensial itu banyak. Geoid hanyalah salah satu di antaranya. Geoid dipilih sama dengan permukaan laut rata-rata karena permukaan tersebut sesuai dengan beberapa realitas fisik bumi (Gb II.9).



Gb II.9. Bidang ekuipotensial

Jika tubuh bumi seragam dan permukaan topografi tidak ada, geoid membentuk ellipsoid *oblate* dengan pusat di pusat massa bumi. Namun, kondisinya tidaklah sesederhana itu.

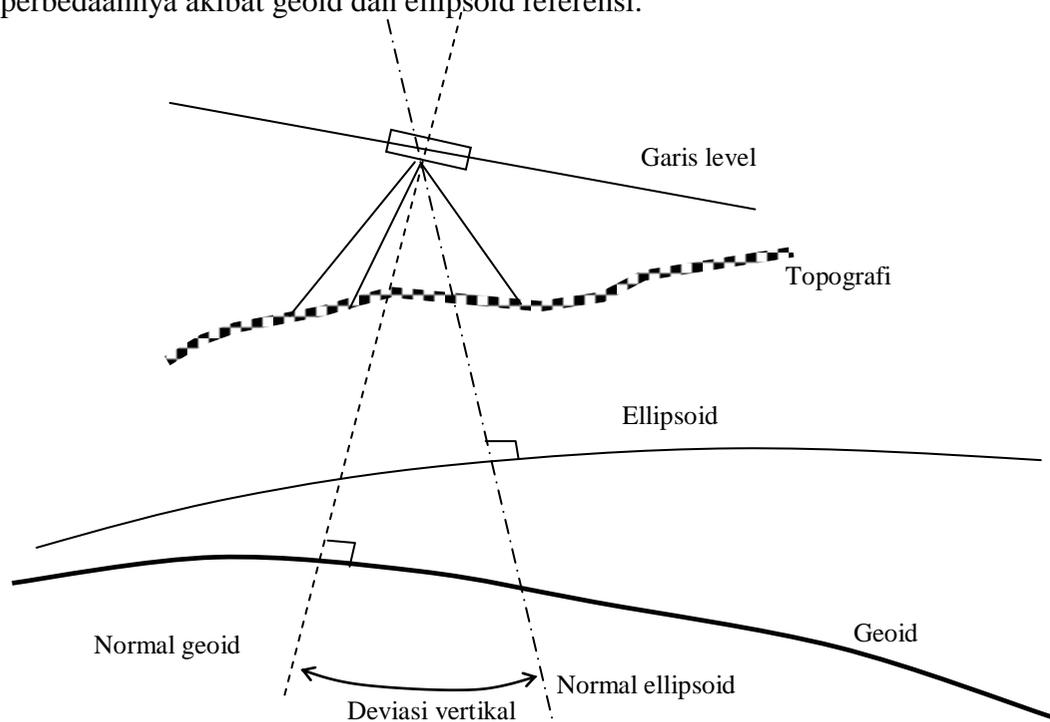


Gb II.10. Permukaan geoid dipengaruhi oleh massa bumi

Geoid dipengaruhi oleh variasi densitas massa bumi (Gb.II.10). Jika kekurangan massa, geoid berada di bawah ellipsoid rata-rata. Sebaliknya, jika kelebihan massa, geoid berada di atas ellipsoid rata-rata. Penyimpangan geoid terhadap ellipsoid tertentu mencapai ± 100 meter, dan disebut sebagai undulasi geoid atau ketinggian geoid.

C. Sistem referensi

Jika kita menghitung posisi, jarak dan arah di permukaan bumi, kita memerlukan kerangka referensi matematis. Kerangka referensi yang paling cocok adalah ellipsoid *oblate* karena mempunyai bentuk relatif sederhana dan pada tingkat tertentu, mendekati bentuk geoid. Umumnya, pengukuran-pengukuran menggunakan instrumen yang *dilevelkan* dengan bantuan gelembung nivo, karena itu pengukuran-pengukuran itu dibuat relatif terhadap geoid. Sebelum digunakan untuk keperluan hitungan, hasil-hasil ukuran itu harus dikoreksi perbedaan-perbedaannya akibat geoid dan ellipsoid referensi.



Gb II.11. Tiga macam konsep permukaan

Koreksi-koreksi ini relatif kecil dan pada survei tertentu dapat dibaikan bilamana dipilih ellipsoid referensi yang sesuai (*fit*) dengan geoid pada daerah survei. Untuk mencapai kesesuaian itu, tiap-tiap negara memilih ellipsoid referensi yang berbeda-beda yang dianggap paling sesuai dengan wilayahnya.

Latihan

1. Jelaskan apa akibatnya jika kita bekerja dengan prinsip “dari bagian-bagian ke keseluruhan”? Berikan contohnya.
2. Menurut Saudara, hal-hal apakah yang mempengaruhi pemilihan metode penentuan posisi titik yang dijelaskan pada prinsip pengukuran kedua?
3. Gambarkan tiga macam konsep permukaan!
4. Apakah geoid itu? Mengapa bentuknya tidak teratur seperti ellipsoid? Dan mengapa diperlukan referensi terhadap geoid?
5. Diskusikan, apa kaitan asumsi bentuk bumi dengan pelaksanaan pekerjaan pengukuran? Berikan contohnya.
6. Jelaskan dan bedakan tiga konsep permukaan: topografi, geoid, dan ellipsoid.
7. Diskusikan, pada permukaan mana anda mengukur? Pada permukaan mana dihitung koordinat lintang bujur?

Rangkuman

Permukaan bumi dibagi menjadi tiga (Gb 30),

- a. Topografi – permukaan fisik bumi.
- b. Geoid – permukaan *level* (ekuipotensial) sering juga disebut permukaan realitas fisik.

Elipsoid – permukaan matematis atau kerangka referensi untuk hitungan

Tes Formatif 2

1. Prinsip pertama pengukuran adalah:
 - a. Bekerja dari keseluruhan menuju bagian
 - b. Bekerja dari bagian menuju bagian
 - c. Bekerja dari bagian menuju keseluruhan
 - d. Bekerja bebas
2. Prinsip kedua pengukuran menyatakan bahwa, posisi suatu titik paling sedikit ditentukan dari :
 - a. 1 pengukuran
 - b. 2 pengukuran
 - c. 3 pengukuran
 - d. 4 pengukuran
3. Bidang ekuipotensial yang direpresentasikan dengan permukaan laut rata-rata dinamakan:
 - a. level
 - b. MSL
 - c. geoid
 - d. ellepsoid
4. Bentuk geoid dipengaruhi oleh:
 - a. laut
 - b. bintang
 - c. massa bumi
 - d. matahari
5. Penyimpangan geoid terhadap ellipsoid dinamakan

- a. undulasi
 - b. presisi
 - c. ekuipotensial
 - d. defleksi
6. Sudut yang terbentuk antara normal geoid dengan normal ellipsoid:
- a. helling
 - b. zenit
 - c. horisontal
 - d. deviasi vertikal
7. Gelembung nivo pada teodolit mencapai keseimbangan relatif terhadap
- a. geoid
 - b. ellipsoid
 - c. bola
 - d. sembarang
8. Dimanakah kita melakukan pengukuran tanah?
- a. Permukaan geoid
 - b. Permukaan ellipsoid
 - c. Permukaan bola
 - d. Permukaan topografi
9. Permukaan geoid tidak beraturan, akibat dari:
- a. Densitas massa bumi yang berbeda-beda
 - b. Rotasi bumi
 - c. Permukaan topografi
 - d. Gelombang laut
10. Arah gravitasi di suatu permukaan bumi:
- a. sejajar
 - b. menuju suatu titik
 - c. tegak lurus topografi
 - d. tegak lurus dengan garis level

Cocokkan jawaban Saudara dengan kunci jawaban tes formatif 4 yang ada pada halaman akhir modul ini. Hitunglah jawaban Saudara yang benar (B), hitunglah tingkat penguasaan Saudara dengan formula berikut ini:

$$\text{Tingkat penguasaan} = B / N (100\%)$$

N adalah jumlah soal

Contoh,

Jawaban yang benar 7, maka

$$\text{Tingkat penguasaan} = 7/10 (100\%) = 70 \%$$

Jadi, penguasaan Saudara 70 %

Jika penguasaan saudara sama dengan atau lebih dari 80%, Saudara dapat melanjutkan pada modul berikutnya. Jika penguasaan saudara yang benar kurang dari 80%, Saudara sebaiknya membaca kembali modul di atas, utamanya bagian yang belum Saudara kuasai.

===

MODUL

III

Penghitungan Planimetris

Setelah dipelajari kesalahan dan angka penting dari kegiatan belajar sebelumnya, dalam pengukuran, perlulah diepelajari bagaimana penghitungan jarak, asimut, dan sudut pada bidang planimetris dihitung. Pada prinsipnya, penghitungan dalam ilmu ukur tanah menganggap bahwa jarak dan sudut berada pada bidang proyeksi atau bidang datar.

Adapun standar kompetensi dan indikator yang hendak dicapai dengan materi ini adalah: (1) Standar kompetensi, mahasiswa mampu memahami hubungan jarak, asimut dan sudut (2) indikatornya, mahasiswa mampu menghitung secara sederhana jarak, asimut, sudut dari dua atau lebih titik yang diketahui koordinatnya, menghitung konversi antar satuan jarak derajat ke radian atau ke grade.

Penghitungan Planimetris

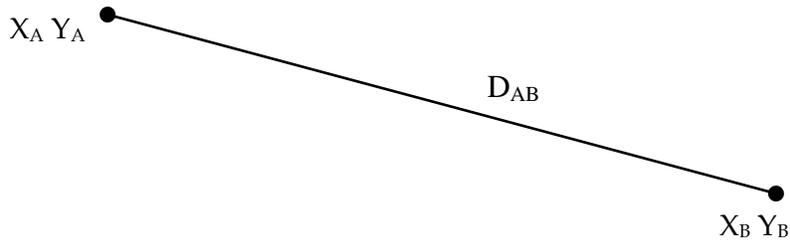
Ketika surveyor melakukan pengolahan hasil-hasil pengukuran, ia banyak dijumpai penghitungan-penghitungan; antara lain penghitungan jarak, sudut, asimut dan koordinat koordinat atau perubahan-perubahan antar besaran-besaran itu. Perlu dipahami sejak awal, pengukuran yang dilakukan oleh seorang surveyor itu berada pada bidang topografi sedangkan hasil-hasil *ploting* atau penggambaran disajikan pada bidang datar. Oleh sebab itu, untuk keperluan yang teliti misalnya pada survei geodetik, hasil-hasil ukuran tidaklah serta merta secara langsung dapat dihitung dengan menggunakan aturan-aturan trigonometris biasa tetapi harus dilibatkan kelengkungan-kelengkungan ellipsoida bumi.

Namun demikian, untuk survei pengukuran yang tidak begitu luas (survei planimetris), kelengkungan bumi dianggap tidak ada atau bumi dianggap bidang datar. Dengan asumsi ini maka aturan-aturan trigonometris sederhana berlaku. Selanjutnya pada modul III ini, dianggap bahwa bumi itu datar seperti asumsi di atas.

A. Jarak

Pengukuran menghaikan jarak-jarak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Jarak langsung diperoleh dengan pengukuran tarikan meteran antar titik dengan titik lainnya. Jarak tidak langsung diperoleh dengan penghitungan hasil-hail ukuran besaran di lapangan, misalnya pada survei tacimetri.

Selain itu, terkadang surveyor perlu mendapatkan hitungan jarak-jarak dari titik-titik yang telah diketahui koordinatnya, misalnya pada keperluan cek lapangan, *stake out* atau pengembalian batas. Dalam hal ini jarak antar dua titik merupakan garis hubung terdekat antar dua titik tersebut (gb. III. 1). Jarak antar dua titik yang bukan merupakan garis hubung terdekat antar dua titik tersebut (gb.III.2) bukan jarak antar kedua titik itu. Secara sederhana, pada bidang datar jarak antar dua titik A yang memiliki koordinat $(X_A ; Y_A)$ dan B yang memiliki koordinat $(X_B ; Y_B)$ adalah jarak (D) bisa dihitung dari dua titik yang telah diketahui koordinatnya:



Gb. III.1. Jarak dari dua titik

$$D_{AB} = \sqrt{[(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2]}$$

D_{AB} : Jarak antara titik A dan titik B

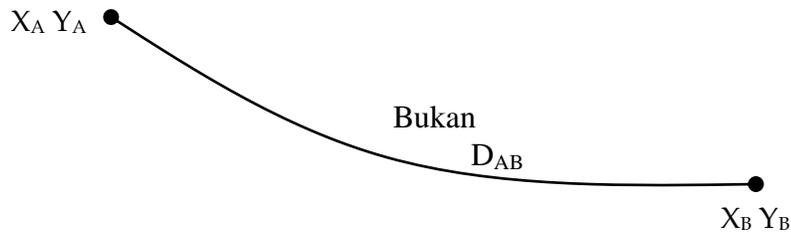
X_B : absis titik B

X_A : absis titik A

Y_B : ordinat titik B

Y_A : ordinat titik A

Keterangan : pengurangan absis atau ordinat boleh saja terbalik, hasilnya akan tetap sama karena pengurangan itu dikuadratkan.



Gb. III. 2 garis lengkung bukan jarak dari dua titik

Contoh,

Diketahui $X_A = 100,21$ m ; $Y_A = 14,71$ m

dan $X_B = 150,28$ m ; $Y_B = 5,56$ m

Maka,

$$D_{AB} = \sqrt{[(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2]}$$

$$D_{AB} = \sqrt{[(150,28 - 100,21)^2 + (5,56 - 14,71)^2]}$$

$$D_{AB} = 50,9 \text{ m (dibulatkan)}$$

Contoh,

Diketahui $X_A = -10,21$ m ; $Y_A = 14,71$ m

dan $X_B = 150,28$ m ; $Y_B = -5,56$ m

Maka,

$$D_{AB} = \sqrt{[(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2]}$$

$$D_{AB} = \sqrt{[(150,28 - (-10,21))^2 + (-5,56 - 14,71)^2]}$$

$$D_{AB} = 161,8 \text{ m (dibulatkan)}$$

Contoh,

Diketahui $X_A = -10,21$ m ; $Y_A = 0,71$ m

dan $X_B = -150,28$ m ; $Y_B = -5,56$ m

Maka,

$$D_{AB} = \sqrt{[(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2]}$$

$$D_{AB} = \sqrt{[(-150,28 - (-10,21))^2 + (-5,56 - 0,71)^2]}$$

$$D_{AB} = 140,2 \text{ m (dibulatkan)}$$

B. Asimut

Asimut antar dua titik adalah besarnya sudut (*bearing*) yang dibentuk dari suatu referensi (meridian atau utara) searah jarum jam sampai ke garis penghubung dua titik itu. Karena berputar satu lingkaran penuh, besarnya asimut pada satuan derajat mulai nol derajat sampai dengan tiga ratus enam puluh derajat (0^0 s.d. 360^0). Arah utara ditunjukkan dengan asimut nol derajat, arah timur ditunjukkan dengan asimut sembilan puluh derajat, arah selatan ditunjukkan dengan asimut seratus

delapan puluh derajat, arah barat ditunjukkan dengan asimut dua ratus tujuh puluh derajat, arah timur laut ditunjukkan dengan asimut empat puluh lima derajat, arah tenggara ditunjukkan dengan asimut seratus tiga puluh lima derajat, arah barat daya ditunjukkan dengan asimut dua ratus lima belas derajat dan arah barat laut ditunjukkan dengan asimut dua ratus lima belas derajat.

Dalam hal ini, asimut yang berputar berlawanan arah jarum jam bukanlah disebut sebagai asimut. Asimut ditampilkan dari 0^0 s.d. 360^0 . Asimut negatif atau lebih dari 360^0 maka perlu diubah menjadi besaran positif antara 0^0 s.d. 360^0 .

Contoh

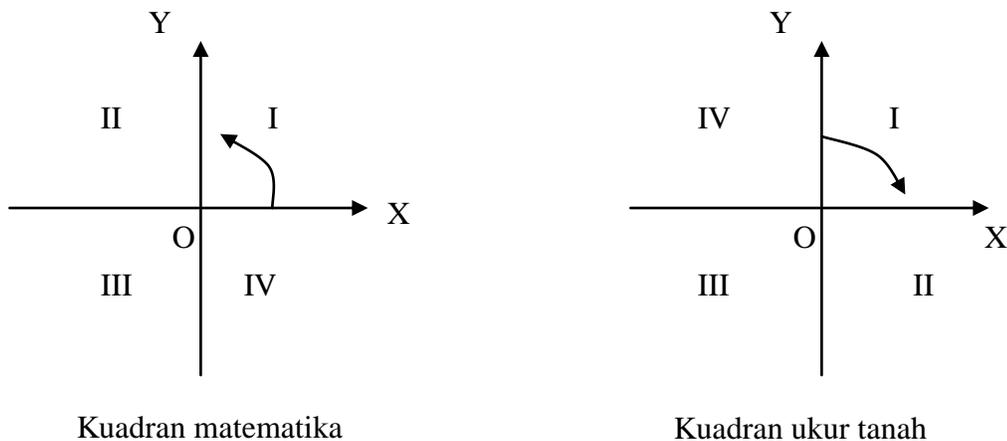
Asimut -40^0 sama dengan $-40^0 + 360^0 = 320^0$.

Asimut -140^0 sama dengan $-140^0 + 360^0 = 220^0$.

Asimut 380^0 sama dengan $380^0 - 360^0 = 220^0$.

Asimut 780^0 sama dengan $780^0 - 2 \times 360^0 = 60^0$.

Pada salib sumbu kartesian dengan pusat salib sumbu O, terdapat perbedaan antara ukur tanah dengan matematika dalam hal putaran dan kuadran. Sudut pada matematika dihitung dari sumbu X berlawanan arah dengan jarum jam. Sedangkan sudut (dalam hal ini asimut) dihitung dari sumbu Y searah dengan jarum jam. Perbedaan kuadran pada ukur tanah dan matematika seperti yang tergambar pada Gb III. 3. Angka I, II, III, IV masing-masing adalah kuadran.



Gb. III. 3. Perbedaan kuadran

Secara sederhana asimut antara dua titik A dan B yang masing-masing memiliki koordinat bisa dihitung dengan:

$$\alpha_{AB} = \text{ArcTan} [(X_B - X_A) / (Y_B - Y_A)]$$

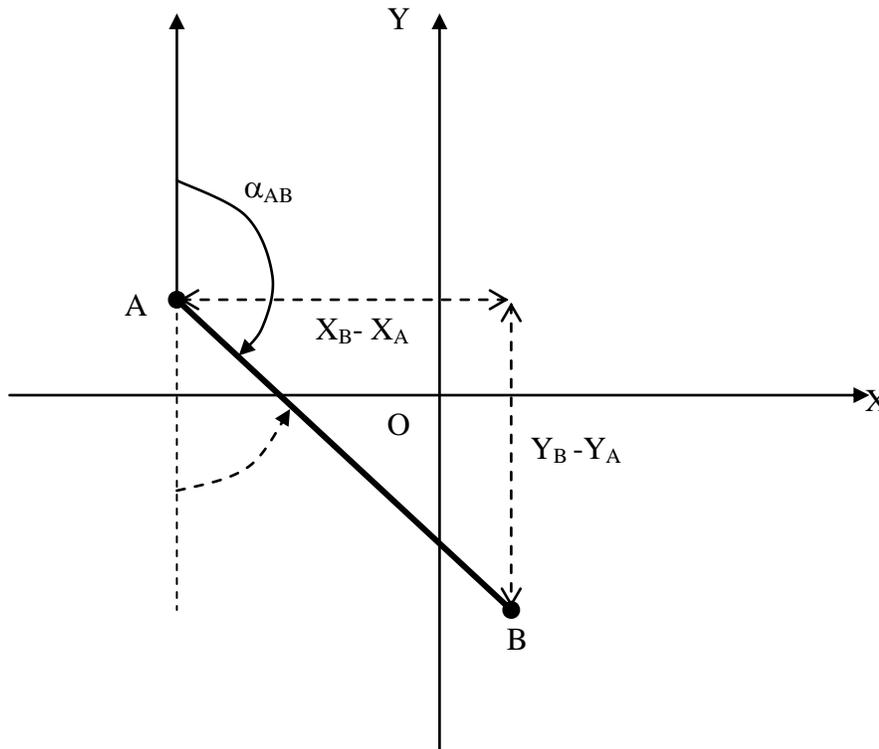
α_{AB} : asimut garis AB

X_B : absis titik B

X_A : absis titik A

Y_B : ordinat titik B

Y_A : ordinat titik A



Gb. III. 4. Penghitungan α_{AB}

Hasil hitungan ArcTan() mungkin negatif atau positif. Jika positif, asimut mungkin terletak di kuadran I atau III. Dalam hal ini, asimut terletak di kuadran I jika $(X_B - X_A) > 0$ dan $(Y_B - Y_A) > 0$; dan terletak di kuadran IV jika $(X_B - X_A) < 0$

dan $(Y_B - Y_A) < 0$. Untuk asimut yang terletak di kuadran III hasil hitungannya ditambahkan 180^0 sedangkan untuk asimut yang terletak di kuadran I hasil hitungannya ditambahkan 0^0 .

Jika hasil ArcTan() negatif, asimut mungkin terletak di kuadran II atau IV. Dalam hal ini, asimut terletak di kuadran II jika $(X_B - X_A) > 0$ dan $(Y_B - Y_A) < 0$; dan terletak di kuadran IV jika $(X_B - X_A) < 0$ dan $(Y_B - Y_A) > 0$. Untuk asimut yang terletak di kuadran II hasil hitungannya ditambahkan 180^0 sedangkan untuk asimut yang terletak di kuadran IV hasil hitungannya ditambahkan 360^0 .

Perlu diketahui bahwa tanda hasil hitungan arctan jangan diubah menjadi positif tetapi dibiarkan apa adanya.

Contoh,

Diketahui $X_A = 100,21$ m ; $Y_A = 14,71$ m dan

$X_B = 150,28$ m ; $Y_B = 5,56$ m

Maka,

$$\alpha_{AB} = \text{ArcTan} [(X_B - X_A) / (Y_B - Y_A)]$$

$$\alpha_{AB} = \text{ArcTan} [(150,28 - 100,21) / (5,56 - 14,71)] \text{ pada kuadran II}$$

lihat penjelsan penyesuaian kuadran di halaman berikutnya

$$\alpha_{AB} = -79^038'38'' + [180^0] = 100^021'22''$$

Jika hitungan terbalik, $\text{ArcTan} [(X_A - X_B) / (Y_A - Y_B)] = \alpha_{BA}$

$$\alpha_{BA} = \text{ArcTan} [(X_A - X_B) / (Y_A - Y_B)]$$

$$\alpha_{BA} = \text{ArcTan} [(100,21 - 150,28) / (14,71 - 5,56)] \text{ pada kuadran IV}$$

$$\alpha_{BA} = -79^038'38'' + [360^0] = 280^021'22''$$

Contoh,

Diketahui $X_A = 100,21$ m ; $Y_A = 100,71$ m dan

$X_B = 50,28$ m ; $Y_B = 51,56$ m

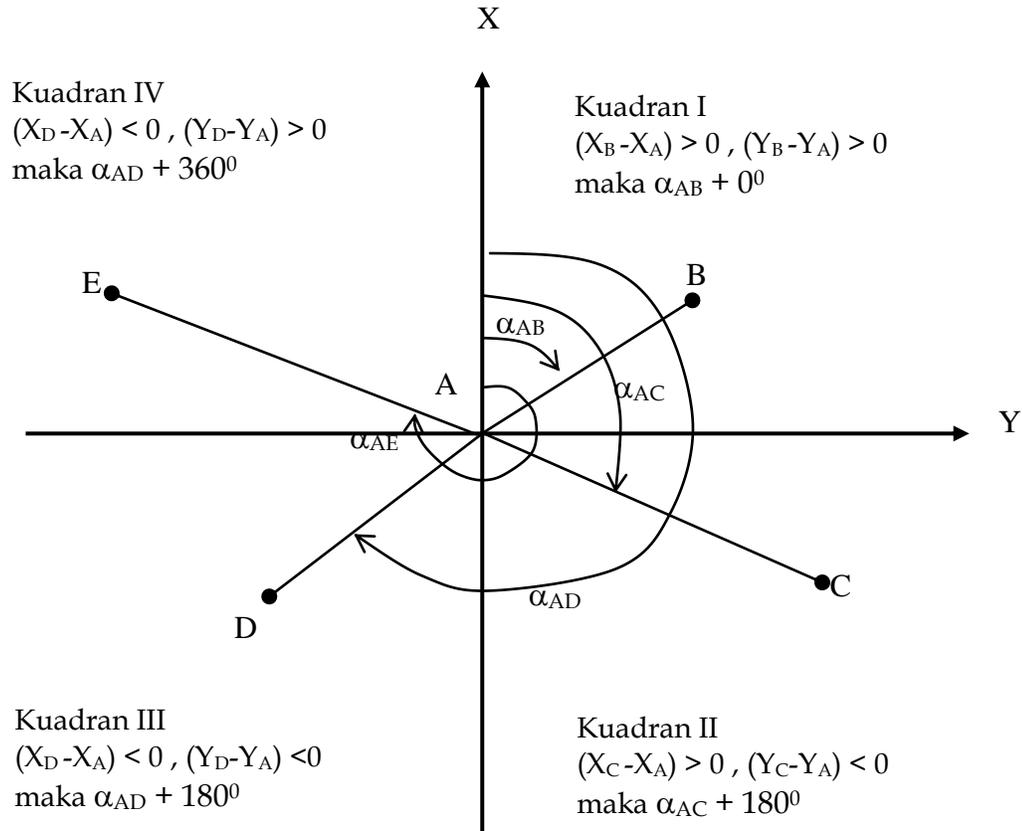
Maka,

$$\alpha_{AB} = \text{ArcTan} [(X_B - X_A) / (Y_B - Y_A)]$$

$$\alpha_{AB} = \text{ArcTan} [(50,28 - 100,21) / (51,56 - 100,71)] \text{ pada kuadran III}$$

$$\alpha_{AB} = 45^{\circ}27'04'' + [180^{\circ}] = 225^{\circ}27'04''$$

Penyesuaian kuadran,



Gb. III. 5. Kuadran pada ilmu ukur tanah

Contoh,

Diketahui $X_A = 100,21 \text{ m}$; $Y_A = 100,71 \text{ m}$ dan

$X_B = 50,28 \text{ m}$; $Y_B = 251,56 \text{ m}$

Maka,

$$\alpha_{AB} = \text{ArcTan} [(X_B - X_A) / (Y_B - Y_A)]$$

$\alpha_{AB} = \text{ArcTan} [(50,28 - 100,21) / (251,56 - 100,71)]$ pada kuadran IV

$$\alpha_{AB} = -18^{\circ}18'51'' + [360^{\circ}]$$

$$\alpha_{AB} = 341^{\circ}41'09''$$

Jika diketahui asimut AB, asimut BA dikatakan sebagai asimut kebalikannya. Selisih antara suatu asimut dengan asimut kebalikannya adalah 180° . Besarnya asimut BA dapat dengan mudah dihitung,

$$\text{Asimut kebalikan} = \text{Asimut} \pm 180^{\circ}$$

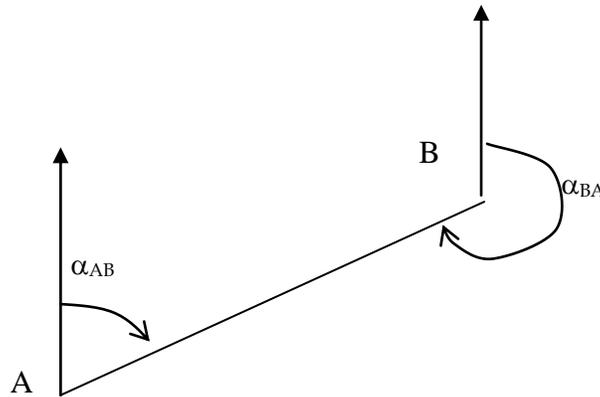
$$\alpha_{BA} = \alpha_{AB} \pm 180^{\circ}$$

Contoh,

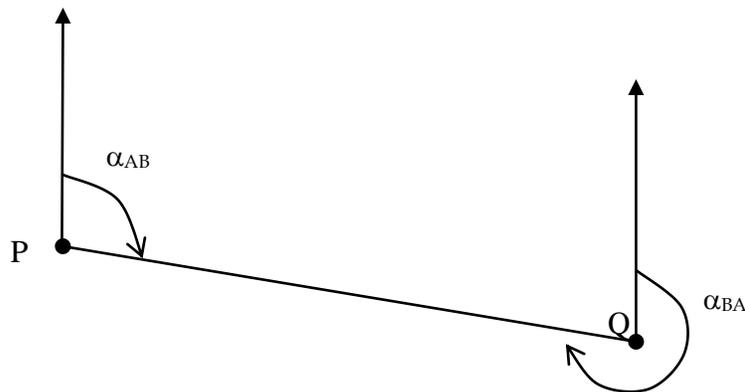
$$\text{Diketahui } \alpha_{AB} = 40^{\circ}, \text{ maka } \alpha_{BA} = 40^{\circ} + 180^{\circ} = 220^{\circ}$$

$$\text{Diketahui } \alpha_{AB} = 340^{\circ}, \text{ maka } \alpha_{BA} = 340^{\circ} - 180^{\circ} = 160^{\circ}$$

$$\text{Diketahui } \alpha_{AB} = 140^{\circ}, \text{ maka } \alpha_{BA} = 140^{\circ} + 180^{\circ} = 320^{\circ}$$



Gb. III. 6 Asimut AB dan kebalikannya



Gb. III. 7 Asimut PQ dan kebalikannya

C. Sudut

Sudut horisontal dapat dihitung dengan dua cara; dari selisih dua bacaan horisontal dan selisih dua asimut. Bacaan horisontal biasanya didapatkan dari pengukuran teodolit. Dalam cara tertentu teodolit bisa menghasilkan bacaan horisontal yang sekaligus sebagai asimut dua titik. Pada teodolit tertentu, misalkan T0, bacaan horisontal sekaligus sebagai asimut magnetis suatu garis. Selain itu asimut bisa didapatkan dari pengukuran dengan kompas atau dari hasil hitungan dua titik yang telah diketahui koordinatnya yang telah dibahas di atas.

