

Survei Pemetaan Topografi



MUHAMMAD ALTIN MASSINAI

SURVEI PEMETAAN TOPOGRAFI

Sanksi Pelanggaran Hak Cipta

Undang-Undang Republik Indonesia No. 19 Tahun 2002 tentang Hak Cipta

Lingkup Hak Cipta

Pasal 2:

1. Hak Cipta merupakan hak eksklusif bagi pencipta dan pemegang Hak Cipta untuk mengumumkan atau memperbanyak ciptaannya, yang timbul secara otomatis setelah suatu ciptaan dilahirkan tanpa mengurangi pembatasan menurut peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Ketentuan Pidana

Pasal 72:

1. Barang siapa dengan sengaja atau tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam pasal 2 ayat (1) atau pasal 49 ayat (1) dan (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 5.000.000.000,00 (lima milyar rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

SURVEI PEMETAAN TOPOGRAFI

Muhammad Altin Massinai

Penerbit
Masagena Press
2019

SURVEI PEMETAAN TOPOGRAFI

Copyright © 2019 Masagena Press
All Right Reserved
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Penulis : Muhammad Altin Massinai
Editor : Muhammad Fawzy Ismullah M, SSi, MT
Pemeriksa Aksara : Sitti Muthia Maghfirah, S,Psy
Perancang Sampul : Muhammad Fawzy Ismullah M, SSi, MT
Pewajah Isi : Jabal At-Tariq
Cetakan : Pertama, Agustus 2019
Ukuran : 14,7 x 21 cm
Jumlah Halaman : x + 160
ISBN : 978-602-0924-61-8

Diterbitkan oleh : Masagena Press
Bumi Tamalanrea Permai
Jl. Mahoni II Blok AF No. 541
Kel. Katimbang Kec. Biringkanaya
Makassar 90241
No. HP: 085398509700
Email: masagenapress@gmail.com
Anggota IKAPI

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Berkat Rahmat Allah SWT sehingga buku ini dapat selesai juga setelah mengalami hambatan-hambatan dengan tugas-tugas lain yang cukup merepotkan. Buku ini merupakan gabungan dari berbagai buku dan pengalaman penulis dalam pemetaan di lapangan dan dari materi kuliah penulis sewaktu menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Geodesi ITB Bandung. Oleh karena itu penulis sangat berterima kasih kepada bapak Ir. Umaryono Purworaharjo dan Prof. Dr. Ir. Widyo Nugraho SULASDI, yang telah membekali penulis dalam bidang pemetaan terestrial. Buku ini disajikan untuk memenuhi keperluan praktisi dan perkuliahan serta praktek baik praktikum di laboratorium maupun praktikum di lapangan bagi mahasiswa.

Kami menyadari bahwa buku ini belum sempurna, untuk itu kami mengharapkan kritik-kritik dari semua pihak, agar kelak isi buku ini dapat dipergunakan di lingkungan yang lebih luas. Dengan terbitnya buku ini, kami mengucapkan terima kasih kepada Muhammad Fawzy Ismullah, SSi, MT, dkk. di Laboratorium Geofisika Padat yang telah membantu mengedit naskah ini semoga Allah SWT memberi ganjaran Pahala (Amal Jariyah) Insya Allah. Terakhir semoga buku ini dapat membantu mahasiswa untuk mendalami bidang ini.

Makassar, 16 Juni 2018

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Bentuk Bumi dan Ellipsoida Referensi	2
1.2 Sejarah Penentuan Posisi	4
1.3 Klasifikasi Pengukuran	5
1.4 Kerangka Dasar (KD) Pemetaan	6
1.5 Satuan Ukuran	13
BAB II PENENTUAN POSISI HORIZONTAL	15
2.1 Arti Posisi Horizontal Titik	15
2.2 Arti Jarak	16
2.3 Arti Sudut Mendatar dan Sudut Jurusan	17
2.4 Metoda-metoda Penentuan Posisi Horizontal	21
2.4.1 Metoda Polar	22
2.4.2 Metoda Poligon	23
2.4.3 Metoda Triangulasi	30
2.4.4 Metoda Trilaterasi	32
BAB III PENGUKURAN SUDUT	34
3.1 Persyaratan Alat Theodolit	34
3.2 Pengukuran Sudut Mendatar	34
3.2.1 Cara Repetisi	35
3.2.2 Cara Reiterasi	38
3.3 Pengukuran Sudut Tegak	41
BAB IV PENENTUAN POSISI VERTIKAL	44
4.1 Pengertian-pengertian	44
4.2 Metoda Beda Tinggi	46
4.3 Alat Sipat Datar	49
4.4 Rambu Ukur dan Landasan	51

BAB V	PENENTUAN BEDA TINGGI DENGAN SIPAT DATAR	53
	5.1 Cara-cara Pengukuran	53
	5.2 Macam-macam Pengukuran	58
	5.3 Sipat Datar Memanjang	59
	5.4 Pengukuran Profil Memanjang	62
	5.5 Pengukuran Profil Melintang	68
	5.6 Sipat Datar Luas	72
	5.7 Sipat Datar Resiprokal	74
	5.8 Kesalahan Pengukuran Sipat Datar	74
BAB VI	PENENTUAN BEDA TINGGI DENGAN TRIGONOMETRIS	76
BAB VII	PENENTUAN BEDA TINGGI DENGAN CARA BAROMETRIS	78
BAB VIII	PENGUKURAN TINGGI MUKA AIR LAUT	85
BAB IX	PERPETAAN	88
	9.1 Umum	88
	9.2 Macam-macam Peta	90
	9.3 Skala Peta	93
	9.4 Legenda dan Orientasi Peta	95
	9.5 Jenis Pengukuran dalam Pemetaan	99
BAB X	PENGUKURAN PEMBUATAN PETA CARA OFFSET	102
	10.1 Memasang Titik Sepanjang Garis Ukur	105
	10.2 Cara Menuliskan Angka pada Gambar Ukur	109
BAB XI	PENGUKURAN PEMBUATAN PETA CARA TACHYMETRI	110
BAB XII	GARIS KONTUR	114
	12.1 Interval Kontur	115
	12.2 Ciri-ciri Garis Kontur	116

12.3 Kemiringan Tanah dan Kontur Gradien	119
12.4 Kegunaan Garis Kontur	120
12.5 Menentukan Titik Detail Guna Penarikan Garis Kontur	122
12.6 Interpolasi Garis Kontur	124
 BAB XIII PENENTUAN LUAS	128
13.1 Dengan Menggunakan Angka-angka Koordinat ..	128
13.2 Cara Grafis	129
13.3 Cara Setengah Grafis	130
13.4 Cara Mekanis Grafis	131
 BAB XIV PENENTUAN VOLUME DARI GARIS KONTUR	139
 BAB XV PRAKTIKUM APLIKASI SURFER DALAM PEMBU- ATAN KONTUR, RELIEF DAN PROFIL 3-D	144
 DAFTAR PUSTAKA	149
INDEKS	151
GLOSARIUM	155
TENTANG PENULIS	159

BAB I

PENDAHULUAN

Topografi adalah salah satu cabang dari ilmu Geofisika yang sangat penting dalam bidang pemetaan, pekerjaan teknik sipil, geologi/pertambangan, kelautan, pertanian, kehutanan, peternakan dan disiplin ilmu lainnya.

Salah satu tujuan utama dari topografi ialah pemetaan. Hasil dari pemetaan adalah peta. Peta dibuat melalui tahapan utama, yaitu:

1. Melakukan pengukuran-pengukuran pada dan di antara titik-titik di muka bumi (*surveying*).
2. Menghimpun dan menghitung hasil ukuran. Kemudian memindahkannya pada bidang datar peta.
3. Menafsir fakta-fakta yang ada di permukaan bumi dan menggambarkannya dengan simbol-simbol. Misalnya: sungai, saluran irigasi, bangunan, bentuk permukaan tanah, dan lain-lain.

Pengukuran-pengukuran dilakukan untuk menentukan posisi (koordinat dan ketinggian) di permukaan bumi. Titik-titik di permukaan bumi yang diukur, dikelompokkan ke dalam 2 (dua) kelompok besar, yaitu: titik-titik kerangka dasar dan titik-titik detail.

Titik-titik kerangka dasar, adalah sejumlah titik-titik (ditandai dengan patok terbuat dari kayu atau beton) yang dibuat dengan kerapatan tertentu yang akan digunakan untuk menentukan koordinat dan ketinggian titik-titik detail. Sedangkan titik-titik detail adalah titik-titik yang telah ada di lapangan, yaitu: titik-titik sepanjang pinggiran sungai, jalan, pojok-pojok bangunan, dan lain-lain.

Untuk menghitung koordinat titik-titiknya diperlukan adanya bidang hitungan tertentu. Mengingat bahwa permukaan bumi fisik sangat tidak beraturan, permukaan tidak dapat digunakan sebagai bidang hitungan. Di dalam Geodesi, permukaan bumi yang tidak beraturan tersebut diganti dengan bidang yang teratur, yaitu bidang yang mempunyai bentuk dan ukuran mendekati permukaan air laut rata-rata dalam keadaan tidak terganggu (tenang). Bidang teratur tersebut adalah merupakan ellips putar (ellipsoida). Permukaan ellipsoida inilah yang digunakan sebagai hitungan.

Setelah data ukuran dihitung pada ellipsoida, kemudian hasilnya dipindahkan ke bidang datar peta dengan menggunakan aturan-aturan menurut ilmu proyeksi peta. Sebagai permukaan ellipsoida yang mempunyai ukuran terbesar kurang dari 100 Km, dapat dianggap sebagai permukaan sebuah bola dengan jari-jari tertentu. Bila luasnya mempunyai ukuran terbesar tidak melebihi 55 Km. Permukaan dapat dianggap sebagai bidang datar.

1.1 Bentuk Bumi dan Ellipsoida Referensi

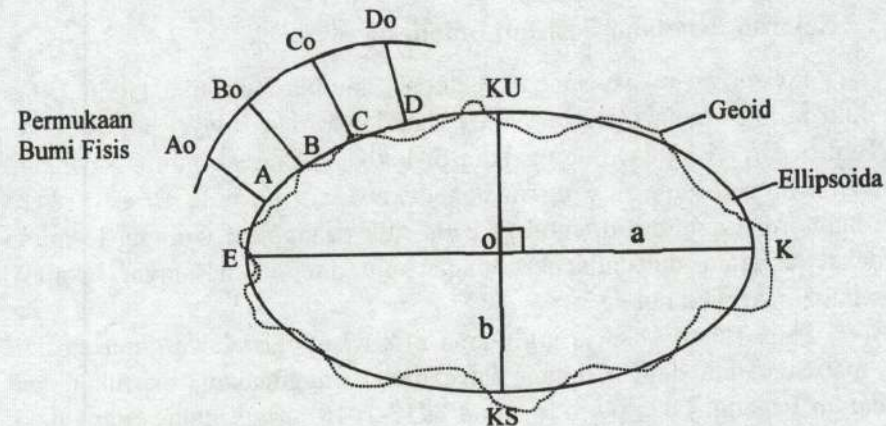
Permukaan bumi fisik sangat tidak teratur, karena permukaan bumi fisik tidak dapat digunakan untuk keperluan hitungan dalam geodesi/geofisika. Permukaan bumi diganti dengan permukaan matematik yang mempunyai bentuk dan ukuran mendekati geoid, yaitu permukaan air laut rata-rata dalam keadaan tidak terganggu (tenang). Bentuk Geoid secara global mendekati bentuk permukaan sebuah ellipsoida (ellips putar) dengan ukuran tertentu (Gambar 1.1). Sebuah ellipsoida dengan bentuk ukuran tertentu yang digunakan untuk perhitungan-perhitungan *surveying* dinamakan ellipsoida referensi.

Tabel 1.1 di bawah ini adalah daftar beberapa bentuk dan ukuran ellipsoida bumi hasil penelitian para ahli disertai tahun dilakukannya penelitian.

Tabel 1.1 Bentuk dan ukuran ellipsoida bumi (Barry, 1978,* Subarya & Matindas, 1995)

NAMA	TAHUN	a	f
AIRY	1830	6.376.542 m	1 : 299,325
EVEREST	1830	6.377.276 m	1 : 302,802
BESSEL	1841	6.377.397 m	1 : 299,153
CLARKE	1880	6.378.249 m	1 : 293,500
HAYFORD	1906	6.378.388 m	1 : 297,000
HEISKANEN	1926	6.378.397 m	1 : 297,800
Krassowsky	1940	6.378.245 m	1 : 298,300
FISCHER	1960	6.378.155 m	1 : 298,300
I.U.G.G.	1967	6.378.160 m	1 : 298,250
SNI*	1971	6.378.160 m	1 : 298,247
WGS84*	1984	6.378.137 m	1 : 298.257

Keterangan: a = setengah sumbu panjang = jari-jari ekuator
 f = pengepengan



Gambar 1.1 Ellipsoida Bumi (Weikko & Morits, 2005)

Keterangan: O = Pusat bumi (pusat ellipsoida)
 Ku = Kutub utara bumi
 Ks = Kutub selatan bumi
 Ku.Ks = Sumbu rotasi ellipsoida bumi
 (a) = Jari-jari ekuator = setengah sumbu panjang
 (b) = Setengah sumbu pendek
 (f) = $[(a-b)/a]$ = pengepengan, parameter untuk menentukan bentuk ellipsoida

Dari Tabel 1.1 tampak bahwa ukuran dan bentuk ellipsoida yang diperoleh masing-masing ahli berbeda-beda, maka pada tahun 1924 oleh *International Union Of Geodesy and Geophysics* (IUGG) ditetapkan bahwa Ellipsoida Hayford (1906) sebagai ellipsoida internasional. Pada tahun 1967 *International Association of Geodesy* (IAG), ellipsoida bumi yang mempunyai besar:

$$a = 6.378.160\text{m}$$

$$f = 1 : 298,247$$

Ditetapkan sebagai ellipsoida yang dipakai oleh anggota IUGG. Ellipsoida tersebut diberi nama *GEODETIC REFERENCE SYSTEM* 1967 disingkat GRS 67.

1.2 Sejarah Penentuan Posisi di Indonesia

Penentuan posisi dengan metoda triangulasi dimulai tahun 1862 yaitu jaring utama triangulasi di Pulau Jawa, dan selesai tahun 1880. Terdiri dari 114 titik, ditempatkan di berbagai puncak gunung dengan memakai perhitungan yang mengacu kepada ellipsoida Bessel 1841. Lintang dan azimuth ditentukan pada titik triangulasi Gunung Genoeck dekat Semarang, dan untuk perhitungan bujur ditentukan Batavia (Jakarta) sebagai meridian nol.

Pada Tahun 1883 jaring utama titik triangulasi Jawa diperluas ke Pulau Sumatera, dengan lintang dan azimuth menggunakan titik triangulasi datum Padang. Pada periode tahun 1912-1918 jaring utama triangulasi Jawa di perluas ke Bali dan Lombok di Nusatenggara.

Pada tahun 1911 pengukuran jaring utama Celebes (Sulawesi) dimulai. Sistem menggunakan sistem koordinat ellipsoida Bessel 1841, dengan lintang dan azimuth ditentukan mengacu pada titik triangulasi di Gunung Moncong Lowe (puncak Gunung Bawakaraeng) dan dalam penentuan bujur, Makassar sebagai meridian nol.

Pada tahun 1971 penentuan posisi dilakukan dengan menggunakan satelit Doppler, yang bertujuan untuk keperluan pemetaan rupabumi pulau Sumatera. Pada tahun itu BAKOSURTANAL menggunakan GRS'67 sebagai ellipsoida referensi dan disebut SFEROID NASIONAL INDONESIA (SNI). Penentuan orientasi SNI dalam ruang ditetapkan datum relatif, yaitu dengan titik eksentris stasiun Doppler BP-A (1884) di Padang sebagai titik datum SNI (Kahar, 1990), dengan:

Lintang (F)	: 0° 56' 38,414" S
Bujur (L)	: 100° 22' 08,804" T
Tinggi (h)	: 3,190 meter di atas SNI

Pada tahun 1992, pengadaan Jaring Kontrol Geodesi (Horizontal) Nasional yang berkesinambungan secara geometris dengan ketelitian homogen dalam satu sistem datum mencakup seluruh wilayah Indonesia dapat terwujud. Pengadaan Jaring Kontrol Horizontal Nasional (JKHN) memanfaatkan teknologi GPS, dan koordinat titik yang diperoleh adalah

dalam sistem elipsoid referensi WGS84 yang geosentrik. Tabel 1.2 di bawah ini adalah daftar ellipsoida yang digunakan di Indonesia.

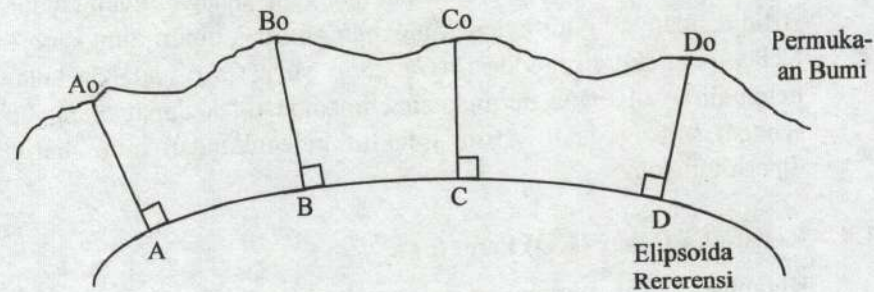
Tabel 1.2 Daftar ellipsoida di Indonesia (Subarya & Matindas, 1995)

NAMA	TAHUN	a	f
BESSEL	1841	6.377.397 m	1 : 299,50
SNI	1971	6.378.160 m	1 : 298,247
WGS84	1992	6.378.137 m	1 : 298,257

Nama SNI ditetapkan berdasarkan surat keputusan BAKOSURTANAL tahun 1971.

1.3 Klasifikasi Pengukuran

Pengukuran-pengukuran dilakukan dan di antara titik-titik di permukaan bumi. Beberapa titik dimaksud digambarkan pada Gambar 1.2 sebagai titik Ao, Bo, dan Do.



Gambar 1.2

Titik-titik pada Ellipsoida Referensi (Vanicek & Krakiwsky, 1982)

Untuk keperluan pemetaan titik-titik Ao, Bo dan Do diproyeksikan secara orthogonal kepada permukaan ellipsoida referensi menjadi titik-titik A,B,C dan D. AoA, BoB,CoC dan DoD merupakan garis-garis normal pada permukaan ellipsoida. Garis-garis normal tersebut praktisnya merupakan garis-garis arah gaya berat melalui Ao, Bo, Co dan Do.

Jadi garis-garis normal tersebut akan menuju pusat bumi.

1. Apabila titik-titik Ao, Bo, Co dan Do cukup berdekatan yaitu terletak dalam satu wilayah yang luasnya mempunyai ukuran terbesar tidak melebihi 55 Km, maka permukaan ellipsoidanya dapat dianggap sebagai bidang datar. Artinya garis-garis normal AoA, BoB, CoC dan DoD dapat dianggap sejajar.
2. Apabila titik-titik Ao, Bo, Co dan Do terletak dalam satu wilayah yang luasnya mempunyai ukuran terbesar kurang dari 100 Km, permukaan ellipsoidanya dapat dianggap sebagai permukaan bola dengan jari-jari tertentu dan garis-garis normal AoA, BoB, CoC dan DoD akan berpotongan di pusat bola.
3. Apabila titik-titik Ao, Bo, Co dan Do terletak dalam satu wilayah yang lebih besar dari 5500 Km², permukaan ellipsoidanya tidak dapat lagi dianggap sebagai bidang datar maupun permukaan bola

Berdasarkan luas daerah, pengukuran digolongkan ke dalam 2 kelas, yaitu:

1. Kelas pengukuran tanah (*plan surveying*), adalah kelas pengukuran dimana permukaan ellipsoida dapat dianggap sebagai bidang datar. Artinya adanya faktor kelengkungan bumi tidak diperhitungkan.
2. Kelas pengukuran geodesi (*Geodetic surveying*), adalah kelas pengukuran di mana permukaan ellipsoida tidak dapat dianggap sebagai bidang datar. Artinya faktor kelengkungan bumi harus diperhitungkan.

1.4 Kerangka Dasar (KD) Pemetaan

Kerangka Dasar merupakan jaringan berbentuk geometris dengan berpedoman pada luas wilayah yang akan dipetakan. Model dan bentuk KD juga bergantung pada model dan bentuk wilayah tersebut. Kerangka Dasar ini selain digunakan pada wilayah yang luas dengan metoda Triangulasi atau Triangulaterasi, tetapi sangat dibutuhkan juga pada pemetaan detail dengan menggunakan metoda polygon.

Pekerjaan-pekerjaan bidang *surveying* memerlukan Kerangka Dasar (KD) adalah:

1. Pengukuran-pengukuran di muka bumi yang akan dibuat peta serta bentuk permukaan tanahnya.
2. Pengukuran-pengukuran di muka bumi yang akan dipasang patok-

patok yang merupakan rencana sumbu jalan, sumbu saluran irigasi, dan lain-lain.

3. Pengukuran-pengukuran di muka bumi dapat diketahui bentuk permukaan tanah dasar sungai, danau, laut, waduk, dll.
4. Pengukuran-pengukuran dapat diketahui apakah sebuah bangunan besar misalnya mengalami pergeseran dari posisi semula.
5. Pengukuran-pengukuran dapat dihitung besarnya volume tanah galian atau timbunan pada suatu rencana bangunan, jalan atau saluran irigasi.
6. Pengukuran-pengukuran dapat ditentukan batas-batas pemilikan tanah, batas-batas administrasi pemerintah yang telah hilang atau pemasangan tanda-tanda batas pemilikan tanah untuk daerah pemukiman.
7. Pengukuran-pengukuran dapat direncanakan penggalian sebuah terowongan dari dua arah dapat bertemu agar menuju ke tempat yang direncanakan.
8. Pengukuran-pengukuran dapat ditentukan batas daerah genangan pada suatu rencana bendung.

Untuk melaksanakan pekerjaan-pekerjaan tersebut di atas, sebelumnya perlu diselenggarakan adanya sejumlah titik dengan kerapatan tertentu dan di lapangan ditandai dengan patok dari kayu, pilar beton atau baut yang ditanam pada bangunan permanen. Titik-titik tersebut dengan pengukuran-pengukuran tertentu dan ditentukan nilai koordinatnya dalam satu koordinat tertentu serta mempunyai fungsi khusus sebagai berikut:

1. Sebagai titik pengikat (titik referensi), yaitu untuk menentukan koordinat titik-titik lainnya. Misalnya titik A sebagai titik pengikat, dengan mengukur jarak dan arah dari A ke B maka dapat dihitung koordinat titik B.
2. Sebagai titik pengontrol pengukuran-pengukuran yang baru. Dalam hal ini ketelitian titik pengontrol harus lebih tinggi dari pada ketelitian pengukuran yang baru. Misalnya titik-titik A dan B merupakan titik pengontrol. Bila dari A dilakukan pengukuran-pengukuran dan pada akhirnya disambungkan ke titik B, titik B merupakan pengontrol ukuran dari A.

Apabila titik tersebut di atas digunakan untuk keperluan pemetaan disebut titik kerangka dasar pemetaan. Kerangka dasar ada dua, yaitu titik-titik kerangka dasar horizontal (KDH) dan titik-titik kerangka dasar vertikal (KDV).

Kerangka horizontal mempunyai koordinat horizontal (koordinat planimetris) yang dinyatakan terhadap sistem salib sumbu pada bidang datar. Pada kerangka yang luas lokasi titik-titik pilar biasanya ditempatkan di kota-kota besar di lokasi yang mudah dalam pencapaian dan memenuhi persyaratan untuk pengukuran GPS beresolusi rendah. Penyebaran titik ditempatkan merata secara geometris di seluruh Indonesia.

Kerangka vertikal mempunyai harga ketinggian yang umumnya dihitung dari permukaan air laut rata-rata (*mean sea level-MSL*). Pada umumnya titik-titik kerangka dasar mempunyai koordinat planimetris dan ketinggian yang dalam metoda UTM (Universal Transverse Mercator) disimbolkan X, Y Z, dalam satuan meter.

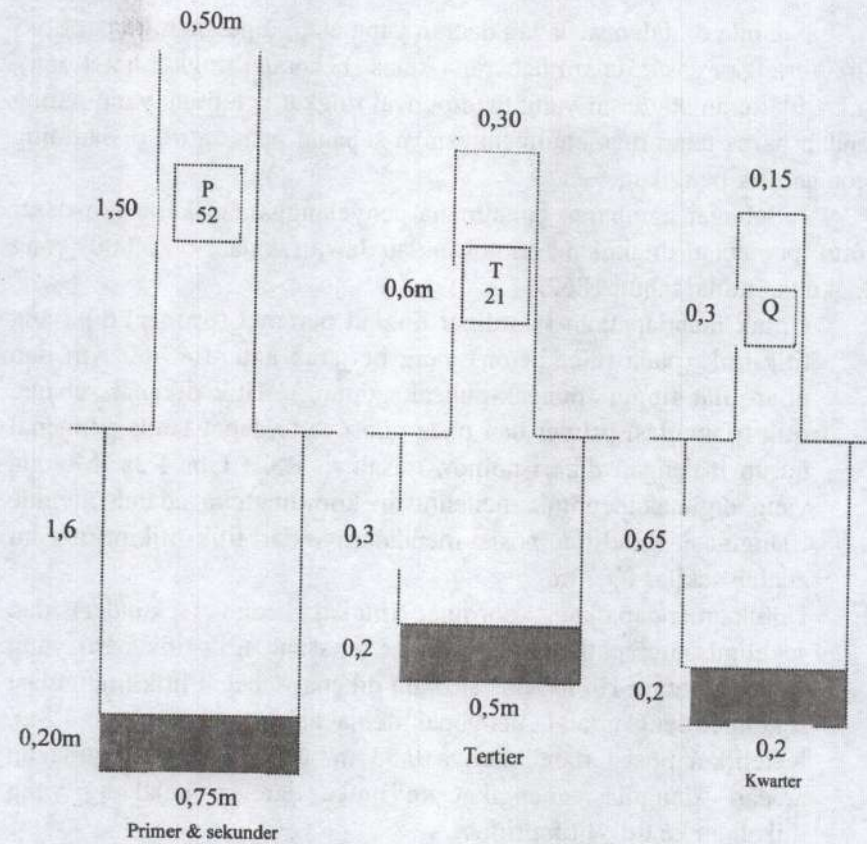
Titik-titik kerangka dasar dihubungkan satu sama lain dengan pengukuran-pengukuran. Tergantung dari kegunaannya titik-titik kerangka dasar dapat diukur dengan cara dan ketelitian yang berbeda dan diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Apabila jaringan titik-titik kerangka dasar yang membentang dan menyeberang di seluruh wilayah yang akan dipetakan, pengukuran dilakukan dengan ketelitian yang maksimal, titik-titik kerangka dasar ini diklasifikasikan sebagai titik kerangka dasar utama (primer).
2. Apabila dirasakan perlu merapatkan titik-titik kerangka dasar baru di antara titik-titik kerangka dasar utama dan pengukuran yang baru diikatkan ke titik kerangka dasar utama, maka titik-titik kerangka dasar yang baru diklasifikasikan sebagai titik kerangka dasar tingkat kedua (sekunder).
3. Seandainya masih diperlukan titik-titik kerangka dasar dengan kerapatan lebih tinggi, maka dipasang titik-titik kerangka yang baru dan pengukurannya diikatkan ke titik-titik kerangka dasar primer dan sekunder, titik-titik kerangka dasar yang baru ini diklasifikasikan sebagai titik-titik kerangka dasar tingkat ketiga (tersier). Demikian seterusnya, sehingga didapat titik kerangka dasar tingkat ke empat (kwarter).

Apabila di dalam wilayah daerah yang akan dipetakan dibuat titik-titik kerangka dasar dalam beberapa kelas (beberapa tingkat ketelitian), titik-titik kerangka dasar yang mempunyai tingkat ketelitian yang paling rendah harus tetap memenuhi fungsinya sebagai pengontrol di samping sebagai titik pengikat.

Sebagai gambaran bagaimana penyelenggaraan kerangka dasar untuk pemetaan dilakukan, contoh pulau Jawa (skala 1 : 25.000) yang dilakukan mulai tahun 1862.

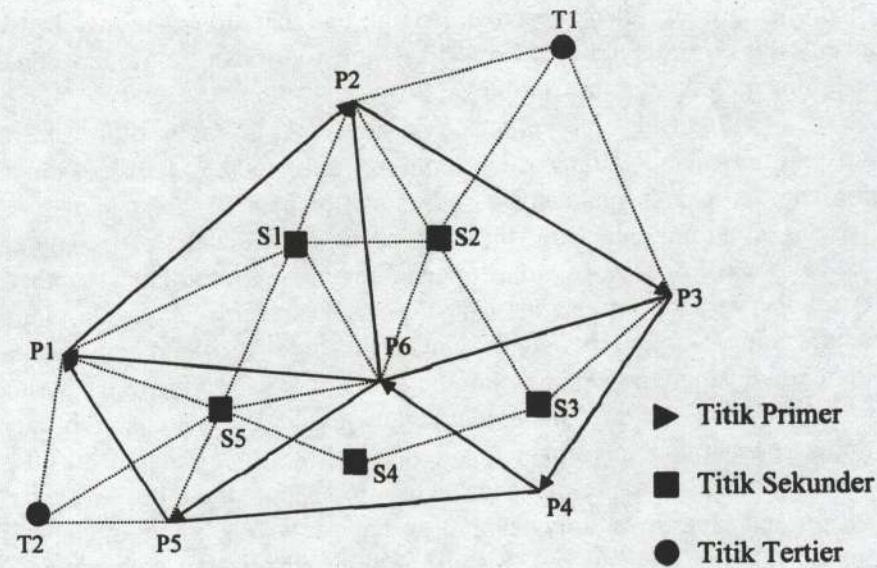
1. Untuk mendapatkan koordinat tingkat pertama (*primer*) dipasang titik-titik (pada pilar beton) yang berjarak antara 40-60 Km dan pilar-pilar tinggi (puncak-puncak gunung). Titik dikenal sebagai titik triangulasi primer dan pada pilarnya terdapat tanda pengenalan huruf P dengan diberi nomor, misalnya P.521-Gbr 1.3a. Metoda yang digunakan untuk menentukan koordinatnya adalah metode triangulasi. Ketelitian posisi mendatarnya dari titik-titik primer ini adalah sekitar 0,07 m.
2. Untuk mendapatkan koordinat tingkat kedua (*sekunder*) dan sekaligus merapatkan titik-titiknya dipasang titik-titik baru yang berjarak antara 10-40 Km. Titik ini dikenal sebagai titik triangulasi sekunder dengan tanda pengenalan memakai huruf S (Gambar 1.3a). Ketelitian posisi mendatarnya 0,53 m. Metoda yang digunakan adalah triangulasi mengikat ke muka dan ke belakang yang diikatkan ke titik-titik primer.
3. Untuk mendapatkan tingkat koordinat ketiga (*tertier*) dan sekaligus merapatkan titik-titiknya dipasang titik-titik baru yang berjarak antara 3-10 Km. Ketelitian titik-titik yang baru ini adalah 3,30 m yang dikenal sebagai titik triangulasi *tertier* dengan tanda pengenalan pada pilarnya dengan huruf T (Gambar 1.3a). Metoda yang digunakan adalah dengan metoda mengikat ke muka, ke belakang dan kombinasi ke muka dan ke belakang.
4. Untuk pemetaan di daerah perkotaan diselenggarakan titik-titik triangulasi tingkat ke empat (*kwarter*) yang berjarak antara 1-3 km. Metoda yang digunakan adalah *polygoon*. Titik-titik ini dikenal sebagai titik-titik triangulasi kwarter dengan tanda pengenalan pada pilarnya dengan huruf Q (Gambar 1.3a).



Gambar 1.3a

Pilar triangulasi di Indonesia (Purworahardjo, 1986)

Pola penyelenggaraan kerangka horizontal seperti dijelaskan di atas dapat diterapkan untuk daerah yang relatif kecil. Hanya saja kerapatan dan metoda yang digunakan perlu disesuaikan dengan bentuk, luas, kondisi dari daerah yang dipetakan serta ketelitian peta yang dikehendaki. Gambar 1.3b memperlihatkan suatu contoh konfigurasi (bentuk geometrik) kerangka horizontal tingkat pertama (Primer), kedua (Sekunder) dan ketiga (*Tertier*).



Gambar 1.3b

Kerangka dasar horizontal (Purworahardjo, 1986)

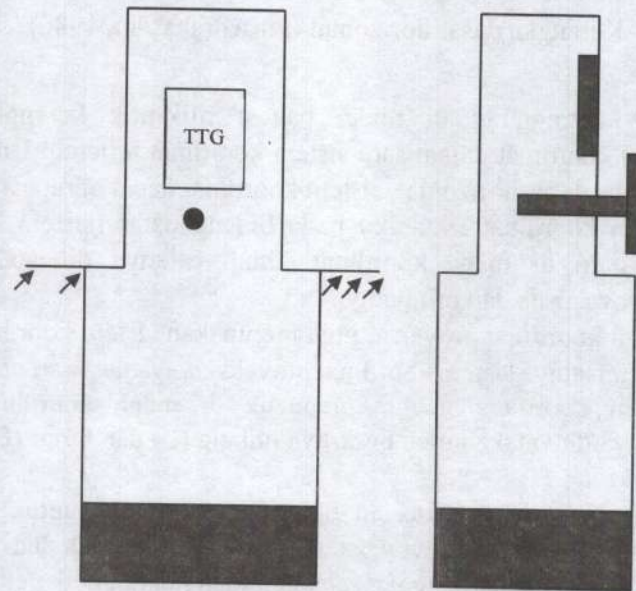
Telah disinggung di muka bahwa titik-titik kerangka dasar mempunyai koordinat dalam satu sistem koordinat tertentu. Untuk titik-titik kerangka dasar horizontal, sistem koordinat dapat berupa:

1. Sistem koordinat siku-siku pada bidang datar (sistem koordinat kartesian) di mana koordinat setiap titiknya dinyatakan oleh besarnya absis dan ordinatnya (x,y).
2. Sistem koordinat proyeksi, juga merupakan sistem koordinat siku-siku, misalnya sistem koordinat proyeksi *polyeder*, *mercator*, UTM.
3. Sistem koordinat geografi/geodetik di mana koordinat setiap titiknya dinyatakan oleh besarnya lintang (L) dan bujur (B).

Sistem koordinat kartesian biasanya digunakan untuk titik-titik kerangka horizontal yang tersebar di daerah yang tidak luas di mana permukaan bumi dapat dianggap sebagai bidang datar. Sedangkan sistem koordinat proyeksi dan sistem koordinat geografi dipakai dalam hal titik-titik kerangka horizontal menyebar di daerah yang luas di mana permukaan bumi tidak lagi dianggap sebagai bidang datar. Antara

koordinat proyeksi dan koordinat geografi terdapat hubungan matematik artinya bila koordinat proyeksinya diketahui, koordinat geografinya dapat dihitung, demikian pula sebaliknya.

Untuk titik-titik kerangka dasar vertikal, tinggi titik-titiknya apabila tidak ada keterangan lain, umumnya dinyatakan terhadap muka air laut rata-rata. Permukaan laut rata-rata ditentukan dengan pengukuran pasang surut minimal 15 – 29 piantan. Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik benda-benda langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di permukaan bumi. Air pada ujung pantai yang berbatasan dengan lautan tidak pernah diam pada suatu ketinggian yang tetap, tetapi selalu bergerak naik dan turun sesuai siklus pasang. Pasang surut ini menggunakan menggunakan metoda admiralty untuk menentukan permukaan laut rata-rata (MSL). Tinggi titik-titik kerangka vertikal dapat mengacu pada tinggi laut rata-rata dinyatakan secara relatif artinya dinyatakan terhadap satu titik yang ditetapkan tingginya sama dengan nol. Sistem terakhir ini disebut sistem tinggi lokal. Bentuk pilar kerangka vertikal ditunjukkan pada Gambar 1.3c.



Gambar 1.3c

Pilar ketinggian (*benchmark*)

Jaring sifat datar teliti nasional (BAKOSURTANAL)

1.5 Satuan Ukuran

(a) Satuan panjang

Ada dua satuan ukuran panjang (jarak) yang lazim digunakan yaitu satuan metrik (*metric units*) dan Satuan *British* (*British Units*). Satuan metrik antara lain: Kilometer (km), hektometer (hm), meter (m), desimeter (dm), centimeter (cm), milimeter (mm) dan seterusnya. Satuan *British* antara lain: *foot* (ft), *inches* (in), *yard*, *mile* dan seterusnya.

Hubungan antara kedua satuan panjang tersebut di atas diberikan pada Tabel di bawah ini.