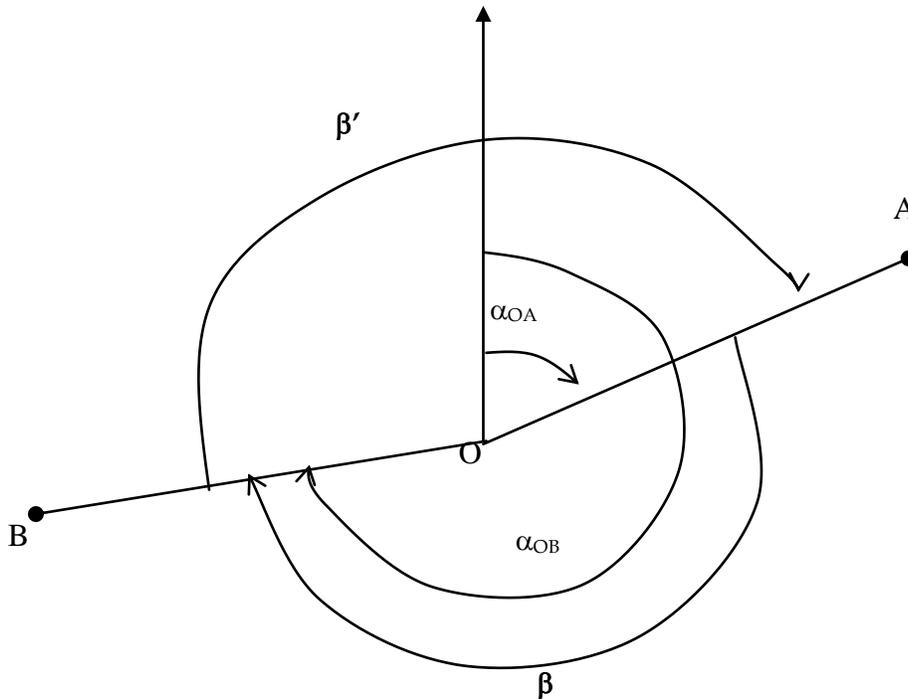
Prinsip pengukuran sudut akan dibahas pada modul berikutnya. Saat ini, pembahasan terbatas pada penghitungan sudut dari dua bacaan horisontal dan dari selisih dua asimut. Jika Bacaan horisontal atau asimut OA dan OB diketahui, sudut kanan AOB dapat dengan mudah dihitung

$$\text{sudut AOB} = \text{asimut OB} - \text{asimut OA}$$

atau

$$\text{sudut AOB} = \text{bacaan horisontal OB} - \text{bacaan horisontal OA}$$

Jika hasil hitungan negatif, hitungan ditambahkan 360^0 .



Gb. III. 8 Sudut

Contoh,

Diketahui $\alpha_{OA} = 60^{\circ} 30'$ dan $\alpha_{OB} = 260^{\circ} 50'$, maka

$$\angle AOB = \beta = \alpha_{OB} - \alpha_{OA} = 260^{\circ} 50' - 60^{\circ} 30' = 200^{\circ} 20'$$

Jika terbalik, $\alpha_{OA} - \alpha_{OB} = 60^{\circ} 30' - 260^{\circ} 50' = -200^{\circ} 20'$

$$\text{Diperoleh } \angle BOA = \beta' = 159^{\circ} 40'$$

Dengan cara ini, jika diketahui koordinat tiga buah titik, sudut pada salah satu titik tersebut dapat dihitung.

Contoh,

Diketahui $X_A = 100,21$ m ; $Y_A = 100,71$ m ;

$X_B = 50,28$ m ; $Y_B = 251,56$; $X_C = 54,28$ m ; $Y_C = 51,56$ m

Sudut kanan $BAC = \beta = \alpha_{AC} - \alpha_{AB}$

$$\alpha_{AC} = \text{ArcTan} [(54,28 - 100,21) / (51,56 - 100,71)] \text{ kuadran III}$$

$$\alpha_{AC} = 223^{\circ} 03' 37''$$

$\alpha_{AB} = 341^{\circ} 41' 09''$ seperti contoh di atas

$$\beta = 223^{\circ} 03' 37'' - 341^{\circ} 41' 09'' = -118^{\circ} 37' 32'' + [360^{\circ}]$$

Jika $\beta < 0^{\circ}$, hasilnya ditambahkan 360°

$$\text{Jadi } \beta = 241^{\circ} 22' 28''$$

D. Koordinat

Pada sistem salib sumbu kartesian dua dimensi, setiap titik secara unik didefinisikan posisinya dengan koordinat berupa absis (X) dan ordinat (Y). Koordinat suatu titik dapat dihitung jika diketahui asimut dan jaraknya dari titik referensi. Asimutnya mungkin diketahui dengan pengukuran sudut, sementara jaraknya mungkin diukur secara langsung di lapangan. Jika titik A diketahui koordinatnya. Titik B diukur asimut dan jaraknya dari titik A, maka koordinat titik B dapat dihitung,

$$X_B = X_A + D_{AB} \text{Sin} (\alpha_{AB})$$

$$Y_B = Y_A + D_{AB} \text{Cos} (\alpha_{AB})$$

α_{AB} : asimut garis AB

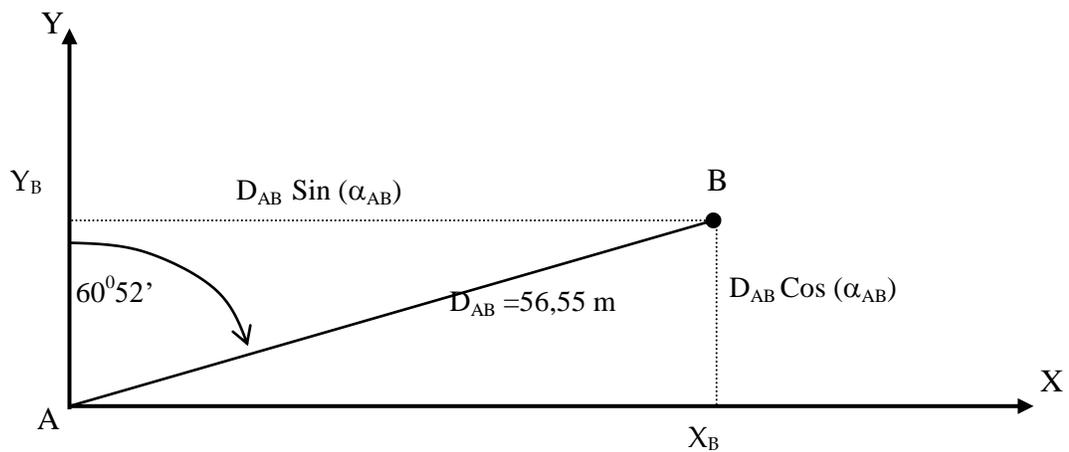
D_{AB} : jarak dari A ke B

X_B : absis titik B

X_A : absis titik A

Y_B : ordinat titik B

Y_A : ordinat titik A



Gb. III. 9 Salib sumbu kartesian

Contoh ,

Diketahui jarak titik AB 56,55 m, asimut AB = $60^{\circ}52'$, $X_A=100,34$ m dan

$Y_A= 200,97$ m,

maka

$$X_B = X_A + D_{AB} \sin (\alpha_{AB}) = 100,34 + 56,55 \sin (60^{\circ}52') = 149,7 \text{ m}$$

$$Y_B = Y_A + D_{AB} \cos (\alpha_{AB}) = 200,97 + 56,55 \cos (60^{\circ}52') = 228,5 \text{ m}$$

E. Satuan sudut

$$1 \text{ lingkaran} = 360^{\circ} = 2 \pi \text{ radian} = 400^{\circ}$$

$$1 \text{ rad} = 57,2957795^{\circ}$$

$$1 \text{ rad} = 3437,746772'$$

$$1 \text{ rad} = 206264,8026''$$

$$1^{\circ} = 0,0174533 \text{ rad}$$

$$1' = 2,908882 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

$$1'' = 4,848137 \times 10^{-6} \text{ rad} = \sin 1'' \text{ rad}$$

Latihan

1. Pada rumus penghitungan jarak dari dua titik yang diketahui koordinatnya, bisakah rumus penghitungan absis dan ordinatnya terbalik?
2. Pada rumus penghitungan asimut dari dua titik yang diketahui koordinatnya, bisakah rumus penghitungan absis dan ordinatnya terbalik?
3. Alat ukur apakah yang dapat langsung mendapatkan data ukuran asimut dua titik?
4. Mengapa kita harus memperhatikan kuadarn dalam hitungan asimut?
5. Apa beda bacaan horisontal dengan asimut?
6. Jadikan satuan derajat:
 - a. 1,34 radian
 - b. 100 grade
 - c. $\pi/2$ radian
 - d. 90,2498 grade

Rangkuman

Dalam survei, jarak, asimut, sudut dan koordinat merupakan besaran-besaran yang saling berhubungan. Jarak dapat diukur secara langsung atau dihitung dari dua titik yang telah diketahui koordinatnya.

Asimut antar dua titik adalah besarnya sudut (*bearing*) yang dibentuk dari suatu referensi (meridian atau utara) searah jarum jam sampai ke garis penghubung dua titik itu.

Sudut horisontal dapat dihitung dengan dua cara; dari selisih dua bacaan horisontal dan selisih dua asimut

Koordinat suatu titik dapat dihitung jika diketahui asimut dan jaraknya dari titik referensi

Tes Formatif 3

1. Hitung jarak AB dalam meter dari A (34,23;4,44) ke B (5,45;9,76)
 - a. 29,27 m
 - b. 29,20 m
 - c. 29,37 m
 - d. 29,25 m
2. Hitung jarak dari A (40,91;15,08) ke B (-52,11 ; 20.40)
 - a. 93,10
 - b. 93,13
 - c. 93,17
 - d. 93,19
3. Hitung jarak AB dalam meter dari A (-80,89 ; 25,72) ke B (0,00 ; 31,04)
 - a. 81,26 m
 - b. 81,16 m
 - c. 81,08 m
 - d. 81,06 m
4. Hitung asimut AB jika diketahui A (34,23;4,44) ke B (5,45;9,76)
 - a. $100^{\circ}28'23''$
 - b. $280^{\circ}28'23''$
 - c. $79^{\circ}28'23''$

- d. $-79^{\circ}28'23''$
5. Hitung asimut AB jika diketahui A (40,91;15,08) ke B (-52,11 ; 20,40)
- $176^{\circ}16'20''$
 - $273^{\circ}16'24''$
 - $273^{\circ}16'20''$
 - $86^{\circ}16'20''$
6. Hitung asimut AB jika diketahui A (-80,89 ; 25,72) ke B (0,00 ; 31,04)
- $266^{\circ}14'14''$
 - $86^{\circ}14'10''$
 - $86^{\circ}14'14''$
 - $-86^{\circ}14'14''$
7. Jika diketahui asimut $AB = 40^{\circ}50'30''$, asimut $BC = 240^{\circ}33'35''$, sudut ABC adalah
- $199^{\circ}43'5''$
 - $160^{\circ}16'55''$
 - $160^{\circ}17'55''$
 - $199^{\circ}43'55''$
8. Jika diketahui asimut $AB = 340^{\circ}50'30''$, asimut $BC = 40^{\circ}33'35''$, sudut ABC adalah
- $59^{\circ}43'5''$
 - $300^{\circ}16'5''$
 - $120^{\circ}16'5''$
 - $239^{\circ}43'5''$
9. Jika diketahui asimut $AB = 140^{\circ}50'30''$, asimut $BC = 2^{\circ}33'35''$, sudut ABC adalah
- $138^{\circ}16'55''$
 - $22^{\circ}43'5''$

- c. $22^{\circ}16'55''$
- a. $138^{\circ}16'55''$

10. Jika diketahui asimut koordinat A(0;0), B(5;5) dan C (-10;-10), sudut BAC adalah

- a. 45°
- b. 90°
- c. 180°
- d. 270°

Cocokkan jawaban Saudara dengan kunci jawaban tes formatif 3 yang ada pada halaman akhir modul ini. Hitunglah jawaban Saudara yang benar (B), hitunglah tingkat penguasaan Saudara dengan formula berikut ini:

Tingkat penguasaan = $B / N (100\%)$

N adalah jumlah soal

Contoh,

Jawaban yang benar 7, maka

Tingkat penguasaan = $7/10 (100\%) = 70\%$

Jadi, penguasaan Saudara 70 %

Jika penguasaan saudara sama dengan atau lebih dari 80%, Saudara dapat melanjutkan pada modul berikutnya. Jika penguasaan saudara yang benar kurang dari 80%, Saudara sebaiknya membaca kembali modul di atas, utamanya bagian yang belum Saudara kuasai.

===

MODUL

IV

PENGUKURAN JARAK

Sekapur sirih. Jarak merupakan dimensi ukuran yang sangat penting dalam pengukuran selain dari sudut. Banyak cara atau metoda pengukuran jarak. Secara garis besar metode itu terbagi dua yaitu jarak langsung dan tidak langsung. Tidak dapat dipungkiri, meskipun peralatan ukur jarak berkembang semakin canggih, pengukuran jarak langsung dengan pita ukur masih mendominasi khususnya bagi surveyor kadastral. Bagi medan yang bergelombang, pengukuran secara tacimetri memiliki keunggulan tersendiri. Oleh sebab itu, calon surveyor penting mempelajari kedua metoda di atas, yaitu pengukuran jarak langsung dengan pita ukur dan tacimetri.

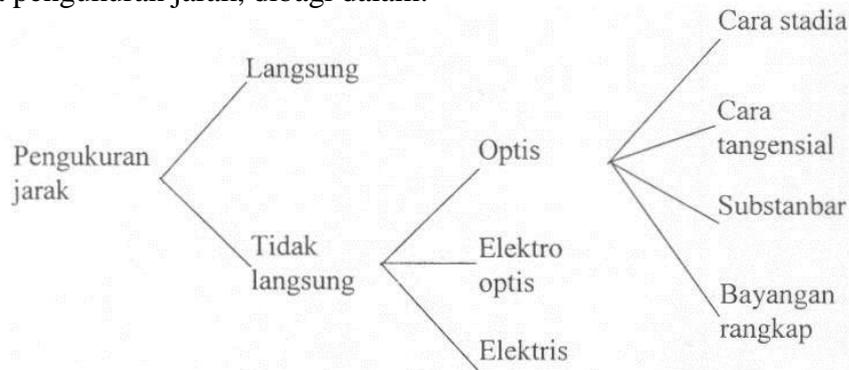
Standar kompetensi. Taruna mampu memahami pengukuran jarak langsung dengan pita ukur dengan benar, dan mampu menghitung jarak tidak langsung dengan metoda tacimetri.

Indikator. taruna mampu menyebutkan peralatan pengukuran jarak, mampu mengukur jarak pada bidang datar dan bidang miring, mampu mengetahui sumber-sumber kesalahan pengukuran jarak, mampu menghitung jarak secara tacimetri.

A. Pengertian

Jarak antara dua buah titik dimuka bumi dalam ukur tanah adalah merupakan jarak terpendek antara kedua titik tersebut tergantung jarak tersebut terletak pada bidang datar, bidang miring atau bidang tegak. Pada bidang datar disebut jarak datar, pada bidang miring disebut jarak miring sedang pada bidang tegak disebut jarak tegak/tinggi.

Cara pengukuran jarak, dibagi dalam:

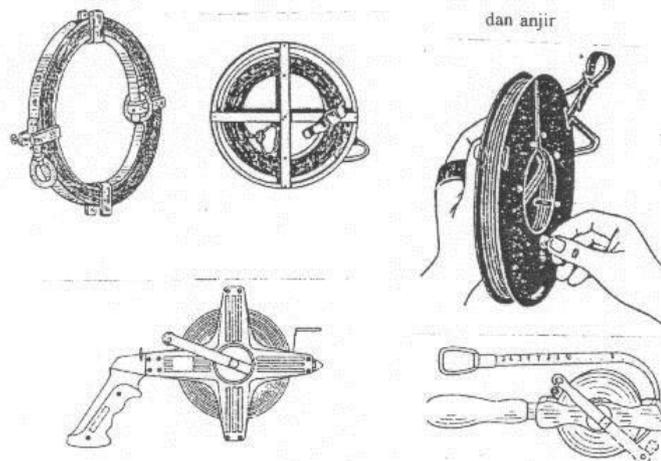


B. Pengukuran Jarak Langsung

Jarak didapat langsung tanpa melalui perhitungan, pada pengukuran jarak langsung digunakan alat utama dan bantu. Alat-alat utama, antara lain adalah :

1. Pita ukur, alat ukur jarak yang material utamanya terbuat dari fiber, plastik, atau campuran dari padanya.
2. Pegas ukur, material utama terbuat dari plat baja.
3. Rantai ukur, terbuat dari rantai baja.

Panjang alat-alat tersebut umumnya dari 30m, 50m dan 100m dengan lebar antara 1 cm sampai 2 cm. tebal antara 0.1mm sampai 0.2mm, pembagian skala bacaan dari skala terkecil mm sampai dengan skala terbesar m.



Gambar IV.1. Macam alat utama

Alat-alat bantu, pengukuran jarak langsung antara lain adalah :

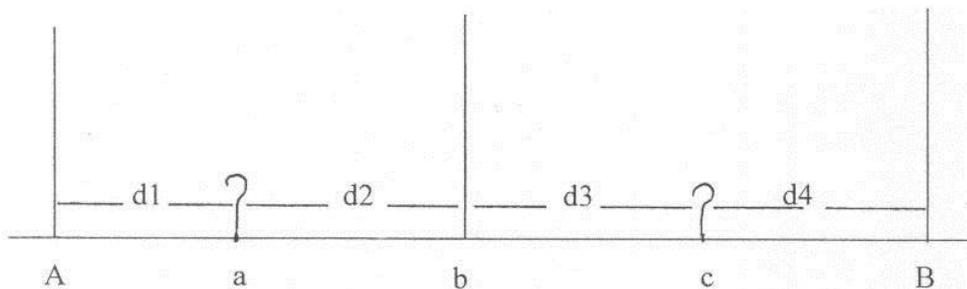
1. Jalon atau anjir adalah tongkat dari pipa besi dengan ujung runcing (seperti lembing) panjang antara 1.5m sampai 3m, diameter pipa antara 1.5cm sampai 3cm dicat merah dan putih berselang-seling. Jalon ini berguna pada pelurusan dan untuk menyatakan adanya suatu titik dilapangan pada jarak jauh.
2. Pen ukur, adalah alat untuk memberi tanda titik sementara dilapangan. Terbuat dari besi dengan panjang $\pm 40m$ dan runcing diujungnya dan ujung lain lengkung.
3. Unting-unting : alat untuk membantu memproyeksikan suatu titik terbuat dari besi atau dari kuningan.
4. Water pas tangan : alat bantu untuk mendatarkan pita ukur.
5. Prisma dan kaca sudut: alat bantu untuk menentukan sudut 90° siku.siku

C. Pengukuran jarak langsung pada lapangan datar.

Pada pengukuran jarak langsung, dimana jaraknya tidak dapat diukur dengan satu kali bentangan pita ukur, maka pelaksanaannya terdiri dari:

1. Pelurusan : menentukan titik-titik antara, sehingga terletak pada satu garis lurus (terletak pada satu bidang vertikal)
2. Pengukuran jarak.

Misal akan diukur jarak antara titik A dan Titik B, seperti pada gambar berikut :



Gambar IV.2. Pengukuran jarak mendatar

Pelaksanaan pelurusan

1. Tancapkan jalon dititik A dan dititik B
2. Orang I berdiri dinelakang jalon di A, dan orang II dengan membawa jalon disekitarnya titik a, dengan petunjuk orang I orang II bergeser kekanan/kekiri sampai dicapai orang II di a, bahwa jalon di A di a dan jalon di B tampak jadi satu/ berimpit kemudian jalon di a diganti dengan pen ukur. Demikian pada dilakukan dititik-titik b, c dan seterusnya.

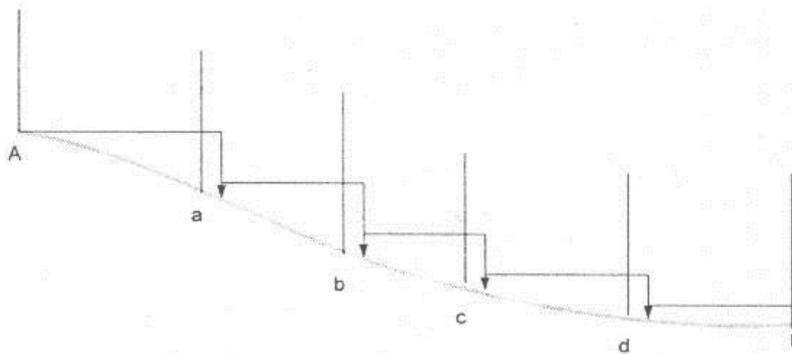
Pelaksanaan Pengukuran Jarak.

1. Bentangkan pita ukur dari A ke a, skala 0 m diimpitkan pada titik A dan pada saat skala pita ukur tepat dititik a, baca dan catat, misal terbaca d_1 m.
2. Lakukan hal yang sama antara a ke b, misal terbaca d_2 m. demikian terus sampai ke bentangan antara c ke b.
3. Jarak AB adalah penjumlahan dari jarak —jarak tadi; $AB = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$.
4. Pengukuran jarak dilakukan dua kali, dari A dan B disebut pengukuran persegi dan pengukuran pulang dari B ke A.
5. Jarak AB adalah jarak rerata pengukuran persegi dan pengukuran pulang.

D. Pengukuran jarak langsung pada lapangan miring.

Pelaksanaan pelunasan :

Pelaksanaan pelunasan pada dasarnya sama saja dengan pelunasan pada lapangan datar misal diukur jarak AB pada lapangan miring.



Gambar IV. 3. Pengukuran Jarak datar pada bidang miring

Pelaksanaan pengukuran

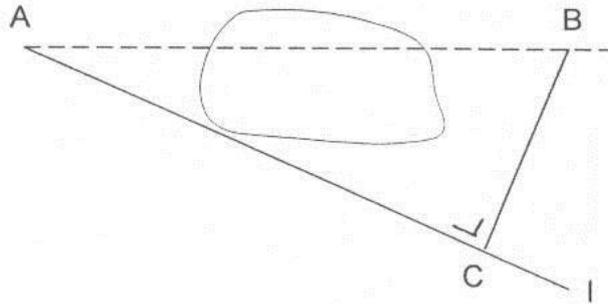
1. Bentangkan pita ukur secara mendatar dari A ke atas titik a dengan perantaraan nivo, gantungkan unting-unting diatas titik a. Unting-unting yang menyinggung pita ukur misal terbaca d_1 (lihat gambar)
2. Pekerjaan tersebut dilakukan oada penggal-penggal jarak ab, bc dan cb.
3. Pengukuran jarak dilakukan dari A dan B dan dari B ke A. dan hasil akhir adalah harga rerata.



Gambar IV. 4. Pembacaan skala pita ukur dengan bantuan tali unting-unting.

E. Pengukuran jarak yang terhalang

1. Bila titik A dan B terhalang kolom

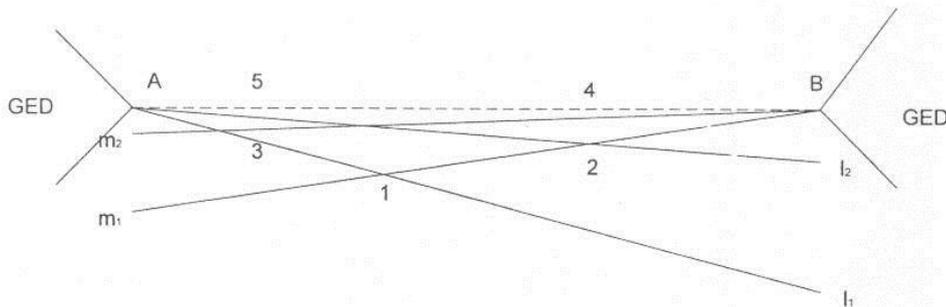


Gambar. IV.5 Jarak AB terhalang

Proyeksikan B pada C garis yang melalui A dititik C ukur jarak A/C dan jarak BC :

$$\text{Jarak AB} = \text{AC}^2 + \text{BC}^2$$

2. Bila titik A dan B tepat di tepi bangunan



Gambar IV.6. A,B Ditepi Bangunan

Pelaksanaan pelurusan AB

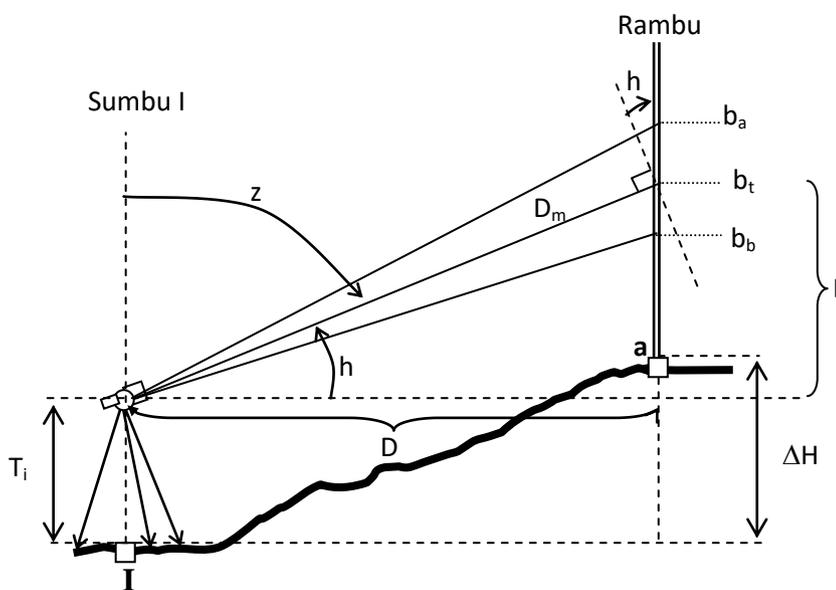
1. Buat garis l_1 lewat titik A, tentukan titik 1 lubangkan 1B sebagai garis m_1 .
2. Pada garis m_1 tentukan titik 2 dan hubungkan A2 sehingga terbentuk garis l_2 .
3. Tentukan titik 3 pada l_2 , hubungkan 3B sehingga terbentuk garis m_2 .
4. Pekerjaan tersebut dilanjutkan sampai didapat. Titik 5-4-B satu garis dan Titik 4-5-A satu garis berarti Titik A-5-4-B satu garis lurus Selanjutnya pengukuran jarak AB.

F. Sumber-sumber kesalahan dan kesalahan pada pengukuran jarak.

1. Panjang pita ukur tidak standar
2. Suhu yang tidak baku
3. Tarikan yang tidak tetap

4. Pelurusan yang tidak baik
5. Pita tidak mendatar
6. Pemasangan unting-unting tidak tepat
7. Salah menandai
8. Salah baca
9. Lenturan pita ukur.

G. Tacimetri



Gb.IV.7. Jarak dan beda tinggi pengamatan tacimetri

Pengukuran tacimetri menghasilkan posisi detail X, Y dan Z secara optis. Data yang diperoleh dari pengukuran adalah bacaan benang rambu, bacaan vertikal, bacaan horisontal, dan ketinggian alat; formulanya sebagai berikut,

$$X_a = X_I + (b_a - b_b) \cos^2 h \sin \alpha_{Ia}$$

$$Y_a = Y_I + (b_a - b_b) \cos^2 h \cos \alpha_{Ia}$$

$$Z_a = Z_I + (b_a - b_b) \cos^2 h \tan h + T_i - B_t$$

Dari gambar III.7 dapat diformulakan,

$$D_m = 100 (b_a - b_b) \cos h$$

$$D = D_m \cos h$$

$$D = 100 (b_a - b_b) \cos^2 h$$

Karena, $z + h = 90^\circ$

$$D = 100 (b_a - b_b) \sin^2 z$$

$$L = D \tan h$$

$$L + T_i = B_t + \Delta H$$

$$\Delta H = D \tan h + T_i - B_t$$

$$H_a = H_I + \Delta H$$

D_m : Jarak miring

D : Jarak datar

h : *helling*

z : zenith

b_a : bacaan benang atas

b_t : bacaan benang tengah

b_b : bacaan benang bawah

T_i : tinggi instrumen

H_a : Ketinggian a dari permukaan laut

H_I : Ketinggian I dari permukaan laut

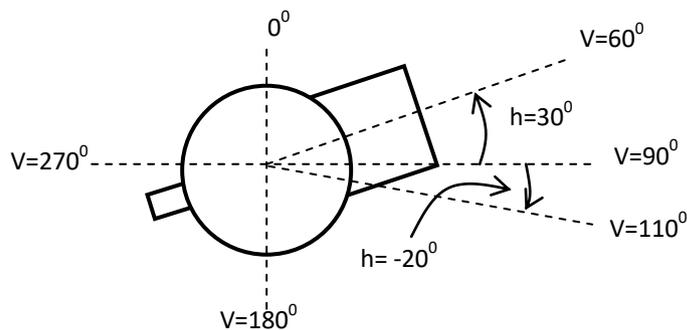
ΔH : beda tinggi a dan I

100 adalah konstanta pengali alat.

Perlu diperhatikan, pembacaan vertikal bukanlah *helling*. Oleh sebab itu, bacaan vertikal perlu diubah terlebih dahulu ke *helling*; yang berbeda antara posisi *biasa* dan *luar-biasa*.

Pada posisi *biasa* (lingkaran vertikal teodolit di sebelah kiri pengamat) *helling* dihitung dengan,

$$h = 90^\circ - V$$



Gb.IV.8. Helling, bacaan vertikal pada posisi Biasa

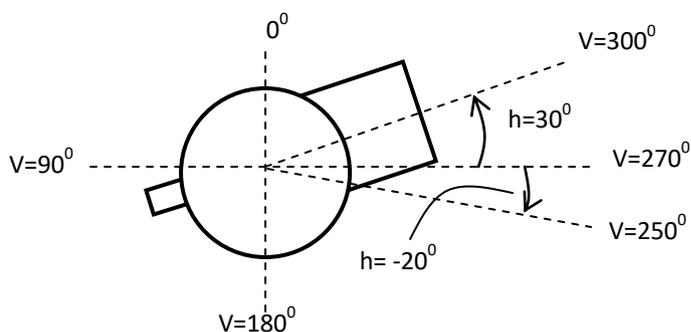
Pada gambar III.8 di atas, bacaan vertikal 60° dan 110° , maka *hellingnya* berturut-turut adalah 30° dan -20° . Hasilnya, bisa positif (*elevasi*) atau negatif (*depresi*). Dalam penghitungan beda tinggi tanda ini janganlah diubah. Perlu dipahami, sudut *depresi* tidak selalu menandakan titik objek **a** lebih rendah daripada stasiun tempat alat berdiri **I**. Begitu pula, sudut *elevasi* tidak selalu menandakan titik objek **a** lebih tinggi daripada stasiun tempat alat berdiri **I**.