Tabel 1.3 Hubungan satuan panjang standar meter (Mikhail & Gracie, 1991)

Meter	Foot	inches	Yard
1	3,2808	39,37	1,0936
0,9144	3	36	1
0,3048	1	12	0,3333
0,0254	0,0833	1	0,0278

Tabel 1.4 Hubungan satuan panjang standar kilometer (Mikhail & Gracie, 1991)

Kilometer	N. miles	Miles
1	0,53996	0,6214
1,852	1	1,1508
1,6093	0,869	1

Keterangan:

Panjang satu meter diukur menggunakan panjang gelombang (λ) garis merah pada spektrum kadmium dalam keadaan kering, temperatur 15°C dan tekanan udara 760 mm Hg.

Panjang gelombang garis merah kadmium adalah $\lambda = 0,643.846.96\mu$ ($\mu = \text{mikron} = 0,0001 \text{ mm}$) sehingga 1 meter = 1553.164,13.

(Berdasarkan keputusan konferensi ukuran dan berat internasional tahun 1927).

(b) Satuan Sudut

Ada beberapa sistim untuk menyatakan besarnya sudut yaitu:

1. Sistim Seksagesimal (Keliling lingkaran dibagi dalam 360 bagian yang sama besar). Tiap 1 bagian disebut satu derajat ($^{\circ}$). Tiap 1° dibagi menjadi 60 menit ($60'$) dan setiap menit dibagi dalam 60sekon ($60''$).
2. Sistim Sentisimal (keliling lingkaran dibagi dalam 400 bagian yang sama besar. Tiap satu bagian disebut satu grade (1^s) dibagi menjadi 100 bagian yang tiap bagiannya disebut centigrade (c). Menuliskannya adalah sbb: $1^s = 100^{\circ}$; $1^{\circ} = 100^c$.
3. Sistim radial (Keliling lingkaran dibagi dalam bagian-bagian yang sama seperti jari-jarinya). Tiap bagiannya disebut satu radial.
4. Sistim waktu (digunakan dalam pengukuran astronomi) yaitu, $360^{\circ} = 24$ jam; 1 jam = 15° .

Hubungan antara ketiga satuan tersebut terdahulu adalah sebagai berikut:

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

$$1 \text{ radial} = 57^{\circ},295779 = 3437,7467 = 206264'',8 = ''$$

$$1 \text{ radial} = 63^s,661977 = 6366^c,1977 = 636619^c,77 = ^c$$

$$1^{\circ} = 1^s,11111 \dots\dots\dots 1^s = 0^{\circ},9$$

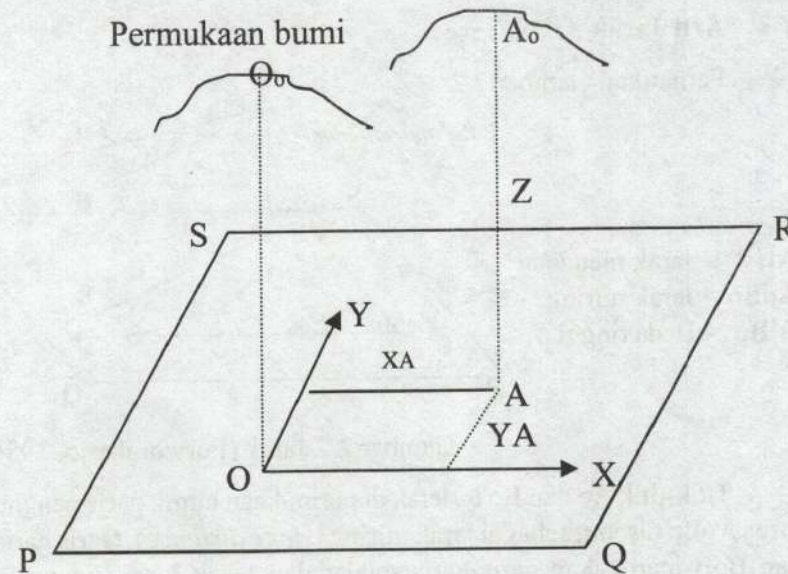
$$1' = 1^s,851851 \dots\dots\dots 1^c = 0',54$$

$$1'' = 3^c,08641975 \dots\dots\dots 1^c = 0,324$$

BAB II PENENTUAN POSISI HORIZONTAL

2.1 Arti Posisi Horizontal Titik

Perhatikan Gambar 2.1 di bawah ini:



Gambar 2.1

Posisi Horizontal (Purworaharjo, 1986)

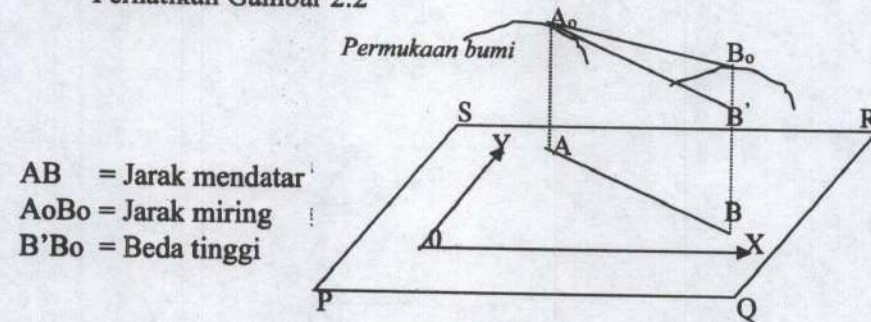
Keterangan Gambar:

- PQRS = merupakan bidang datar (merupakan sebahagian kecil permukaan ellipsoida)
- Sumbu Y = merupakan garis meridian melalui O
- Sumbu X = garis tegak lurus Y di titik O
- Garis OoO = garis normal bidang PQRS
- Garis AoA = garis normal bidang PQRS (Garis AoA // OoO)
- (XA, YA) = koordinat planimetris titik Ao
- Z = merupakan ketinggian Ao di atas bidang PQRS

Pada *plan surveying*, posisi titik di muka bumi, misalnya titik A_0 , pada bidang datar dibentuk oleh absis X_A dan ordinat Y_A . Sebagai sumbu Y dalam sistem koordinat kartesis bidang datar adalah garis meridian yang dipilih melalui satu titik. Pada Gambar 2.1 meridian yang dipilih adalah meridian 0. Titik selanjutnya ditetapkan sebagai titik awal (titik 0) sistem koordinatnya. Sebagai sumbu X adalah garis tegak lurus sumbu Y di titik 0.

2.2 Arti Jarak

Perhatikan Gambar 2.2



AB = Jarak mendatar
 A_0B_0 = Jarak miring
 B_0B' = Beda tinggi

Gambar 2.2 Jarak (Purworaharjo, 1986)

Titik-titik A_0 dan B_0 terletak di permukaan bumi, garis penghubung lurus A_0B_0 disebut sebagai jarak miring (*slope distance*). Garis garis A_0A dan B_0B merupakan garis-garis sejajar dan tegak lurus bidang PQRS. Jarak antara kedua garis ini disebut jarak mendatar dari A_0 ke B_0 ($AB = A_0B' =$ jarak mendatar = *horizontal distance*).

Jarak B_0B' disebut jarak tegak (*vertical distance*) dari A_0 ke B_0 dan lazim disebut beda tinggi.

Sudut B_0A_0B' disebut sudut miring. Komplementernya (penyikunya) disebut sudut Zenith.

Antara sudut miring, jarak miring, jarak mendatar dan beda tinggi terdapat hubungan matematik sebagai berikut:

Bila besarnya sudut miring $B_0A_0B' = m$, komplementernya adalah $z = (90 - m)$, maka:

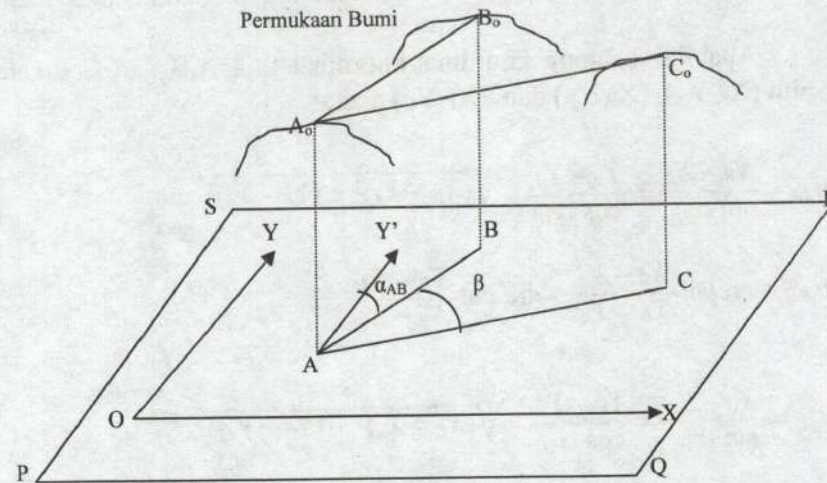
$$A_0B' = AB = A_0B_0 \cos m = A_0B_0 \sin z$$

$$B_0B' = A_0B_0 \sin m = A_0B_0 \cos z$$

$$(A_0B_0)^2 = (AB)^2 + (B_0B')^2 \quad \dots\dots\dots 2.1$$

2.3 Arti Sudut Mendatar dan Sudut Jurusan

Perhatikan Gambar 2.3 berikut:



Gambar 2.3

Sudut mendatar dan sudut jurusan (Purworaharjo, 1986)

Pengertian sudut mendatar di A_0 adalah sudut yang dibentuk oleh bidang-bidang normal A_0B_0BA dengan A_0C_0CA . Sudut BAC di sebut sudut mendatar ($BAC = \beta$). Sudut antara sisi AB dengan garis Y' yang sejajar dengan sumbu Y disebut sudut jurusan sisi AB (α_{AB}), sudut jurusan AC adalah α_{AC} .

Dalam pemetaan terdapat perjanjian untuk sudut jurusan sebagai berikut:

Sudut jurusan satu sisi dihitung dari sumbu Y positif (arah utara) berputar searah jarum jam (ke kanan) sampai sisi yang bersangkutan. Sudut jurusan mempunyai harga 0° sampai 360° .

Dengan perjanjian tersebut di atas $\beta = \alpha_{AC} - \alpha_{AB}$

Dapat dimengerti, apabila koordinat titik A adalah X_A, Y_A , jarak mendatar dari A ke B adalah d_{AB} , dari A ke C adalah d_{AC} dan sudut jurusan dari A ke B adalah α_{AB} , dari A ke C adalah α_{AC} , maka:

$$\begin{aligned}
 X_B &= X_A + d_{AB} \sin \alpha_{AB} \\
 Y_B &= Y_A + d_{AB} \cos \alpha_{AB} \\
 X_C &= X_A + d_{AC} \sin \alpha_{AC} \\
 Y_C &= Y_A + d_{AC} \cos \alpha_{AC} \dots\dots\dots 2.2
 \end{aligned}$$

Apabila sekarang koordinat-koordinat titik A,B dan C diketahui yaitu $(X_A Y_A)$, $(X_B Y_B)$ dan $(X_C Y_C)$ maka:

$$d_{AB} = \frac{X_B - X_A}{\sin \alpha_{AB}} = \frac{Y_B - Y_A}{\cos \alpha_{AB}} = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2}$$

$$\alpha_{AB} = \arctan \frac{X_B - X_A}{Y_B - Y_A} = \text{arc cot} \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}$$

$$d_{AC} = \frac{X_C - X_A}{\sin \alpha_{AC}} = \frac{Y_C - Y_A}{\cos \alpha_{AC}} = \sqrt{(X_C - X_A)^2 + (Y_C - Y_A)^2}$$

$$\alpha_{AC} = \arctan \frac{X_C - X_A}{Y_C - Y_A} = \text{arc cot} \frac{Y_C - Y_A}{X_C - X_A} \dots\dots\dots 2.3$$

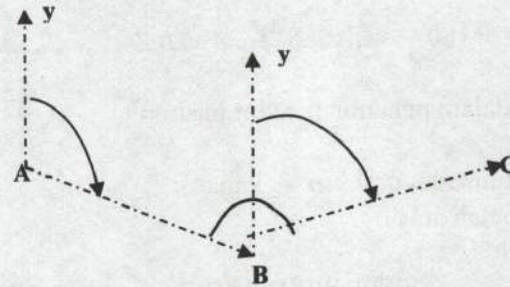
Catatan: (1) sudut jurusan α mempunyai harga $0^\circ - 360^\circ$.
Maka harga $\sin \alpha$, $\cos \alpha$ dan $\tan \alpha$ akan mempunyai tanda negatif atau positif tergantung besarnya α .
Perhatikan Tabel 2.1 di bawah ini:

Tabel 2.1 Harga Sin α , Cos α , dan tan α

α	Sin α	Cos α	tan α
0°	0	+1	0
$0^\circ - 90^\circ$	+	+	+
90°	+1	0	-
$90^\circ - 180^\circ$	+	-	-
180°	0	-1	0
$180^\circ - 270^\circ$	-	-	+
270°	-1	0	-
$270^\circ - 360^\circ$	-	+	-

(2) α_{AB} dengan α_{BA} berselisih 180° ; $\alpha_{BA} = \alpha_{AB} + 180$

(3) Untuk menghitung sudut jurusan sisi di sebelah muka α_{BC} dari sudut sebelumnya α_{AB} digunakan rumus:



Gambar 2.4. Skema pengukuran sudut jurusan (Rais, 1989)

$$\alpha_{BC} = \alpha_{AB} + \beta_1 - 180^\circ \quad \dots\dots\dots 2.4$$

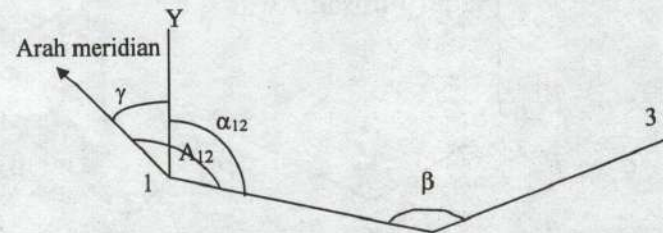
Contoh : $\alpha_{AB} = 115^\circ, \beta_1 = 120^\circ$

$$\alpha_{BC} = 115^\circ + 120^\circ - 180^\circ = 55^\circ$$

(4) Apabila jumlah titik sudutnya adalah n buah maka:

$$\alpha_{akhir} = \alpha_{awal} + \sum \beta_1 - 180^\circ \quad \dots\dots\dots 2.5$$

Azimut sisi AB sama dengan sudut jurusan hanya arah sumbu Y diganti dengan arah meridian.



Gambar 2.4

Azimuth dan sudut jurusan (Vanicek and Krakiwsky, 1982)

Penyimpangan arah meridian terhadap sumbu Y untuk membentuk sudut sebesar γ , dinamakan konvergensi meridian.

$$\alpha_{12} = \alpha_{10} - \gamma \quad \dots\dots\dots 2.5$$

Pada satu sisi terdapat dua buah sudut jurusan yang saling berlawanan berlaku hubungan:

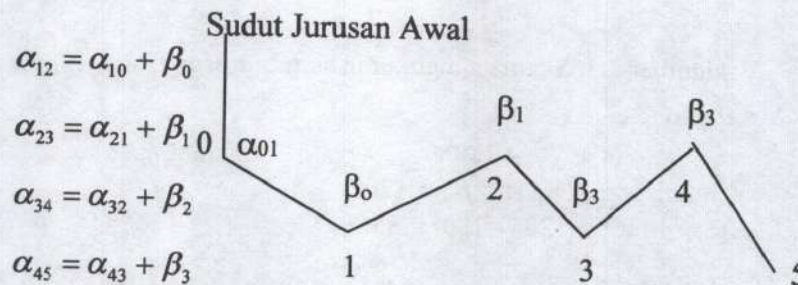
$$\alpha_{21} = \alpha_{12} + 180 \quad \dots\dots\dots 2.6$$

Rumus umum dalam penentuan sudut jurusan:

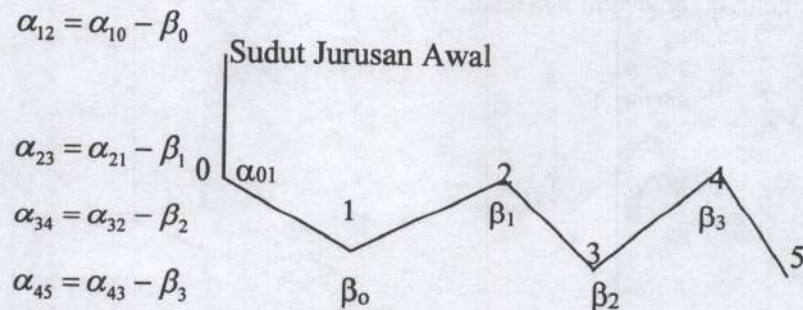
Tipe 1:

Hitungan sudut jurusan dari kiri ke kanan

1. Sudut sebelah atas



2. Sudut sebelah bawah



Tipe 2

Hitungan sudut jurusan dari kanan ke kiri

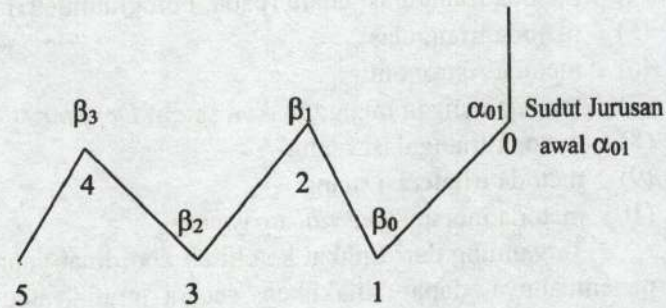
1. Sudut sebelah atas

$$\alpha_{12} = \alpha_{10} - \beta_0$$

$$\alpha_{23} = \alpha_{21} - \beta_1$$

$$\alpha_{34} = \alpha_{32} - \beta_2$$

$$\alpha_{45} = \alpha_{43} - \beta_3$$



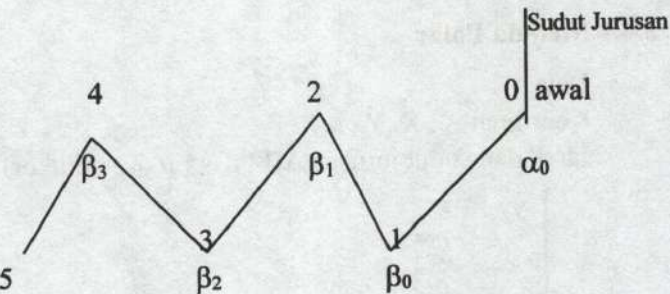
2. Sudut sebelah bawah

$$\alpha_{12} = \alpha_{10} + \beta_0$$

$$\alpha_{23} = \alpha_{21} + \beta_1$$

$$\alpha_{34} = \alpha_{32} + \beta_2$$

$$\alpha_{45} = \alpha_{43} + \beta_3$$



2.4 Metoda-metoda Penentuan Posisi Horizontal

Maksudnya hendak menentukan koordinat titik baru dari satu atau beberapa titik yang telah diketahui koordinatnya.

Metoda-metoda yang ada dapat dikelompokkan ke dalam metoda penentuan titik tunggal (satu titik) dan metoda penentuan banyak titik.

Metoda yang termasuk penentuan koordinat titik tunggal adalah antara lain:

- (1) metoda polar
- (2) metoda triangulasi
- (3) metoda trilaterasi

Di samping metoda-metoda tersebut di atas masih banyak lagi metoda lain yang dapat digunakan, tidak akan dibicarakan di sini. Metoda-metoda tersebut adalah:

- (1) metoda kombinasi perpotongan ke muka & ke belakang
- (2) metoda lingkaran
- (3) metoda hiperbola
- (4) metoda triangulasi udara (pada. Fotogrammetri)
- (5) metoda triangulasi
- (6) metoda Astronomis
- (7) metoda dengan menggunakan satelit *Doppler*
- (8) metoda triangulasi ruang
- (9) metoda trilaterasi ruang
- (10) metoda inersial (*inertial surveying*)

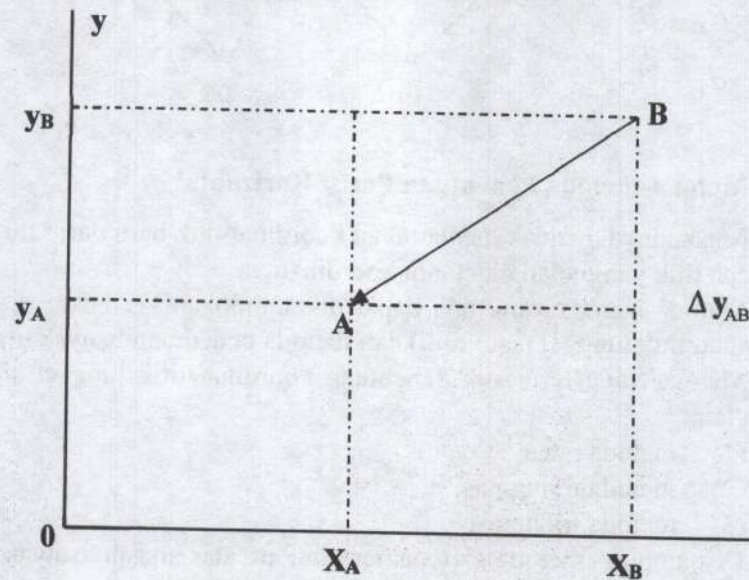
Tergantung dari tingkat ketelitian koordinat yang akan ditentukan, penentuannya dapat dilakukan secara grafis atau secara numeris (perhitungan). Hasil perhitungan lebih teliti dibandingkan dengan hasil secara grafis.

2.4.1 Metoda Polar

Data:

Koordinat A : $X_A Y_A$

Jarak dan sudut jurusan AB : d_{AB} , α_{AB} (diukur)



Gambar 2.5 Metoda Polar (Brinker & Moritz, 1996)

Di bawah ini diberikan contoh hasil pengukuran sudut zenith serta perhitungan sudut zenithnya.

Tabel 3.4 Sampel hasil pengukuran sudut zenith

Sta	Target	Biasa		Luar Biasa	
		N ₁	N ₂	N ₁	N ₂
A	B	89° 25'' 32'	269° 25'' 34'	270° 34'' 30'	90° 34'' 36'
	C	85° 16'' 42'	265° 16'' 46'	274° 43'' 24'	94° 43'' 20'

Perhitungan sudut zenithnya :

$$\begin{aligned}
 & * \text{ ke B ; } N_1 : Z_B & & = 89^\circ 25'' 32' \\
 & N_2 : Z_B & = 269^\circ 25'' 34' - 180 & = 89^\circ 25'' 34' \\
 & & & \text{-----} \\
 & & Z_B \text{ rata-rata} & = 89^\circ 25'' 33' \\
 & N_1 : Z_{LB} & = 360 - 270^\circ 34'' 30' & = 89^\circ 25'' 30' \\
 & N_2 : Z_{LB} & = 180^\circ - 90^\circ 34'' 36' & = 89^\circ 25'' 24' \\
 & & & \text{-----} \\
 & & Z_{LB} \text{ rata-rata} & = 89^\circ 25'' 27' \\
 & Z^B_R & = \frac{1}{2} (Z_B + Z_{LB}) & = 89^\circ 25'' 30'
 \end{aligned}$$

* Dengan cara yang sama sudut zenith ke C, $Z^C_R = 85^\circ 16'' 41'$

Catatan:

1. Sudut tegak/sudut zenith digunakan untuk menghitung jarak mendatar dan beda tinggi dari A ke B. Untuk itu jarak miring D_m , tinggi teropong t_a dan tinggi target t_t harus diukur (D_m diukur dengan EDM). Jarak mendatar $D = D_m \cdot \sin Z_R$. Beda tinggi $\Delta H = D_m \cdot \cos Z_R + t_a - t_t$. Apabila diatur $t_a = t_t$, maka $\Delta H = D_m \cdot \cos Z_R$
2. Sudut tegak dilakukan dengan dua posisi teropong biasa dan luar biasa dan hasilnya dirata-ratakan, maksudnya adanya salah indeks pada skala tegak dapat dieliminir.

BAB IV

PENENTUAN POSISI VERTIKAL

4.1 Pengertian-pengertian

(1) **Pengertian tinggi:** Pengukuran tinggi bermaksud menentukan beda tinggi antara titik-titik di muka bumi serta menentukan ketinggian terhadap suatu bidang referensi (bidang datum) ketinggian tertentu.

(2) **Bidang nivo:** Bidang nivo adalah suatu permukaan di mana arah gaya berat pada setiap titik padanya selalu tegak lurus. Contoh sederhana dari bidang nivo adalah permukaan air dalam keadaan tenang, misalnya: permukaan air dalam gelas tegak maupun yang dimiringkan, permukaan air danau, permukaan air laut. Karena arah-arah gaya berat menuju pusat bumi, maka bidang nivo akan merupakan permukaan secara tertutup melingkupi bumi. Permukaan bumi tidak rata tergantung dari letaknya (ketinggiannya) jumlah bidang nivo sangat banyak sekali (tak terhingga) dan satu sama lain melingkupi. Di dalam ilmu geofisika bidang nivo dikatakan sebagai bidang ekuipotensial gaya berat yaitu suatu bidang di mana potensial gaya berat pada setiap titiknya sama besar. Beda potensial antara dua bidang ekuipotensial gaya berat yaitu suatu bidang di mana potensial gaya berat pada setiap titiknya sama besar. Beda potensial antara dua bidang ekuipotensial adalah tetap (konstan), dengan perkataan lain beda potensial adalah tetap (konstan), atau boleh dikatakan beda potensial antara dua bidang nivo adalah tetap.

Dari sekian banyak bidang nivo, ada satu bidang nivo yang sangat penting di dalam geodesi yaitu bidang nivo yang terletak pada ketinggian muka air laut rata-rata (*Mean Sea Level/ MSL*) yang disebut *geoid*. Secara teoritis bidang *geoid* tidak tepat berimpit dengan permukaan air laut rata-rata, disebabkan terdapatnya penyimpangan-penyimpangan. Karena penyimpangannya kecil, secara praktis dianggap bidang *geoid* berimpit dengan permukaan air laut rata-rata seperti pada Gambar 4.1.

(3) **Garis nivo:** Garis nivo adalah garis yang terletak pada bidang nivo. Oleh karena itu arah gaya berat di setiap titik pada garis nivo akan tegak lurus.

(4) **Bidang mendatar:** Bidang mendatar adalah bidang yang menyinggung di salah satu titik pada bidang nivo. Bidang mendatar

akan tegak lurus pada arah gaya berat di titik tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.2.

(5) **Garis mendatar:** Garis mendatar adalah garis lurus yang menyinggung satu titik pada garis nivo. Garis mendatar akan tegak lurus pada arah gaya berat di titik tersebut.

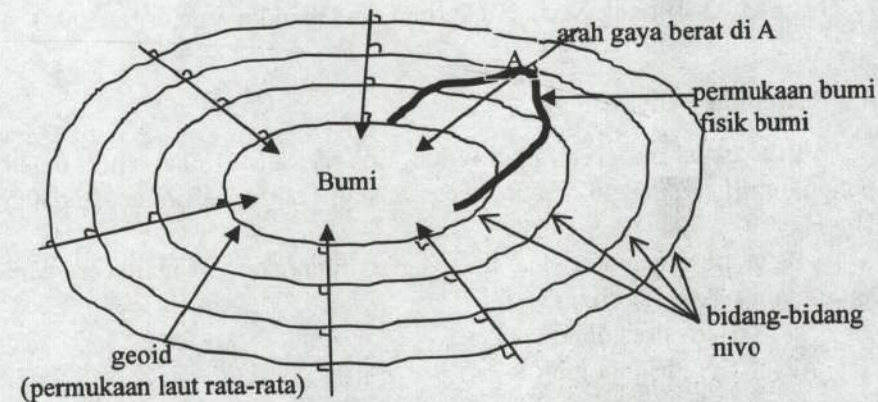
(6) **Garis tegak:** Garis tegak adalah garis lurus yang tegak lurus terhadap bidang nivo. Dapatlah dikatakan bahwa garis tegak ini dianggap berimpit dengan arah gaya berat.

(7) **Bidang referensi/Bidang datum:** Bidang referensi atau bidang datum adalah suatu bidang nivo tertentu di mana ketinggian titik-titik mulai dihitung. Bidang *geoid* (permukaan air laut rata-rata) merupakan bidang referensi ketinggian yang umum digunakan di dalam praktek.

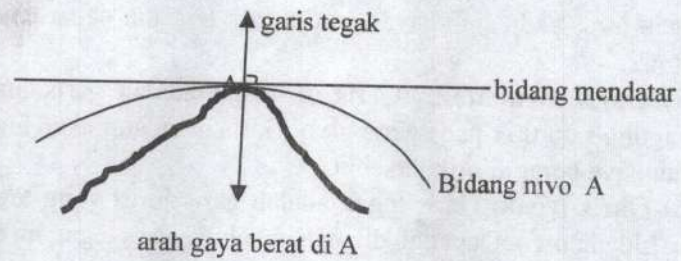
(8) **Ketinggian:** Ketinggian suatu titik adalah merupakan jarak tegak di bawah atau di atas dari bidang referensi. Beda tinggi antara dua titik adalah merupakan jarak tegak antara dua bidang nivo yang melalui titik tersebut seperti pada Gambar 4.3.

(9) **Sudut tegak:** sudut tegak adalah sudut antara dua garis lurus yang terletak pada bidang tegak. Salah satu garis umumnya adalah garis tegak atau garis mendatar.

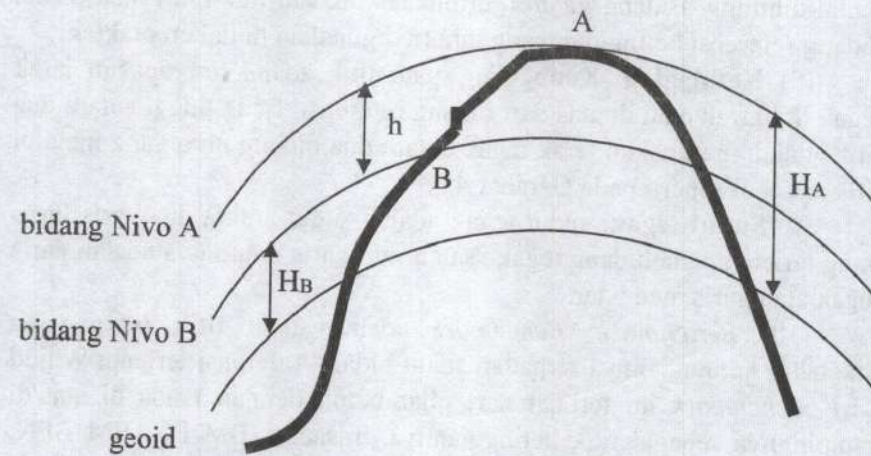
(10) **Benchmark:** *Benchmark* adalah suatu **titik tetap** yang diketahui ketinggiannya terhadap suatu bidang referensi tertentu. Wujud dari *benchmark* ini terbuat dari pilar beton dengan tanda di atas/di sampingnya sebagai titik ketinggiannya, misalnya BM PU, BM BPN, BM Pemkot/Pemda, dan lain-lain.



Gambar 4.1 Bidang-bidang nivo dan geoid (Weikko & Moritz, 2005)



Gambar 4.2 Bidang mendatar (Weikko & Moritz, 2005)



Gambar 4.3. Bidang Nivo dan ketinggian (Weikko & Moritz, 2005)

4.2 Metoda Beda Tinggi

Bila beda tinggi h antara dua titik A dan B diketahui (hasil pengukuran) sedangkan tinggi titik A adalah H_A , maka tinggi B adalah $H_B = H_A + h$.

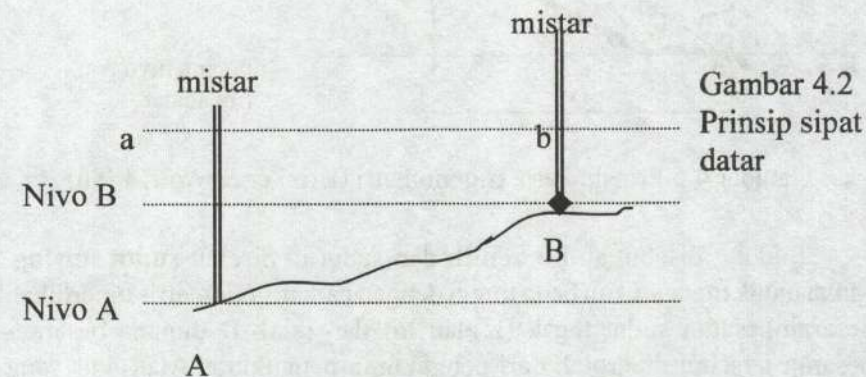
Beda tinggi antara dua titik dapat ditentukan dengan cara-cara antara lain sebagai berikut:

- (1) Cara sipat datar
- (2) Cara trigonometris
- (3) Cara barometris.

Ketiga cara di atas, masing-masing mempunyai ciri tersendiri yang perlu dipertimbangkan didalam penggunaannya. Cara sipat datar akan memberikan hasil lebih teliti dibandingkan dengan kedua cara lainnya. Cara trigonometris akan memberikan hasil lebih teliti dari pada cara barometris. Prinsip dasar cara-cara tersebut, dijelaskan dalam uraian berikut.

(1) Cara sipat datar

Bidang-bidang nivo melalui titik A dan B yang berdekatan dapat dianggap sebagai bidang-bidang yang sejajar. Di samping itu, karena jari-jari dari bidang nivo sangat besar maka bidang-bidang nivo yang melalui titik A dan B dianggap sebagai bidang-bidang mendatar yang sejajar. Dengan demikian, apabila di titik A dan B ditegakkan mistar dan digunakan garis mendatar sembarang, dapat ditentukan beda tingginya.



Gambar 4.4 Pengukuran beda tinggi dengan sipat datar
(Brinker & Wolf, 1986)

Perhatikan Gambar (4.4). Apabila jarak tegak dari titik A ke garis mendatar pada mistar adalah a dan jarak tegak dari titik B ke garis pada mistar adalah b , maka beda tinggi antara A dan B adalah: $h = a - b$. dimana a dan b merupakan angka pembacaan pada mistar A dan B.

Garis mendatar, dalam praktek akan merupakan garis bidik dari suatu **teropong** yang diletakkan **mendatar**. Dengan bantuan garis bidik inilah kita dapat menentukan angka pembacaan a dan b pada mistar. Alat ukur demikian disebut alat ukur **sipat datar** dan mistar yang digunakan

lazim disebut **rambu** (baak). Cara sipat datar lazim dinamakan **cara langsung**.

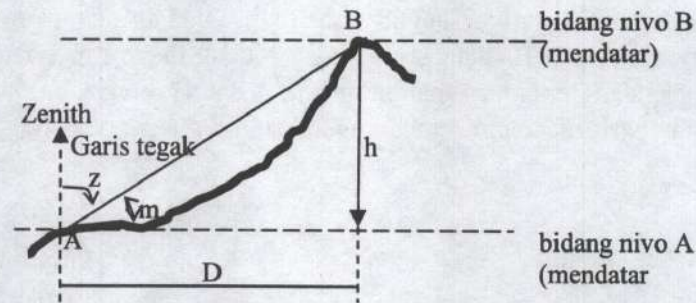
(2) Cara Trigonometris

Perhatikan Gambar (4.5)

Apabila sudut m atau z serta jarak mendatar D antara titik A dan B diketahui maka:

$$h = D \tan m = D \cot z \quad \dots\dots\dots(4.1)$$

Karena $m + z = 90^\circ$.



Gambar 4.5 Prinsip kerja trigonometri (Brinker & Wolf, 1986)

Sudut z disebut **sudut zenith** dan sudut m disebut **sudut miring**. Maka untuk menentukan beda tinggi dengan cara trigonometris diperlukan besaran-besaran sudut tegak (z atau m) dan jarak D dimana besaran-besaran tersebut diperoleh dari pengukuran-pengukuran. Alat ukur yang digunakan adalah theodolit dan pengukur jarak. Cara trigonometris lazim dinamakan cara **tidak langsung**.