Pada posisi *luar-biasa* (lingkaran vertikal teodolit di sebelah kanan pengamat) *helling* dihitung dengan,

$$h = V - 270^{\circ}$$

Pada gambar III.9, bacaan vertikal 300° dan 250° , maka *hellingnya* berturut-turut adalah 30° dan -20° . Hasilnya sama seperti pada posisi *biasa*, bisa positif atau negatif.

Oleh karena perbedaan formula pada kedua posisi itu, umumnya untuk *tacimetri* disepakati pada posisi *biasa*.



Gb.IV.9 Helling, bacaan vertikal pada posisi Luarbiasa

Latihan

1. Apa yang dimaksud jarak!
2. Sebutkan klasifikasi pengukuran jarak!
3. Jelaskan beda pengukuran jarak langsung dan tidak langsung!
4. Sebutkan peralatan utama pengukuran jarak langsung!
5. Sebutkan peralatan bantu pengukuran jarak langsung dan apa fungsinya!
6. Apa kelebihan dan kelemahan peralatan tersebut?
7. Bagaimanakah tahapan pelurusan?
8. Apa sumber-sumber kesalahan pengukuran jarak langsung?
9. Bagaimana cara anda mengantisipasi kesalahan tersebut?
10. Apa yang dimaksud dengan pengukuran yang terhalang?

Rangkuman

Jarak antara dua buah titik di muka bumi dalam ukur tanah adalah merupakan jarak terpendek antara kedua titik. Secara garis besar jarak terbagi menjadi jarak langsung dan tidak langsung. Alat ukur jarak langsung yang utama adalah pita ukur, pegas ukur dan rantai ukur yang memiliki ukuran bervariasi 30m, 50m dan 100m. Pelurusan merupakan bagian penting dari pengukuran jarak langsung. Oleh sebab itu, tahapannya harus dikuasai dengan baik. Pengukuran jarak di bidang miring berbeda dengan di bidang datar. Kasus di lapangan, pengukuran jarak terkadang terhalang oleh objek sekitar. Dengan trik-trik tertentu, meskipun terhalang tetapi pengukuran jarak dapat dilakukan. Sumber-sumber kesalahan dan kesalahan pada pengukuran jarak penting diketahui agar bisa diantisipasi.

Tes Formatif 4

1. Jarak antara dua titik merupakan:
 - a. Jarak terjauh
 - b. Jarak terpendek
 - c. Jarak melengkung
 - d. Jarak terendah

2. Peralatan utama pengukuran jarak langsung ?
 - a. Jalon
 - b. Pita ukur
 - c. Kompas
 - d. Unting-unting
3. Peralatan tambahan pengukuran jarak langsung ?
 - a. Jalon
 - b. Rantai ukur
 - c. Pegas ukur
 - d. Roll meter
4. Fungsi pen ukur:
 - a. Sebagai target
 - b. Membuat garis
 - c. Menulis di lapangan
 - d. Menandai titik sementara
5. Fungsi prisma sudut:
 - a. Memantulkan cahaya
 - b. Membuat siku-siku
 - c. Menandai sementara
 - d. Target
6. Pelurusan dilakukan jika
 - a. Target terhalang
 - b. Pita ukur kurang panjang
 - c. Target melengkung
 - d. Pengukuran pada medan bergelombang
7. Alat yang amat membantu pelurusan:
 - a. Jalon
 - b. Prisma
 - c. Unting unting
 - d. Patok

8. Sumber kesalahan yang sering terjadi pada pengukuran jarak langsung
 - a. Alam
 - b. Manusia
 - c. Alat
 - d. Tidak diketahui
9. Cara mengecek kesalahan pita ukur yang paling praktis
 - a. Dibandingkan dengan ukuran standar
 - b. Dicoba-coba beberapa kali bentangan
 - c. Dikalibrasi
 - d. Pengukuran pada suhu standar
10. Pita ukur yang paling teliti terbuat dari:
 - a. Fiber
 - b. Kain
 - c. Baja
 - d. Nilon

Umpan balik

Cocokkan jawaban Saudara dengan kunci jawaban tes formatif 5 yang ada pada halaman akhir modul ini. Hitunglah jawaban Saudara yang benar (B), hitunglah tingkat penguasaan Saudara dengan formula berikut ini:

Tingkat penguasaan = B / N (100%)

N adalah jumlah soal

Contoh,

Jawaban yang benar 8, maka

Tingkat penguasaan = $8/10$ (100%) = 80%

Jadi, penguasaan Saudara 80%

Jika penguasaan saudara sama dengan atau lebih dari 80%, Saudara dapat melanjutkan pada modul berikutnya. Jika penguasaan saudara yang benar kurang dari 80%, Saudara sebaiknya membaca kembali modul di atas, utamanya bagian yang belum Saudara kuasai.

==

<p>MODUL</p> <p>V</p>

BEARING , ASIMUT DAN SUDUT

Sekapur sirih. Dalam pengukuran perlulah disepakati suatu acuan (referensi) tempat semua sudut diacu. Terdapat berbagai macam referensi sudut bergantung pada pilihan yang disepakati berdasarkan tujuan-tuan pengukuran. Sementara itu, sudut merupakan bagian penting yang perlu dipahami oleh calon surveyor. Terdapat berbagai macam konsep dan metoda memperoleh sudut horisontal maupun vertikal dalam pengukuran. Terkait dengan hal itu, pada kegiatan belajar ini akan dibahas tentang arah dan sudut, sudut kanan dan defleksi, metode pengukuran sudut horisontal, sudut vertikal, dan terakhir kesalahan kolimasi.

Standar kompetensi. (1) taruna mampu membedakan berbagai jenis asimut dan bearing (2) mampu membedakan berbagai macam sudut dan menghitung kesalahan kolimasi.

Indikator. (1) taruna mampu membuat sketch berbagai jenis bearing dan asimut, mampu menghitung konversi antar bearing atau asimut, mampu menjelaskan konsep dan asimut geodetis dan asimut astronomis, dan (2) mampu menjelaskan arah dan sudut, mampu menjelaskan cara-cara pengamatan sudut sembarang, dinolkan atau diset asimut dan mampu menyebutkan kelebihan dan kelemahannya, mampu membedakan sudut kanan dan sudut defleksi, mampu menyebutkan berbagai variasi pengukuran sudut berbagai, mampu menyusun urutan pengukuran dan menghitung pengukuran sudut serirangkap dalam formulir hitungan poligon, mampu menganalisis hasil ukuran sudut, mampu membedakan sudut vertikal posisi biasa dan luar biasa, mampu menghitung kesalahan kolimasi baik vertikal maupun horisontal.

A. Bearing dan Asimut

Dalam survei, seringkali ditentukan garis referensi tetap yang dengannya semua garis survei diacu. Garis seperti itu dinamakan meridian. Oleh Schmidt (1978), meridian dibedakan menjadi: meridian magnetis, meridian-sebenarnya (*true meridian*), meridian grid dan meridian asumsi (*assumed meridian*). Sementara itu Duggal (1996) menyebut istilah lain: meridian sembarang (*arbitrary meridian*) yang mirip dengan meridian asumsi.

Sudut-sudut yang terbentuk dan terreferensi pada meridian dinamakan bearing atau dengan kata lain, meridian adalah arah acuan yang darinya bearing ditentukan. Bearing adalah sudut horisontal antara meridian-referensi dan garis survei yang diukur searah atau berlawanan arah jarum jam. Bearing suatu garis ada yang didapatkan sebagai bearing lingkaran penuh (asimut), bearing-kuadrantis (*reduced bearing*) dan bearing-grid (dalam survei geodesi). Beberapa pengertian lain yang perlu dipahami, yaitu:

1. Meridian-sebenarnya (*true meridian*) adalah garis hasil perpotongan antara permukaan bumi dan bidang yang menghubungkan suatu titik, kutub utara dan kutub selatan bumi. Arah meridian-sebenarnya dari suatu titik di permukaan bumi tidaklah bervariasi; selalu sama. Sifat ini sangat penting dalam survei yang luas, dalam hal menghemat waktu ketika menemukan arah garis selama penetapan tempat titik (lokasi) akhir dan pekerjaan rekonstruksi. Pada lokasi yang berbeda, meridian-sebenarnya ini arahnya tidak paralel tetapi konvergen di kutub. Namun demikian, untuk survei yang tidak begitu luas, meridian-sebenarnya ini dianggap paralel satu dengan lainnya. Adapun cara penentuan arahnya pada suatu stasiun dilakukan dengan pengamatan astronomis.
2. Bearing-sebenarnya (*true bearing*) adalah sudut horisontal yang diukur searah jarum jam antara meridian-sebenarnya dan garis yang ditentukan.
3. Meridian-grid adalah meridian-referensi suatu negara yang ada pada peta survei negara bersangkutan. Meridian-tengah dianggap sebagai meridian-referensi, sementara itu meridian lainnya dianggap sejajar dengan meridian-tengah itu.



Gb.V.1. Kompas

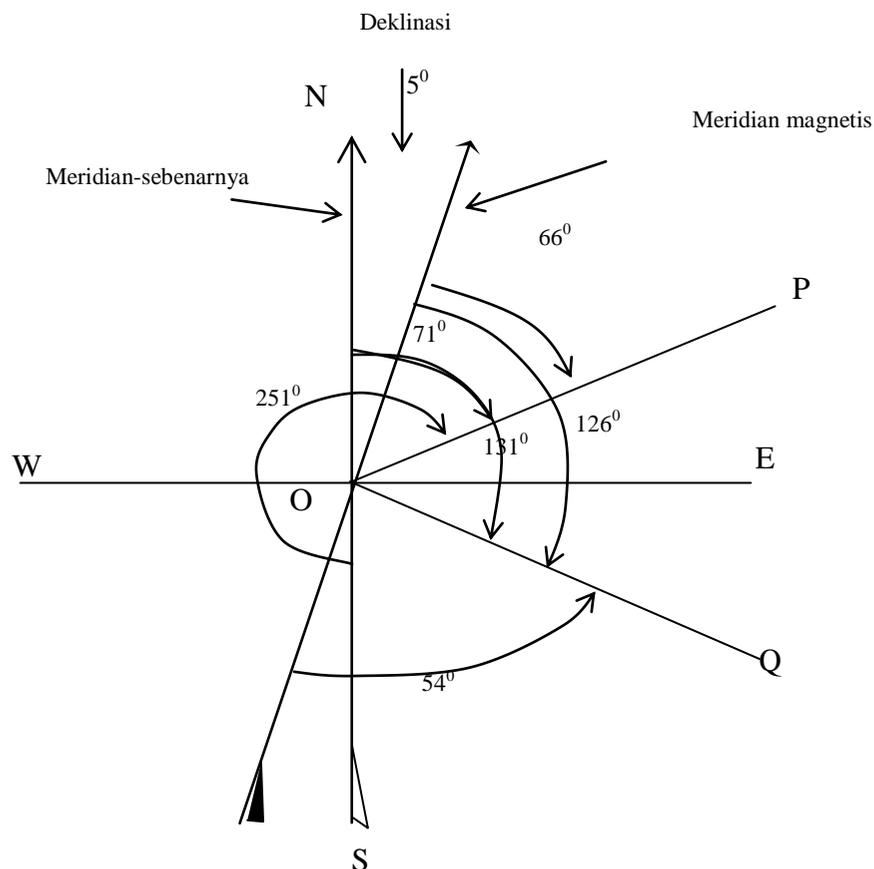
4. Bearing-grid adalah sudut horisontal yang dibuat oleh garis tertentu dan meridian-grid referensi itu.

5. Meridian-magnetis adalah arah yang ditunjukkan oleh jarum kompas secara bebas dan imbang dalam kondisi tanpa pengaruh atraksi lokal. Atraksi lokal adalah gangguan pada jarum magnet akibat pengaruh gaya-gaya luar karena adanya material-material magnetis misalnya pipa

besi, struktur bangunan besi, rel kereta, kabel, bahan tambang besi, rantai dsb, yang semua itu menyebabkan penyimpangan jarum magnet dari posisi normalnya. Letak kutub magnet selalu berubah secara konstan, jadi arah meridian magnet ini selalu berubah pula. Namun demikian, meridian magnet ini dapat digunakan sebagai referensi pada survei yang tidak menuntut ketelitian tinggi. Gambar V.1 menunjukkan salah satu model kompas.

6. Bearing-magnetis adalah sudut horisontal yang dibentuk oleh garis tertentu dan meridian-magnetis. Besarnya bervariasi secara temporal.
7. Meridian-sembarang adalah arah yang dipilih dari stasiun survei terhadap objek permanen yang terdefinisikan dengan baik. Garis pertama survei seringkali ditetapkan sebagai meridian-sembarang ini.
8. Bearing-sembarang adalah sudut horisontal yang dibentuk oleh garis tertentu dan meridian-sembarang.
9. Meridian-asumsi adalah arah yang dipilih dengan pertimbangan kecocokan dan kepraktisan untuk keperluan survei tertentu atau bersifat lokal.
10. Deklinasi jarum magnet adalah penyimpangan arah jarum magnet terhadap meridian-sebenarnya. Deklinasi bisa mengarah ke timur atau barat bergantung pada posisi kutub utara nya ada di timur atau barat meridian sebenarnya.

Menurut Wongsocitro (1980) dinyatakan bahwa sudut jurusan adalah sudut yang terbentuk dimulai dari arah utara, berputar searah jaru jam dan diakhiri pada jurusan yang bersangkutan pada salib sumbu kartesian. Pengertian ini mirip dengan asimut-grid



Gb. V.2. Bearing dan asimut

Dari gambar V.2, bearing magnetis OP adalah N 66° E dan OQ adalah S 54° E. Besarnya bearing tidak lebih dari 90° . Diasumsikan besarnya deklinasi jarum magnet terhadap meridian-sebenarnya adalah 5° . Dengan demikian, bearing-sebenarnya OP adalah N 71° E dan OQ adalah S 49° E. Istilah yang lebih umum yang menggambarkan besarnya sudut searah jaru jam ini adalah asimut. Jadi asimut OP adalah 71° . Besarnya asimut ini antara $0^{\circ} - 360^{\circ}$, dengan demikian asimut OQ adalah 131° . Terkadang survei tertentu mendasarkan asimut pada arah selatan. Tapi pada buku ini,

asimut didasarkan pada arah utara. Jadi, asimut suatu garis adalah sudut searah jarum jam yang terbentuk dari arah utara dari meridian yang ditetapkan.

Dalam referensi bacaan lain dikatakan bahwa arah menjadi bearing jika dihubungkan dengan beberapa origin, dengan kata lain jika skala nol arah tersebut dihubungkan dengan utara (*north*), atau datum-datum lain yang diambil sebagai origin. Origin ini disebut asimut. Asimut diistilahkan untuk dua pemahaman yang berbeda (Cavill, 1995), pertama sebagai origin dari suatu sistem bearing, atau sebagai arah yang dikaitkan dengan utara-sebenarnya. Pengertian ini membingungkan, tapi umumnya *asimut survey* adalah origin untuk bearing tertentu, dan **asimut suatu garis** adalah bearing sebenarnya dari garis itu.

Asimut atau garis datum nol, bagi bearing sering juga disebut *North*, yang macamnya antara lain:

1. Utara sebenarnya; didasarkan pada pengamatan astronomi
2. Utara magnetis: dari pengamatan kompas, berbeda beberapa derajat dengan utara sebenarnya
3. Utara grid: didasarkan pada proyeksi peta tertentu dan sering berbeda beberapa menit dengan utara sebenarnya
4. Utara teradopsi: diambil atas dasar persetujuan
5. Origin terasumsi: merupakan arah yang sesuai dengan tujuan survei, disebut sebagai nol dan digunakan sebagai datum semua garis.

B. Asimut geodetis

Asimut geodetis dari titik P ke Q pada ellipsoid didefinisikan sebagai sudut yang terbentuk dari dua bidang, keduanya mengandung komponen *normal* elipsoid pada P, salah satunya mengandung kutub utara ellipsoid dan satu lainnya mengandung titik Q. Sudutnya diukur searah jarum jam. Asimut ini direferensikan pada utara ellipsoid dan normal ellipsoid pada P, oleh sebab itu disebut asimut geodetis (Hoar, tanpa tahun). Asimut geografis sering juga dimaksudkan untuk asimut geodetis ini.

C. Asimut astronomis

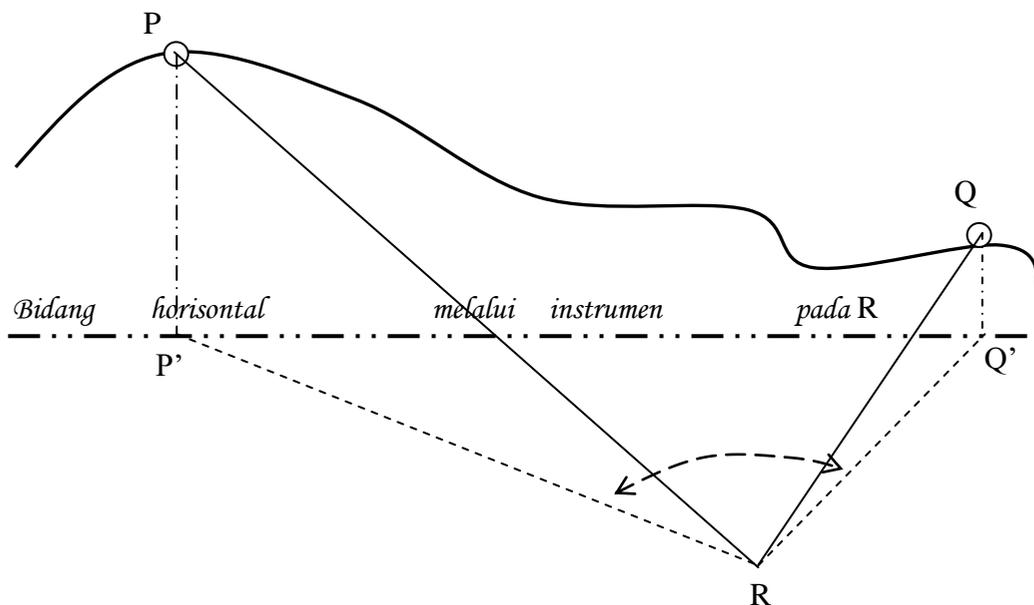
Mirip dengan asimut geodetis, asimut astronomis dari titik P ke Q didefinisikan sebagai sudut yang terbentuk dari dua bidang, keduanya mengandung komponen vertikal pada P, salah satunya mengandung kutub langit utara dan satu lainnya mengandung titik Q (Hoar, tanpa tahun). Terdapat penyimpangan antara normal ellipsoid terhadap normal geoid, penyimpangan ini disebut defleksi vertikal.

Hasil pengamatan matahari merupakan asimut astronomis atau sering juga disebut asimut matahari.

D. Pengukuran Sudut

Teodolit adalah instrumen yang digunakan untuk membaca *arah* pada suatu bidang horisontal dan kemiringan (*inklinasi*) pada suatu bidang vertikal.

Perbedaan-perbedaan arah beberapa titik yang diamati terbaca dalam skala horisontal. Sudut-sudut yang terbentuk dari beberapa titik tersebut dihitung dari bacaan arah-arah ini. Penting untuk dipahami, sudut yang terbentuk pada bidang horisontal seperti yang terlihat pada gambar V.3. berikut ini:



Gb.V.3. Sudut pada bidang horisontal

Jika arah ke titik P dan Q dibaca dari titik R, sudut horisontal yang terbentuk dirumuskan $P'RQ'$, sudut horisontal yang melalui R bukanlah sudut PRQ. Konsep ini sangat mendasar untuk memahami cara kerja teodolit. Jika sumbu vertikal teodolit benar-benar vertikal, semua sudut yang dihitung adalah sudut-sudut pada bidang horisontal melalui sumbu horisontal instrumen.

Inklinasi vertikal dibaca pada skala dikaitkan dengan vertikal-sebenarnya baik melalui nivo (*spirit-level*) atau pun kompensator otomatis yang dipasang pada skala. Beberapa instrumen dilengkapi gelembung pada teleskopnya.

Teodolit lama dalam mengamati sudut dihitung dari dua titik pada skala, kesalahan-kesalahan penghitungan tidaklah terkait dengan besarnya sudut. Teodolit elektronik membaca sudut secara bertahap (inkremental), karena itu olehnya diukur sudut putaran antar titik-titik. Secara teoritis, kesalahan-kesalahan dalam penghitungan sudut bergantung pada besarnya sudut. Namun demikian, pabrik telah membuat kontrol kesalahan ini secara ketat dan pengecekan-pengecekan pengukuran konstanta menghilangkan kesalahan ini.

Derajat ketelitian pembuatan teodolit akan mempengaruhi ketelitian dan akurasi hasil-hasil yang didapatkan. Tetapi, dalam konteks yang lebih luas, hasil-hasil bergantung pada ketangkasan dan pengalaman pengamat, khususnya kehati-hatian dalam pengamatannya.

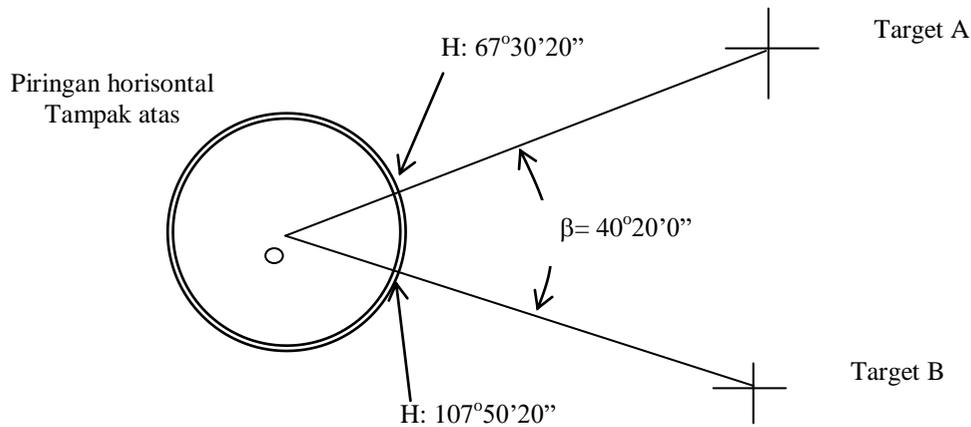
Umumnya, sudut tidaklah diukur secara langsung tetapi dihitung (*deduced*) dari pengukuran arah-arah. Secara praktis sudut diturunkan dari selisih antara dua arah.

Jika teodolit, atau instrumen ukur arah lainnya, didirikan pada suatu titik dan dibidikan pada target-target, arahnya dapat dibaca dengan skala tertentu atau sering juga disebut bacaan.

Contoh ,

Gb V.4 merupakan kenampakan piringan horisontal teodolit dari pandangan atas. Oleh Izul teodolit diarahkan ke titik A, diperoleh arah dengan bacaan horisontal

$67^{\circ}30'20''$ dan diarahkan ke titik B diperoleh bacaan horizontal $107^{\circ}50'20''$, maka $\angle AOB$ adalah $\beta = 107^{\circ}50'20'' - 67^{\circ}30'20'' = 40^{\circ}20'0''$.



Gb V.4. Sudut dari dua arah

Penting diperhatikan bahwa pada saat memutar teodolit dari target A ke target B harus penuh kehati-hatian jangan sampai piringan horisontal tergerakkan, misalnya dengan tanpa sengaja memutar kenop penggerak lingkaran [23] atau membuka klem limbus. Jika ini terjadi, hitungan sudut yang dibentuk dari dua bacaan tadi tidak lagi benar.

Selain itu, arah putaran teodolit ke kanan atau ke kiri harus pula diperhatikan karena arah putaran ini berpengaruh terhadap kemungkinan terjadinya kesalahan-kesalahan pada bagian-bagian instrumen yang telah dijelaskan pembahasan bagian teleskop di halaman depan.

Sering, dalam menselisihkan dua bacaan dihasilkan sudut negatif. Berikut diberikan contoh pada kasus yang sama seperti gambar V.4.

Contoh,

Dibidik oleh Fikar target A, bacaan horizontalnya: $340^{\circ}20'50''$ dan bacaan horizontal target B: $20^{\circ}40'50''$. Maka $\angle AOB$ atau $\beta = 20^{\circ}40'50'' - 340^{\circ}20'50'' = -319^{\circ}40'0'' + [360^{\circ}] = 40^{\circ}20'0''$. Jadi, jika selisihnya negatif, hasilnya ditambahkan 360° .

Sering dalam praktek, bacaan target A diset nol $0^0 0' 0''$ oleh pengamat. Cara mengesetnya dijelaskan pada pembahasan tentang seting bacaan horisontal. Dengan demikian $\angle AOB$ atau $\beta =$ bacaan horisontal di target B. Kelebihan cara ini yaitu memudahkan penghitungan dan memperkuat kontrol kesalahan karena bacaan target B sekaligus sebagai sudut yang terbentuk.

Contoh,

Setelah pringan horisontal diset nol ke target A, dibidik target B, bacaan horisontalnya $40^0 20' 10''$, maka $\angle AOB = 40^0 20' 10'' - 0^0 0' 0'' = 40^0 20' 10''$.

Selain mengeset nol, jika diketahui asimut OA dari hasil pengukuran sebelumnya atau dari penghitungan koordinat O dan A yang telah diketahui, arah OA diset sebesar asimut itu.

Contoh,

Diketahui asimut OA = $45^0 50' 40''$, bacaan horisontal teodolit diset sebesar bacaan itu ke arah A, kemudian dibidik target B dengan bacaan horisontal = $86^0 10' 5''$, maka $\angle AOB = 86^0 10' 5'' - 45^0 50' 40'' = 40^0 20' 5''$.

Jadi, ada tiga cara dalam mengarahkan pada target pertama (A) atau *reference object* (R.O) atau *backsight*, yaitu :

1. membidik apa adanya (sembarang)
2. mengeset sebesar nol
3. mengeset sebesar asimut yang diketahui

$\angle AOB$ yang terbentuk dengan tiga cara itu hampir sama, selisihnya hanya karena ketelitian pengukuran.

Ketiga cara itu masing-masing mempunyai keuntungan dan kerugian (tabel V.1). Keuntungan cara sembarang, pengambilan data ukuran di lapangan bisa berlangsung dengan cepat. Kerugiannya, kontrol data lapangan lemah karena sudut yang terbentuk harus dihitung dari selisih dua arah dengan angka bervariasi. Keuntungan cara kedua, kontrol data lapangan kuat karena bacaan horisontal sekaligus sebagai $\angle AOB$. Kerugiannya, pekerjaan lapangan menjadi agak lambat karena tiap kali instrumen berdiri

diset $0^{\circ} 0'0''$ ke titik A sebagai referensi. Keuntungan cara terakhir, hitungan menjadi cepat karena bacaan horisontal sekaligus sebagai asimut. Kerugiannya, kerja lapang paling lambat karena perlu diketahui asimut R.O terlebih dahulu.

Tabel V.1.. Kelebihan dan kelemahan seting bacaan horisontal

Cara	Keuntungan	Kerugian
Sembarang	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kerja lapang cepat: tidak perlu diketahui koordinat referensi dan tidak perlu seting bacaan 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kontrol data lapangan lemah : sudut yang terbentuk harus dihitung
Set nol	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kontrol data lapangan kuat: bacaan horisontal sekaligus sebagai sudut 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kerja lapang agak lambat: tambahan proses seting nol ke RO
Set asimut	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hitungan paling cepat : bacaan horisontal sekaligus sebagai asimut 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kerja lapang paling lambat : perlu diketahui asimut R.O

Dari ketiga cara itu, cara terbaik bergantung pada kebiasaan surveyor. Penulis sarankan digunakan cara kedua mengingat kesesuaiannya dengan cara seri rangkap yang akan diterangkan kemudian.

E. Sudut kanan dan sudut defleksi

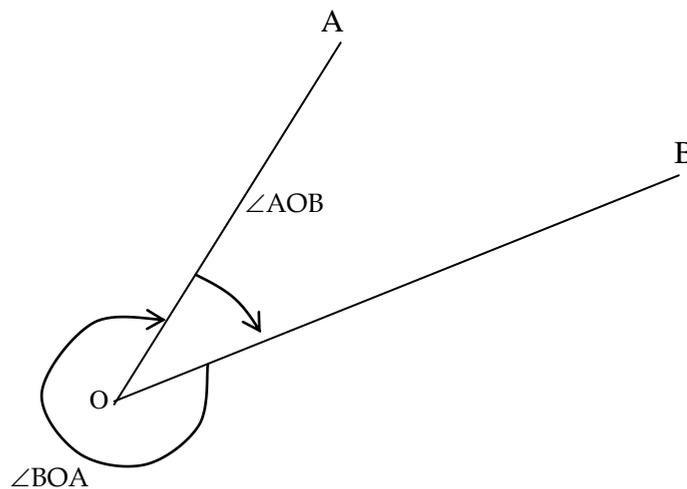
Sudut dibentuk oleh dua garis bidik yang saling berpotongan. Garis AO dan BO berpotongan di titik O. Saat ini masih banyak instrumen ukur yang sudutnya bergraduasi searah jarum jam, dan sebagai konvensi maka sudut-sudut digambarkan searah jarum jam. Oleh karena itu, sudut lancip pada gambar tersebut disebut sebagai sudut AOB sedangkan sudut tumpulnya disebut sudut BOA. Jika konvensi ini diikuti, tidaklah akan ada kesalahpahaman berkenaan dengan sudut ini.