(3) Cara Barometris

Besarnya tekanan udara di suatu tempat (titik) tergantung dari ketinggian tempat tersebut. Makin tinggi tempat, makin kecil tekanan udaranya. Dari peristiwa (fenomena) alam tersebut, bila di titik A dan B pada Gambar (4.5) diketahui besar tekanan udaranya, maka dari selisih tekanan udara dapat ditentukan perbedaannya (perbedaan tinggi antara dua tempat adalah sebanding dengan perbedaan tekanan pada tempat-tempat tersebut. Jadi pengukuran beda tinggi dengan cara

BAB V

PENENTUAN BEDA TINGGI DENGAN SIPAT DATAR

5.1 Cara-cara Pengukuran

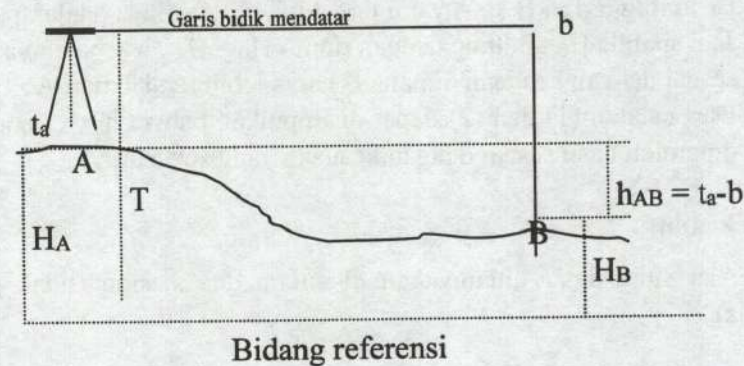
Ada beberapa istilah yang sering digunakan dalam pengukuran beda tinggi (ketinggian) dengan sipat datar, yaitu:

- a. Stasion: adalah titik di mana rambu ukur ditegakkan, bukan tempat di mana alat sipat datar ditempatkan. Pada pengukuran horizontal, stasion adalah titik di mana alat theodolit ditempatkan.
- b. Tinggi alat: adalah tinggi garis bidik di atas tanah (di atas stasion) di mana alat sipat datar didirikan.
- c. Tinggi garis bidik: adalah tinggi garis bidik referensi ketinggian (permukaan air laut rata-rata)
- d. Pengukuran ke belakang: adalah pengukuran ke rambu yang ditegakkan di stasion yang diketahui ketinggiannya, maksudnya untuk mengetahui tingginya garis bidik. Rambunya disebut rambu belakang.
- e. Pengukuran ke muka: adalah pengukuran ke rambu yang ditegakkan di stasion yang belum diketahui ketinggiannya. Rambunya disebut rambu muka.
- f. Titik putar (*turning point*): adalah stasion di mana pengukuran ke belakang dan ke muka dilakukan pada rambu yang ditegakkan pada stasion tersebut.
- g. Stasion antara (*intermediate station*): adalah titik antara dua titik putar, di mana hanya dilakukan pengukuran ke muka untuk menentukan ketinggian stasion tersebut.
- h. Seksi: adalah jarak antara dua stasion yang berdekatan yang sering pula disebut "*slag*".

Untuk memberikan kejelasan dari istilah-istilah tersebut di atas, perhatikan gambar berikut.

Cara Pertama

Alat sipat datar ditempatkan di stasion yang diketahui ketinggiannya. Dengan demikian dengan mengukur tinggi alat, tinggi garis bidik dapat dihitung. Apabila pembacaan rambu di stasion lain diketahui, maka tinggi stasion ini dapat pula dihitung. Perhatikan Gambar 5.2a.



Gambar 52a. Cara tinggi garis bidik (modifikasi dari Brinker & Wolf, 1996)

Keterangan:

- T_a = tinggi alat di A
- T = tinggi garis bidik
- H_A = tinggi stasion A
- b = bacaan rambu di B
- H_B = tinggi stasion B
- h_{AB} = beda tinggi dari A ke B = $t_a - b$

Untuk menghitung tinggi stasion B digunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} HB &= T - b \\ HB &= HA + t_a - b \\ HB &= HA + h_{AB} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots 5.1$$

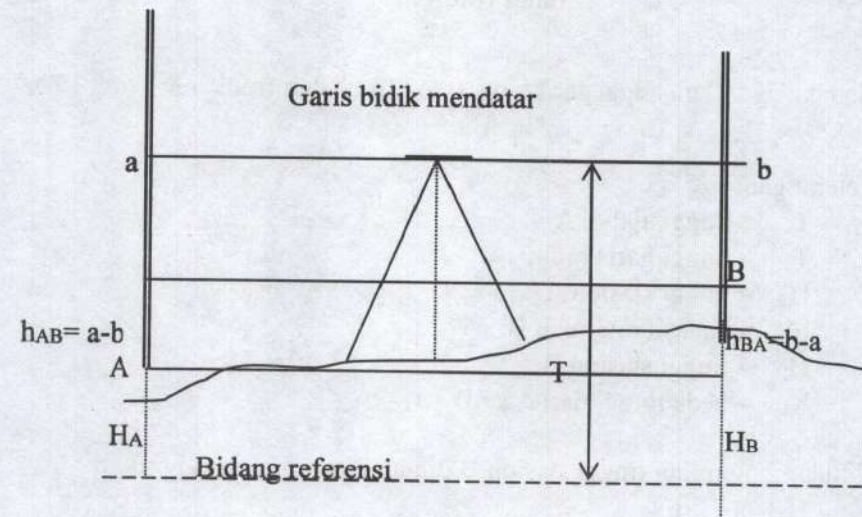
Cara demikian disebut cara tinggi garis bidik.

Catatan:

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

Cara kedua:

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



Gambar 5.2b

Cara di tengah-tengah (modifikasi dari Brinker & Wolf, 1986)

Perhatikan Gambar 5.2b

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

$$H_{BA} = b - a$$

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

$$H_B = H_A + h_{AB} = H_A + a - b = T - a - b = T - b$$

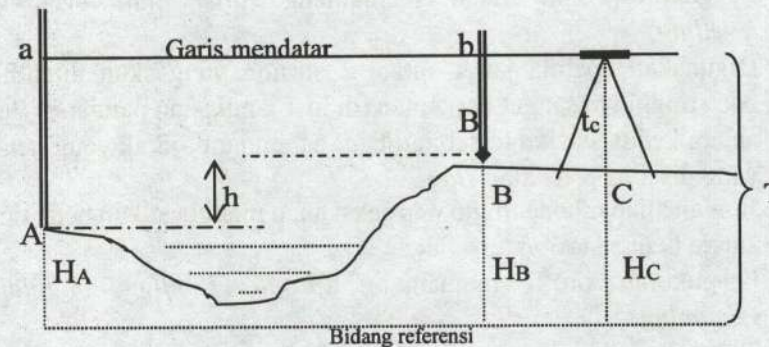
Bila tinggi stasion B adalah H_B , maka tinggi stasion A adalah:

$$H_A = H_B + h_{BA} = H_B + b - a = T - a$$

Cara pengukuran seperti ini, pembacaan a dan b dapat diusahakan sama teliti yaitu dengan cara menempatkan alat sipat datar tepat di tengah-tengah antara stasion A dan B (jarak pandang ke A sama dengan jarak pandang ke B) Di samping itu dengan cara demikian hasil ukur akan bebas dari pengaruh kesalahan garis bidik, refraksi udara serta kelengkungan bumi.

Cara ketiga

Alat sipat datar tidak ditempatkan di antara atau pada stasion . perhatikan Gambar 5.2c.



Gambar 5.2c

Cara pengukuran sipat datar (modifikasi dari Brinker & Wolf, 1986)

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

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

Bila tinggi stasion C diketahui HC, maka:

$$H_B = H_C + t_c - b = T - b$$

$$H_A = H_C + t_c - a = T - a \quad \dots\dots\dots(5.3)$$

Bila tinggi stasion A diketahui, maka: $H_B = H_A + h_{AB} = H_A + a - b$

Bila tinggi stasion B diketahui, maka: $H_A = H_B + h_{ba} = H_B + b - a$

Dari ketiga cara di atas, cara kedua akan memberikan hasil lebih teliti dibandingkan kedua cara lainnya. Pada cara pertama pengukuran t_a kurang teliti dibandingkan dengan pengukuran (pembacaan) b. Pada cara ketiga pembacaan a kurang teliti dibandingkan dengan pembacaan b. Sedangkan pada cara kedua pembacaan a dan b dapat diusahakan sama teliti yaitu dengan menempatkan alat sipat datar tepat di tengah-tengah antara stasion A dan B (jarak pandang ke A sama dengan jarak pandang ke B). Di samping itu, dengan cara demikian hasil ukuran akan bebas dari pengaruh kesalahan-kesalahan garis bidik, refraksi udara serta kelengkungan bumi. Mengenai kesalahan-kesalahan ini akan diuraikan lebih lanjut dalam survei teliti.

5.2 Macam-macam Pengukuran

Tergantung maksud dan tujuannya pengukuran sipat datar digolongkan ke dalam:

1. Pengukuran sipat datar memanjang (*differential levelling/fty levelling*).

Digunakan apabila jarak antara 2 stasion yang akan ditentukan beda tingginya sangat berjauhan (di luar jangkauan pandang). Jarak antara kedua stasion tersebut dibagi dalam jarak-jarak yang pendek yang disebut seksi atau *slag*.

Jumlah aljabar beda tinggi tiap seksi akan menghasilkan beda tinggi antara kedua stasion tersebut.

2. Pengukuran profil memanjang (*profile levelling/longitudinal sectioning*).

Digunakan untuk menentukan titik-titik sepanjang garis-garis tertentu (profil memanjang), misalnya profil lapangan (tanah asli) sepanjang garis rencana jalan/rencana saluran irigasi (garis proyek).

3. Pengukuran profil melintang (*Cross sectioning*).

Digunakan untuk menentukan ketinggian titik-titik sepanjang garis tegak lurus garis proyek.

4. Pengukuran sipat datar luas

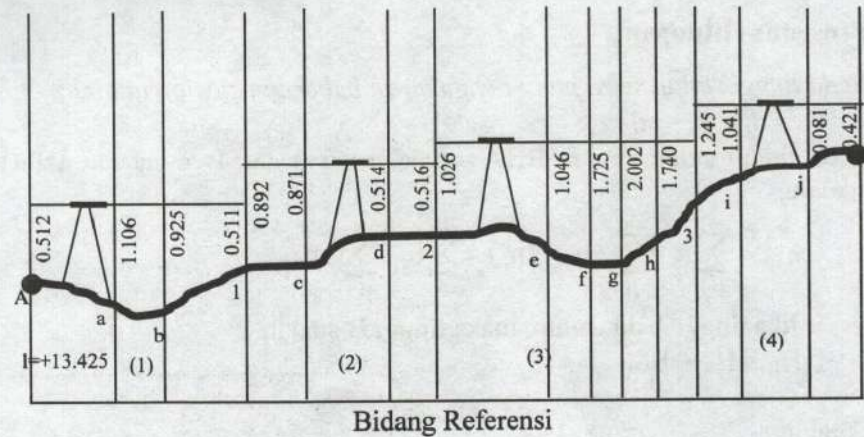
Digunakan untuk menentukan ketinggian titik-titik yang menyebar dengan kerapatan tertentu untuk membuat garis garis ketinggian (kontur).

5. Pengukuran sipat datar resiprokal (*Reciprokal levelling*).
Adalah pengukuran sipat datar dimana alat sipat datar tidak dapat ditempatkan antara dua stasion. Misalnya pengukuran sipat datar menyeberangi sungai/lembah yang lebar.
6. Pengukuran sipat datar teliti (*Precise levelling*).
Adalah pengukuran sipat datar yang menggunakan aturan serta peralatan sipat datar teliti. Mengenai pengukuran sipat datar teliti ini tidak akan diuraikan lebih lanjut.

5.3 Sipat Datar Memanjang

Misalkan titik A dan B akan ditentukan beda tingginya. Jarak antara A dan B katakanlah 0,6 km. Dengan sipat datar memanjang jarak A dan B di bagi dalam seksi (*slag*). Jarak setiap seksinya 100 m. Kemudian setiap seksi diukur beda tingginya. Jumlah beda tinggi setiap seksi dari A ke B akan memberikan beda tinggi dari A ke B.

Prosedur Pengukuran: Perhatikan Gambar 5.3. Andaikan titik A diketahui tingginya.



Gambar 5.3

Sipat datar memanjang (Purworahardjo, 1986)

TP_i = titik putar
 b_i = bacaan rambu belakang (A diketahui tingginya)
 m_i = bacaan rambu muka

1. Tegakkan rambu I dan rambu II di stasiun A dan TP1, alat ukur ditempatkan diantaranya (seksi 1). Baca rambu I kemudian rambu II; (b_1, m_1).
2. Pindahkan rambu I ke TP2. Alat ukur dipindahkan dan tempatkan di antara TP1 dan TP2 (seksi 2). Baca rambu II kemudian rambu I; (b_2, m_2).
3. Pindahkan rambu II ke TP3. Alat ukur dipindahkan dan tempatkan di antara TP2 dan TP3 (seksi 3). Baca rambu I kemudian rambu II; (b_3, m_3).
4. Pindahkan rambu I ke TP4. Alat ukur dipindahkan dan tempatkan di antara TP3 dan TP4 (seksi 4). Baca rambu II kemudian rambu I; (b_4, m_4).
5. Pindahkan rambu II ke TP5. Alat ukur dipindahkan dan tempatkan di antara TP4 dan TP5 (seksi 5). Baca rambu I kemudian rambu II; (b_5, m_5).
6. Pindahkan rambu I ke B. Alat ukur dipindahkan dan tempatkan di antara TP5 dan B (seksi 6). Baca rambu II kemudian rambu I; (b_6, m_6).

Prosedur Hitungan

Beda tinggi setiap seksi pada pengukuran beberapa stasiun adalah:

$$H_i = b_i - m_i$$

Beda tinggi antara A dan B (A = stasiun awal dan B = stasiun akhir) adalah:

$$h_{AB} = \sum_{i=1}^n h_i = \sum_{i=1}^n (b_i - m_i) = \sum_{i=1}^n b_i - \sum_{i=1}^n m_i \quad \dots\dots\dots 5.4$$

Jika tinggi A diketahui, maka tinggi B adalah

$$H_B = H_A + h_{AB} \quad \dots\dots\dots 5.5$$

Catatan:

Banyaknya seksi pada pengukuran adalah $n=6$;

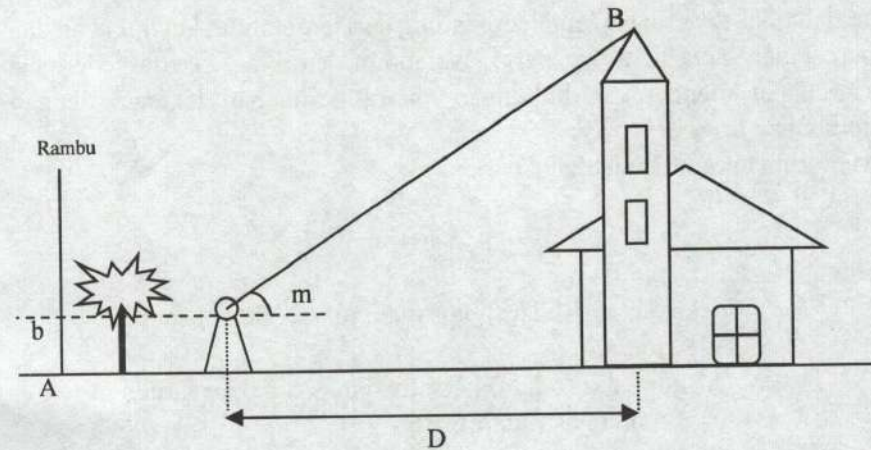
1. Bacaan benang tengah BT ke rambu belakang b_i dan ke rambu muka m_i masing-masing seksi harus dicatat di buku ukur.

4. Ukur jarak mendatar D atau jarak Dm (dengan EDM).

5. Dari besaran-besaran yang diukur, maka:

$$h_{AB} = (TB + BB') + B'B'' - TB = D \tan m + t - l = D \cot z + t - l \quad \dots 6.1$$

Di bawah ini diberikan contoh pengukuran, bila antara A dan B terhalang, misalnya oleh pohon, gedung tinggi dan lain-lain. Perhatikan Gambar 6.2.



Gambar 6.2 Contoh pengukuran secara trigonometris (modifikasi dari Rais, 1989)

Bila pembacaan dengan garis bidik mendatar ke rambu di A adalah b maka:

$$h_{AB} = b + D \tan m$$

Bila tinggi A diketahui H_A , maka tinggi B adalah H_B .

$$H_B = H_A + h_{AB}$$

BAB VII PENENTUAN BEDA TINGGI DENGAN CARA BAROMETRIS

Peristiwa (fenomena) alam menunjukkan bahwa makin tinggi suatu tempat makin kecil tekanannya. Hubungan antara tekanan dan ketinggian adalah tidak sederhana, tetapi tergantung dari temperatur, kelembaban dan percepatan gaya berat (*gravity*). Walaupun demikian, secara sederhana kita dapat menentukan hubungan antara perubahan tekanan dengan perubahan tinggi.

Menurut Hukum Boyle dan Charles:

$$P \cdot V = R \cdot T \quad \dots\dots\dots (7.1)$$

Dimana:

- P = tekanan gas (udara) persatuan massa, dalam satuan Newton/m²
- V = Volume gas (udara) persatuan massa, dalam satuan m³.
- R = Konstanta gas (udara).
- T = Temperatur gas (udara) dalam satuan kelvin (0°C = 273°K).

Di samping itu, karena antara massa *m* dengan volume *V* dan kepadatan δ mempunyai hubungan:

$$M = V \cdot \delta$$

Maka untuk satu satuan massa, $V = 1/\delta$. Dengan demikian rumus 7.1 akan menjadi:

$$P = \delta \cdot R \cdot T \quad \dots\dots\dots (7.2)$$

Bila perubahan tekanan udara adalah *dp* untuk satu satuan luas sesuai dengan perubahan tinggi *dH*, maka:

$$dp = - g \cdot \delta \cdot dH \quad \dots\dots\dots (7.3)$$

Dimana *g* = percepatan gaya berat, δ = kepadatan udara. Kombinasi rumus 7.2 dan 7.3 akan memberikan:

$$dH = - RT/g \cdot dp/p \quad \dots\dots\dots (7.4)$$

Bila *p*₁ adalah tekanan udara pada ketinggian *H*₁ dan *p*₂ adalah tekanan pada ketinggian *H*₂, maka dengan menggunakan rumus 7.4.

$$h = \int dH = H_2 - H_1 = - \int RT/g \cdot dp/p$$

Karena $R.T/g$ akan merupakan suatu konstanta, maka:

$$\begin{aligned}
 h &= -RT/g \int dp/p \\
 h &= -RT/g (\ln P_2 - \ln P_1) \\
 h &= - (RT/ M.g) \log (p_2/p_1); \\
 M &= \text{modulus log. Brigg} = 0,4342945 \dots\dots\dots(7.5)
 \end{aligned}$$

Harga konstanta R dapat ditentukan besarnya, apabila kita menentukan harga standard untuk $P = P_s$, $\delta = \delta_s$ dan $T = T_s$ dari rumus 7.2.

$$R = \frac{P_s}{\delta_s T_s} \dots\dots\dots(7.6)$$

Subtitusikan harga R persamaan 7.4 ke dalam persamaan 7.5.

$$h = \frac{- [P_s] \cdot \log (p_2/p_1) \cdot T/T_s}{M \cdot \delta_s \cdot g_s} \dots\dots\dots(7.7)$$

Bila diambil harga standard sbb:

$P_s = 101325 \text{ N/m}^2$ yang sesuai dengan tekanan 760 mmHg pada Temperatur 0°C dan $g = 9,80665 \text{ N/kg}$.