Jika diketahui bacaan horisontal (Hz) ke A dan ke B, $\angle AOB$ dan $\angle BOA$ dihitung sebagai berikut,

$$\angle AOB = \text{Bacaan Hz B} - \text{Bacaan Hz A} + [360^{\circ}]$$

$$\angle BOA = \text{Bacaan Hz A} - \text{Bacaan Hz B} + [360^0]$$

Angka 360^0 sebagai pilihan, ditambahkan jika hasil pengurangannya kurang dari nol atau negatif. Nampak, dapat dipahami kedua sudut itu membentuk lingkaran atau $\angle AOB + \angle BOA = 360^0$



Gb.V.5. Sudut AOB dan BOA

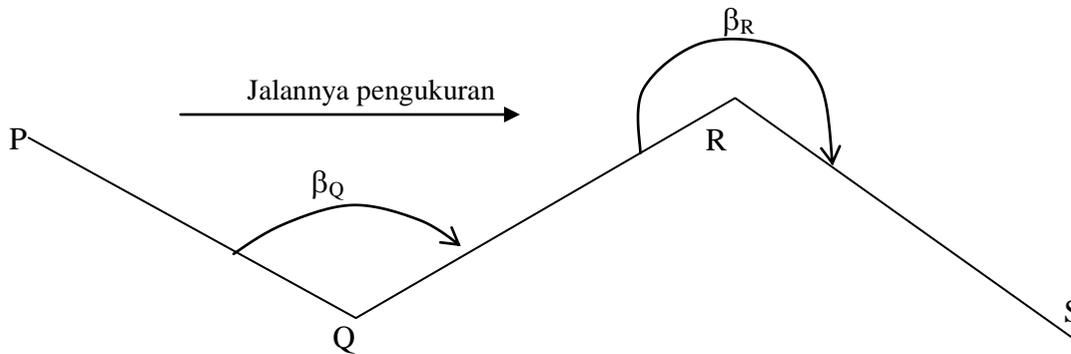
Sudut kanan. Baik $\angle AOB$ mau pun $\angle BOA$ (Gambar 50) disebut juga sudut kanan (*angle to the right*) yaitu sudut searah jarum jam yang terbentuk dari garis belakang ke garis depan. Besarnya 0^0 s.d 360^0 .

Dalam penghitungan, tidak diperkenankan menghindari hasil negatif dari selisih dua bacaan itu, misalnya pada contoh. Dibidik oleh Fikar, target A bacaan horisontalnya $340^020'50''$ dan target B dengan bacaan horisontal $20^040'50''$. Untuk menghitung $\angle AOB$ bukan $340^020'50'' - 20^040'50'' = 319^040'0''$. Hitungan yang betul seperti contoh di atas.

Sering juga terjadi salah paham, bahwa penghitungan sudut dihitung atas dasar waktu, artinya titik yang dibidik kemudian dikurangi titik yang dibidik sebelumnya atau sebaliknya. Pemahaman ini membingungkan. Akan lebih baik dipahami, sudut yang dibentuk adalah selisih bacaan horisontal target dikurangi bacaan horisontal titik referensi (R.O)

$$\text{Sudut} = \text{Bacaan Hz Target} - \text{Bacaan Hz R.O} + (360^0)$$

Dalam kasus di atas titik A diasumsikan sebagai R.O.



Gb.V.6. Sudut kanan pada poligon

Dalam pengukuran *traverse* atau poligon seperti Gb. V.6 arah ukuran dari P menuju S, dapat dijelaskan sebagai berikut,

Alat berdiri di titik Q

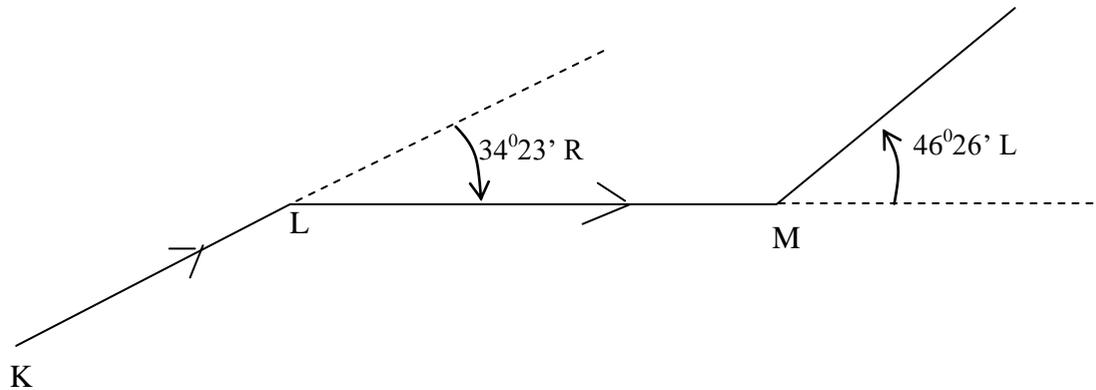
- RO adalah titik P
- $\beta_Q = \angle PQR = \text{Bacaan Hz R} - \text{Bacaan Hz P} + (360^0)$
- Jika R.O diset nol, $\beta_Q = \angle PQR = \text{Bacaan Hz R}$

Alat berdiri di titik R

- RO adalah titik Q
- $\beta_R = \angle QRS = \text{Bacaan Hz S} - \text{Bacaan Hz Q} + (360^0)$
- Jika R.O diset nol, $\beta_R = \angle QRS = \text{Bacaan Hz S}$

Sudut defleksi. Selain sudut kanan, dikenal juga sudut defleksi yaitu sudut -searah atau berlawanan jarum jam- yang terbentuk antara perpanjangan garis belakang (sebelumnya) dengan garis yang bersangkutan. Sudut ini harus diidentifikasi arah

putarannya, disebut kanan jika searah jarum jam dan disebut kiri jika berlawanan arah jarum jam (gambar V.7).



Gb. V.7. Sudut defleksi

F. Metoda pengukuran sudut horisontal

Pengukuran sudut horisontal antara dua buah target merupakan pengukuran paling sederhana dalam *traverse*. Karena hanya ada dua target, pengukuran relatif singkat, dengan demikian kesalahan residual akibat kevertikalan sumbu dan naik turunnya statif (*twisting*) secara praktis dihindarkan. Untuk pengukuran yang teliti, umumnya pengamatan dilakukan dalam dua posisi; *biasa* dan *luarbiasa*; dan dihitung rata-rata keduanya. Setelah setting bacaan nol pada target R.O (*reference object*), atau pada bearing yang telah ditentukan, urutan-urutan pengukurannya sebagai berikut:

- 1) Posisi *biasa*. Putar searah jarum jam. Amati target-kiri (R.O)
- 2) Posisi *biasa*. Putar searah jarum jam. Amati target-kanan
- 3) Posisi *luarbiasa*. Putar berlawanan arah jarum jam. Amati target-kanan
- 4) Posisi *luarbiasa*. Putar berlawanan arah jarum jam. Amati target- kiri (R.O)

Pengamatan ini lengkap satu set atau umumnya disebut satu seri rangkap. Pada metoda ini diperoleh empat bacaan horisontal dan dua sudut. Sudut yang digunakan untuk hitungan adalah rata-ratanya. Jadi, jika diamati n seri rangkap diperoleh $4n$ bacaan horisontal dan $2n$ sudut baik pada posisi *biasa* maupun *luarbiasa*.

Jika diinginkan pengamatan yang lebih akurat, beberapa seri tambahan dapat dilakukan. Seri kedua dapat dilakukan dengan mengubah bidikan R.O menjadi 90° . Jika empat seri pengamatan, perubahan bidikan R.O-nya menjadi 0° , 45° , 90° , 135° . Dengan kata lain, jika n set pengamatan dikehendaki, perubahan bidikan R.O-nya berubah dengan interval $180^\circ / n$. Jika mengubah bidikan R.O, bacaan menit dan detiknya juga harus diubah.

Dalam triangulasi dan pekerjaan koordinat polar, umum diukur beberapa target sekaligus dari satu stasiun. Urutannya sama seperti yang dijelaskan di atas kecuali dengan tambahan beberapa target, sebagai berikut:

Biasa. Putar searah jarum jam. Amati target-target: 1 (RO), 2, 3, 4, 5, ...n.

Luarbiasa. Putar berlawanan arah jarum jam. Amati target-target dengan urutan terbalik: 5, 4, 3, 2, 1 (RO). Pengamatan ini lengkap satu set.

Jika diinginkan pengamatan yang lebih akurat, beberapa set tambahan dapat saja dilakukan, seperti yang telah diterangkan di atas.

Mungkin diinginkan setiap setengah set berakhir pada RO. Dalam kasus ini, setengah set pertama, *Biasa*, putar searah jarum jam, yang urutannya akan menjadi: 1 (RO), 2, 3, 4, 5, ..., n, 1 (RO). Setengah set ke dua-nya adalah *luarbiasa*, putar berlawanan arah jarum jam, yang urutannya akan menjadi: 1 (RO), 5, 4, 3, 2, 1 (RO). Hasil hitungan diratakan dan setiap perbedaan yang terjadi pada pembacaan R.O diratakan dalam keseluruhan set itu. Jika nivo tabung bergeser selama waktu pengukuran, pembetulan kembali dapat dilakukan pada akhir setengah set, jangan pernah meratakan ditengah-tengah waktu pengamatan setengah set.

1. Pengukuran sudut poligon

Pengukuran sudut dapat dilakukan dengan metoda seri rangkap. Jika teodolit didirikan di titik 2 pada poligon, metoda ini mempunyai urutan sebagai berikut:

- a. *Setting* teodolit di titik 2; Posisikan teodolit posisi biasa, yaitu lingkaran vertikal ada di sebelah kiri pengamat;
- b. Bidik target referensi yaitu titik 1, dan set bacaan horisontal $0^0'0''$;
- c. Putar teodolit searah jarum jam, bidik titik target 3, baca dan catat bacaan horisontalnya;

- d. Putar balik posisi teodolit menjadi posisi luar biasa;
- e. Bidik kembali target titik 3, dan baca dan catat bacaan horisontalnya;
- f. Putar teodolit berlawanan jarum jam, bidik titik target 1, baca dan catat bacaan horisontalnya.

Satu rangkaian tahapan di atas dinamakan satu seri rangkap. Jika dikehendaki dua seri rangkap, tahapan a dimulai lagi dengan seting bacaan horisontal $90^0 0' 0''$. Jika dikehendaki tiga seri rangkap, urutan seting bacaan horisontal tahap a pada tiap seri adalah $0^0 0' 0''$, $60^0 0' 0''$ dan $120^0 0' 0''$. Secara umum, interval bacaan horisontal untuk setiap seri pada target referensi adalah $180^0/s$; dalam hal ini s adalah jumlah seri yang dikehendaki.

Tabel V.2. hasil pengukuran sudut dua seri rangkap

St	Target	Horisontal		Sudut		Ket
		Biasa	Luarbiasa	Biasa	Luarbiasa	
1	1	$0^0 0' 0''$	$180^0 0' 20''$			
2	3	$150^0 33' 20''$	$330^0 33' 30''$	$150^0 33' 20''$	$150^0 33' 10''$	Seri I
1	1	$90^0 0' 0''$	$269^0 59' 50''$			
2	3	$240^0 33' 10''$	$60^0 33' 20''$	$150^0 33' 10''$	$150^0 33' 30''$	Seri II

Urutan pekerjaan pengukuran dua seri rangkap seperti ditunjukkan pada arah panah 1 sampai dengan 6 (tabel 3). Angka $0^0 0' 0''$ adalah hasil seting bacaan horisontal sebagai awal seri pertama. Seri pertama dimulai dengan panah 1 dan diakhiri dengan panah 3. Seri kedua dimulai dengan panah 4 dan diakhiri dengan panah 6. Angka $90^0 0' 0''$ adalah hasil seting bacaan horisontal sebagai awal seri kedua. Selanjutnya dihitung sudut dari data ukuran bacaan horisontal tersebut.

Hitungan tiap tiap sudut:

Sudut biasa,

$$150^0 33' 20'' - 0^0 0' 0'' = 150^0 33' 20''$$

$$330^0 33' 30'' - 180^0 0' 20'' = 150^0 33' 10''$$

Sudut luar biasa,

$$240^{\circ}33'10'' - 90^{\circ}0'0'' = 150^{\circ}33'10''$$

$$60^{\circ}33'20'' - 269^{\circ}59'50'' = -209^{\circ}26'30'' + [360^{\circ}] = 150^{\circ}33'30''$$

Sudut titik 2 adalah rata-rata dari keempat sudut tersebut,

$$\beta_2 = (150^{\circ}33'20'' + 150^{\circ}33'10'' + 150^{\circ}33'10'' + 150^{\circ}33'30'') : 4 = 150^{\circ}33'17,5''$$

2. Analisis data ukuran sudut

Analisa data ukuran poligon dilakukan pada saat pengukuran dilaksanakan, di antaranya adalah analisis data ukuran sudut, dengan maksud untuk menghindari kesalahan kasar dapat dilakukan dengan cara :

- a. Membandingkan bacaan arah biasa dan luar biasa. Kesalahan ini diakibatkan kesalahan kolimasi. Dalam hal ini, jika tanpa kesalahan besarnya arah luar biasa (LB), yaitu $A_{LB} = A_B \pm 180^{\circ}$. Tetapi karena ada kesalahan pengukuran, maka besarnya arah luar biasa hanya akan mendekati arah biasa ditambah 180° .

Contoh ,

Selisih bacaan arah biasa dan luar biasa pada tabel 4 sebagai berikut : untuk menilai apakah data ukuran itu diterima atau tidak yaitu dengan dibandingkan ketelitian teodolit itu dengan kesalahan kolimasi horisontal. Kesalahan kolimasi dihitung sebagai separuh dari selisih B-LB. Pada Wild T-2 yang ketelitiannya $1''$, kesalahan kolimasi yang kurang dari $30''$ masih dapat diterima (dalam hal ini selisih bacaan B-LB kurang $01'$). Dengan asumsi ini, perbedaan B-LB dapat diterima jika masih kurang dari 60 kali ketelitian alatnya. Jika teodolit yang dipergunakan di atas memiliki ketelitian $5''$, toleransi yang diperbolehkan adalah $5'' \times 60 = 300'' = 5'$.

Tabel V.3. Analisis bacaan horisontal

target	B	LB	Selisih (B-LB)	Toleransi	Ket
1	0 ⁰⁰ '00"	180 ⁰⁰ '20"	+20"	±5'	Diterima
3	150 ⁰⁰ '33'20"	330 ⁰⁰ '33'30"	+20"	±5'	Diterima
1	90 ⁰⁰ '00"	269 ⁰⁰ '59'50"	-10"	±5'	Diterima
3	240 ⁰⁰ '33'10"	60 ⁰⁰ '33'20"	+10"	±5'	Diterima

Jika terdapat bacaan arah yang melebihi batas toleransi, bacaan itu disingkirkan atau dilakukan pengukuran ulang. Bisa jadi, kesalahan itu akibat kesalahan kolimasi alat sehingga penanganannya dengan terlebih dahulu mengoreksi alat tersebut dengan prosedur pengoreksian yang benar.

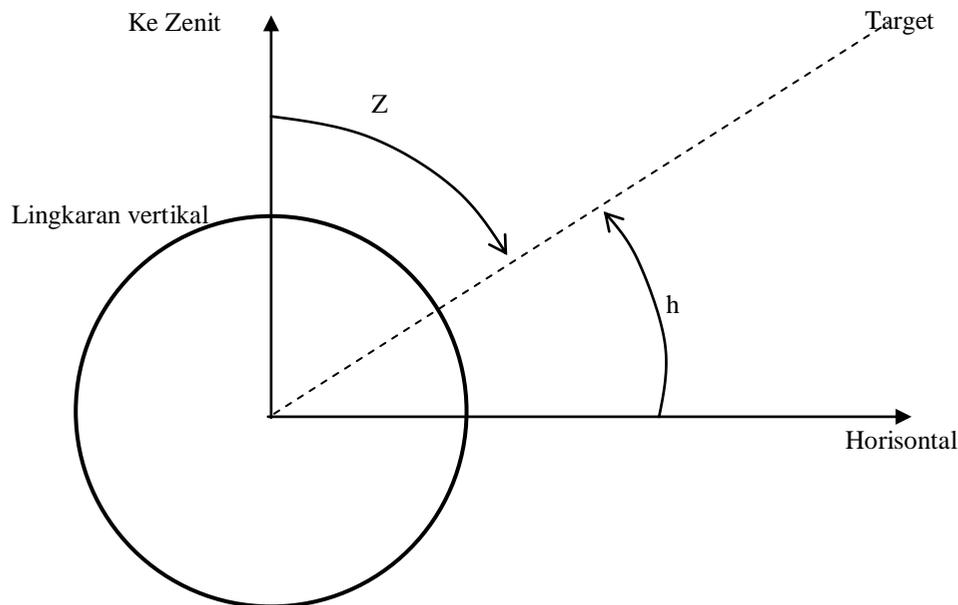
- b. Cara selanjutnya adalah membandingkan sudut biasa dan luar biasa. Sudut kanan yang dihasilkan pada tabel V.4 dapat dianalisa sebagai berikut,

Jika bacaan terkecil teodolitnya 10", ketelitian alat dihitung sebagai separuh dari *bacaan* terkecil, yang berarti 5". Toleransi dapat dihitung sebesar tiga kali ketelitian alat, dalam contoh ini adalah ± 15". Pada contoh di atas, selisih sudut B-LB adalah hanya 5" sedangkan toleransinya ± 15", maka hasil ukuran diterima. selisih sudut B-LB melebihi batas toleransi pengukuran ditolak dan dilakukan pengukuran ulang.

Tabel V.4 . Analisis sudut

Sta	Sudut biasa	Sudut luar biasa	Rata-rata	Selisih (B-LB)	Tol
2	150 ⁰⁰ '33'20"	150 ⁰⁰ '33'10"	150 ⁰⁰ '33'15"		
	150 ⁰⁰ '33'10"	150 ⁰⁰ '33'30"	150 ⁰⁰ '33'20"	5"	15"
			150 ⁰⁰ '33'17,5"		

G. Sudut vertikal



Gb. V.8. Sudut zenit, heling

Sudut vertikal adalah semua sudut yang terbentuk dari perpotongan dua bidang vertikal. Dalam ukur tanah, salah satu bidang vertikal yang digunakan adalah bidang horisontal, dan sudut vertikal suatu titik adalah sudut yang terbentuk antara bidang vertikal pada garis yang melalui titik tersebut dan bidang horisontal. Jika garis bidik terletak di atas bidang horisontal, sudut vertikalnya dinamakan sudut *elevasi*, yang mempunyai tanda positif. Jika garis bidik terletak di bawah bidang horisontal, sudut vertikalnya dinamakan sudut *depresi*, yang mempunyai tanda negatif. Terkadang, sudut vertikal ini disebut *altitude*, tandanya positif jika objek di atas horison dan negatif jika objek di bawah horison pengamat.

Sering dalam ukur tanah yang menggunakan teodolit, sudut vertikal direferensikan terhadap *plumb line* (garis unting-unting) yang diteruskan sampai zenit. Sudut vertikal ini dinamakan sudut zenit (*zenith distance*). Elevasi sebesar 30° sama dengan sudut zenit sebesar 60° · sudut vertikal -20° sama dengan sudut zenit 110° . Sudut vertikal identik dengan sudut miring (*heling*) dalam Wongsotjitra (1980).

Dari gambar V.8 dapat dirumuskan:

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

h: heling atau sudut vertikal (elevasi: + ; depresi : -)

Z: sudut zenit

Data bacaan lingkaran vertikal tidak langsung berupa *heling*. Oleh sebab itu, bacaan vertikal itu perlu dihitung terlebih dahulu untuk mendapatkan *heling*, yang caranya berbeda antara posisi *biasa* dan *luarbiasa*. Pada posisi biasa, bidang horisontal tepat pada angka 90° sedangkan pada posisi luarbiasa, bidang horisontal tepat pada angka 270° .

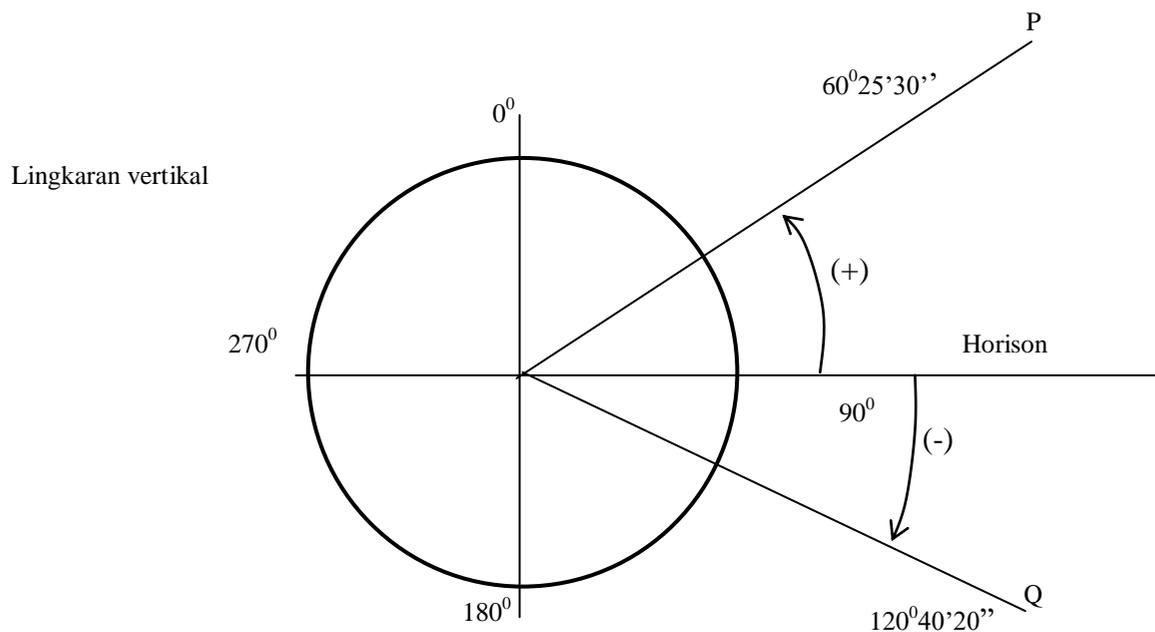
Dari gambar V.8 dan V.9 , *heling* dapat ditentukan sebagai berikut

Posisi *biasa* : $h = 90^\circ - V$

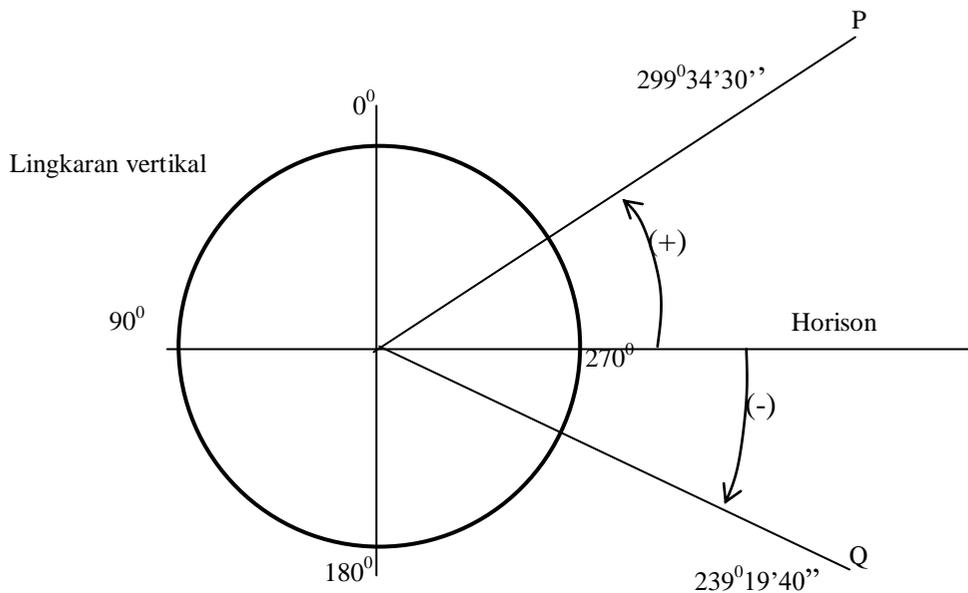
Posisi *luarbiasa* : $h = V - 270^\circ$

Keterangan,

V: bacaan lingkaran vertikal



Gb. V.9. *Heling* pada posisi *biasa*



Gb. V.10 . *Heling* pada posisi *luarbiasa*

Contoh,

Tabel V.5. Penghitungan *heling*

Sta	Target	Bacaan Vertikal (V)		Heling (h)	
		<i>Biasa</i> (B)	<i>Luar biasa</i> (LB)	<i>Biasa</i> (B)	<i>Luar biasa</i> (LB)
O	P	60°25'30'	299°34'20"	29°34'30"	29°34'20"
	Q	120°40'20"	239°19'30"	-30°40'20"	-30°40'30"

Heling pada titik yang sama besarnya hampir sama baik posisi *biasa* maupun *luarbiasa*. *Heling* akhir adalah hasil rata-rata posisi *biasa* dan *luar biasa*. Jadi *heling* titik P = 29°34'25", *heling* titik Q = -30°40'25".

H. Kesalahan kolimasi

1. Kesalahan kolimasi horisontal

Idealnya garis bidik tegak lurus sumbu I. Tetapi tidaklah demikian. Setiap penyimpangan dari sudut kanan dinamakan kesalahan kolimasi horisontal (c). Oleh pabrik kesalahan kolimasi ini dibuat sekecil mungkin, tetapi tidak bisa nol atau hilang sama sekali. Dengan pengamatan *biasa* dan *luarbiasa* serta menghitung rata-ratanya kesalahan ini akan tereliminir. Oleh sebab itu, tidak direkomendasikan untuk membuat kesalahan kolimasi itu nol, karena: pertama, memang tidak mungkin dan tidak perlu. Kedua, jika sekrup-sekrup pengoreksi (*adjustment*) tidak diset dengan benar –terlalu kuat atau lemah- teodolit tidak akan terkoreksi. Pelaksanaan pengoreksian itu sendiri rumit dan seharusnya hanya dilakukan jika sangat sangat diperlukan.

Cara untuk menghitung kesalahan kolimasi horisontal sebagai berikut,

Sebelumnya perlu diketahui bahwa selisih bacaan *biasa* dan *luarbiasa* seharusnya 180^0 . Hitungan koreksi direferensikan pada selisih itu. Misalnya titik P dibidik posisi *biasa*, bacaan horisontalnya $H_B = 48^014'53''$, teodolit diluarbiasakan, bidik kembali titik P, bacaan horisontal dibaca $H_{LB} = 228^013'47''$.

$$H_B - H_{LB} = 180^001'06'', \text{ maka } 2c = 180^0 - 180^001'06'' = -1'06'', c = -33''$$

$$H_B \text{ terkoreksi} = 48^014'53'' + (-33'') = 48^014'20''$$

$$H_{LB} \text{ terkoreksi} = 228^013'47'' - (-33'') = 228^014'20''$$

$$H_B \text{ terkoreksi} - H_{LB} \text{ terkoreksi} = 180^0$$

Pada teodolit T2, kesalahan kolimasi di bawah $30''$ masih bisa diterima. Pengoreksian hanya diberikan untuk kesalahan lebih dari $30''$.

2. Kesalahan indeks (kesalahan kolimasi vertikal)

Pada titik yang sama, jumlah bacaan vertikal *biasa* dan *luarbiasa*, besarnya mendekati 360^0 . Besarnya angka selisih terhadap 360^0 itu dua kali kesalahan indeks atau kesalahan kolimasi vertikal. Pada contoh (tabel 6) di atas kesalahan indeks kolimasi vertikal (c) dapat dihitung sebagai berikut:

$$V_B = 60^025'30'', \quad V_{LB} = 299^034'20'', \quad V_B + V_{LB} = 359^059'50''$$

$$2c = 360^0 - 359^059'50'' = 10'', \quad c = 5'', \text{ maka}$$

$$V_B \text{ terkoreksi} = 60^025'30' + (5'') = 60^025'35'$$

$$V_{LB} \text{ terkoreksi} = 299^034'20'' + (5'') = 299^034'25''$$

$$V_B \text{ terkoreksi} + V_{LB} \text{ terkoreksi} = 360^0$$

Jika kesalahan lebih dari 30'' disarankan untuk dilakukan koreksi instrumen dengan prosedur tertentu. Pada buku ini tidak diberikan langkah-langkahnya karena pengoreksian alat itu hanya bisa dilakukan oleh Surveyor yang telah mendalami peralatan survei secara profesional, kalau tidak pengoreksian justru akan merusak teodolit.

Latihan

1. Apa beda sudut dan arah!
2. Bedakan keuntungan dan kerugian seting bacaan horisontal ke titik R.O !
3. Jika dikehendaki 3 seri, pada angka berapakah R. O dibidik di tiap seri?
4. Hitung *heling* dan zenit, jika diketahui bacaan vertikal sebagai berikut $98^023'56''$, $79^050'30''$, $279^054'10''$ dan $267^017'20''$.
5. Misalnya titik P dibidik posisi B, bacaan horisontalnya $H_B = 48^013'53''$, teodolit diluarbiasakan, bidik kembali titik P, bacaan horisontal dibaca $H_{LB} = 228^012'47''$. Hitung kesalahan kolimasinya!
6. Perlukah kesalahan kolimasi horisontal dibuat nol? Mengapa?
7. Hitung kesalahan indeks pada tabel 3 untuk bidikan ke titik Q!
8. Untuk keperluan asimut awal, jika telah diketahui dua titik yang berkoordinat, apakah masih diperlukan pengukuran asimut?
9. Untuk keperluan pengembalian batas, asimut apa yang diperlukan?
10. Uraikan beberapa pendapat tentang konsep asimut!
11. Gambarkan sudut bearing N 70 W, N 30 E, S 50 W, S60 E
12. Gambarkan pula asimut dari arah utara soal no 5.

13. Jelaskan perbedaan asimut geodetis dan astronomis, sertai penjelasannya dengan gambar.
14. Jika diketahui bacaan vertikal 97° berapakah sudut elevasinya?
15. Jelaskan perbedaan helling, bacaan, arah, elevasi, depresi dan zenit.

Rangkuman

Sudut, umumnya diukur dari arah-arah, atau selisih dua arah. Jika didapatkan sudut sebagai selisih dua arah negatif, maka hasil itu ditambahkan dengan 360° .

Dalam pengukuran sudut, mengeset Reference Object nol derajat merupakan cara yang paling efektif daripada menset sembarang atau menset sebesar asimut.

Sudut kanan, paling sering digunakan dalam pengukuran poligon selain sudut defleksi tetapi keduanya bisa saling dikonversi.

Pada saat pengamatan sudut metoda n seri, bacaan RO setiap interval seri bergantung pada jumlah seri yang diamat; umumnya adalah $180^\circ / n$. Dalam pengukuran poligon, urutan pencatatan pada formulir perlu diperhatikan secara cermat oleh surveyor.

Analisis data ukuran poligon dapat dilakukan dengan membandingkan bacaan biasa dan luarbiasa dan menganalisisnya terhadap kesalahan kolimasi yang diperkenankan; cara selanjutnya yaitu dengan membandingkan sudut biasa dan luar biasa dan menganalisisnya menggunakan tiga kali bacaan terkecil teodolit.

Pada pengukuran sudut vertikal, hasil bacaan vertikal bukan langsung berupa sudut zenit maupun helling. Oleh sebab itu bacaan itu perlu dikonversi terlebih dahulu sesuai dengan rumus yang akan digunakannya.

Pada prinsipnya, kesalahan kolimasi, baik horisontal maupun vertikal, dapat dihitung dengan mudah. Namun cara mengeliminir kesalahan itu dengan pengoreksian teodolit merupakan pekerjaan rumit dan beresiko tinggi. Pada T-2 kesalahan kolimasi 30" masih dapat ditolerir.

Meridian adalah arah acuan darinya bearing ditentukan. Ada beberapa macam acuan meridian yaitu sebenarnya, magnetis, grid, sembarang dan asumsi. Pengertian sudut jurusan adalah sudut yang teracu pada sumbu Y kartesian. Asimut dipahami sebagai origin pada sistem bearing (north) atau sebagai arah dengan utara tertentu.

Asimut geodetis terdefiniskan pada ellipsoid yang salah satu unsurnya adalah utara ellipsoid, sedangkan asimut astronomis terdefinisi pada bola langit yang salah satu unsurnya adalah kutub utara langit.

Tes Formatif 5

1. Sudut dapat dihitung sebagai selisih bacaan horisontal target terhadap bacaan horisontal *reference object* (RO), jika diketahui bacaan horisontal ke RO $345^{\circ}20'50''$ dan bacaan horisontal ke target $40^{\circ}21'10''$ berapakah besar sudut kanan yang terbentuk?
 - a. $55^{\circ}0'20''$
 - b. $-304^{\circ}59'40''$
 - c. $304^{\circ}59'40''$
 - d. $-55^{\circ}0'20''$
2. Jika diketahui bacaan horisontal ke RO $0^{\circ}0'0''$ dan bacaan horisontal ke target $340^{\circ}56'50''$ berapakah besar sudut kanan yang terbentuk?
 - a. $-340^{\circ}56'50''$
 - b. $340^{\circ}56'50''$
 - c. $19^{\circ}3'10''$
 - d. $-19^{\circ}3'10''$
3. Jika diketahui asimut ke RO $10^{\circ}15'20''$ dan asimut ke target $340^{\circ}56'50''$ berapakah besar sudut kanan yang terbentuk?
 - a. $331^{\circ}18'30''$
 - b. $330^{\circ}41'30''$
 - c. $29^{\circ}19'30''$

- d. $-29^{\circ}19'30''$
4. Bacaan horisontal yang terbaca pada teodolit akan berupa asimut jika bidikan ke RO diset sebesar
- $0^{\circ}0'0''$
 - $90^{\circ}0'0''$
 - sembarang
 - asimut RO
5. Kontrol data paling rendah jika bidikan ke RO diset
- utara
 - asimut RO
 - sembarang
 - $0^{\circ}0'0''$
6. Pada pembidikan 3 seri rangkap, jumlah bacaan horisontalnya adalah
- 3 bacaan
 - 6 bacaan
 - 9 bacaan
 - 12 bacaan
7. Pada pembidikan 3 seri rangkap, jumlah sudut yang terhitung adalah
- 3 sudut
 - 6 sudut
 - 9 sudut
 - 12 sudut
8. Pada pembidikan 3 seri rangkap, setting RO seri yang kedua adalah
- $0^{\circ}0'0''$
 - $60^{\circ}0'0''$
 - $90^{\circ}0'0''$
 - $120^{\circ}0'0''$
9. Jumlah sudut zenith dan helling akan selalu sebesar

- a. $0^0'0''$
 - b. $60^0'0''$
 - c. $90^0'0''$
 - d. $180^0'0''$
10. Diketahui bacaan vertikal $92^030'10''$, berapakah besarnya helling
- a. $2^030'10''$
 - b. $92^030'10''$
 - c. $-2^030'10''$
 - d. $180^0'0''$
11. Diketahui bacaan vertikal $265^033'10''$, berapakah besarnya helling
- a. $4^026'50''$
 - b. $-4^026'50''$
 - c. $265^033'10''$
 - d. $5^033'10''$
12. Diketahui bacaan vertikal $275^033'10''$, berapakah besarnya helling
- a. $5^033'10''$
 - b. $-5^033'10''$
 - c. $275^033'10''$
 - d. $180^033'10''$
13. Selisih bacaan horisontal biasa dan luarbiasa akan selalu mendekati
- a. $0^0'0''$
 - b. $60^0'0''$
 - c. $90^0'0''$
 - d. $180^0'0''$
14. Suatu target dibidik, diperoleh bacaan horisontal posisi biasa $80^030'10''$ dan bacaan horisontal posisi biasa $260^030'20''$, maka kesalahan kolimasi horisontalnya adalah
- a. $0''$
 - b. $5''$
 - c. $-5''$

- d. 10"
15. Suatu target dibidik, diperoleh bacaan horisontal posisi biasa $80^{\circ}30'10''$ dan bacaan horisontal posisi biasa $260^{\circ}30'0''$, maka kesalahan kolimasi horisontalnya adalah
- 0"
 - 5"
 - 5"
 - 10"
16. Suatu target dibidik, diperoleh bacaan vertikal posisi biasa $89^{\circ}30'10''$ dan bacaan vertikal posisi biasa $270^{\circ}29'40''$, maka kesalahan kolimasi vertikalnya adalah Pusat tengah lingkaran tidak berimpit dengan pusat putaran teleskop, dinamakan
- 0"
 - 5"
 - 5"
 - 10"
17. Garis referensi tempat semua garis diacu disebut
- utara
 - sudut
 - meridian
 - paralel
18. Sudut yang terbentuk dari garis meridian dinamakan
- asimut
 - zenit
 - heling
 - bearing
19. Pengamatan asimut sebenarnya dengan cara
- magnetis
 - astronomis
 - terestris

- d. geodetis
20. arah yang ditunjukkan kompas adalah
- a. meridian magnetis
 - b. bearing magnetis
 - c. sudut magnetis
 - d. arah magnetis
21. gangguan pada jarum magnet akibat medan-medan magnet sekitar tempat survei dinamakan:
- a. multipath
 - b. asimut magnetis
 - c. atraksi lokal
 - d. noise
22. North atau utara adalah istilah lain untuk
- a. bearing
 - b. asimut survei
 - c. paralel
 - d. sudut
23. Utara yang didasarkan pada utara pada suatu sistem proyeksi peta tertentu disebut
- a. Utara sebenarnya
 - b. Utara terasumsi
 - c. Utara teradopsi
 - d. Utara grid
24. Pengamatan asimut matahari menghasilkan asimut:
- a. geodetis
 - b. geografis
 - c. magnetis
 - d. astronomis
25. Asimut yang besarnya selalu berubah

- a. Asimut sebenarnya
- b. Asimut magnetis
- c. Asimut astronomis
- d. Asimut terasumsi

26. Deklinasi magnetis adalah penyimpangan meridian magnet terhadap

- a. Meridian sebenarnya
- b. Meridian teradopsi
- c. Meridian sembarang
- d. $0^0'0''$

Umpan balik

Cocokkan jawaban Saudara dengan kunci jawaban tes formatif 5 yang ada pada halaman akhir modul ini. Hitunglah jawaban Saudara yang benar (B), hitunglah tingkat penguasaan Saudara dengan formula berikut ini:

$$\text{Tingkat penguasaan} = B / N (100\%)$$

N adalah jumlah soal

Contoh,

Jawaban yang benar 8, maka

$$\text{Tingkat penguasaan} = 8/10 (100\%) = 80\%$$

Jadi, penguasaan Saudara 80%

Jika penguasaan saudara sama dengan atau lebih dari 80%, Saudara dapat melanjutkan pada modul berikutnya. Jika penguasaan saudara yang benar kurang dari 80%, Saudara sebaiknya membaca kembali modul I di atas, utamanya bagian yang belum Saudara kuasai.

==

MODUL

VI

POLIGON TERTUTUP

Sekapur sirih. Pembuatan peta tidak terlepas dari pengadaan titik control. Salah satu metode yang paling populer dalam pengadaan titik control tersebut adalah metoda traverse. Pada metoda ini, dilakukan pengukuran sudut-sudut dan jarak. Poligon merupakan rangkaian bentuk jalur survey pada metoda traverse. Poligon bisa berbentuk tertutup ataupun terbuka. Pada modul ini, terlebih dahulu akan dibahas materi tentang poligon tertutup. Penulis berharap, para calon surveyor mempelajari modul ini dengan lebih serius dan tekun, khususnya berkenaan dengan cara-cara pengambilan data dan pengolahan data.

Standar kompetensi. Taruna mampu membedakan berbagai jenis poligon, mampu mengolah data ukuran poligon tertutup;

Indikatornya. Taruna mampu menjelaskan pengetahuan poligon, menjelaskan konsistensi jarak dan sudut, menghitung poligon tertutup secara benar, mampu melakukan pengukuran dan menganalisis hasil hitungan poligon.

POLIGON TERTUTUP

A. Pengertian poligon

Poligon adalah segi banyak yang sering digunakan dalam pengadaan kerangka dasar pemetaan karena sifatnya yang fleksibel dan kesederhanaan hitungannya. Fleksibel dalam arti bahwa pengukuran poligon dapat mengikuti berbagai bentuk medan pengukuran, mulai dari yang paling sederhana; misalnya berupa segitiga; sampai bentuk kompleks, misalnya segi n dengan variasi *loop* (n adalah jumlah sisi poligon yang tak terbatas). Hitungannya sederhana dalam arti bahwa seorang Surveyor dapat menghitung koordinat ukuran poligon hanya dengan menggunakan kalkulator dan pengetahuan matematis dasar setingkat SMU dan sedikit pelatihan. Namun, sering ditemui para Jururukur masih kurang terampil dan merasa sulit dalam penghitungan poligon ini padahal berbagai pelatihan-pelatihan terkait telah diikutinya.

Dalam arti kamus (Oxford, 1987), poligon adalah bidang yang terbentuk dari banyak garis-garis yang biasanya lebih dari lima. Dalam buku-buku teks tidak ada penulis yang mendefinisikan poligon secara khusus. Wongsoetjtro (1908) menggunakan istilah poligon pada pembahasannya tentang penentuan koordinat titik-titik suatu tempat dengan cara membuat segi banyak yang panjang dan terhubung satu sama lain. Sosrodarsono et.al (1997) menggunakan istilah poligon pada pembahasan pengukuran titik-titik kontrol sebagai bentuk jaring-jaring yang dibagi menjadi poligon bersambung dan poligon tertutup. Frick (1979) menggunakan istilah poligon dan membaginya secara lebih rinci menjadi berbagai jenis: terikat, lepas, poligon utama, dan poligon cabang.

Berbeda dengan ketiga penulis di atas yang tidak mendefinisikan poligon secara eksplisit, Brinker et.al (1996) mendefinisikan poligon secara lebih tegas sebagai serangkaian garis berurutan yang panjang dan arahnya telah ditentukan dari pengukuran. Menurutnya, pengukuran poligon merupakan pekerjaan menetapkan stasiun-stasiun poligon, dan membuat pengukuran-pengukuran yang perlu, dan merupakan cara yang paling dasar dan paling banyak dilakukan untuk menentukan

letak nisbi titik-titik. Olehnya, poligon dibagi menjadi poligon terbuka dan poligon tertutup.

Pada sebagian buku teks (Cavill,1995; Duggal, 1996; Schimdt et.al, 1978) tidak ditemukan istilah poligon. Namun materi yang serupa dengan penulis-penulis di atas, ada dalam pembahasan tentang *traverse*. Duggal (1996) menyatakan *traverse* berarti “melintas” yang dalam konteks pengukuran berarti penentuan jarak dan arah garis-garis terangkai yang dibedakan menjadi *traverse* tertutup dan *traverse* terbuka. Mirip dengan Duggal, Cavill (1995) mendefinisikan *traverse* sebagai sebuah bentuk geomeris yang arah-arah dan jarak-jaraknya telah diukur. Selain sebagai bentuk, Ia juga menyatakan *traverse* sebagai sebuah metode untuk penentuan serangkaian titik-titik dengan pengukuran arah dan jarak setiap titik secara berurutan, yang selanjutnya titik-titik itu dinamakan stasiun *traverse* dan sisi-sisinya dinamakan kaki-kaki *traverse*. Bentuk *traverse* dibagi menjadi *traverse loop*, berawal dan berakhir pada satu titik yang diketahui atau *traverse* yang berawal dan berakhir pada dua titik yang diketahui.

Selain pada buku teks, dalam Petunjuk Teknis PMNA/KBPN 3/97, istilah poligon digunakan sebagai salah satu metode terestrial dalam penentuan posisi titik di permukaan bumi. Sementara itu, metode terestris lain yang diperkenalkan oleh BPN adalah triangulasi, trilaterasi dan triangulaterasi yang telah jarang digunakan. Dalam PMNA/KBPN 3/97, istilah poligon dijumpai untuk penyebutan daftar isian (D.I) 103 sebagai form data dan ukuran poligon / detail, D.I. 104 sebagai form hitungan koordinat / poligon. Dalam upaya pengadaan titik-titik dasar teknik, utamanya orde 4, Surveyor Badan Pertanahan Nasional sering mengaplikasikan metode poligon. Ketentuan-ketentuan teknis berkaitan dengan poligon secara eksplisit diatur oleh BPN. Sebagai contoh dalam hal syarat minimal spesifikasi ketelitian teodolit/meteran yang digunakan, toleransi hasil ukuran sudut, toleransi kesalahan penutup sudut, toleransi kesalahan linear dan sebagainya.

Jadi, baik poligon maupun traverse merupakan kedua istilah yang identik. Bentuk poligon adalah bentuk *traverse*, metoda poligon adalah metoda *traverse*, pengukuran poligon adalah pengukuran *traverse*. Atas pertimbangan itu, dan dengan mencermati penggunaannya oleh praktisi-praktisi di Indonesia, istilah poligon lebih

sering digunakan sehingga, selanjutnya, dalam tulisan ini yang dimaksud poligon sama dengan *traverse*.

B. Konsistensi jarak dan sudut

Pengukuran poligon berupa pengukuran sudut dan jarak yang keduanya harus konsisten dalam hal ketelitiannya. Jelasnya, instrumen yang digunakan pada pengukuran jarak hendaknya memiliki ketelitian yang sepadan dengan instrumen sudutnya. Jika ketelitian kedua alat itu tidak sepadan, dikatakan pengukuran tidak konsisten. Pengukuran sudut poligon dengan teodolit ketelitian 5" haruslah dihitung kesepadanan instrumen pengukur jaraknya, jika akan diukur sisi-sisi poligon. Untuk menghitung kesepadannya itu digunakan cara (persamaan 1a atau 1b), sebagai berikut:

$$\sigma_{\theta} = \sigma_L / L \dots\dots\dots(1.a)$$

atau

$$\sigma_L = \sigma_{\theta} / L \dots\dots\dots(1.b)$$

Keterangan:

σ_{θ} : ketelitian instrumen sudut

σ_L : ketelitian instrumen jarak (radian)

L : jarak pengukuran

$$5'' = 5'' \times 1 / 206264.806 \text{ radian} = 1/41253 \text{ radian}$$

Untuk jarak 50 m kesalahan jarak maksimal $50 \text{ m} \times 1/41253 = 1,2 \text{ mm}$, untuk jarak 100 m kesalahan jarak maksimal $100 \text{ m} \times 1/41253 = 2,4 \text{ mm}$. Jadi, jika digunakan teodolit ketelitian 5", instrumen pengukur jarak yang digunakan haruslah memiliki kesalahan minimal 1,2 mm untuk jarak 50 m atau 2,4 mm untuk jarak 100 m.

Semakin teliti teodolit yang digunakan, untuk mencapai kesepadanan, semakin teliti alat ukur jarak yang digunakan. Untuk variasi ketelitian teodolit,

dengan persamaan 1a atau 1b di atas, ketelitian alat ukur jaraknya bisa dilihat pada tabel VI.1 berikut:

Umumnya, dalam pengukuran poligon, ketelitian relatif yang hendak dicapai tertulis dalam spesifikasi teknis pekerjaannya. Sebagai contoh, ketelitian relatif poligon utama pada pengadaan titik dasar teknik orde 4 BPN adalah 1: 6000 sedangkan ketelitian relatif poligon cabangnya adalah 1: 3000, berdasarkan tabel di atas maka teodolit yang digunakan haruslah mempunyai ketelitian minimal 30” (pembulatan pada pembacaan terkecil alat dari 34”) untuk poligon utama dan 1 menit (pembulatan pada pembacaan terkecil alat 69”) untuk poligon cabang.

Tabel VI.1. Konsistensi ketelitian jarak terhadap ketelitian sudut

Ketelitian teodolit	Kesalahan Linear relatif	Kesalahan maks dalam 50 m	Kesalahan maks dalam 100 m
01’	1: 206265	0.2 mm	0.5 mm
05”	1:41253	1.2 mm	2.4mm
10”	1:20626	2.4 mm	4.8mm
15”	1:13751	3.6 mm	7.3mm
20”	1:10313	4.8 mm	9.7mm
30”	1:6875	7.3 mm	14.5mm
01’	1:3438	14.5 mm	29.1mm

Setelah itu, instrumen ukur jarak yang digunakannya pun dapat diperkirakan yaitu dipilih instrumen yang memiliki kesalahan maksimal 10 mm pada jarak 50 m atau 20 mm pada jarak 100 m untuk poligon utama sedangkan untuk poligon cabangnya instrumen yang memiliki kesalahan maksimal 15 mm pada jarak 50 m atau 30 mm pada jarak 100 m.

Hubungan antara berbagai ketelitian relatif yang hendak dicapai dengan ketelitian sudut dan jarak tersaji pada tabel VI.2 berikut.

Tabel VI.2. Konsistensi ketelitian relatif terhadap sudut dan jarak

Ketelitian relatif yang ingin dicapai	Sudut (detik)	Kesalahan Pada 50 m	Kesalahan Pada 100 m
1: 3000	69"	16.7mm	33.3mm
1: 5000	41"	10.0mm	20.0mm
1: 6000	34"	8.3mm	16.7mm
1: 10.000	21"	5.0mm	10.0mm
1: 30.000	07"	1.7mm	3.3mm
1: 100.000	02"	0.5mm	1.0mm

Contoh:

Dinginkan ketelitian relatif 1: 5000

Maka ketelitian sudut = $1/5000 \times (206265'') = 41''$.

dan ketelitian jarak dalam 50 m = $1/5000 \times (50 \text{ m}) = 10 \text{ mm}$.

Implikasinya, untuk dapat menggapai ketelitian relatif 1 : 5000, paling tidak, digunakan teodolit T-1 dan meteran baja, ketelitian tersebut tidak mungkin dicapai jika digunakan T-0 (ketelitian lebih kasar dari 41'') atau meteran fiber (ketelitian lebih kasar 10 mm).

Sementara itu, Brinker et.al (1996) menyajikan tabel hubungan antara kesalahan linear dengan kesalahan sudut, sebagai contoh dituliskan bahwa untuk kesalahan linear 1:5000 maka kesalahan sudut yang diperbolehkan adalah 0'41'', untuk kesalahan linear 1:10.000 maka kesalahan sudut yang diperbolehkan adalah 0'21''. Jika diketahui bacaan terkecil alat maka dapat dihitung kesalahan linear yang diperbolehkan. Sebagai contoh, untuk kesalahan sudut 5'' maka kesalahan linear yang diperbolehkan adalah 2 mm untuk jarak 100 m atau perbandingan 1:41.200 - hasil ini mirip dengan jika penghitungan digunakan persamaan (1) - sedangkan untuk kesalahan sudut 30'' maka kesalahan linear yang diperbolehkan adalah 15 mm untuk jarak 100 m atau perbandingan 1:6880.

Dapat disimpulkan, setiap kenaikan n lipat kesalahan linear akan disertai kenaikan n lipat kesalahan pada sudut yang sama.

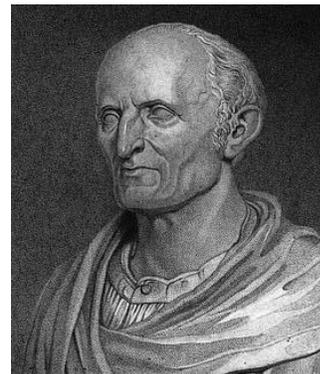
C. Hitungan poligon

Poligon dapat dihitung dengan metoda bowditch, transit, grafis dan kuadrat terkecil. Masing-masing metoda tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan. Dari cara penghitungannya metoda bowditch merupakan metoda yang termudah sedangkan metoda kuadrat terkecil merupakan metoda yang tersulit. Pada metoda grafis tidak ada penghitungan-penghitungan.

Buku ini hanya akan dibahas metoda transit dan bowditch saja.

Metoda *bowditch* atau biasa disebut juga metoda kompas (Duggal, 1996), sangatlah populer dan banyak digunakan oleh surveyor dalam meratakan hasil-hasil pengukuran poligon. Metoda ini menggunakan asumsi: ketelitian sudut dan jarak pengukuran konsisten, dengan kata lain pengukuran menggunakan instrumen sudut dan jarak yang ketelitiannya sepadan; jika digunakan teodolit ketelitian $\pm 5''$, ketelitian alat ukur jarak yang digunakan haruslah ± 2 mm untuk jarak 100 m; jika digunakan teodolit ketelitian $30''$, ketelitian alat ukur jarak yang digunakan haruslah ± 15 mm untuk jarak 100 m.

Dengan berkembangnya teodolit yang semakin teliti, Juru Ukur Badan Pertanahan Nasional (BPN) sering menggunakan teodolit lebih teliti dibandingkan ketelitian alat ukur jarak, misalnya digunakan teodolit T-2 yang memiliki ketelitian $\pm 1''$, sementara pengukuran jarak dengan meteran ketelitian ± 1 cm. Dengan demikian, kedua alat itu tidaklah konsisten. Dalam kasus tersebut, jika dalam perataannya digunakan metoda *bowditch* menjadi kurang tepat karena asumsi kesepadanan tidaklah terpenuhi. Secara logis, pengukuran sudut dengan alat yang lebih teliti itu harus dipertahankan dibandingkan dengan jaraknya pada saat meratakan hasilnya. Sebagai alternatif, ada metoda lain selain *bowditch* yaitu metoda transit (Duggal, 1996) yang lebih mempertahankan sudut daripada jaraknya.



Gb. VI.1. Bowditch
(1773-1838)

1. Bowditch

Bowditch lengkap nya Nathaniel Bowditch (1773-1838) lahir di Massachusetts, USA (gb. VI.1). Dia mulanya seorang pengetik yang kemudian menjadi pelaut, dan tertarik pada bisnis asuransi. Matematika dan astronomi dipelajarinya secara otodidak. Setelah mendapat berbagai pengakuan akademik, Dia ditawarkan sebagai pemimpin ilmu-ilmu matematika oleh beberapa universitas antara lain Harvard University , West Point dan University of Virginia. Tetapi dia lebih memilih bekerja di perusahaan asuransi “*the Essex Fire and Marine Insurance Company*” yang menawarkan gaji lebih besar. Pada saat pindah ke Boston, 1823, Dia telah memiliki lebih dari 2500 buku, lebih dari 100 peta dan chart dan 29 volume manuskrip.

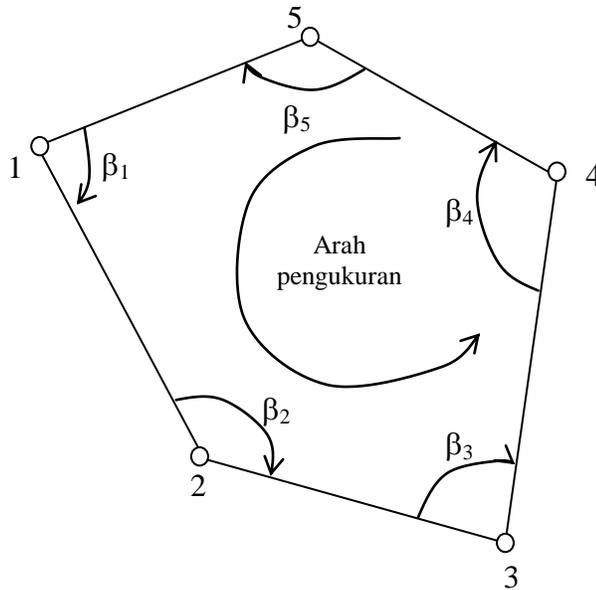
2. Bentuk Poligon tertutup

Contoh poligon tertutup dengan jumlah sudut lima titik, dapat dilihat pada gambar VI.2. dan gambar VI.3 di bawah ini.

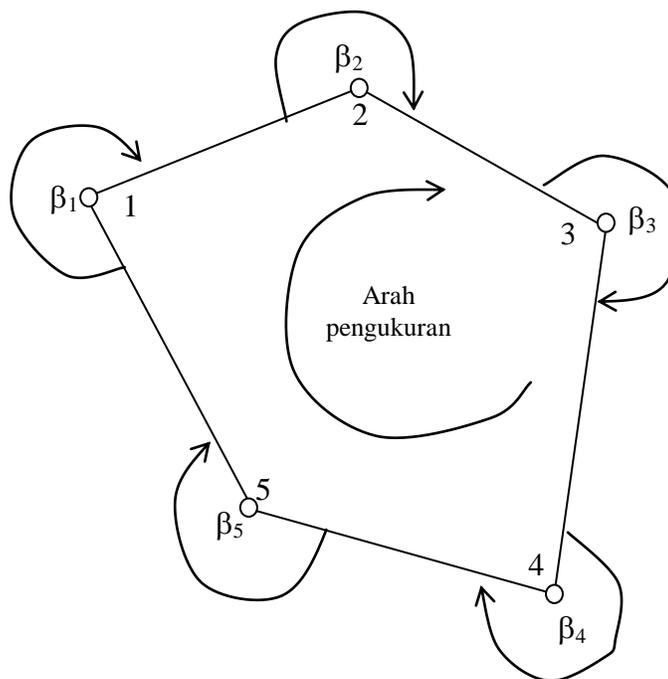
Pada setiap pekerjaan poligon tertutup, penting diketahui arah pengukuran poligon. Pada gambar 57, arah pengukuran poligon berlawanan dengan jarum jam. Konsekuensinya, sudut kanan (β) yang terbentuk adalah sudut dalam. Berbeda dengan poligon pertama, pada gambar 58, arah pengukuran poligon searah jarum jam sehingga sudut kanan (β) yang terbentuk adalah sudut luar. Perlu diketahui bahwa sudut kanan adalah sudut yang terbentuk dari selisih arah bacaan muka dikurangi arah bacaan belakang (*back sight* atau *reference object*). Bacaan ke *back sight* ini dapat diset nol, sembarang atau sebesar asimut yang diketahui.

Ketika teodolit di titik 2, bacaan belakangnya adalah hasil bidikan ke titik 1 sedangkan bacaan mukanya adalah hasil bidikan ke titik 3. Ketika teodolit di titik 3, bacaan belakangnya adalah hasil bidikan ke titik 2 sedangkan bacaan mukanya adalah hasil bidikan ke titik 4. Ketika teodolit di titik 4, bacaan belakangnya adalah hasil bidikan ke titik 3 sedangkan bacaan mukanya adalah hasil bidikan ke titik 5. Ketika teodolit di titik 5, bacaan belakangnya adalah hasil bidikan ke titik 4 sedangkan bacaan mukanya adalah hasil bidikan ke titik 1. Terakhir, ketika teodolit di titik 1,

bacaan belakangnya adalah hasil bidikan ke titik 5 sedangkan bacaan mukanya adalah hasil bidikan ke titik 2. Cara ini berlaku baik untuk posisi biasa maupun luar biasa.



Gb.VI.2. Poligon tertutup arah pengukuran berlawanan jarum jam.



Gb.VI.3. Poligon tertutup arah pengukuran searah jarum jam.

Sering, beberapa surveyor lebih menyukai hitungan sudut poligon tertutup dengan menggunakan sudut dalam. Menurut penulis, cara ini kurang tepat. Sebaiknya, sudut yang terbentuk pada poligon tertutup dibiarkan apa jadinya, apakah akan terbentuk sudut dalam ataukah sudut luar, dengan catatan penghitungannya dengan sudut kanan (*angle to the right*). Sudut luar dan sudut dalam hanya berbeda pengkoreksian, jika sudut kanan membentuk sudut dalam pengoreksiannya dengan persamaan 1 tetapi jika sudut kanan membentuk sudut luar pengoreksiannya dengan persamaan 2. Selain itu, nantinya, pada poligon terbuka tidaklah dijumpai sudut dalam atau luar, yang ada hanyalah sudut kanan.

Syarat penutup sudut

Secara geometris jumlah sudut dalam

$$\Sigma\beta = (n-2).180^0 \dots\dots\dots(1)$$

n adalah jumlah titik sudut poligon

Secara geometris, jumlah sudut luar

$$\Sigma\beta = (n+2).180^0 \dots\dots\dots(2)$$

n adalah jumlah titik sudut poligon

Contoh 1

Poligon pada gambar 57, jumlah sudut dalam :

$$\Sigma\beta = (5-2).180^0 = 540^0$$

Poligon pada gambar 58, jumlah sudut luar :

$$\Sigma\beta = (5+2).180^0 = 1260^0$$

Dengan menggunakan syarat geometris sudut tersebut, hasil keseluruhan ukuran sudut ($\Sigma\beta^u$) dapat dihitung penyimpangannya. Penyimpangan atau kesalahan adalah selisih syarat penutup sudut dengan jumlah sudut ukuran (persamaan 3). Karena berbagai penyebab, hasil ukuran sudut tidaklah tepat menghasilkan angka seperti syarat sudut di atas tetapi biasanya hanyalah mendekati angka itu. Besarnya penyimpangan bergantung pada ketelitian alat yang digunakan.

Pada sudut dalam

$$f\beta = (n-2).180^0 - \Sigma\beta^u \dots\dots\dots(3)$$

Pada sudut luar

$$f\beta = (n+2).180^0 - \Sigma\beta^u \dots\dots\dots(4)$$

$f\beta$: kesalahan ukuran sudut poligon

$\Sigma\beta^u$: Jumlah sudut kanan ukuran

Contoh 2

(1) Pada gambar VI.2, dianggap telah dihitung jumlah sudut dalam hasil ukuran $\Sigma\beta^u = 540^0 00'30''$, maka kesalahan penutup sudut $f\beta = 540^0 - 540^0 00'30'' = -30''$. Tanda negatif menunjukkan bahwa hasil ukuran sudut lebih besar daripada yang seharusnya. Selanjutnya, jika memenuhi toleransi, $f\beta$ dibagi jumlah titik poligon (n) dan dikoreksikan pada setiap sudut ukuran. Pada contoh di atas, besarnya koreksi ($k\beta$) adalah $-30''/ 5 = -6''$.