$\delta_s = 1,2928 \text{ kg/m}_3$ pada temperatur 0°C dan tekanan 760 mmHg

$g_s = 9,80665 \text{ N/kg}$ dimuka laut pada lintang 45° .

$T_s = 0^\circ\text{C} = 273 \text{ Ok}$.

Maka:

$$h = - [18402,6]_m T/T_s \log (P_2/P_1) \dots\dots\dots(7.8)$$

Dimana:

$P_2 =$ tekanan udara pada ketinggian H_2 dalam mmHg

$P_1 =$ tekanan udara pada ketinggian H_1 dalam mmHg

$T =$ temperatur udara rata-rata pada ketinggian H_1 dan H_2 dalam $^\circ\text{k}$

$T_s =$ temperatur udara standard = $273 \text{ }^\circ\text{k}$.

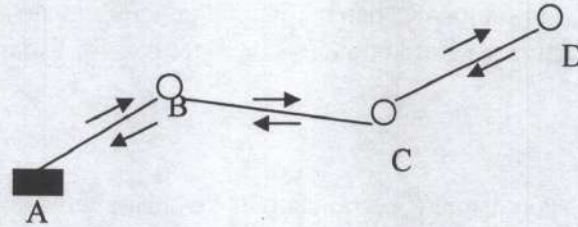
Prosedur Pengukuran:

Ada beberapa metoda pengukuran yang dapat dilakukan. Di sini akan diberikan 2 metoda yaitu:

1. Metoda pengukuran tunggal (*single observation*)
2. Metoda pengukuran simultan (*simultaneous observations*).

(1) Pengukuran tunggal

Misalkan titik-titik A,B,C,D akan ditentukan beda-beda tingginya. Alat ukur yang digunakan = 1 (satu) alat Barometer dan 1 (satu) alat Thermometer.



Andaikan titik A telah diketahui tingginya.

1. Pertama sekali catat tekanan dan temperatur udara di A.
2. Kemudian kita berjalan menuju titik B,C,D dan kemudian ke C,B dan A, pada Titik-titik yang dilalui tadi (B,C,D,C,B,A) kita catat pula tekanan dan temperatur udaranya.
3. Dengan pencatatan besaran-besaran tekanan dan temperatur di setiap titik, dengan rumus (7.8) dapat dihitung beda-beda tingginya. Dan dari ketinggian A dapat dihitung ketinggian B,C dan D.

Idealnya pencatatan di setiap titik dilakukan dalam kondisi atmosfer yang sama. Akan tetapi pada pengukuran tunggal adalah tidak mungkin. Sehingga pencatatan mengandung kesalahan akibat perubahan kondisi atmosfer.

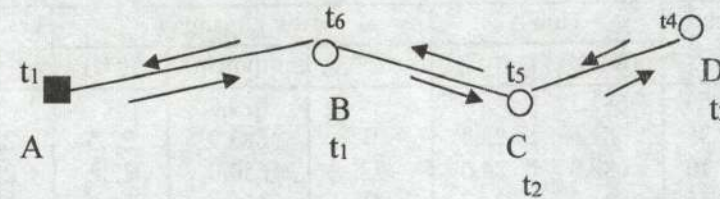
(2) Pengukuran Simultan

Pada metoda simultan, pencatatan tekanan dan temperatur udara di dua titik yang akan ditentukan beda tingginya dilakukan pada saat yang bersamaan. Maksudnya untuk mengeliminir kesalahan karena perubahan kondisi atmosfer.

Alat barometer dan thermometer yang digunakan sebanyak dua buah. Barometer dan thermometer pertama ditempatkan di titik yang diketahui tingginya sedangkan yang lain dibawa ke titik-titik yang akan diukur.

Prosedur pengukuran dan perhitungan:

1. Buat jadwal waktu pencatatan. Misalkan pukul t_0 , t_1 , t_2 , t_3 , t_4 , t_5 dan t_6 .



2. Alat-alat pertama (I) ditempatkan di A, dan alat-alat kedua (II) b
Pada pukul t_0 , catat tekanan dan temperatur di A (I) dan A (II).
Berjalan dari A-B-C-D-C-B-A.
Pada pukul t_0 , catat tekanan dan temperatur di A (I) dan A (II).
Pada pukul t_1 , catat tekanan dan temperatur di A (I) dan B (II).
Pada pukul t_2 , catat tekanan dan temperatur di A (I) dan C (II).
Pada pukul t_3 , catat tekanan dan temperatur di A (I) dan D (II).
Pada pukul t_4 , catat tekanan dan temperatur di A (I) dan D (II).
Pada pukul t_5 , catat tekanan dan temperatur di A (I) dan C (II).
Pada pukul t_6 , catat tekanan dan temperatur di A (I) dan B (II).
Pada pukul t_7 , catat tekanan dan temperatur di A (I) dan A (II).
3. Dari pencatatan di A dan titik-titik lain dapat ditentukan beda tinggi terhadap A. Dengan demikian beda tinggi antara dua titik yang berdekatan dapat diketahui.

Contoh:

Tabel 7.1 Hasil pengamatan tekanan dan temperatur dengan alat Barometris (Purworahardjo, 1986)

Waktu	Titik A		Titik Lapangan			t rata-rata
	p(mmHg)	t(°C)	STA	p(mmHg)	t(°C)	
t ₀ = 6,50	681,1	-	A	679,7	-	-
t ₁ = 7,35	681,6	22,3	B	683,9	22,5	22,4
t ₂ = 9,10	682,0	24,0	C	650,0	23,2	23,6
t ₃ = 9,35	681,9	24,7	D	638,1	24,0	24,4
t ₄ = 9,55	681,8	25,2	D	638,0	24,0	24,6
t ₅ = 10,10	681,7	25,3	C	649,8	25,5	25,4
t ₆ = 11,30	680,7	26,2	B	683,1	16,2	26,2
t ₇ = 12,05	680,3	-	A	679,2	-	-

Rumus: $h = -[18402,6]m \cdot T/273 \cdot \log (P_2/P_1)$.

T = temperatur rata-rata dari dua stasiun (STA)

- Periksa bacaan barometer I dan II di titik A. Ternyata ada perbedaan.
Pada pukul 6.50 : $679,7 - 681,1 = -1,4$ mm Hg
Pada pukul 12.05 : $679,2 - 680,3 = -1,1$ mm Hg.
Harga rata-rata perbedaannya adalah : - 1,2 mm Hg.
Karena barometer untuk pengukuran digunakan adalah barometer II, maka pencatatan barometer I disesuaikan dengan pencatatan barometer II. Ini berarti pembacaan barometer I perlu diberi koreksi sebesar -1,2 mmHg.
- Pada rumus (viii), temperatur T yang digunakan diambil temperatur rata-rata pada saat bersamaan di dua tempat yang akan dihitung beda tingginya. $T = t_0 + 273$.
- Tabel berikut adalah daftar tekanan di A yang telah diberi koreksi dan temperatur rata-ratanya.

BAB VIII

PENGUKURAN TINGGI MUKA AIR LAUT

Ukuran ketinggian menggunakan permukaan air laut rata-rata (*MSL/Mean Sea Level*) adalah suatu permukaan yang dianggap memiliki ketinggian 0 meter dan dipakai sebagai rujukan untuk mengukur ketinggian (elevation) lokal. Ketinggian ini hanya digunakan jika suatu daerah yang akan dipetakan jauh dari titik ikat yang telah ditentukan posisinya dari instansi yang berwenang.

Ketinggian titik-titik umumnya dihitung dari permukaan air laut rata-rata. Muka air laut mengalami pasang dan surut oleh gaya tarik bulan - matahari, topografi dasar laut (batimetri), angin, bahkan kadang-kadang oleh sifat-sifat laut itu sendiri seperti adanya arus, tekanan udara, temperatur air laut dan lain-lain. Akan tetapi dalam periode yang cukup lama, tinggi muka air laut rata-rata dapat dianggap tidak berubah. Pengamatan yang terus-menerus dilakukan untuk mengamati pasang surut muka air laut disebut pengamatan pasang surut. Pengukuran Pasut ini dimaksudkan untuk mendapatkan data elevasi titik-titik yang ada di permukaan bumi maupun titik-titik yang ada di atas laut. Metode Pasut ini dikombinasikan dengan pengukuran sipat datar untuk mendapatkan data bagi pelaksanaan pekerjaan proyek.

Pelaksanaan pengukuran Pasut dilakukan dengan memasang bak ukur (rambu pasut) di tempat yang selalu terendam air laut, baik pada saat air laut pasang tertinggi dan pada saat air laut surut terendah dan diamati pada rambu pasut tersebut, dicatat data ketinggian air laut setiap 15 menit atau 30 menit selama 15 piantan ataupun 29 piantan. Mengingat sifat air laut yang dinamis membentuk gelombang sinusoida, maka pembacaan pada rambu pasut menggunakan kesepakatan: bacaan angka rambu tertinggi pada saat datangnya penggunaan gelombang berurutan 3 kali dan cekungan gelombang 3 kali dirata-ratakan. Hasil pengukuran diolah dengan perangkat lunak admiralty, menghasilkan nilai tinggi permukaan air laut rata-rata.

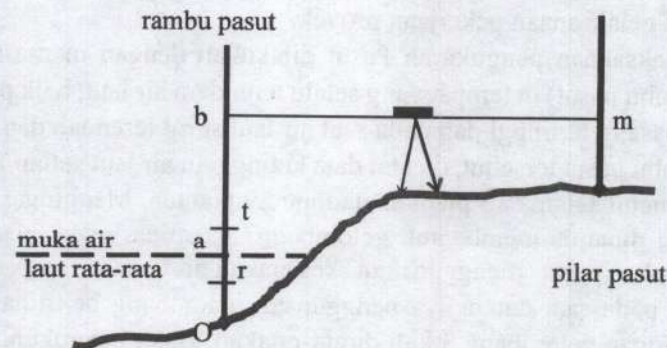
Selain dari pada itu, sebuah titik yang ditandai dengan pilar terbuat dari beton ditempatkan pada permukaan tanah yang keras dan stabil dan ketinggian titik tersebut diikatkan terhadap muka air laut rata-rata

dengan sipat datar. Titik ikat tersebut dinamakan titik referensi sipat datar digunakan untuk menentukan ketinggian titik lainnya.

Ada beberapa cara/metoda untuk melakukan pengamatan pasang surut, antara lain: menggunakan rambu pasang surut (rambu pasut/*peilschaal*) atau pencatat tinggi muka air laut yang bekerja secara otomatis (*water level recorder*). Disini hanya akan dibicarakan pengamatan pasang surut (rambu pasut).

Rambu pasut umumnya terbuat dari bahan tahan karat yang ditempeli pelat berskala. Rambu pasut dipancangkan di laut (dekat pantai), di daerah mana akan ditentukan tinggi muka air laut rata-ratanya. Kemudian setiap 15 menit atau 30 menit, dibaca kedudukan permukaan air laut pada rambu pasut. Demikianlah seterusnya.

Telah diketahui, bahwa setiap hari permukaan air laut mengalami pasang dan surut. Dengan demikian pengamatan pasang dan surut minimal harus dilakukan sehari penuh. Dari pengamatan satu hari penuh dapat diketahui kedudukan permukaan air laut tertinggi dan terendah. Maka kedudukan permukaan air laut rata-rata dapat diketahui pula, yaitu setengah dari jumlah pembacaan tertinggi dan terendah. Apabila sekarang dilakukan pengukuran sipat datar dari rambu pasut ke titik referensi (pilar pasut/*benchmark* pasut), maka akan diperoleh ketinggian pilar pasut terhadap muka air laut rata-rata. Untuk jelasnya perhatikan Gambar 8.1.



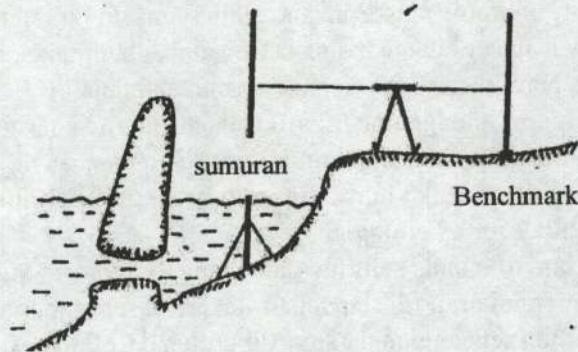
Gambar 8.1 Pilar pasut (modifikasi dari Rais, 1989)

$$\text{Tinggi pilar pasut} = (b - a) - m.$$

$$\text{Di mana } a = \frac{1}{2}(t + r);$$

- t = kedudukan muka air laut tertinggi.
- r = kedudukan muka air laut terendah.
- b = bacaan ke rambu pasut
- m = bacaan ke rambu sipat datar di pilar pasut.

Untuk memperoleh hasil pengamatan pasang surut yang baik diusahakan hal-hal sebagai berikut:



Gambar 8.2 Pengamatan pasang surut (modifikasi dari Rais, 1989)

1. Pengamatan muka air laut dilakukan setiap 15 menit selama 3 bulan.
2. Rambu pasut ditegakkan pada "sumur" seperti nampak pada Gambar 8.2. Apabila keadaan pantai memungkinkan.
3. Muka air laut pada lokasi rambu pasut harus mewakili muka air laut sekitarnya.
4. Pantai yang dipilih terdiri dari batu karang atau di dermaga pelabuhan.
5. Ombak laut tidak terlalu besar.
6. Air laut dicari yang jernih.
7. Jangan ditempatkan di muara sungai.
8. Stasiun/*Benchmark* pasut harus dicarikan tempat yang mudah untuk pekerjaan sipat datar selanjutnya.

BAB IX

PERPETAAN

9.1 Umum

Peta adalah gambaran pada lembar kertas keadaan permukaan bumi dengan ukuran yang lebih kecil. Keadaan permukaan bumi yang digambarkan meliputi unsur-unsur alam (misalnya; sungai, gunung lembah), unsur-unsur buatan manusia (misalnya: bangunan, jalan, saluran irigasi, batas pemilikan) serta bentuk permukaan tanah.

Untuk dapat menggambarkan keadaan permukaan bumi tersebut, diperlukan pengukuran-pengukuran geodesi (*surveying*) pada dan diantara titik-titik di muka bumi. Besaran-besaran yang diukur meliputi: arah, sudut, jarak serta ketinggian.

Pemetaan di mana seluruh data yang digunakan diperoleh dari pengukuran-pengukuran di lapangan lazim disebut pemetaan secara terestris. Apabila sebahagian datanya diperoleh dari foto hasil pemotretan udara dikenal sebagai pemotretan secara fotogrammetris. Cara fotogrammetris ini tidak akan dijelaskan di dalam buku ini.

Setelah data ukuran diolah dan untuk setiap titik dihitung posisinya, kemudian titik-titik tersebut diplot pada kertas gambar dan kemudian dengan proses kartografi dibuatlah petanya.

Di dalam pemetaan, titik-titik di muka bumi dikelompokkan menjadi 2 kelompok besar yaitu kelompok titik-titik kerangka dasar dan kelompok titik-titik detail.

Titik-titik Kerangka Dasar adalah sejumlah titik yang dibuat dan dipasang di lapangan (dengan tanda pengenal: patok kayu atau patok beton) yang akan merupakan Kerangka dasar pemetaan dengan fungsi sebagai titik pengikat pengukuran titik-titik detail serta pengontrol pengukuran titik-titik lainnya.

Titik-titik detail adalah titik-titik yang ada di lapangan yang merupakan antara lain titik-titik pojok bangunan, titik-titik batas tanah, titik-titik sepanjang pinggiran jalan serta titik-titik lain yang letak dan kerapatannya ditentukan untuk menggambarkan bentuk permukaan tanah.

Pengukuran titik-titik Kerangka Dasar lazim disebut pengukuran titik-titik kontrol, sedangkan pengukuran titik-titik detail lazim disebut

menyelenggarakan Kerangka Dasar yang mencakup seluruh daerah yang akan dipetakan. Mengingat fungsinya, pengukuran harus dilakukan dengan ketelitian paling tinggi dibandingkan dengan ketelitian pengukuran lainnya. Apabila dianggap perlu titik-titik Kerangka Dasar dapat dirapatkan dan pengukurannya diikatkan pengukuran titik-titik detail. Ide bekerja seperti dijelaskan di atas dimaksudkan untuk mencegah penumpukan (*accumulation*) kesalahan-kesalahan pengukuran, mengontrol dan melokalisir kesalahan-kesalahan.

Suatu hal perlu dicatat bahwa di dalam perhitungan koordinat titik-titik Kerangka Dasar yang mencakup daerah yang luas di mana permukaan bumi harus diperhitungkan sebagai permukaan yang melengkung, data ukuran (arah, sudut mendatar, jarak mendatar) terlebih dahulu harus “dipindahkan” ke bidang datar dengan aturan-aturan menurut Ilmu Proyeksi Peta.

Sedangkan untuk daerah yang relatif kecil dimana permukaan bumi dapat dianggap sebagai bidang datar (daerah dengan ukuran terbesar tidak melebihi 55 km) data ukuran dapat digunakan langsung dalam perhitungan koordinat.

Di dalam buku ini hanya akan dibicarakan pemetaan daerah yang relatif kecil di mana permukaan bumi dianggap sebagai bidang mendatar.

9.2 Macam-macam Peta

Langkah-langkah pembuatan peta yaitu:

1. Survei yaitu: Kegiatan Pengumpulan Data melalui:
 - a. Pengukuran (*Surveying*)
 - b. Pengamatan (*Observations*)
 - c. Penginderaan (*Sensing*)
2. Pemetaan: Kegiatan Pemrosesan data Survei ==> PETA
3. Peta:
 - a. Presentase dunia nyata
 - b. Dalam bentuk simbol-simbol
 - c. Hubungan spasial di bumi
 - d. Di atas bidang datar
 - e. Skala tertentu

Istilah Peta: Dalam matematik dipakai untuk menyampaikan ungkapan untuk mentransfer informasi dari satu bentuk ke bentuk lain,

pengukuran situasi atau pengukuran topografi.

Seperti telah dijelaskan di dalam bab I pengukuran titik-titik Kerangka dasar dapat dilakukan antara lain dengan cara-cara triangulasi, trilaterasi dan polygon.