(2) Pada gambar VI.3, dianggap telah dihitung jumlah sudut luar hasil ukuran $\Sigma\beta^u = 1259^0 59'10''$, maka kesalahan penutup sudut $f\beta = 1260^0 - 1259^0 59'10'' = +50''$. Tanda positif menunjukkan bahwa hasil ukuran sudut lebih kecil daripada yang seharusnya. Selanjutnya, jika memenuhi toleransi, $f\beta$ dibagi jumlah titik poligon (n) dan dikoreksikan pada setiap sudut ukuran. Pada contoh di atas, besarnya koreksi ($k\beta$) adalah $+50''/ 5 = +10''$.

3. Toleransi sudut

Penyimpangan hasil ukuran dinyatakan diterima ataukah tidak dengan cara membandingkannya terhadap *toleransi*. Jika penyimpangannya lebih kecil atau sama dengan batas atas toleransi, ukuran sudut itu diterima namun jika penyimpangannya lebih besar dari batas atas toleransi, ukuran sudut itu ditolak. Hitungan toleransi ukuran sudut mengikuti *hukum kompensasi* - hukum kompensasi dijelaskan pada

buku ukur tanah seri 1 - yaitu total kesalahan (acak) yang terjadi adalah ketelitian alat dikalikan dengan akar jumlah kejadiannya; rumusnya ada pada persamaan 5. Pada contoh 1 di atas jumlah kejadian adalah n atau 5 kali kejadian.

$$\text{Toleransi : } |f\beta| \leq C\sqrt{n} \dots\dots\dots(5)$$

C: ketelitian alat, besarnya adalah separuh bacaan terkecil (*least count*) alat.

N : jumlah titik poligon

|...| : tanda harga mutlak

Contoh 3

Diketahui bacaan terkecil teodolit 30". Apakah hasil ukuran pada contoh 2 di atas diterima?

$$C = \frac{1}{2} \cdot 30'' = 15''$$

$$\text{Batas atas toleransi} = 15''\sqrt{5} = 33,5''$$

Pada poligon 1, $|f\beta| = |-15| = 15$, diterima karena 15 kurang dari 33,5".

Pada poligon 2, $|f\beta| = 50$, ditolak karena 50 lebih dari 33,5".

Dikatakan bahwa pengukuran sudut poligon 1 diterima, artinya cukup alasan untuk menyatakan bahwa kesalahan yang terjadi pada pengukuran sudut itu telah terbebas dari kesalahan sistematis ataupun kesalahan kasar. Hitungan dapat dilanjutkan karena pada prinsipnya, hitungan poligon tidak dapat dilanjutkan jika masih terdapat kesalahan kasar atau kesalahan sistematis.

Dikatakan bahwa pengukuran sudut poligon 2 ditolak, artinya cukup alasan untuk menyatakan bahwa kesalahan yang terjadi pada sudut itu belum terbebas dari kesalahan non acak. Oleh sebab itu, hitungan atau data ukuran dicek kembali. Bila perlu dilakukan pengukuran ulang.

Dilarang keras bagi para surveyor merekayasa data ukuran sudut dengan maksud terpenuhinya toleransi. Cara ini sangat berbahaya dan berakibat fatal bagi pekerjaan-pekerjaan selanjutnya.

Bagi surveyor berpengalaman, pengukuran ulang sudut-sudut poligon dapat dilakukan dengan memilih beberapa sudut dengan intuisinya yang kuat, atau perasaan

kuat - dengan pertimbangan kesulitan medan, cuaca, kelelahan, waktu pengukuran dan besarnya sudut yang terbentuk - bahwa sudut pada titik-titik tertentu sajalah kesalahan kemungkinan besar terjadi. Dan lagi, pengukuran ulang dapat dilakukan secara cepat dengan hanya menggunakan metoda setengah seri rangkap; dengan catatan data-data ukuran lama dikonfirmasi saat pengukuran ulang sebagai kontrol di lapangan.

D. Pengukuran sudut poligon

Pengukuran sudut dapat dilakukan dengan metoda seri rangkap. Jika teodolit didirikan di titik 2 pada poligon gambar VI.2, metoda ini mempunyai urutan sebagai berikut:

- a. Setting teodolit di titik 2; Posisikan teodolit posisi biasa, yaitu lingkaran vertikal ada di sebelah kiri pengamat;
- b. Bidik target referensi yaitu titik 1, dan set bacaan horisontal $0^0'0''$;
- c. Putar teodolit searah jarum jam, bidik titik target 3, baca dan catat bacaan horisontalnya;
- d. Putar balik posisi teodolit menjadi posisi luar biasa;
- e. Bidik kembali target titik 3, dan baca dan catat bacaan horisontalnya;
- f. Putar teodolit berlawanan jarum jam, bidik titik target 1, baca dan catat bacaan horisontalnya;

Satu rangkaian tahapan di atas dinamakan satu seri rangkap. Jika dikehendaki dua seri rangkap, tahapan **a** dimulai lagi dengan seting bacaan horisontal $90^0'0''$. Jika dikehendaki tiga seri rangkap, urutan seting bacaan horisontal tahap a pada tiap seri adalah $0^0'0''$, $60^0'0''$ dan $120^0'0''$. Secara umum, interval bacaan horisontal untuk setiap seri pada target referensi adalah $180^0/s$; dalam hal ini s adalah jumlah seri yang dikehendaki.

Contoh 4

Berikut diberikan hasil pengukuran sudut dua seri rangkap

Urutan pekerjaan pengukuran dua seri rangkap seperti ditunjukkan pada arah panah 1 sampai dengan 6. Angka $0^0'0''$ adalah hasil seting bacaan horisontal

sebagai awal seri pertama . Seri pertama dimulai dengan panah 1 dan diakhiri dengan panah 3. Seri kedua dimulai dengan panah 4 dan diakhiri dengan panah 6. Angka **90°0'0"** adalah hasil seting bacaan horisontal sebagai awal seri kedua. Selanjutnya dihitung sudut dari data ukuran bacaan horisontal tersebut.

Hitungan tiap tiap sudut:

Sudut biasa

$$150^{\circ}33'20'' - 0^{\circ}0'0'' = 150^{\circ}33'20''$$

$$330^{\circ}33'30'' - 180^{\circ}0'20'' = 150^{\circ}33'10''$$

Sudut luar biasa

$$240^{\circ}33'10'' - 90^{\circ}0'0'' = 150^{\circ}33'10''$$

$$60^{\circ}33'20'' - 269^{\circ}59'50'' = -209^{\circ}26'30'' + [360^{\circ}] = 150^{\circ}33'30''$$

Sudut titik 2 adalah rata-rata dari keempat sudut tersebut,

$$\beta_2 = (150^{\circ}33'20'' + 150^{\circ}33'10'' + 150^{\circ}33'10'' + 150^{\circ}33'30'') : 4 = 150^{\circ}33'17,5''$$

Tabel VI.3 Data ukuran poligon

S t	Tar get	Horisontal		Sudut		Ket
		Biasa	Luarbiasa	Biasa	Luarbiasa	
2	1	0°0'0"	180°0'20"	150°33'20"	150°33'10"	Seri I
	3	150°33'20"	330°33'30"			
2	1	90°0'0"	269°59'50"	150°33'10"	150°33'30"	Seri II
	3	240°33'10"	60°33'20"			

E. Analisis data ukuran sudut

Analisa data ukuran poligon dilakukan pada saat pengukuran dilaksanakan, di antaranya adalah analisis data ukuran sudut, dengan maksud untuk menghindari kesalahan kasar dapat dilakukan dengan cara :

- (1) Membandingkan bacaan arah biasa dan luar biasa. Kesalahan ini diakibatkan kesalahan kolimasi. Dalam hal ini, jika tanpa kesalahan besarnya arah luar biasa (LB), yaitu $A_{LB} = A_B \pm 180^0$. Tetapi karena ada kesalahan pengukuran, maka besarnya arah luar biasa hanya akan mendekati arah biasa ditambah 180^0 .

Contoh 5 : Selisih bacaan arah biasa dan luar biasa pada contoh 4 sebagai berikut

Untuk menilai apakah data ukuran itu diterima atau tidak yaitu dengan dibandingkan ketelitian teodolit itu dengan kesalahan kolimasi horisontal. Kesalahan kolimasi dihitung sebagai separuh dari selisih B-LB. Pada Wild T-2 yang ketelitiannya 1", kesalahan kolimasi yang kurang dari 30" masih dapat diterima (dalam hal ini selisih bacaan B-LB kurang 01'). Dengan asumsi ini, perbedaan B-LB dapat diterima jika masih kurang dari 60 kali ketelitian alatnya. Jika teodolit yang dipergunakan di atas memiliki ketelitian 5", toleransi yang diperbolehkan adalah $5'' \times 60 = 300'' = 5'$.

Tabel 10 Analisis bacaan horisontal poligon

target	B	LB	Selisih (B-LB)	Toleransi	Ket
1	0 ⁰ 00'00"	180 ⁰ 00'20"	+20"	±5'	Diterima
3	150 ⁰ 33'20"	330 ⁰ 33'30"	+20"	±5'	Diterima
1	90 ⁰ 00'00"	269 ⁰ 59'50"	-10"	±5'	Diterima
3	240 ⁰ 33'10"	60 ⁰ 33'20"	+10"	±5'	Diterima

Jika terdapat bacaan arah yang melebihi batas toleransi, bacaan itu disingkirkan atau dilakukan pengukuran ulang. Bisa jadi, kesalahan itu akibat

kesalahan kolimasi alat sehingga penanganannya dengan terlebih dahulu mengoreksi alat tersebut dengan prosedur pengoreksian yang benar.

(2) Cara selanjutnya adalah membandingkan sudut biasa dan luar biasa. Sudut kanan yang dihasilkan pada contoh 4 dapat dianalisa sebagai berikut,

Jika bacaan terkecil teodolitnya 10", ketelitian alat dihitung sebagai separuh dari *bacaan terkecil*, yang berarti 5". Toleransi dapat dihitung sebesar tiga kali ketelitian alat, dalam contoh ini adalah $\pm 15''$. Pada contoh di atas, selisih sudut B-LB adalah hanya 5" sedangkan toleransinya $\pm 15''$, maka hasil ukuran diterima. selisih sudut B-LB melebihi batas toleransi pengukuran ditolak dan dilakukan pengukuran ulang.

Tabel 11 analisis sudut poligon

Sta	Sudut biasa	Sudut luar biasa	Rata-rata	Selisih (B-LB)	Tol
2	150 ⁰ 33'20"	150 ⁰ 33'10"	150 ⁰ 33'15"		
	150 ⁰ 33'10"	150 ⁰ 33'30"	150 ⁰ 33'20"	5"	15"
			150 ⁰ 33'17,5"		

Latihan

1. Jelaskan beda pengertian poligon dan *traverse*?
2. Untuk apa poligon diadakan?
3. Dengan alat apa jarak – jarak poligon dan sudut – sudut poligon diukur?
4. Apakah kita dapat bebas memilih alat ukur jarak dan sudut pada pengukuran poligon?
5. Jika diinginkan pengukuran poligon dengan ketelitian linear 1 : 10000, alat apa yang cocok digunakan untuk keperluan itu?

6. Ketelitian pengadaan titik dasar teknik orde 4 adalah 1: 6000, alat apa yang cocok digunakan untuk keperluan itu?
7. Ketelitian pengadaan titik dasar teknik perapatan adalah 1: 3000, alat apa yang cocok digunakan untuk keperluan itu?
8. Dalam meratakan hasil ukuran poligon, selain metoda *bowditch*, metoda apa lagi yang Saudara ketahui? Apa kelemahan dan kelebihan metoda-metoda tersebut?
9. Apa yang dimaksud *reference object* pada pengukuran poligon?
10. Mengapa sebaiknya membidik *reference object* diset $0^{\circ}0'0''$?
11. Apa yang Saudara lakukan jika pada saat membidik sudut dengan metoda dua seri rangkap limbus terputar?
12. Mengapa analisis data awal ukuran poligon dan sudut ukuran perlu dilakukan sejak dini?
13. Darimanakah diperoleh asimut awal poligon?

Rangkuman

Konsistensi jarak dan sudut merupakan syarat utama dalam memilih peralatan ukur dan perataan hitungan dengan metoda *bowditch* atau kompas.

Jika alat ukur sudut lebih baik daripada alat ukur jarak sebaiknya digunakan metoda transit yang lebih mempertahankan sudut dari pada jarak hasil ukuran.

Pada poligon tertutup, arah ukuran akan mempengaruhi sudut yang terbentuk. Arah ukuran berlawanan arah jarum jam akan terbentuk sudut dalam sedangkan arah ukuran searah jarum jam akan terbentuk sudut luar; dengan catatan sudut yang dihitung adalah bacaan horisontal muka dikurangi belakang.

Jumlah sudut dalam adalah $= (n-2) \cdot 180^{\circ}$ sedangkan jumlah sudut luar $(n+2) \cdot 180^{\circ}$. Selisih antara hasil ukuran dengan jumlah yang seharusnya adalah

kesalahan ukuran sudut yang besarnya harus kurang dari ketelitian teodolit dikali akar jumlah titik poligon, untuk dapat diterima atau masuk toleransi.

Sejak awal di lapangan surveyor hendaknya menganalisis data mentah bacaan horisontal dan sudut yang terbentuk dengan membandingkannya terhadap toleransi yang diperbolehkan.

Tes Formatif VI

1. Metoda bowditch disebut juga metoda:
 - a. transit
 - b. kompas
 - c. kuadrat terkecil
 - d. sembarang
2. Syarat utama penghitungan pada metoda bowditch
 - a. Teodolit setingkat T-2
 - b. Konsistensi pengukuran jarak dan sudut
 - c. Jarak dengan EDM
 - d. Adanya TDT orde 3
3. Jika digunakan teodolit dengan ketelitian 30", agar konsisten alat ukur jarak yang digunakan sebaiknya,
 - a. Memiliki kesalahan 0,2 mm untuk jarak 50 m
 - b. Memiliki kesalahan 1,2 mm untuk jarak 50 m
 - c. Memiliki kesalahan 3,6 mm untuk jarak 50 m
 - d. Memiliki kesalahan 7,3 mm untuk jarak 50 m
4. Jika digunakan teodolit dengan ketelitian 1", agar konsisten alat ukur jarak yang digunakan sebaiknya,
 - a. Memiliki kesalahan 0,2 mm untuk jarak 50 m
 - b. Memiliki kesalahan 1,2 mm untuk jarak 50 m

- c. Memiliki kesalahan 3,6 mm untuk jarak 50 m
 - d. Memiliki kesalahan 7,3 mm untuk jarak 50 m
5. Jika ketelitian relatif yang akan dicapai 1 : 10.000, agar konsisten teodolit yang digunakan sebaiknya,
- a. Memiliki ketelitian 20"
 - b. Memiliki ketelitian 30"
 - c. Memiliki ketelitian 40"
 - d. Memiliki ketelitian 1'
6. Jika ketelitian relatif yang akan dicapai 1 : 3.000, agar konsisten teodolit yang digunakan sebaiknya,
- a. Memiliki ketelitian 20"
 - b. Memiliki ketelitian 30"
 - c. Memiliki ketelitian 40"
 - d. Memiliki ketelitian 1'
7. Berapakah jumlah sudut dalam seharusnya pada poligon segi 23 ?
- a. $4140^{\circ}0'0''$
 - b. $4500^{\circ}0'0''$
 - c. $3780^{\circ}0'0''$
 - d. $3870^{\circ}0'0''$
8. Berapakah jumlah sudut luar seharusnya pada poligon segi 23 ?
- a. $4140^{\circ}0'0''$
 - b. $4500^{\circ}0'0''$
 - c. $378000^{\circ}0'0''$
 - d. $3870^{\circ}0'0''$
9. Jika diketahui ketelitian teodolit 20", digunakan untuk pengukuran poligon segi
10. Toleransi sudut yang diperbolehkan adalah:
- a. 200"
 - b. 100"

- c. 63"
 - d. 50"
10. Jika diketahui ketelitian teodolit 10", digunakan untuk pengukuran poligon segi 10. Toleransi sudut yang diperbolehkan adalah:
- a. 100"
 - b. 50"
 - c. 31"
 - d. 25"
11. Jika diketahui ketelitian teodolit 5", digunakan untuk pengukuran poligon segi 35. Toleransi sudut yang diperbolehkan adalah:
- a. 175"
 - b. 88"
 - c. 44"
 - d. 29"
12. Jika diketahui ketelitian teodolit 5", digunakan untuk pengukuran poligon segi 35, maka sudut dalam ukuran masuk toleransi jika besarnya,
- a. $5940^{\circ}0'56''$
 - b. $5940^{\circ}0'28''$
 - c. $5939^{\circ}59'0''$
 - d. $5939^{\circ}59'10''$
13. Jika diketahui ketelitian teodolit 5", digunakan untuk pengukuran poligon segi 35, maka sudut luar ukuran masuk toleransi jika besarnya,
- a. $6660^{\circ}0'56''$
 - b. $6660^{\circ}0'38''$
 - c. $6659^{\circ}59'33''$
 - d. $6659^{\circ}59'10''$

14. Jika $f\beta$ adalah selisih antara jumlah sudut yang seharusnya dengan jumlah sudut ukuran, n adalah jumlah sisi poligon, koreksi sudut tiap titik poligon adalah
- $f\beta$
 - $f\beta/n$
 - $f\beta/\sqrt{n}$
 - $n \cdot f\beta$

Umpan balik

Cocokkan jawaban Saudara dengan kunci jawaban tes formatif 8 yang ada pada halaman akhir modul ini. Hitunglah jawaban Saudara yang benar (B), hitunglah tingkat penguasaan Saudara dengan formula berikut ini:

$$\text{Tingkat penguasaan} = B / N (100\%)$$

N adalah jumlah soal

Contoh,

Jawaban yang benar 14, maka

$$\text{Tingkat penguasaan} = 7/14 (100\%) = 50\%$$

Jadi, penguasaan Saudara 50 %

Jika penguasaan saudara sama dengan atau lebih dari 80%, Saudara dapat melanjutkan pada modul berikutnya. Jika penguasaan saudara yang benar kurang dari 80%, Saudara sebaiknya membaca kembali modul di atas, utamanya bagian yang belum Saudara kuasai.

=====

MODUL

VII

POLIGON TERBUKA

Sekapur sirih. Setelah saudara mempelajari poligon tertutup, selanjutnya pada modul ini akan dibahas poligon terbuka. Pada prinsipnya tidak ada perbedaan yang berarti dalam hal pengolahan data antara poligon tertutup dan terbuka. Penting untuk diperhatikan adalah kemampuan saudara dalam memilih kapankah sebuah survey itu digunakan poligon tertutup dan kapankah digunakan poligon terbuka. Sekali lagi, penulis berharap, para calon surveyor mempelajari modul ini dengan lebih serius dan tekun, khususnya berkenaan dengan cara-cara pengambilan data dan pengolahan data.

Standar kompetensi. Taruna mampu membedakan berbagai jenis poligon, terbuka mampu mengolah data ukuran poligon terbuka;

Indikatornya. Taruna mampu menjelaskan pengetahuan poligon terbuka, menghitung poligon terbuka secara benar, mampu melakukan pengukuran dan menganalisis hasil hitungan poligon terbuka.

POLIGON TERBUKA

A. Jenis-jenis poligon

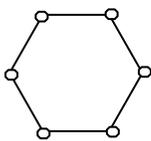
Telah dijelaskan di muka bahwa poligon atau *traverse* adalah suatu rangkaian garis yang saling sambung menyambung. Pada setiap sambungannya itu dipasang titik atau patok yang tengahnya ditandai dengan X atau lingkaran kecil yang berguna pada saat pengukuran; yaitu untuk penepatan sumbu vertikal teodolit. Boleh jadi, titik akhir rangkaian garis itu bertemu kembali dengan titik awalnya. Jika demikian, secara geometris bentuk itu dikatakan poligon tertutup. Lain halnya jika titik akhir dan awalnya itu tidak saling bertemu, secara geometris bentuk itu dikatakan poligon terbuka.

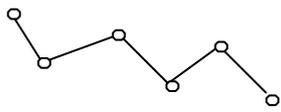
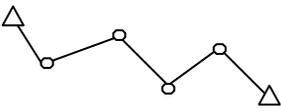
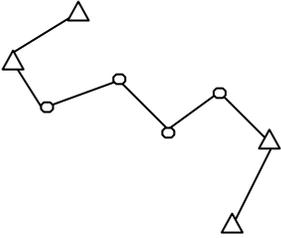
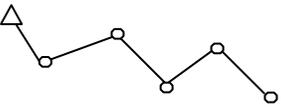
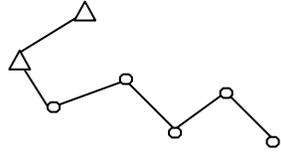
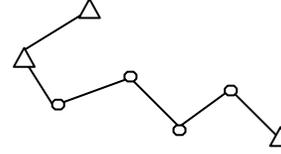
Penting dipahami bahwa poligon dapat menjadi tertutup atau terbuka secara geometris atau secara matematis.

Jenis poligon juga bisa dilihat dari keberadaan titik-titik kontrolnya. Boleh jadi titik-titik poligon -utamanya yang di awal atau diakhir poligon- bukan merupakan stasiun kontrol atau titik yang telah diketahui koordinatnya. Maka jenis ini dikatakan poligon terbuka secara matematis. Sebaliknya, boleh jadi titik-titik poligon -utamanya yang di awal atau diakhir poligon - merupakan stasiun kontrol atau titik yang telah diketahui koordinatnya. Maka jenis ini dikatakan poligon tertutup secara matematis.

Jadi, atas dasar itu dimungkinkan berbagai variasi jenis poligon. Suatu poligon bisa mempunyai varian (tabel VII.1) :

Tabel VII.1 jenis-jenis poligon

Sketsa	Geometris		Matematis		Nama populer
	Terbuka	Tertutup	Terbuka	Tertutup	
	-	√	-	√	Poligon tertutup

	√	-	√	-	Poligon terbuka lepas
	√	-	-	√	Poligon terbuka terikat
	√	-	-	√	Poligon terbuka terikat sempurna
	√	-	√	-	Poligon terbuka lepas / terikat sebagian
	√	-	√	-	Poligon terbuka lepas / terikat sebagian
	√	-	-	√	Poligon terbuka terikat

B. Pengukuran poligon terbuka

Sebelum penghitungan poligon, perlu dipindahkan data-data ukuran poligon ke formulir hitungan poligon. Proses pemindahan data ukuran ke data hitungan ini bukanlah

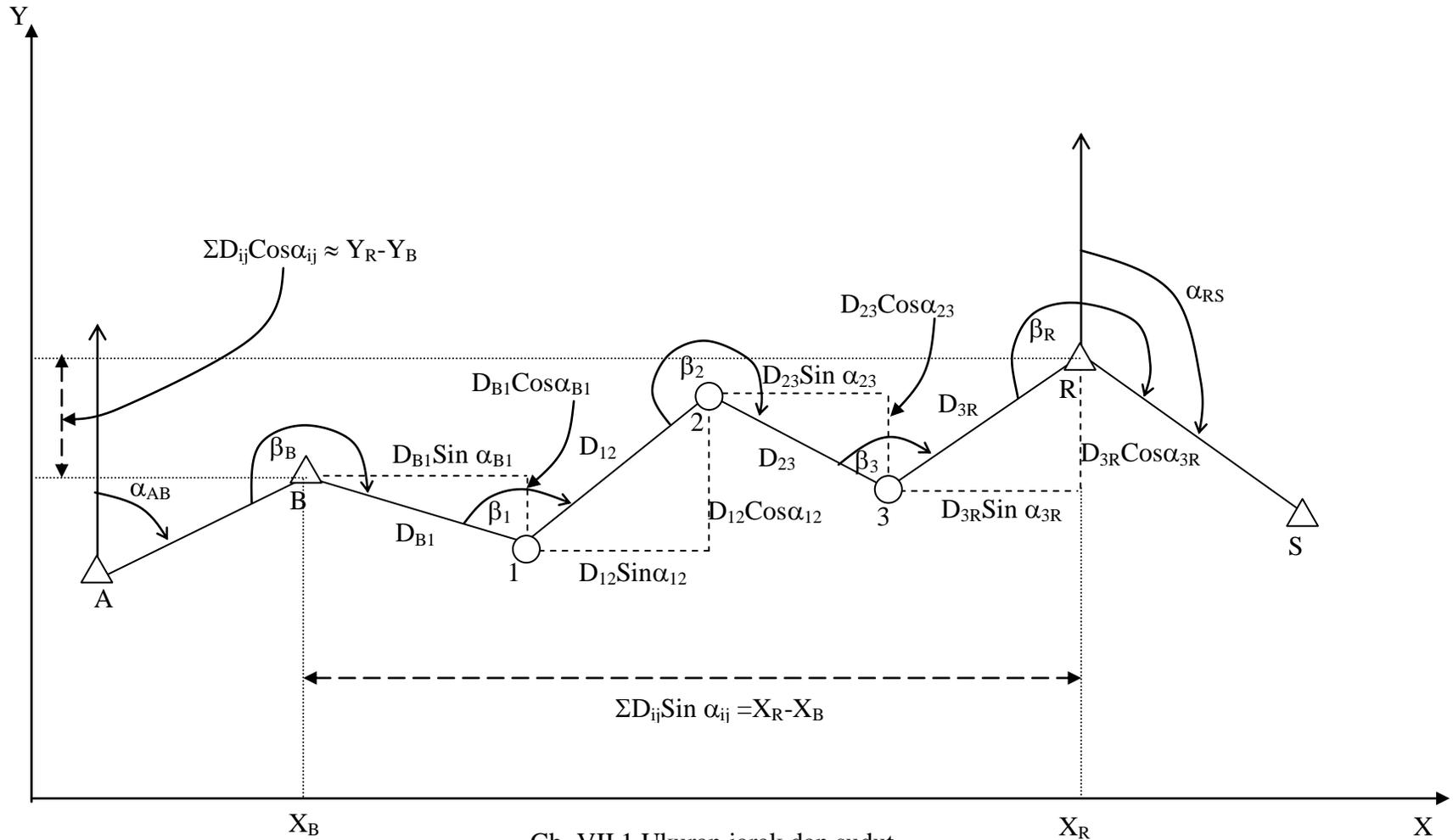
pekerjaan yang mudah tetapi diperlukan ketelitian dan keterampilan yang tinggi. Kualitas penghitungan akan sangat bergantung pada kualitas pengukurannya. Oleh sebab itu, pengukuran sudut dan jarak poligon haruslah dilakukan dengan kesungguhan dan penuh kehati-hatian baik dalam hal pembacaan, pencatatan maupun pengarsipannya. Penting juga diingatkan, penggunaan formulir hitungan standar pada saat pengukuran. Hindari penyalinan data ukuran dari kertas kosong ke formulir.

Pada kesempatan ini hanya akan dibahas poligon terbuka terikat sempurna. Prinsipnya, pengukuran poligon terbuka sama dengan poligon tertutup, diukur sudut dan jarak, bila perlu asimut kecuali pada poligon terbuka terikat sempurna karena pada poligon ini asimut / sudut jurusan dapat dihitung dari dua titik yang telah diketahui koordinatnya.

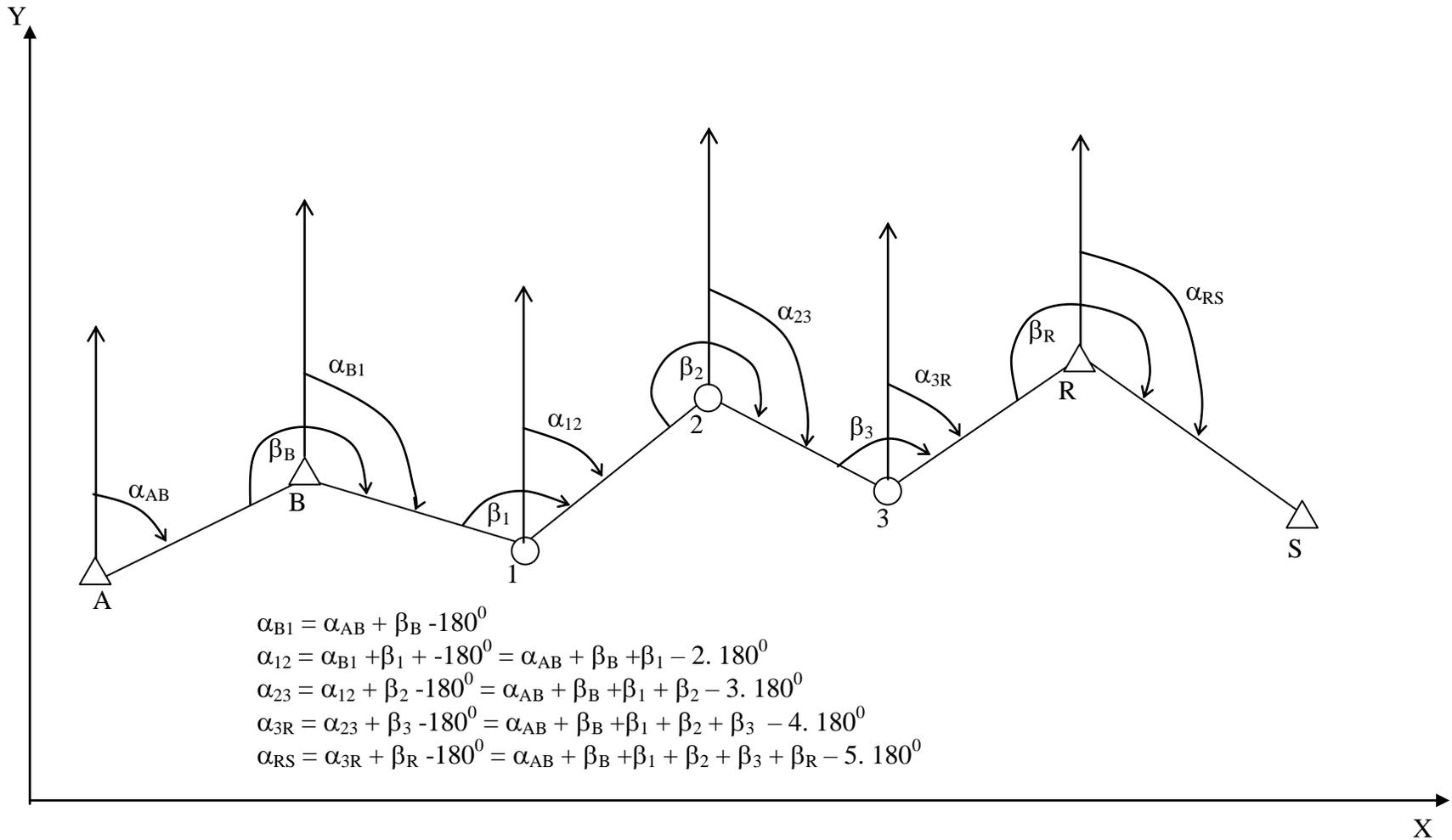
Pengukuran sudut bisa dilakukan dengan cara seri rangkap. Kemudian sudut tiap-tiap titik poligon itu dihitung dan dirata-ratakan. Demikian juga jaraknya dilakukan pengukuran secara pergi-pulang dan hasilnya diratakan. Data rata-rata inilah yang nantinya digunakan untuk penghitungan.

Analisis data ukuran sebaiknya dilaksanakan sejak pengukuran dilakukan. Cara-caranya telah dijelaskan pada kegiatan belajar sebelumnya.

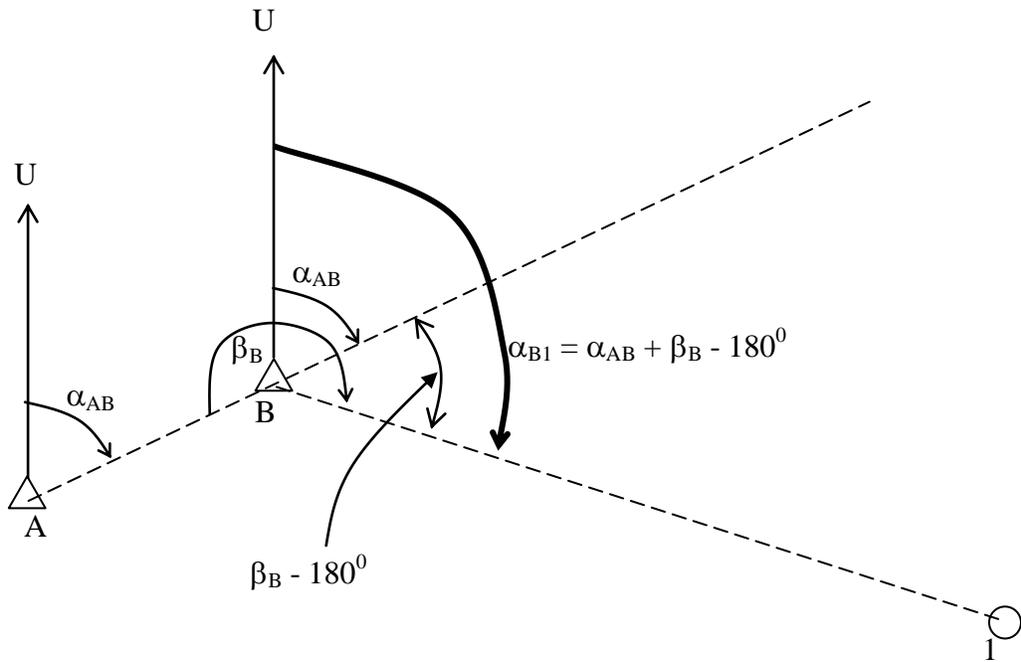
C. Penghitungan poligon terbuka



Gb. VII.1 Ukuran jarak dan sudut



Gb. VII.2. hitungan asimut



Gb. VII.3 . asimut dari ukuran sudut

$$\alpha_{RS} = \alpha_{3R} + \beta_R - 180^0 = \alpha_{AB} + \beta_B + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_R - 5 \cdot 180^0$$

atau

$$\alpha_{RS} - \alpha_{AB} = \beta_B + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_R - 5 \cdot 180^0$$

$$\alpha_{RS} - \alpha_{AB} = \sum \beta_i - n \cdot 180^0$$

Jika β_i adalah sudut ukuran, dituliskan

$$\alpha_{RS} - \alpha_{AB} \approx \sum \beta_i^u - n \cdot 180^0$$

Dalam hal ini,

α_{RS} : Asimut akhir

α_{AB} : Asimut awal

β_i^u : sudut ukuran ke i

n : banyaknya sudut ukuran

Asimut akhir dan awal dihitung masing-masing dari dua titik kontrol A-B dan R-S.

$$\alpha_{RS} = \arctan[(X_S - X_R) / (Y_S - Y_R)] \text{ --- kuadran disesuaikan}$$

$$\alpha_{AB} = \arctan[(X_B - X_A) / (Y_B - Y_A)] \text{ --- kuadran disesuaikan}$$

Jika berada di kuadran 2 dan 3, hasilnya ditambahkan 180^0 . Jika dikuadran 1 dibiarkan. Jika dikuadran 4, hasilnya ditambahkan 360^0 .

Selisih asimut akhir terhadap asimut awal sama dengan jumlah sudut kanan ukuran dikurangi banyaknya sudut ukuran kali seratus delapan puluh derajat. Adakalanya hasil hitungan negatif, untuk menghindarinya ruas kanan atau ruas kiri yang negatif ditambahkan 360^0 .

$$\alpha_{RS} - \alpha_{AB} + [360^0] \approx \sum \beta_i - n \cdot 180^0 + [360^0]$$

Karena kesalahan pengukuran oleh berbagai sebab, ruas kiri dan kanan persamaan di atas tidaklah sama. Ruas kiri merupakan besaran yang diharapkan yaitu berupa asimut titik-titik kontrol yang diasumsikan benar sedangkan ruas kanan merupakan hasil-hasil ukuran yang perlu pengoreksian. Selisih antara ruas kiri dan kanan itu dinamakan kesalahan penutup sudut (k_β). Atau jika sudut ukuran dimasukkan dalam persamaan itu akan menjadi,

$$k_\beta = (\alpha_{RS} - \alpha_{AB}) - (\sum \beta_i^u - n \cdot 180^0)$$

$\sum \beta_i^u$: jumlah sudut ukuran

Besarnya harga mutlak kesalahan penutup sudut ini tidak boleh lebih dari toleransi yang ditetapkan. Jika harganya lebih dari toleransi, pengukuran itu tidak diterima, sebaliknya jika harganya kurang dari toleransi, pengukuran itu tidak diterima.

Besarnya toleransi ditetapkan berdasarkan spesifikasi teknis pekerjaan yang dilakukan. Biasanya ditetapkan dengan,

$$T = k\sqrt{n},$$

T : Toleransi

k: ketelitian teodolit yang digunakan

n: jumlah ukuran sudut

$|f_\beta| \leq T$: ukuran sudut diterima

$|f_\beta| > T$: ukuran sudut ditolak

Jika ukuran diterima, selanjutnya dilakukan pengoreksian sudut ukuran, yaitu dengan membagi rata kesalahan penutup sudut dan menambahkannya ke setiap sudut ukuran. Perlu diketahui, tanda koreksi ini bisa negatif atau positif bergantung pada tanda kesalahan penutup sudutnya.

$$k_{\beta} = f_{\beta} / n$$

k_{β} : koreksi ke setiap sudut

Setelah koreksi terhitung, sudut dikoreksi menjadi

$$\beta_i = \beta_i^u + k_{\beta}$$

β_i : sudut terkoreksi ke i

β_i^u : sudut ukuran ke i

Pada gambar di atas,

$$\beta_B = \beta_B^u + k_{\beta}$$

$$\beta_1 = \beta_1^u + k_{\beta}$$

$$\beta_2 = \beta_2^u + k_{\beta}$$

$$\beta_3 = \beta_3^u + k_{\beta}$$

$$\beta_R = \beta_R^u + k_{\beta}$$

Tahap selanjutnya, menghitung asimut dengan menggunakan sudut kanan (β) terkoreksi.

$$\alpha_{B1} = \alpha_{PQ} + \beta_B - 180^0 + [360^0]$$

$$\alpha_{12} = \alpha_{B1} + \beta_1 - 180^0 + [360^0]$$

$$\alpha_{23} = \alpha_{12} + \beta_2 - 180^0 + [360^0]$$

$$\alpha_{3R} = \alpha_{23} + \beta_3 - 180^0 + [360^0]$$

$$\alpha_{RS} = \alpha_{3R} + \beta_R - 180^0 + [360^0]$$

Persamaan terakhir dihitung hanya untuk kontrol. Jika pengoreksian atau hitungan benar, hasil α_{RS} akan sama dengan α_{RS} asalnya (hasil hitungan arctan dari 2 koordinat). Sering terjadi penghitungan tidak sama karena salah memberi tanda + atau -. Angka 360^0 dalam kurung maksudnya adalah pilihan, digunakan jika hasilnya negatif.

Setelah asimut masing-masing sisi poligon terhitung, dihitung besarnya *latitude* dan *departure*. *Latitude* adalah suatu garis hasil proyeksi ortografis pada sumbu utara-selatan (Y) suatu survei. Pada koordinat salib sumbu kartesian,

besarnya *latitude* suatu garis diperoleh dengan mengalikan panjang garis bersangkutan dengan cosinus sudut jurusannya atau asimutnya. *Departure* adalah suatu garis hasil proyeksi ortografis pada sumbu timur-barat (X) suatu survei. Pada koordinat salib sumbu kartesian, besarnya *departure* suatu garis diperoleh dengan mengalikan panjang garis bersangkutan dengan sinus sudut jurusannya atau asimutnya.

Dasar dari pengecekan dan perataan poligon dengan *latitude* dan *departure* yaitu bahwa secara aljabar, pada poligon tertutup, jumlah *latitude* dan *departure* masing-masing adalah nol. Pada poligon terbuka terikat, jumlah *latitude* sama dengan selisih ordinat titik kontrol akhir dan awal sedangkan jumlah *departure* sama dengan selisih absis titik kontrol akhir dan awal.

Karena adanya kesalahan pengukuran, baik jumlah *latitude* maupun *departure* tidaklah nol atau selisih titik kontrolnya tetapi ada penyimpangan. Penyimpangan itu dinamakan kesalahan penutup *latitude* dan kesalahan penutup *departure*. Kombinasi kedua kesalahan itu merupakan kesalahan penutup linear yang merupakan akar jumlah kuadrat kesalahan *latitude* dan kuadrat kesalahan penutup *departure*.

Untuk keperluan analisis, tingkat ketelitian (presisi) poligon dihitung dengan membagi kesalahan penutup linear dengan jumlah sisi-sisi poligon (perimeter). Pembulatan biasanya dilakukan sampai dengan 100 atau 10 jika angka pembagiannya relatif kecil. Sebagai gambaran di BPN, ketelitian poligon utama orde 4 adalah 1 : 6000 sedangkan ketelitian poligon cabang orde 4 adalah 1 : 3000.

Berikut diberikan contoh penghitungan *latitude* dan *departure*,

Tabel VII.2 penghitungan *latitude* dan *departure*

Titik	Asimut	Panjang (m)	<i>Latitude</i>(m)	<i>Departure</i>(m)
B	104 ⁰ 11'40"	102,912	-25,235	99,770
1	45 ⁰ 0'12"	106,410	75,238	75,248
2	144 ⁰ 27'10"			

3	39 ⁰ 47'32"	86,003	-69,975	50,000
R		155,853	119,753	99,747
	Jumlah	451,178	+99,781	+324,765

Kesalahan penutup latitude (f_Y):

$$f_Y = (Y_R - Y_B) - 99,781$$

$$f_Y = (1150,000 - 1050,235) - 99,781$$

$$f_Y = -0,016 \text{ m}$$

Kesalahan penutup departure (f_X):

$$f_X = (X_R - X_B) - 324,765$$

$$f_X = (1425,000 - 1100,230) - 324,765$$

$$f_X = 0,005 \text{ m}$$

Kesalahan penutup linear (f_L):

$$f_L = \sqrt{[(f_X)^2 + (f_Y)^2]}$$

$$f_L = \sqrt{[(0,005)^2 + (-0,016)^2]}$$

$$f_L = 0,018 \text{ m}$$

Ketelitian :

$$f_L : 451,178$$

$$0,018 : 451,178$$

$$1 : 25065 \text{ atau dibulatkan } 1 : 25100$$

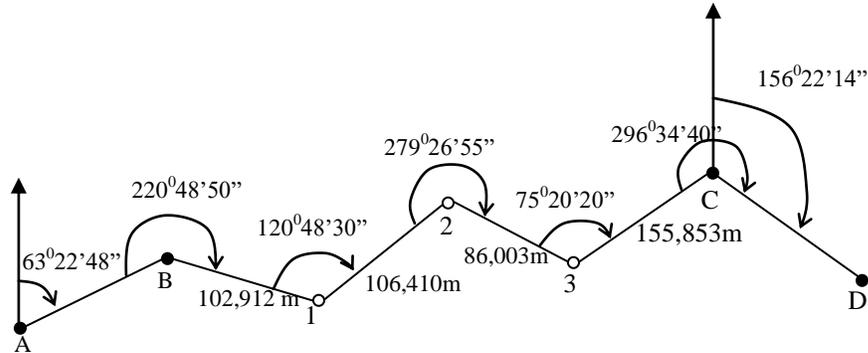
D. Perataan poligon

Jika kesalahan penutup linear lebih besar dari toleransi, bila mungkin dilakukan pengulangan pengukuran sudut, atau jarak. Jika kesalahan penutup linear lebih kecil dari toleransi, selanjutnya dilakukan perataan yaitu dengan mendistribusikan kesalahan penutup itu. Metoda perataan ada berbagai macam, antara lain (1) metoda sembarang, (2) metoda crandall, (3) metoda kuadrat terkecil, (5) metoda transit, dan (6) metoda kompas.

Latihan

1. Apa beda poligon terbuka dan tertutup secara geometris dan matematis?
2. Adakah sudut-dalam pada poligon terbuka?

3. Kapankah pengukuran perlu dilakukan dengan poligon terbuka?
4. Apa beda pengukuran sudut dan jarak pada poligon terbuka dan tertutup?
5. Apa keterbatasan poligon terbuka lepas atau poligon terikat sebagian?
6. Diberikan data ukuran poligon terbuka terikat sempurna sebagai berikut, hitung koordinat titik 1,2 dan 3 !



Gb. 62 Sketsa hasil pengukuran poligon terbuka

Rangkuman

Poligon dapat terbuka atau tertutup secara geometris atau matematis. Atas dasar itu, poligon dibagi menjadi poligon tertutup, poligon terbuka lepas, poligon terbuka terikat sebagian, poligon terbuka terikat, poligon terbuka terikat sempurna.

Tidak ada perbedaan antara pengukuran poligon tertutup dengan poligon terbuka. Sudut diukur dengan dua serirangkap, jarak diukur dengan cara langsung dengan meteran atau dengan EDM. Pada metoda bowditch, syarat konsistensi antara jarak dan sudut pun tetap berlaku.

Selisih asimut akhir dengan asimut awal berkisar $\Sigma\beta_i - n \cdot 180^0$, dalam hal ini β adalah besarnya sudut kanan ukuran. Asimut akhir dengan asimut awal didapat dari hitungan dua titik yang diketahui koordinatnya atau dari pengukuran asimut matahari.

Selisih asimut akhir terhadap asimut awal sama dengan jumlah sudut kanan ukuran dikurangi banyaknya sudut ukuran kali seratus delapan puluh derajat. Adakalanya hasil hitungan negatif, untuk menghindarinya ruas kanan atau ruas kiri yang negatif ditambahkan 360^0 .

$$\alpha_{RS} - \alpha_{AB} + [360^0] \approx \sum \beta_i - n \cdot 180^0 + [360^0]$$

Atau jika sudut ukuran dimasukkan dalam persamaan itu akan menjadi,

$$k_{\beta} = (\alpha_{RS} - \alpha_{AB}) - (\sum \beta_i^u - n \cdot 180^0)$$

$\sum \beta_i^u$: jumlah sudut ukuran.

Besarnya toleransi ditetapkan berdasarkan spesifikasi teknis pekerjaan yang dilakukan. Biasanya ditetapkan dengan, $T = k\sqrt{n}$, k: ketelitian alat, n jumlah ukuran sudut.

Selisih absis titik kontrol mendekati jumlah latitude. Selisih ordinat titik kontrol mendekati jumlah departure.

Tes Formatif 7

1. Poligon yang tertutup secara matematis:
 - a. Poligon terbuka terikat
 - b. Poligon terbuka lepas
 - c. Poligon terbuka terikat sebagian
 - d. Poligon terbuka terikat sempurna

2. Poligon yang tertutup secara matematis dan geometris:
 - a. Poligon terbuka terikat
 - b. Poligon terbuka tertutup
 - c. Poligon terbuka terikat sebagian
 - d. Poligon terbuka terikat sempurna

3. Poligon sie slaag nama lain untuk:
 - a. Poligon terbuka terikat
 - b. Poligon terbuka lepas
 - c. Poligon terbuka terikat sebagian
 - d. Poligon terbuka terikat sempurna
4. Poligon yang memiliki kontrol asimut dan jarak:
 - a. Poligon terbuka terikat
 - b. Poligon terbuka lepas
 - c. Poligon terbuka terikat sebagian
 - d. Poligon terbuka terikat sempurna
5. Poligon yang tidak memmili kontrol asimut dan jarak:
 - a. Poligon terbuka terikat
 - b. Poligon terbuka lepas
 - c. Poligon terbuka terikat sebagian
 - d. Poligon terbuka terikat sempurna
6. Kesalahan penutup sudut poligon terikat sumpurna:
 - a. $k_{\beta} = (\alpha_{akhir} - \alpha_{awal}) - (\sum \beta_i^u - n. 180^0)$
 - b. $k_{\beta} = (\alpha_{RS} - \alpha_{AB}) + (\sum \beta_i^u - n. 180^0)$
 - c. $k_{\beta} = (\alpha_{RS} - \alpha_{AB})$
 - d. $k_{\beta} = (\sum \beta_i^u - n. 180^0)$
7. Garis hasil proyeksi ortografis pada sumbu utara-selatan (Y) suatu survei:
 - a. meridian
 - b. departure

- c. latitude
 - d. geodesic
8. Garis hasil proyeksi ortografis pada sumbu timur-barat (X) suatu survei:
- a. meridian
 - b. departure
 - c. latitude
 - d. geodesic
9. Pada poligon terbuka jumlah latitude mendekati:
- a. Selisih absis titik kontrol
 - b. Selisih ordinat titik kontrol
 - c. Selisih asimut titik kontrol
 - d. 0
10. Pada poligon terbuka jumlah departure mendekati:
- a. Selisih absis titik kontrol
 - b. Selisih ordinat titik kontrol
 - c. Selisih asimut titik kontrol
 - d. 0

Cocokkan jawaban Saudara dengan kunci jawaban tes formatif 9 yang ada pada halaman akhir modul ini. Hitunglah jawaban Saudara yang benar (B), hitunglah tingkat penguasaan Saudara dengan formula berikut ini:

$$\text{Tingkat penguasaan} = B / N (100\%)$$

N adalah jumlah soal

Contoh,

Jawaban yang benar 8, maka

Tingkat penguasaan = $8/10$ (100%) = 80%

Jadi, penguasaan Saudara 80 %

Jika penguasaan saudara sama dengan atau lebih dari 80%, Saudara dapat melanjutkan pada modul berikutnya. Jika penguasaan saudara yang benar kurang dari 80%, Saudara sebaiknya membaca kembali modul di atas, utamanya bagian yang belum Saudara kuasai.

==

MODUL

VIII

WATERPAS

Sekapur sirih. Beda tinggi antara 2 titik dapat diukur secara teliti dengan waterpass. Surveyor sering melakukan pengukuran beda tinggi dalam rangka membuat kontur di peta. Selain itu, surveyor dapat menggunakan ketinggian titik-titik di lapangan untuk menghitung volume tanah. Surveyor tanah lebih focus kepada koordinat planimetris (X dan Y). Namun dengan berkembangnya penggunaan peta, informasi ketinggian (Z) juga diperlukan untuk kepentingan pengguna.

Standar kompetensi. Taruna mampu melakukan pengukuran waterpas dengan benar.

Indikatornya. Taruna mampu membedakan berbagai jenis waterpass, mampu mengetahui syarat penggunaannya, mampu menjelaskan berbagai sumber kesalahan pengukuran waterpas dan mampu melakukan cara-cara pengukuran untuk mengurangi kesalahan tersebut.

Waterpass

A. Jenis waterpas

Alat ukur waterpas dapat di golongkan ke dalam beberapa jenis, yakni :

- a. Type semua tetap (dumpy level), dimana teropong dengan nivo menjadi satu, penyetelan kedudukan teropong di lakukan dengan tiga sekrup pengatur.
- b. Type nivo refleksi (wye level), dimana teropong dapat di putar pada sumbu memanjangnya.
- c. Type semua tetap dengan sekrup pengungkit (dumpy tilting level), pada jenis ini sumbu teropong dapat di setel dengan menggunakan sekrup pengungkit (tilting screw).
- d. Type otomatis (automatic level), pada jenis ini kedudukan sumbu teropong akan horizontal secara otomatis karena di dalamnya di lengkapi dengan prisma-prisma yang di gantungkan pada plat baja.
- e. Hand level, dimana alat ini hanya terdiri dari teropong yang di lengkapi dengan nivo, sedangkan cara menggunakannya cukup di pegang dengan tangan.

Waterpas atau sipat datar bertujuan untuk menentukan beda tinggi antara titik-titik di permukaan atas permukaan bumi secara teliti. Tinggi suatu obyek di atas permukaan bumi ditentukan dari suatu bidang referensi, yaitu bidang yang ketinggiannya dianggap nol. Dalam geodesi, bidang ini dianggap sebagai *bidang geoid*, yaitu bidang equipotensial yang berimpit dengan permukaan air laut rata-rata (*mean sea level*). Bidang equipotensial disebut juga bidang nivo. Bidang ini selalu tegak lurus dengan arah gaya berat di mana saja di permukaan bumi.

B. Syarat pemakaian waterpas

Agar dapat digunakan di lapangan, alat ukur waterpas harus memenuhi beberapa syarat tertentu, baik syarat utama yang tidak dapat ditawar-tawar lagi maupun syarat tambahan yang dimaksudkan untuk memperlancar pelaksanaan pengukuran di lapangan. Adapun syarat-syarat pemakaian alat waterpass pada umumnya adalah:

- a. Syarat dinamis: sumbu I vertikal
- b. Syarat statis, antara lain :

1. Garis bidik teropong sejajar dengan garis arah nivo
2. Garis arah nivo tegak lurus sumbu I
3. Garis mendatar diafragma tegak lurus sumbu I



Gb. VIII.1 contoh waterpas

Urutan persyaratan statis memang demikian. Namun agar pengaturannya lebih sistematis dan tidak berulang-ulang, urutan pengaturannya dibalik dari poin 3 ke 1.

1. Mengatur Garis Mendatar Diafragma Tegak Lurus Sumbu I

Pada umumnya garis mendatar diafragma (benang silang mendatar) telah dibuat tegak lurus sumbu I oleh pabrik yang memproduksi alat ukur.

2. Mengatur Garis Arah Nivo Tegak Lurus Sumbu I

Pada alat ukur waterpass tipe semua tetap tanpa skrup ungkit, syarat ini penting sekali. Namun pada alat dengan skrup ungkir, syarat ini agak sedikit longgar karena apabila ada sedikit pergeseran nivo dalam pengukuran, dapat diseimbangkan dengan skrup ungkir ini.

Adapun maksud dari persyaratan ini adalah apabila sumbu I telah dibuat vertikal, kemana pun teropong diputar, gelembung nivo akan tetap seimbang. Ini berarti garis bidik selalu mendatar karena garis bidik telah dibuat sejajar dengan garis arah nivo.

3. Membuat Garis Bidik Sejajar Garis Arah Nivo

Pada alat ukur waterpass, yang diperlukan adalah garis bidik mendatar. Untuk mengetahui apakah garis bidik sudah betul-betul mendatar atau belum, digunakan nivo tabung. Jika gelembung nivo seimbang, garis arah nivo pasti mendatar. Dengan demikian, jika kita bisa membuat garis bidik sejajar dengan garis arah nivo, garis arah nivo pasti mendatar.

Jarak bidik optimum waterpass berkisar antara 40-60 m. Berikut contoh pengukuran dengan alat ukur waterpass.

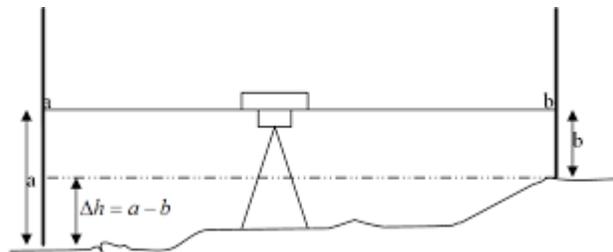
Apabila alat didirikan di antara dua buah rambu, maka antara dua buah rambu dinamakan *slag* yang terdiri dari bidikan ke rambu muka dan rambu belakang. Selain garis bidik atau benang tengah (BT), teropong juga dilengkapi dengan benang stadia yaitu benang atas (BA) dan benang bawah (BB). Selain untuk pengukuran jarak optis, pembacaan BA dan BB juga sebagai kontrol pembacaan BT di mana seharusnya pembacaan $2BT=BA+BB$

Apabila jarak antara dua buah titik yang akan diukur beda tingginya relatif jauh, maka dilakukan pengukuran berantai. Pada metode ini, pengukuran tak dapat dilakukan dengan satu kali berdiri alat. Oleh karena itu antara dua buah titik kontrol yang berurutan dibuat beberapa *slag* dengan titik-titik bantu dan pengukurannya dibuat secara berantai (*differential levelling*).

Seperti halnya pengukuran jarak dan sudut, pengukuran beda tinggi juga tidak cukup dilakukan dengan sekali jalan, tetapi dibuat pengukuran pergi pulang, yang pelaksanaannya dapat dilakukan dalam satu hari (dinamakan *seksi*), serta dimulai dan diakhiri pada titik tetap. Gabungan beberapa seksi dinamakan *trayek*.

Persamaan yang berlaku dalam sipatdatar :

- a. Waterpas terbuka : $\Sigma \Delta h = h_{akhir} - h_{awal}$
- b. Waterpas tertutup : $\Sigma \Delta h = 0$



Gambar VIII.2. Penentuan beda tinggi dengan sipat datar

Keterangan gambar :

A dan B : titik di atas permukaan bumi yang akan diukur beda tingginya

a dan b : bacaan atau tinggi garis mendatar di titik A dan B

Ha dan Hb : ketinggian titik A dan B di atas bidang referensi

Δh_{AB} : beda tinggi antara titik A dan B

C. Bagian-Bagian Dari Waterpass

Ada berbagai macam peralatan sipat datar yang digunakan dalam pengukuran, antara lain sebagai berikut :

1. Waterpas. Waterpass ini dipasangkan di atas kaki tiga dan pandangan dilakukan melalui teropong. Ada beberapa macam bagian-bagian dari waterpass, antara lain:
 - a. Lup. Lensa yang bisa disetel menjadi alat pengamat melakukan pembidikan. Lup tersebut diputar agar salib sumbu bidik berada dalam fokus.
 - b. Teropong. Tabung yang menjaga agar semua lensa dan gigi fokus berada pada posisinya yang benar.
 - c. Penahan sinar. Sebuah tudung metal atau plastik yang dipasang di atas lensa obyektif untuk melindungi lensa tersebut dari kerusakan dan untuk mengurangi silau pada waktu level digunakan.
 - d. Tombol focus. Sebuah tombol pengatur yang memfokuskan level secara internal terhadap target yang dikehendaki.
 - e. Piringan horizontal
 - f. Sekrup-sekrup level. Sekrup-sekrup pengatur yang dipaki untuk mendatangkan level.
 - g. Alas. Alas tipis berukuran 3 ½ x 8 “ yang mengikat alat pada tripod.
 - h. Unting-unting, kait dan rantai. Kait dan rantai ditempatkan tepat di tengah-tengah di bawah level, tempat unting-unting digantung bila sudut pandang akan diputar.
 - i. Sumbu yang dapat digeser-geser. Sebuah alat yang dimaksudkan untuk memungkinkan ditematkannya sumbu alat tepat di atas suatu titik tertentu.
 - j. Nama dan nomor seri plat.

- k. Sekrup tengensial horizontal. Sebuah sekrup pengatur untuk memperkirakan kelurusan antara salib sumbu bidik dan sasaran bidang horizontal.
- 1. Tabung nivo. Sebuah tabung gelas bergraduasi yang berisi cairan yang sejajar dengan garis bidik teropong.
- 2. Kaki tiga
 - Kaki tiga digunakan untuk menyangga alas waterpass dan menjaganya tetap stabil selama pengamatan. Kaki tiga ini mempunyai dua baut yaitu baut pertama digunakan untuk menentukan sambungan kaki dengan kepala sedangkan baut kedua digunakan untuk penyetelan kekerasan penggerak engsel antara kaki tiga dengan kepalanya.
- 3. Mistar ukur / rambu ukur
 - Mistar ukur adalah sebuah pita ukur yang ditopang vertikal dan digunakan untuk mengukur jarak vertikal antara garis bidik dan sebuah titik tertentu yang berada di atas atau di bawah garis bidik tadi.
 - Rambu ini terbuat dari bahan kayu atau aluminium. Panjangnya 3 meter (ada yang 4 dan 5 meter). Yang penting dari rambu ukur ini adalah pembagian skalanya harus betul-betul teliti untuk dapat menghasilkan pengukuran yang baik. Di samping itu cara memegangnya harus benar-benar tegak (vertikal).