Pengukuran titik-titik detail dapat dilakukan dengan salah satu cara atau kombinasi cara-cara di bawah ini:

(i) Cara *offset*

Dengan cara ini, titik-titik detail diukur jaraknya dari titik-titik yang terletak pada garis lurus yang menghubungkan dua titik Kerangka Dasar. Garis ini dinamakan garis ukur (*survey line*).

Alat utama yang digunakan adalah pita/rantai ukur. Karenanya cara *offset* disebut pengukuran rantai (*chain surveying*).

(ii) Cara tachymetri

Dengan cara *tachymetry*, titik-titik detail diukur arah dan jaraknya (cara polar) dari titik Kerangka Dasar atau dari titik penolong (titik-titik sisipan di antara titik-titik Kerangka dasar).

Alat ukur utama yang digunakan adalah theodolit dan rambu ukur. Theodolit yang digunakan umumnya theodolit kompas yang teropongnya dilengkapi dengan benang-benang silang diafragma pengukur jarak (*stadia hairs*).

(iii) Cara grafis

Dengan cara ini, titik-titik detail dan diplot langsung di lapangan dengan menggunakan alat ukur yang dinamakan meja ukur atau meja lapangan (*plane table*).

Masing-masing cara di atas mempunyai ciri-ciri tersendiri yang perlu dipertimbangkan di dalam penggunaannya. Untuk memilih cara mana yang akan digunakan tergantung antara lain faktor-faktor: Kondisi lapangan, luas daerah, ketelitian peta serta waktu penyelesaian.

Cara *offset* lebih banyak digunakan untuk pemetaan daerah yang kecil dan relatif datar, sedangkan cara *tachymetry* atau cara grafis digunakan untuk pemetaan daerah luas.

Di samping prinsip dasar pengukuran yaitu penentuan posisi setiap titik di muka bumi, pengukuran untuk pemetaan memakai pula prinsip bekerja dari besar ke kecil (*Working from whole to part*), baik untuk pemetaan daerah kecil atau besar.

Maksudnya adalah, bahwa pertama kali kita bekerja

titik-titik detail, (g), pengukuran guna pemetaan cara fotogrametris.

- iv. Berdasarkan luas daerah yang diukur
 - a) Pengukuran daerah yang relatif kecil, dimana permukaan bumi dianggap sebagai bidang datar. Pengukurannya diklasifikasikan ke dalam pengukuran tanah (*Plane Surveying*).
 - b) Pengukuran daerah yang luas, dimana permukaan bumi harus diperhitungkan sebagai permukaan yang melengkung. Pengukurannya diklasifikasikan ke dalam pengukuran geodesi (*Geodetic Surveying*).

Di dalam buku ini hanya akan dibicarakan pengukuran guna pemetaan topografi dalam permukaan bumi dianggap sebagai bidang datar (*Plane Surveying*).

BAB X

PENGUKURAN PEMBUATAN PETA CARA *OFFSET*

Pengukuran guna pembuatan peta lazim disebut pengukuran topografi atau pengukuran situasi dan kadang-kadang disebut pengukuran detail. Pengukuran-pengukuran dimaksudkan untuk dapat menggambarkan unsur-unsur alam, unsur buatan manusia serta bentuk permukaan tanah. Telah disinggung pada Bab I bahwa pengukuran-pengukuran guna pemetaan topografi dapat dilakukan antara lain dengan metode *offset*, metode *tachymetri* atau metode grafis.

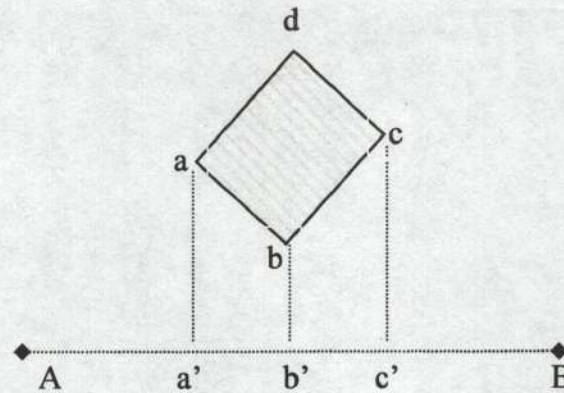
Metode *tachymetri* dan metode grafis biasanya digunakan untuk pemetaan daerah-daerah yang luas, sedangkan metode *offset* digunakan untuk pemetaan daerah kecil dan relatif datar, (misalnya: persil di dalam kota). Pada bab ini akan dijelaskan metode *offset*.

Alat utama yang digunakan pada metode *offset* adalah pita/rantai ukur. Metode *offset* lazim pula disebut pengukuran dengan rantai (*chain surveying*). Alat Bantu lainnya adalah cermin sudut, prisma untuk membuat sudut siku-siku serta jalon (ajir) dan pen ukur (*meet pen/ marking pin*).

Ada dua cara yang dapat dilakukan untuk pengukuran titik-titik detail dengan cara *offset*, yaitu:

- (i) Metode siku-siku (metode garis tegak lurus)

Pada metode ini setiap titik detail diproyeksikan siku-siku terhadap garis ukur (garis lurus yang menghubungkan dua titik Kerangka Dasar), kemudian diukur jarak-jaraknya.



Gambar 10.1 Metoda siku-siku (Brinker & Moritz, 1997)

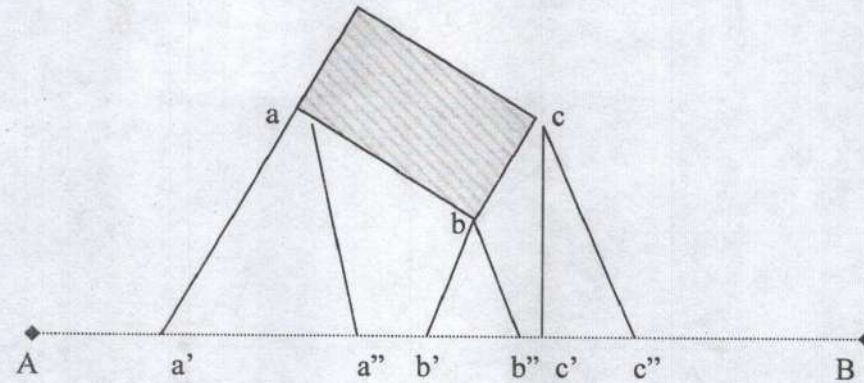
1. A, B titik-titik kerangka dasar.
2. Garis AB: garis ukur.
3. A, b, c, d titik-titik detail (pojok-pojok bangunan).

Garis-garis aa' , bb' dan cc' adalah garis-garis tegak lurus pada garis ukur AB. Dengan mengukur jarak-jarak Aa' , aa' ; $a'b'$, bb' dan $b'c'$ posisi titik-titik a, b dan c relatif terhadap garis ukur AB dapat ditentukan/digambarkan.

Masalahnya adalah bagaimana memperoleh titik-titik a' , b' dan c' pada garis ukur AB yang merupakan proyeksi dari titik-titik a, b dan c. Untuk ini digunakan alat penolong cermin sudut atau prisma dan 3 buah jalon.

(ii) Metode mengikat (interpolasi)

Berbeda dengan metode siku-siku, pada metode mengikat titik-titik diikat dengan garis lurus pada garis ukur. Untuk lebih jelasnya perhatikan Gambar 10.2a.

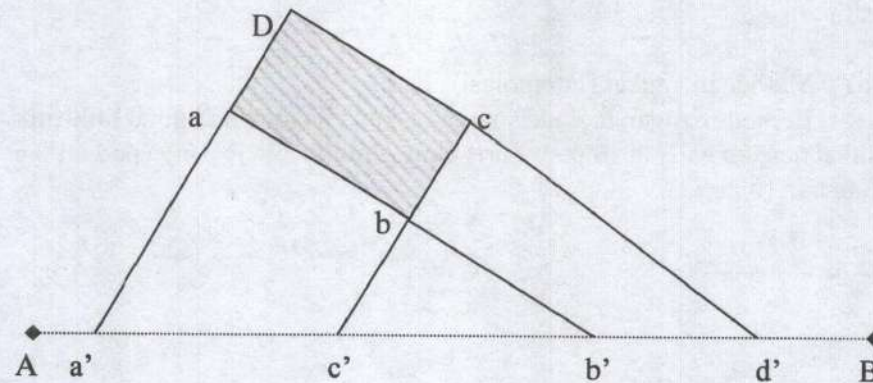


Gambar 10.2a Cara mengikat (Brinker & Moritz, 1997)

Tentukan sembarang pada garis ukur AB titik-titik a' , a'' , b' , c' , dan c'' (usahakan agar segitiga-segitiga $a'a''a$, $b'b''b$, $c'c''c$ merupakan segitiga sama sisi atau sama kaki).

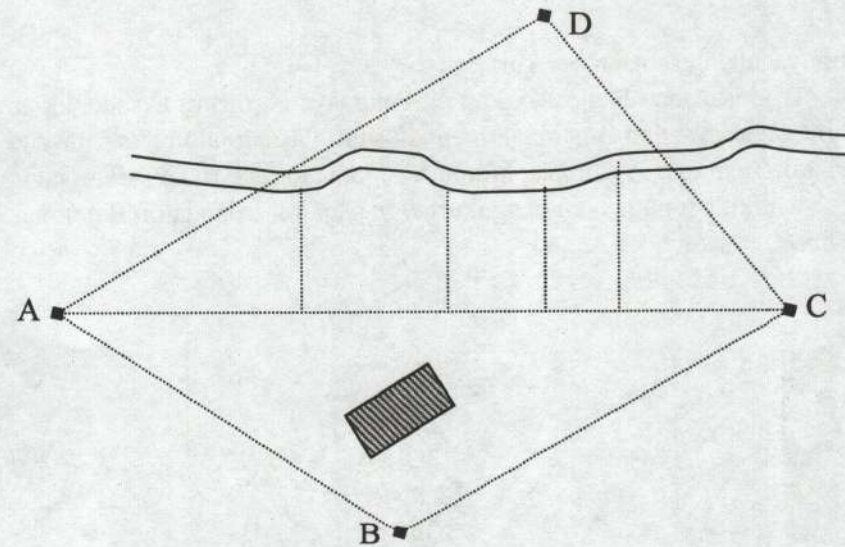
Dengan mengukur jarak-jarak Aa' , $a'A''$, $a'a$, $a''a$; $a''b'$, $b'b''$, $b'b$, $b''b$; kemudian $b''c'$, $c'c''$, $c''c$; maka posisi titik-titik a , b , c dapat ditentukan/digambarkan.

Cara mengikat ini akan lebih sederhana apabila dilakukan dengan menarik garis lurus yang merupakan garis lurus hubung titik detail sampai memotong garis ukur. Untuk jelasnya perhatikan Gambar 10.2b.



Gambar 10.2b Cara mengikat (Brinker & Moritz, 1997)

Garis-garis da, ab, cb dan dc diperpanjang hingga memotong garis ukur AB di titik-titik a', c', b' dan d'. Kemudian ukur jarak-jarak: Aa', a'c', c'b', b'd', d'B, a'a, ad, c'b, bc, b'b, ba, d'c, cd. Dari jarak-jarak ini titik-titik detail a, b, c dan d dapat diplot. Dalam praktek pengukuran detail dengan cara *offset*, biasanya kedua cara di atas digunakan bersama (kombinasi). Ada kemungkinan titik-titik detail di suatu tempat lebih mudah diukur dengan cara siku-siku akan tetapi di tempat lain lebih mudah diukur dengan cara mengikat. Di samping itu salah satu cara dapat digunakan sebagai pengontrol cara lainnya. Sangat dianjurkan agar setiap titik detail (yang penting) diukur dengan kedua cara. Sebagai contoh perhatikan Gambar 10.3.



Gambar 10.3 Cara *offset* (Brinker & Moritz, 1997)

10.1 Memasang Titik Sepanjang Garis Ukur

Ada beberapa kemungkinan yang dapat dijumpai di dalam pengukuran detail dengan cara *offset*.

Kemungkinan pertama: jarak antara dua titik kerangka dasar terlalu jauh, sehingga diantaranya diperlukan titik-titik penolong.

Kemungkinan kedua: jarak antara dua titik kerangka dasar terlalu pendek sehingga perlu diperpanjang.

Kemungkinan ketiga: garis ukur terhalang oleh bangunan.

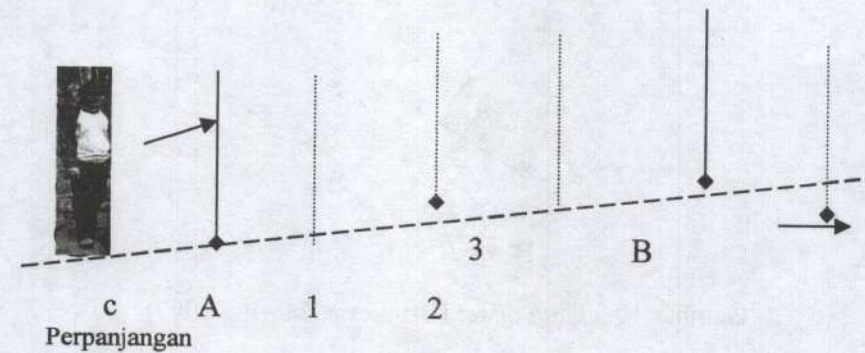
Kemungkinan keempat: bila kedua titik kerangka dasar hanya dapat dilihat dari titik diantaranya. Misalnya diantara kedua titik kerangka dasar tanahnya lebih tinggi. Adapun cara memasang titik-titik pada garis ukur adalah antara lain sebagai berikut:

(i) Bila garis ukur terlalu panjang

Perhatikan Gambar 10.4. Misalnya panjang garis ukur $AB = 100$ m akan dibagi dalam 4 bagian masing-masing panjangnya ± 25 m. Maka untuk tiap bagian perlu ditandai (sebagai tanda) dapat digunakan patok kayu atau pen ukur (*meet pen*). Tanda-tanda tersebut harus terletak pada garis lurus AB.

Caranya adalah sebagai berikut:

Di titik A dan B dipasang jalon. Pengukur berdiri di C sedemikian sehingga jalon A dan B nampak menjadi satu. Pasang jalon lain kira-kira berjarak 25 m dari A dan kira-kira berada pada garis AB. Geserkan jalon ini sedemikian hingga oleh pengukur jalon A, jalon 1 dan jalon B nampak berimpit.



Gambar 10.4 Membuat garis lurus (modifikasi dari Rais, 1989)

Kemudian letak jalon 1 diberi tanda dengan patok atau *meet pen*. Dengan cara yang sama lakukan pekerjaan untuk pemasangan titik 2 dan 3.

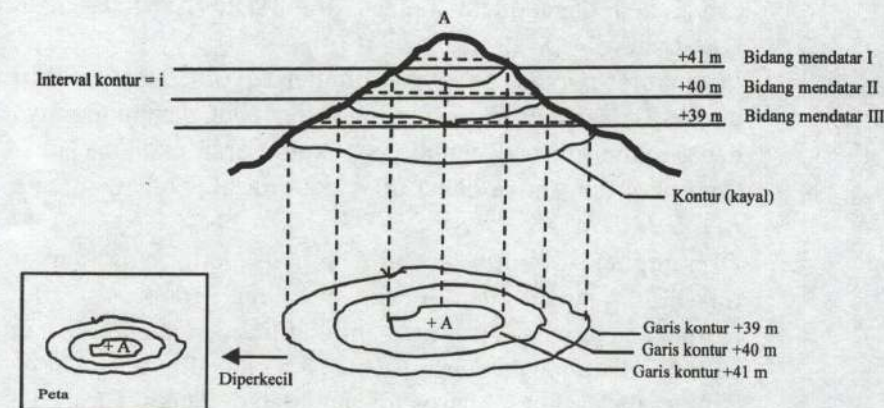
BAB XII

GARIS KONTUR

Garis pada peta yang menghubungkan titik-titik yang mempunyai ketinggian sama dinamakan garis kontur (*contour line*). Garis ini sering pula disebut garis *tranches*, garis tinggi, dan garis lengkung horizontal.

Misal garis kontur + 41 m, artinya garis tersebut menghubungkan titik-titik yang mempunyai ketinggian + 41 m. Garis kontur + 40 m, artinya garis tersebut menghubungkan titik-titik yang mempunyai ketinggian + 40 m.

Garis-garis kontur dapat dibayangkan sebagai proyeksi garis perpotongan bidang-bidang mendatar dengan permukaan tanah dalam bentuk dan ukuran yang lebih kecil. Untuk lebih jelasnya perhatikan Gambar 12.1.



Gambar 12.1 Garis kontur (Brinker & Moritz, 1997)

Dengan adanya susunan garis-garis kontur pada peta, dapatlah diketahui bentuk dan ketinggian permukaan tanah daerah yang dipetakan. Untuk menarik garis-garis kontur dibutuhkan sejumlah titik yang diketahui posisi dan ketinggiannya. Titik-titik tersebut dipilih dengan kerapatan tertentu disesuaikan dengan skala peta yang digunakan dan diukur seperti pengukuran titik-titik detail (pojok bangunan, pinggiran sungai dll). Makin rapat titik yang diambil, akan mempermudah penarikan garis

magnet) sedangkan arah-arah garis Kerangka Dasar (orientasi peta) dihitung dari arah utara geografi yang tidak sejajar dengan arah utara magnet. Mengenai koreksi *Boussole* ini dijelaskan pada Bab selanjutnya.

2. Pengukuran *polygoon* kompas tidak perlu dilakukan di setiap titik, akan tetapi meloncat satu titik. Pengukuran secara demikian lazim disebut pengukuran meloncat (*spring station*). Hal ini dimungkinkan karena dengan Theodolit Kompas arah-arah garis poligon (aximuth sisi poligon) dapat diketahui. Perhatikan Gambar 11.2.

Untuk menentukan posisi H_2 dari H_1 , dibutuhkan jarak dan arah (azimuth) dari H_1 ke H_2 . Adapun jarak yang diukur adalah jarak dari H_2 ke H_1 , dengan pengukuran ini pula dapat ditentukan arah dari H_1 ke H_2 yang besarnya berselisih 180° dengan arah H_2 ke H_1 . Demikian pula arah-arah dari H_3 ke H_4 dan H_5 ke E dapat ditentukan dari arah H_4 ke H_3 dan dari arah E ke H_5 .