D. Kesalahan-Kesalahan dalam Pengukuran Waterpass

Walaupun sebelum pengukuran peralatan telah dikoreksi dan syarat-syarat lain telah terpenuhi, namun karena hal-hal yang tak terduga sebelumnya, kesalahan-kesalahan yang lain tetap dapat terjadi, yaitu:

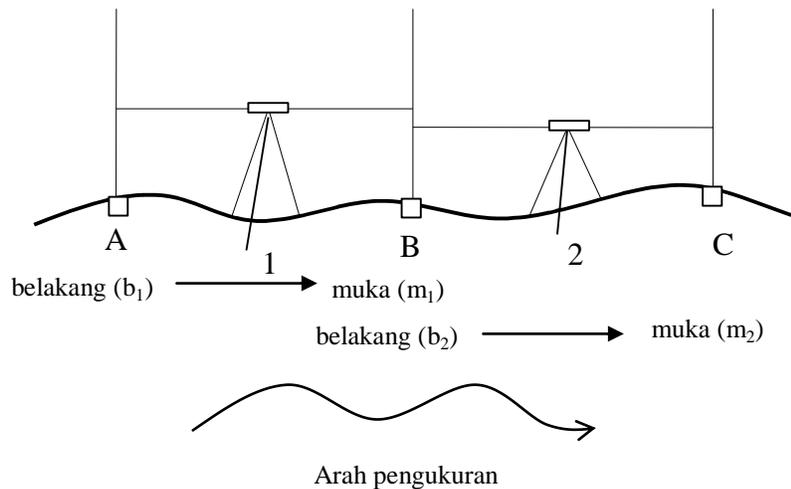
- 1. Bersumber dari alat ukur, antara lain:
 - a. Garis bidik tidak sejajar arah nivo. Pada pengukuran dengan alat ukur waterpas, garis bidik harus dibuat sejajar dengan garis arah nivo agar hasil yang didapatkan teliti. Adapun jika garis bidik tidak sejajar dengan garis arah nivo, kesalahan dapat dihilangkan dengan membuat jarak alat ukur ke rambu muka sama dengan jarak alat ukur ke rambu belakang

- b. Kesalahan Titik Nol Rambu. Kesalahan ini bisa terjadi dari pabrik, namun bisa pula terjadi karena alas rambu yang aus dimakan usia atau sebab yang lain. Pengaruh dari kesalahan ini apabila jumlah *slag* dibuat genap.
 - c. Kesalahan Karena Rambu yang tidak Betul-Betul Vertikal. Untuk menghindari kesalahan ini maka rambu harus betul-betul vertikal dengan cara menggunakan nivo rambu atau unting-unting yang digantungkan padanya.
 - d. Kesalahan Karena Penyinaran yang Tidak Merata. Sinar matahari yang jatuh tidak merata pada alat ukur waterpas akan menyebabkan panas dan pemuaiian pada alat waterpas yang tidak merata pula, khususnya nivo teropong, sehingga pada saat gelembung seimbang, garis arah nivo tidak mendatar dan garis bidik juga tidak mendatar. Untuk menghindari keadaan semacam ini sebaiknya alat ukur dipayungi agar tidak langsung terkena sinar matahari.
2. Bersumber dari si pengukur, antara lain:
- a. Kurang paham tentang pembacaan rambu. Untuk menghindari kesalahan ini, pembacaan dikontrol dengan koreksi $2BT=BA+BB$
 - b. Kesalahan karena mata cacat atau lelah. Untuk menghindari kesalahan ini sebaiknya mata yang cacat menggunakan kacamata dan pengamatan dilakukan dengan mata secara bergantian. Mata yang sedang tidak digunakan untuk membidik juga tidak perlu dipejamkan atau dipicingkan.
 - c. Kondisi fisik yang lemah. Untuk menghindari keadaan yang demikian, surveyor perlu istirahat di tengah hari, makan teratur dan selalu menjaga kondisi tubuh
 - d. Pendengaran yang kurang
3. Bersumber dari alam, antara lain:
- a. Kesalahan karena kelengkungan permukaan bumi. Kesalahan ini dapat diabaikan dengan membuat jarak rambu muka sama dengan jarak rambu belakang
 - b. Kesalahan karena refraksi sinar. Permukaan bumi diselimuti dengan lapisan-lapisan udara yang ketebalannya tidak sama karena suhu dan tekanan yang tidak sama. Hal ini akan mengakibatkan sinar yang sampai pada teropong dari obyek yang dibidik akan menjadi melengkung ke atas sehingga yang terbaca menjadi terlalu besar.
 - c. Kesalahan Karena Undulasi. Pada tengah hari yang panas antara pukul 11 sampai pukul 14 sering terjadi undulasi, yaitu udara di permukaan bumi yang bergerak

naik karena panas (fatamorgana). Jika rambu ukur didirikan di tempat yang demikian, maka apabila dibidik dengan teropong akan kelihatan seolah-olah rambu tersebut bergerak bergelombang-gelombang, sehingga sukar sekali untuk menentukan angka mana yang berimpit dengan garis bidik atau benang silang. Sehingga apabila terjadi undulasi sebaiknya pengukuran dihentikan.

- d. Kesalahan karena kondisi tanah tidak stabil. Akibat kondisi tanah tempat berdiri alat atau rambu tidak stabil, maka setelah pembidikan ke rambu belakang, pengamat pindah posisi untuk mengamati ke rambu muka ketinggian alat atau statif akan mengalami perubahan sehingga beda tinggi yang didapat akan mengalami kesalahan. Untuk itu, hendaknya tempat berdiri alat dan rambu harus betul-betul stabil atau rambu rambu diberi alas rambu.

E. Contoh pengukuran beda tinggi dengan waterpas



Perhatikan gambar di atas :

- Beda tinggi antara titik A dan B diukur dari posisi 1 (usahakan jarak $A1 \approx 1B$)
- Beda tinggi antara titik B dan C diukur dari posisi 2 (usahakan jarak $B2 \approx 2C$)
- Pada A, B dan C didirikan rambu ukur secara vertikal
- Perhatikan arah pengukuran :

Pada posisi 1, A adalah rambu belakang dan B adalah rambu muka.

Pada posisi 2, B adalah rambu belakang dan C adalah rambu muka.

(Jika arah pengukuran dibalik, maka kedudukan rambu belakang dan muka disesuaikan)

Pada Posisi 1 :

Beda tinggi antara A dan B adalah :

Bacaan bt rambu (belakang) – bacaan bt rambu (muka)

Atau : $bt(A) - bt(B)$

Pada Posisi 2 :

Beda tinggi antara B dan C adalah :

Bacaan bt rambu (belakang) – bacaan bt rambu (muka)

Atau : $bt(B) - bt(C)$

Dalam pengukuran beda tinggi antara titik-titik di atas permukaan tanah yang dilakukan secara memanjang, maka beda tinggi antara titik-titik terujung merupakan jumlah aljabar dari setiap antar *slag* (antara 2 titik saat mendirikan alat waterpas)

$$\text{Beda tinggi} = \sum \text{bt (belakang)} - \sum \text{bt (muka)}$$

Jika pengukuran beda tinggi memanjang dilakukan secara melingkar sedemikian rupa sehingga kembali ke titik awal, maka beda tinggi antara titik tersebut (misalnya dari A dan kembali ke A)

$$\text{Beda tinggi} = \sum \text{bt (belakang)} - \sum \text{bt (muka)} = 0$$

Jika beda tinggi pada di atas tidak sama dengan 0 (misalnya e_{tot}), maka terjadi kesalahan. Apabila kesalahan tersebut merupakan kesalahan random/acak maka tahap berikutnya adalah meratakan kesalahan tersebut ke semua hasil pengukuran beda tinggi antara titik-titik yang dilalui pengukuran ($e_{(i)}$)

$$e_{(i)} = (d_{(i)} / \sum d_{(i)}) \cdot e_{\text{tot}}$$

di mana :

$d_{(i)}$ adalah jarak dari rambu satu ke rambu lainnya (misalnya A ke B)

$\sum d_{(i)}$ adalah perimeter yaitu jarak dari titik awal sampai ke titik akhir sepanjang lintasan/jalur pengukuran.

Latihan

1. Sebutkan jenis jenis waterpass?
2. Apa beda waterpass dengan teodolit dalam hal struktur sumbunya?
3. Jelaskan apa yang dimaksud dengan mean sea level?
4. Jelaskan apa itu slag?
5. Jelaskan apa itu seksi?
6. Jelaskan apa itu trayek?
7. Apa beda persamaan jumlah beda tinggi waterpass tertutup dan terbuka?
8. Gambarkan penentuan beda tinggi dengan sipat datar termasuk variabel ukurannya!
9. Sebutkan bagian bagian waterpass!
10. Jelaskan sumber-sumber kesalahan pengukuran waterpas!

Rangkuman

Alat ukur waterpas dapat di golongkan ke dalam beberapa jenis, yakni : type semua tetap, type nivo refleksi, type semua tetap dengan sekrup pengungkit, type otomatis (automatic level), dan hand level.

Syarat-syarat pemakaian alat waterpass pada umumnya adalah: Syarat dinamis: sumbu I vertical, syarat statis, antara lain : (1). Garis bidik teropong sejajar dengan garis arah nivo, (2) Garis arah nivo tegak lurus sumbu I, dan (3) Garis mendatar diafragma tegak lurus sumbu I.

Dalam proyek waterpass ada istilah slaag, seksi, dan trayek. Persamaan yang berlaku dalam sipatdatar : a. Waterpas terbuka : (a) $\Sigma \Delta h = h_{akhir} - h_{awal}$. (b). Waterpas tertutup : $\Sigma \Delta h = 0$.

Kesalahan-kesalahan waterpass: (1) Bersumber dari alat ukur, antara lain: garis bidik tidak sejajar arah nivo, kesalahan titik nol rambu, kesalahan karena rambu yang tidak betul-betul vertikal, kesalahan karena penyinaran yang tidak merata. (2) Bersumber dari si pengukur : kurang paham tentang pembacaan rambu, kesalahan karena mata cacat atau lelah, kondisi fisik yang lemah, pendengaran yang kurang, dan (3) Bersumber dari alam: kesalahan karena kelengkungan permukaan bumi, kesalahan karena refraksi sinar, kesalahan karena undulasi, kesalahan karena kondisi tanah tidak stabil.

Tes Formatif 8

1. Teropong dapat di putar pada sumbu memanjangnya merupakan tipe waterpass:
 - a. dumpy level
 - b. wye level**
 - c. dumpy tilting level
 - d. otomatis
2. Kedudukan sumbu teropong akan horizontal secara otomatis karena di dalamnya di lengkapi dengan prisma-prisma yang di gantungkan pada plat baja adalah tipe waterpass:
 - a. dumpy level
 - b. wye level
 - c. dumpy tilting level
 - d. otomatis**
3. Sumbu teropong dapat di setel dengan menggunakan sekrup pengungkit adalah tipe waterpass:

- a. dumpy level
 - b. wye level
 - c. dumpy tilting level**
 - d. otomatis
4. Bidang equipotensial disebut juga:
- a. mean sea level
 - b. geoid
 - c. nivo**
 - d. geodesi
5. Syarat dinamis waterpass:
- a. Garis bidik teropong sejajar dengan garis arah nivo
 - b. Garis arah nivo tegak lurus sumbu I
 - c. Garis mendatar diafragma tegak lurus sumbu I Poligon terbuka terikat
 - d. Sumbu I vertikal**
6. Pengukuran pergi pulang dalam satu hari disebut:
- a. Slag
 - b. Seksi**
 - c. Trayek
 - d. Poligon
7. Pengukuran antara dua rambu disebut:
- a. Slag**
 - b. Seksi
 - c. Trayek
 - d. Poligon
8. Gabungan beberapa seksi disebut:
- a. Slag
 - b. Proyek

c. Trayek

d. Poligon

9. Jumlah beda tinggi dalam waterpas tertutup::

a. 0

b. h akhir

c. h awal

d. *h akhir – h awal*

10. Kesalahan titik nol rambu dapat dihindari dengan:

a. Jumlah slag genap

b. Instrumen di tengah tengah

c. Penggunaan nivo

d. Alat ukur dipayungi

Cocokkan jawaban Saudara dengan kunci jawaban tes formatif 9 yang ada pada halaman akhir modul ini. Hitunglah jawaban Saudara yang benar (B), hitunglah tingkat penguasaan Saudara dengan formula berikut ini:

Tingkat penguasaan = $B / N (100\%)$

N adalah jumlah soal

Contoh,

Jawaban yang benar 8, maka

Tingkat penguasaan = $8/10 (100\%) = 80\%$

Jadi, penguasaan Saudara 80 %

Jika penguasaan saudara sama dengan atau lebih dari 80%, Saudara dapat melanjutkan pada modul berikutnya. Jika penguasaan saudara yang benar kurang dari 80%, Saudara sebaiknya membaca kembali modul di atas, utamanya bagian yang belum Saudara kuasai.

==

MODUL

IX

PETA SITUASI

Sekapur sirih. Peta situasi adalah peta yang memuat situasi objek sekitar. Objek yang diamat dalam hal ini adalah bangunan sekitar, jalan, selokan dll. Selain itu kontur juga digambarkan pada peta ini. Peta ini biasa digunakan untuk perencanaan pembangunan diberbagai sector. Oleh sebab itu pembuatan peta situasi penting dilakukan

Standar kompetensi. Taruna mampu membuat peta situasi.

Indikatornya. Taruna mampu menjelaskan urutan urutan pembuatan peta situasi, membangun jaring poligon, mengukur detail, membuat garis kontur, melakukan plotting dan membuat format peta situasi.

PETA SITUASI

Pada prinsipnya pembuatan peta situasi merupakan rangkaian tahapan yang telah dibahas pada modul sebelumnya. Oleh sebab itu, bagi tahapan yang sebagian telah dibahas pada modul sebelumnya tidak lagi dibahas pada modul ini.

Peta situasi dibuat dengan urutan sebagai berikut:

1. Pembuatan kerangka kontrol horizontal dan vertical (lihat modul 6, modul 7, dan modul 8)
2. Pengukuran detail (lihat modul 4 tentang tacimetri)
3. Pembuatan garis kontur
4. Ploting

A. Pembuatan kerangka kontrol

Kerangka kontrol atau titik titik poligon terbagi dua fungsi, yaitu kerangka kontrol horisontal dan kerangka kontrol vertical. Kerangka kontrol yang akan dibuat berupa poligon tertutup di sekitar kampus. Jumlah titik poligon disesuaikan dengan medan dengan jumlah titik control 5-7 buah. Jarak antar titik juga disesuaikan kurang lebih antara 30 s.d 50 m. Titik control dapat berupa patok kayu atau paku payung yang dipasang di posisi yang aman, strategis dan tidak mengganggu pengguna jalan. Patok diberi nomor. Penomoran dibuat berlawanan arah jarum jam dan dituliskan nomor regu nomor titik dan kelas. Sebagai contoh patok V.2 C artinya patok nomor dua milik regu V kelas C.

Tahapan pembuatan kerangka control / poligon sebagai berikut:

1. Pemasangan titik poligon
2. Pengukuran dan pengolahan kerangka kontrol horisotal, dengan tahapan:
 - a. Pengukuran asimut magnetis awal (kompas)
 - b. Pengukuran jarak langsung (pita ukur) secara pergi-pulang
 - c. Pengukuran sudut (theodolit) secara 2 serirangkap
 - d. Penghitungan koordinat dengan metoda bowditch.

3. Pengukuran dan pengolahan kerangka kontrol vertikal, dengan tahapan:
 - a. Penambahan satu titik baru jika jumlah slag belum genap
 - b. Pengukuran beda tinggi (waterpas dan 2 rambu) secara pergi-pulang
 - c. Penghitungan beda tinggi

Hasil dari kegiatan ini adalah koordinat X, Y dan Z titik-titik control.

B. Pengukuran detail

Detail diukur dengan berbagai metoda. Salah satu metoda yang akan dijelaskan pada modul ini adalah metoda polar dengan pengukuran jarak dan beda tinggi secara tacimetri. Pada metoda polar ini yang diukur adalah sudut dan jarak optis serta beda tinggi. Peralatan yang diperlukan:

1. Theodolit dan kelengkapannya
2. Rambu ukur

Untuk ketertiban dan kemudahan pemahaman, pengukuran detail selalu didahului dengan pembidikan pada salah satu titik poligon dengan seting $0^{\circ} 0'0''$ pada posisi biasa. Sedapat mungkin urutan bidik detail searah jarum jam dengan mendahulukan detail yang paling dekat dengan titik referensi yang telah diset nol di atas. Setelah diset, detail sekitar dapat dibidik dengan didirikan rambu, kemudian dibaca piringan horisotal, pringan vertical, tinggi alat, ba, bt, bb. Rambu ukur berpindah pindah sesuai dengan kerapatan detail yang diperlukan.

Pojok-pojok bangunan sedapat mungkin diukur dengan cara di atas. Selain itu, panjang dan lebar bangunan diukur secara langsung dengan pita ukur.

Penghitungan koordinat detail bisa dilihat pada modul modul sebelumnya. Hasil dari kegiatan ini adalah koordinat X, Y dan Z titik-titik detail.

C. Pembuatan garis kontur

Garis kontur adalah garis khayal yang menghubungkan titik-titik dengan ketinggian yang sama. Karena tidak semua titik diukur maka untuk mendapatkan titik-titik ketinggian bagi titik-titik lainnya di sekitar digunakan interpolasi. Interpolasi kontur dapat dilakukan dengan secara grafis, atau penghitungan dengan bobot jarak.

D. Plotting

Ploting dilakukan dengan urutan sebagai berikut:

1. Buat format peta yang telah ditetapkan
2. Plot titik titik poligon sebagai titik referensi
3. Plot detail jalan, bangunan, selokan dll
4. Buat garis kontur dan atau titik-titik ketinggian.

Ploting dilakukan setelah semua data lapangan dihitung meliputi : (1) hitungan koordinat poligon (X,Y), (2) hitungan tinggi, dan (3) hitungan detail. Untuk menentukan posisi absis dan ordinat agar gambar berada di tengah tengah bidang gambar ditentukan titik tengah gambar dengan cara sebagai berikut:

$$X_t = X_{\min} + \frac{1}{2} \text{ panjang gambar pada sumbu x}$$

$$Y_t = Y_{\min} + \frac{1}{2} \text{ panjang gambar pada sumbu y}$$

Keterangan :

X_t : absis tengah kertas gambar

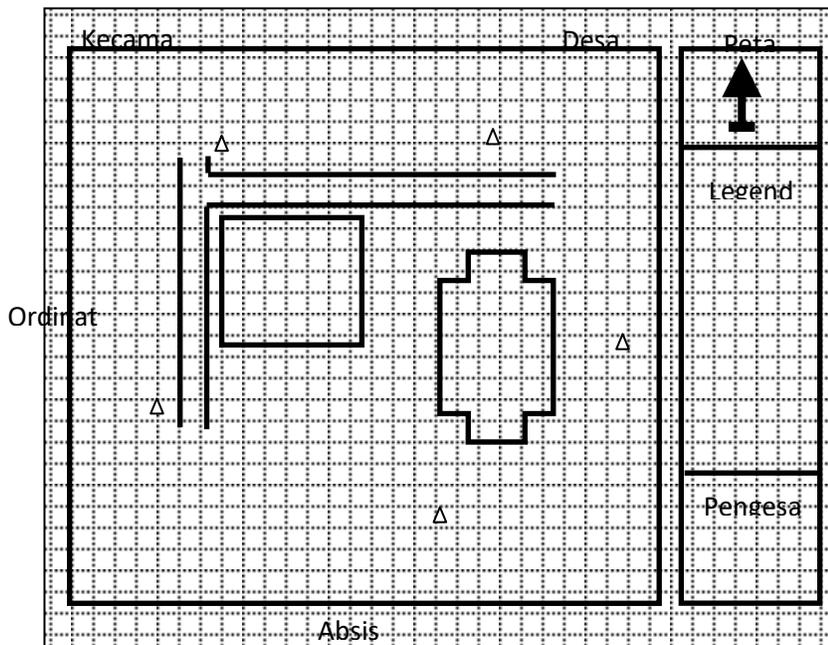
Y_t : ordinat tengah kertas gambar

X_{\min} : harga absis poligon yang paling kecil

Y_{\min} : harga ordinat poligon yang paling kecil

Panjang gambar pada sumbu X = $X_{\max} - X_{\min}$

Panjang gambar pada sumbu Y = $Y_{\max} - Y_{\min}$



Latihan

1. Jelaskan urutan pembuatan peta situasi?
2. Jelaskan urutan pembuatan kerangka kontrol?
3. Sebutkan macam-macam detail yang dibidik pada pembuatan peta situasi?
4. Apa yang dimaksud dengan garis kontur?
5. Bagaimanakah agar plotting diperoleh gambar yang sesuai dengan lebar kertas?

Rangkuman

1. Tahapan pembuatan peta situasi : Pembuatan kerangka kontrol horizontal dan vertical, Pengukuran detail (lihat modul 4 tentang tacimetri), Pembuatan garis kontur, dan Ploting
2. Garis kontur adalah garis khayal yang menghubungkan titik-titik dengan ketinggian yang sama.
3. Interpolasi kontur dapat dilakukan dengan secara grafis, atau penghitungan dengan bobot jarak.
4. Ploting dilakukan dengan urutan sebagai berikut: Buat format peta yang telah ditetapkan, Plot titik titik poligon sebagai titik referensi, Plot detail jalan, bangunan, selokan dll, dan Buat garis kontur dan atau titik-titik ketinggian.

DAFTAR PUSTAKA

1. Cavill, JAL, 1995, *Survey Engineering, A Guide to First Principle*, Finline Print, Australia.
2. Duggal, SK, 1996, *Surveying*, Vol 1, Tata McGraw-Hill, Delhi.
3. Hoar J. Gregory, tanpa tahun, *Satellite Surveying, Theory, Geodesy, Map Projections*, Magnavox.
4. Schimdt O Milton, Rayner H William, 1978, *Fundamentals of Surveying*, Litton Educational Publishing, USA.
5. Wongsotjitro S, 1980, *Ilmu Ukur Tanah*, Kanisius, Yogyakarta
6. Anoname, Wild T2 *Universal Theodolite With Automatic Index*. Intruction for use.

====

KUNCI JAWABAN

Tes formatif 1

1. a. Transit adalah istilah yang digunakan pada teodolit yang dapat diputar 180^0 terhadap sumbu horisontalnya.
2. d. chorobates adalah sejenis sipat datar kuno, tidak terkait dengan perkembangan teodolit.
3. b. Survei planimetris menganggap bumi itu datar tidak melengkung seperti kenyataannya.
4. b. Survei BPN yang di dalamnya terdapat pemasangan patok batas bidang tanah termasuk survei tanah.
5. c. Badan kekar tidak termasuk tiga jenis kompetensi yang harus dipunyai oleh seorang surveyor
6. c. Memiliki kendali emosi, cepat tanggap termasuk kompetensi karakter yang baik. Psikomotorik sama dengan ketrampilan teknis.
7. d. tujuan, dana dan waktu diperlukan sebagai bahan pertimbangan. Pengukuran hutan tidak sama telitnya dengan tujuan pengukuran titik dasar teknik. Dengan dana dan waktu yang terbatas Surveyor memilih metoda yang tepat dan optimal untuk tujuan surveinya.
8. c. Langkah paling tepat digunakan untuk membuat sketsa pada tempat terbuka. GPS adalah metode pengukuran dengan wahana satelit. EDM adalah pengukuran jarak elektronik. Meteran masih terlalu lama untuk hanya sekedar membuat sketsa.
9. d. Pensil yang baik untuk survei 3H s.d 4 H. Pensil lainnya terlalu tebal, catatan akan menjadi kotor dan mudah terhapus.
10. c. Penghapusan tidak diperbolehkan pada saat survei, catatan yang salah cukup dicoret, kemudian catat kembali data yang benar di atasnya.

Tes formatif 2

1. c. meridian, jelas
2. d. bearing, jelas
3. b. Pengamatan astronomis menghasilkan asimut sebenarnya
4. a. meridian magnetis, bearing magnetis adalah sudut yang terbentuk dari meridian magnetis
5. c. atraksi lokal gangguan pada jarum magnet misalnya pada tempat-tempat yang mengandung biji metal
6. b. North atau utara adalah istilah lain untuk asimut survei
7. d. Utara grid, jelas
8. d. salah satu cara pengukuran untuk menghasilkan asimut astronomis dengan pengamatan matahari
9. b. asimut magnetis selalu berubah karena massa bumi berubah pula.
10. a. meridian sebenarnya, jelas
11. a. $40^{\circ}21'10'' - 345^{\circ}20'50'' + [360^{\circ}] = 55^{\circ}00'20''$
12. b. $340^{\circ}56'50'' - 0^{\circ}0'0'' = 340^{\circ}56'50''$
13. b $340^{\circ}56'50'' - 10^{\circ}15'20'' = 330^{\circ}41'30''$
14. d. Bacaan horisontal yang terbaca pada teodolit akan berupa asimut jika bidikan ke RO diset sebesar asimut RO.
15. c. Kontrol data paling rendah jika bidikan ke RO diset sembarang.
16. d. jumlah bacaan = $3 \times 4 = 12$ bacaan
17. b. jumlah sudut = $3 \times 2 = 6$ sudut

18. b. interval RO = $180 / 3 = 600$, maka bidikan ke RO seri 1 diset $0^{\circ}0'0''$, seri 2 diset $60^{\circ}0'0''$ dan seri 3 diset $120^{\circ}0'0''$.
19. c. jelas
20. c. pada posisi biasa helling = $90^{\circ}-92^{\circ}30'10'' = -2030'10''$
21. b. pada posisi luar biasa helling = $265^{\circ}33'10''-270^{\circ} = -4^{\circ}26'50''$
22. a. pada posisi luar biasa helling = $275^{\circ}33'10''-270^{\circ} = 5^{\circ}33'10''$
23. d. $180^{\circ}0'0''$ jelas
24. c. kesalahan kolimasi horisontal $(260^{\circ}30'10'' - 260^{\circ}30'20'')/2 = -5''$
25. b. kesalahan kolimasi horisontal $(260^{\circ}30'10'' - 260^{\circ}30'0'')/2 = 5''$
26. b. kesalahan kolimasi vertikal $[360^{\circ} - (89^{\circ}30'10'' + 270^{\circ}29'40'')]/2 = 5''$

Tes formatif 3

1. B jelas
2. B jelas
3. A jelas
4. D jelas
5. B jelas
6. B jelas
7. A jelas
8. B jelas
9. A jelas
10. C jelas

Tes formatif 4

1. A jelas
2. B
3. A
4. D
5. B
6. B
7. A
8. B
9. A
10. C

Tes formatif 5

1. a. $40^{\circ}21'10'' - 345^{\circ}20'50'' + [360^{\circ}] = 55^{\circ}0'20''$
2. b. $340^{\circ}56'50'' - 0^{\circ}0'0'' = 340^{\circ}56'50''$
3. b $340^{\circ}56'50'' - 10^{\circ}15'20'' = 330^{\circ}41'30''$
4. d. Bacaan horisontal yang terbaca pada teodolit akan berupa asimut jika bidikan ke RO diset sebesar asimut RO.

5. c. Kontrol data paling rendah jika bidikan ke RO diset sembarang.
6. d. jumlah bacaan = $3 \times 4 = 12$ bacaan
7. b. jumlah sudut = $3 \times 2 = 6$ sudut
8. b. interval RO = $180 / 3 = 60$, maka bidikan ke RO seri 1 diset $0^{\circ}0'0''$, seri 2 diset $60^{\circ}0'0''$ dan seri 3 diset $120^{\circ}0'0''$.
9. c. jelas
10. c. pada posisi biasa helling = $90^{\circ} - 92^{\circ}30'10'' = -2^{\circ}30'10''$
11. b. pada posisi luar biasa helling = $265^{\circ}33'10'' - 270^{\circ} = -4^{\circ}26'50''$
12. a. pada posisi luar biasa helling = $275^{\circ}33'10'' - 270^{\circ} = 5^{\circ}33'10''$
13. d. $180^{\circ}0'0''$ jelas
14. c. kesalahan kolimasi horisontal $(260^{\circ}30'10'' - 260^{\circ}30'20'')/2 = -5''$
15. b. kesalahan kolimasi horisontal $(260^{\circ}30'10'' - 260^{\circ}30'0'')/2 = 5''$
16. b. kesalahan kolimasi vertikal $[360^{\circ} - (89^{\circ}30'10'' + 270^{\circ}29'40'')]/2 = 5''$
17. c. meridian, jelas
18. d. bearing, jelas
19. b. Pengamatan astronomis menghasilkan asimut sebenarnya
20. a. meridian magnetis, bearing magnetis adalah sudut yang terbentuk dari meridian magnetis
21. c. atraksi lokal gangguan pada jarum magnet misalnya pada tempat-tempat yang mengandung biji metal
22. b. North atau utara adalah istilah lain untuk asimut survei
23. d. Utara grid, jelas
24. d. salah satu cara pengukuran untuk menghasilkan asimut astronomis dengan pengamatan matahari
25. b. asimut magnetis selalu berubah karena massa bumi berubah pula.
26. a. meridian sebenarnya, jelas

Tes formatif 6

1. b. Metoda bowditch disebut juga metoda kompas.
2. B Syarat utama penghitungan pada metoda bowditch konsistensi pengukuran jarak dan sudut. Jika tidak konsisten, misalkan pengukuran sudut lebih baik daripada pengukuran jarak, sebaiknya digunakan metoda transit.
3. D. $30'' \times 1/206264,806 \text{ radian} \times 50.000 \text{ mm} = 7,3 \text{ mm}$
4. A. $1'' \times 1/206264,806 \text{ radian} \times 50.000 \text{ mm} = 0,2 \text{ mm}$
5. A. $1/10000 \times 206264,806 = 21''$ yang mendekati $20''$
6. D. $1/3000 \times 206264,806 = 69''$ yang mendekati $1'$
7. C. jumlah sudut dalam = $(23-2) \times 180^{\circ} = 3780^{\circ}$
8. B. jumlah sudut luar = $(23+2) \times 180^{\circ} = 4500^{\circ}$
9. C. $20'' \times \sqrt{10} = 63''$
10. C. $10'' \times \sqrt{10} = 31''$
11. D. $5'' \times \sqrt{35} = 29''$

12. B .toleransi 29", maka sudut yang diterima antara $5939^{\circ}59'31''$ sampai dengan $5940^{\circ}0'29''$
13. C .toleransi 29", maka sudut yang diterima antara $6659^{\circ}59'31''$ sampai dengan $6660^{\circ}0'29''$
14. B . jelas

Tes formatif 7

1. D. Poligon yang tertutup secara matematis poligon terbuka terikat sempurna
2. B. Poligon yang tertutup secara matematis dan geometris poligon terbuka tertutup
3. B. Poligon sie slaag nama lain untuk Poligon terbuka lepas
4. D. Poligon yang memiliki kontrol asimut dan jarak adalah Poligon terbuka terikat sempurna
5. B . Poligon yang tidak memmili kontrol asimut dan jarak adalah Poligon terbuka lepas
6. A. Kesalahan penutup sudut poligon terikat sumpurna: $k\beta = (\alpha_{akhir} - \alpha_{awal}) - (\sum\beta_{iu} - n \cdot 1800)$
7. C. Garis hasil proyeksi ortografis pada sumbu utara-selatan (Y) suatu survei: latitude
8. B. Garis hasil proyeksi ortografis pada sumbu timur-barat (X) suatu survei: departure
9. B. Pada poligon terbuka jumlah latitude mendekati: Selisih ordinat titik kontrol
10. A. Pada poligon terbuka jumlah departure mendekati: Selisih absis titik kontrol

Tes formatif 8

1. B
2. D
3. C
4. C
5. D
6. C
7. A
8. C
9. A
10. A