3. Pengukuran *polygoon* Kompas dimulai dari titik B dan diakhiri dititik E, maksudnya agar poligon tersebut pengukurannya dapat dikontrol; baik untuk pengukuran arah maupun jarak. Cara perhitungannya dapat dilakukan misalnya dengan cara *BOWDITCH*.
4. Di samping titik-titik detail a s.d. q, perlu pula diukur titik-titik lainnya guna menggambarkan bentuk topografi permukaan tanah. Titik-titik ini dipilih dengan kerapatan tertentu, disesuaikan dengan skala peta yang diinginkan.
5. Semua data ukuran harus dicatat dalam Buku Ukur. Di samping data ukur, di dalam Buku Ukur harus pula dibuatkan sketsa (gambar situasi) daerah yang diukur. Sketsa sebaiknya dibuat dengan menggunakan skala. Gambar 11.2 dapat dianggap sebagai sketsa pengukuran dari B ke E.

konturnya di samping akan menghasilkan gambaran bentuk permukaan tanah seperti bentuk aslinya.

Melukiskan bentuk permukaan tanah dan ketinggian pada peta dengan garis-garis kontur merupakan salah satu cara dari beberapa cara yang dapat dibuat. Garis-garis kontur adalah merupakan cara yang banyak digunakan dibandingkan dengan cara-cara lainnya, karena memberikan ketelitian yang lebih baik. Cara lain untuk melukiskan bentuk permukaan tanah misalnya dengan cara *hachures* dan *shading* seperti dilukiskan di bawah ini.

12.1 Interval Kontur



12.2a *Shading*



12.2b *hachures*

Gambar 12.2a. *Shading* dan, b. *hachures* (Brinker & Moritz, 1997)

Interval kontur adalah jarak tegak antara dua garis kontur yang berdekatan atau jarak antara dua bidang mendatar yang berdekatan. Pada Gambar (12.1), interval Kontur dibuat 1 m. Pada peta topografi, umumnya interval kontur dibuat sama. Interval kontur ditentukan berbanding terbalik dengan skalanya. Makin besar skalanya makin kecil interval konturnya.

Tabel berikut ini adalah contoh interval kontur yang umum digunakan disesuaikan dengan skala dan bentuk permukaan tanah:

Tabel 12.1 Interval kontur hubungannya dengan skala dan bentuk muka tanah (Purworaharjo, 1986)

Skala	Bentuk muka tanah	Interval Kontur
1 : 1000 dan lebih besar	Datar	0,2 – 0,5 m
	Bergelombang	0,5 – 1,0 m
	Berbukit	1,0 – 2,0 m
1 : 1000 s.d. 1 : 10.000	Datar	0,5 – 1,5 m
	Bergelombang	1,0 – 2,0 m
	Berbukit	2,0 – 3,0 m
1 : 10.000 dan lebih kecil	Datar	1,0 – 3,0 m
	Bergelombang	2,0 – 5,0 m
	Berbukit	5,0 – 10,0 m
	Bergunung	10,0 – 50,0 m

Rumus yang umum digunakan untuk menentukan besarnya interval kontur di dalam pemetaan topografi.

Rumus tersebut antara lain:

$$(1) \quad i = \frac{25}{\text{Jumlah cm dalam 1 km}} \text{ meter}$$

Contoh: Peta dibuat dalam skala 1:5000, ini berarti 20 cm = 1 km

$$i = \frac{25}{20} = 1,25 \text{ meter}$$

$$(2) \quad i = n \cdot \log n \cdot \tan \alpha \text{ dimana } n = \sqrt{0,01S + 1}$$

α = kemiringan rata-rata daerah yang dipetakan

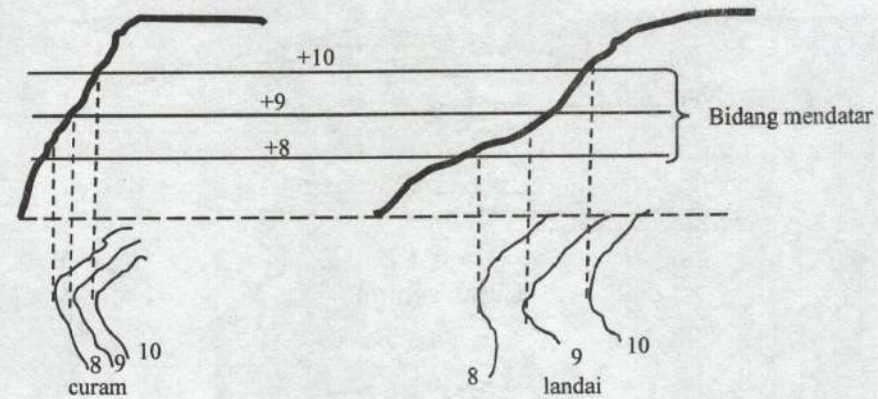
S = angka skala

Contoh: Skala 1 : 5000, S = 5000; $\alpha = 45^\circ$; $i = 6,0 \text{ m}$

12.2 Ciri-ciri Garis Kontur

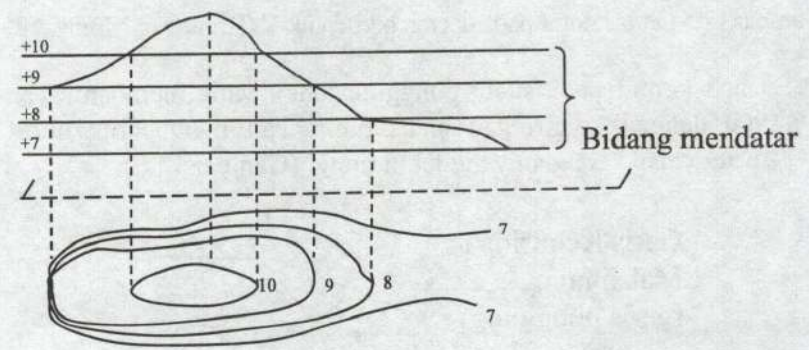
Antara lain:

1. Garis-garis kontur saling melingkari satu sama lain, tidak akan berpotongan. Lihat Gambar (12.1)
2. Untuk daerah yang curam garis-garis kontur lebih rapat dibanding dengan daerah yang landai seperti terlihat pada Gambar 12.3.



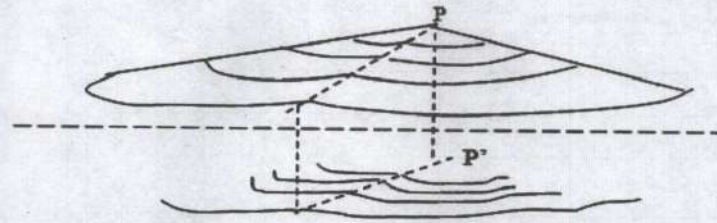
Gambar 12.3 Garis kontur pada daerah landai (Brinker & Moritz, 1997)

3. Untuk daerah yang sangat curam (praktis tegak), garis-garis kontur membentuk satu garis seperti terlihat pada Gambar 12.4.

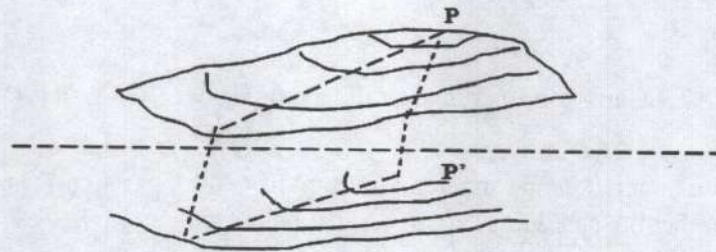


Gambar 12.4 Garis kontur pada daerah curam (Brinker & Moritz, 1997)

4. Garis kontur pada curah yang sempit dan punggung bukit yang tajam membentuk huruf V. Pada curah yang sempit huruf V menghadap ke bagian yang lebih rendah, sedangkan pada bukit yang tajam huruf V menghadap bagian yang lebih tinggi (Gambar 12.5).

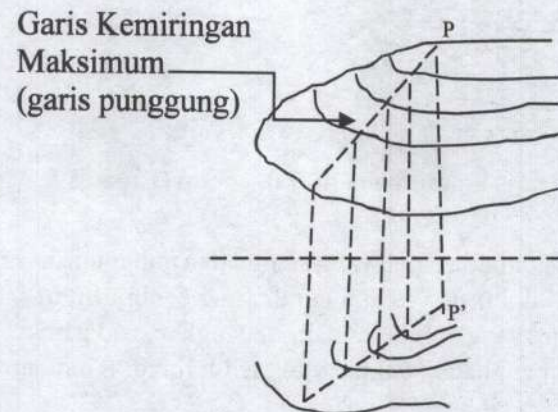


Curah sempit



Gambar 12.5 Garis kontur pada daerah berbentuk V (Brinker & Moritz, 1997)

5. Garis kontur pada suatu punggung bukit yang membentuk sudut 90^o dengan kemiringan maksimum akan membentuk huruf U menghadap kebagian yang lebih tinggi (Gambar 12.6).



Gambar 12.6. Garis kontur pada daerah berbentuk U (Brinker & Moritz, 1997)

- f. Garis-garis hubung BA pada kertas transparan akan memotong garis + 600 di titik P. Periksa titik P pada kertas gambar.

Dengan cara yang sama, tentukan titik-titik Q dan R. Maka dengan menghubungkan titik-titik P, Q dan R diperoleh garis kontur + 600. Dari ketiga cara di atas, cara numeris akan memberikan hasil lebih teliti.

BAB XIII

PENENTUAN LUAS

Luas adalah besaran yang menyatakan ukuran dua dimensi suatu bagian permukaan yang dibatasi dengan jelas. Luas suatu daerah adalah proyeksi luas di atas permukaan bumi pada bidang mendatar yang dikelilingi oleh garis-garis batas.

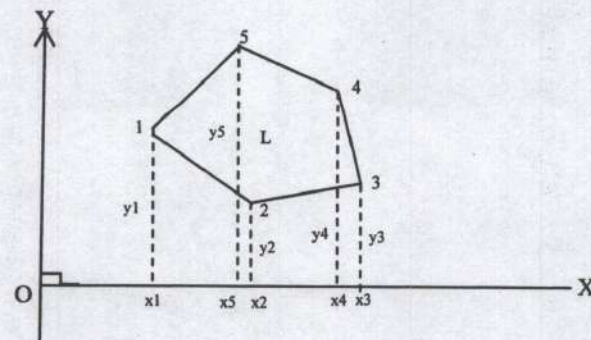
Tergantung dari cara pengukuran dan ketelitian dikehendaki penentuan dapat dilakukan dengan cara-cara antara lain:

1. Dengan menggunakan angka-angka koordinat.
2. Dengan cara grafis.
3. Dengan cara setengah grafis.
4. Dengan cara mekanis grafis.

13.1 Dengan Menggunakan Angka-angka Koordinat

Cara ini digunakan untuk daerah yang dibatasi oleh garis-garis lurus. Angka koordinat yang digunakan adalah angka koordinat titik-titik sudut batas. Angka koordinat dapat diperoleh dari:

- Pengukuran di atas peta (mengukur besarnya absis dan ordinat setiap titik).
- Perhitungan dari data ukuran jarak dan sudut diperoleh dari pengukuran di lapangan. (Perhitungan koordinat pada poligon tertutup).

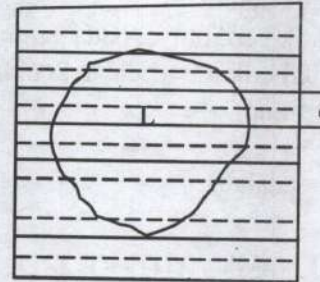


Gambar 13.1 Perhitungan luas dengan poligon tertutup

di atas gambar peta untuk menghitung jumlah petakan yang terdapat dalam garis batas.

Apabila garis batas memotong petakan maka bagian-bagiannya harus dihitung secara proporsional.

(ii) Cara lajur Gambar 13.2b



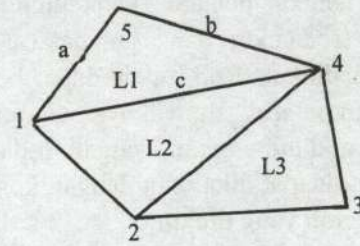
Gambar 13.2b Cara lajur

Pada kertas transparan dibuat garis-garis sejajar yang ditarik penuh dan terputus-putus dengan interval jarak tertentu; kemudian ditempatkan di atas gambar peta untuk menghitung panjang garis tengah L pada garis lurus putus-putus untuk masing-masing lajur.

Luas masing-masing jalur adalah merupakan luas dari sebuah trapesium, yaitu $(d \times L)$ di mana d adalah interval jarak antara dua garis sejajar yang ditarik penuh pada jalur yang bersangkutan. Jumlah luas seluruhnya adalah jumlah luas masing-masing jalur.

13.3 Cara Setengah Grafis

Apabila garis-garis batas merupakan garis-garis luas, daerah yang akan ditentukan luasnya dibagi menjadi segitiga-segitiga. Maka dengan mengukur panjang sisi tiap segitiga, luas masing-masing segitiga dapat dihitung dengan rumus Heron. Luas seluruh daerah adalah jumlah luas seluruh segitiga.

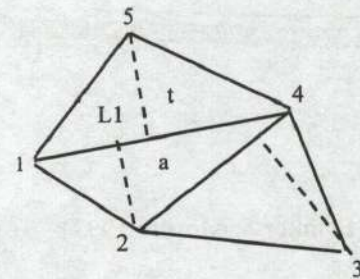


$$L_1 = \sqrt{S(s-a)(s-b)(s-c)}$$

$$s = (a+b+c)/2$$

Gambar 13.3a Pengukuran panjang sisi

Cara lainnya yaitu mengukur panjang alas dan tiap garis tinggi (metoda diagonal dan tegak lurus) dalam tiap segitiga.



$$L_1 = \frac{1}{2} a.t$$

Gambar 13.3b Pengukuran panjang alas

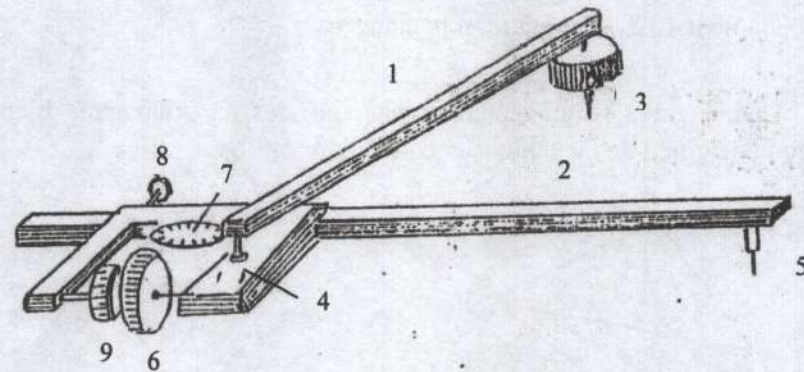
Cara yang pertama digunakan langsung di lapangan sedangkan cara yang kedua umumnya digunakan di kantor (menggunakan peta). Pada cara kedua, di dalam setiap segitiga, sisi terpendek dipilih sebagai alas dan harus diukur seteliti-telitinya agar kesalahan luas menjadi minimum.

13.4 Cara Mekanis Grafis

Untuk menentukan luas dengan cara mekanis grafis digunakan alat yang disebut Planimeter seperti terlihat pada Gambar 13.4. Alat ini terdiri dari dua tangkai (batang) logam yang dihubungkan oleh sendi yang memungkinkan kedua tangkai tersebut bebas bergeser pada meja gambar.

Tangkai yang pertama disebut tangkai jarum tetap dimana pada ujung lainnya terdapat jarum pelacak tetap yang dinamakan Kutub Planimeter. Tangkai jarum tetap disebut pula tangkai (batang) kutub.

Tangkai yang kedua disebut tangkai pelacak. Pada ujung-ujung tangkai pelacak terdapat sebuah roda (roda ukur) dan jarum pelacak untuk menelusuri batas daerah yang akan diukur. Roda ukur dapat berputar bersamaan dengan gerakan dari jarum pelacak. Banyaknya putaran dapat dibaca pada piringan berskala yang dihubungkan dengan roda ukur. Dari jumlah putaran roda ukur yang didapat dikalikan dengan konstanta tertentu akan dapat diketahui luas daerah yang diukur.



Gambar 13.4 Planimeter (Brinker & Moritz, 1997)

Planimeter Kutub

1. Batang kutub
2. Batang pelacak
3. Kutub planimeter (tetap)
4. Sendi (engsel)
5. Jarum pelacak
6. Roda ukur berskala
7. Piringan berskala
8. Klem (untuk mengatur panjang batang pelacak)
9. Nonius

(i) Prinsip Planimeter

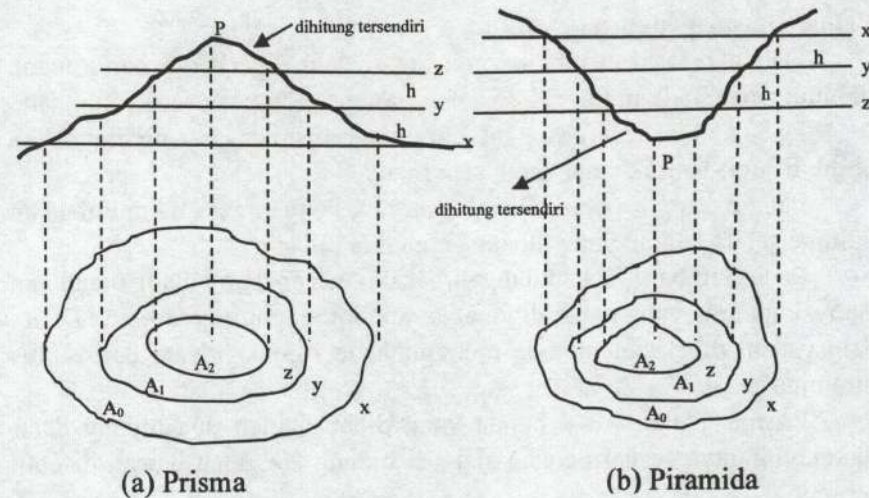
Jarum kutub planimeter ditempatkan di satu tempat sedemikian sehingga jarum palacak dapat menelusuri seluruh batas daerah yang akan diukur luasnya (dapat di dalam atau di luar yang diukur). Gambar 13.5a memperlihatkan kutub planimeter di luar daerah yang diukur.

BAB XIV

PENENTUAN VOLUME DARI GARIS KONTUR

Garis-garis kontur pada peta topografi dapat digunakan untuk menghitung volume, baik volume reservoir, volume bahan galian (gunung kapur, bukit, dll) dan sebagainya.

Pada Gambar (14.1), apabila $A_0, A_1, A_2, \dots, A_n$ adalah luas yang dikelilingi oleh masing-masing garis kontur (diukur luasnya dengan planimeter) dengan interval h . Volume total Σv dapat dihitung.



Gambar 14.1 Metoda garis kontur (Rais, 1989)

Rumus umum :

$$\Sigma V = \frac{h}{3} \left[A_0 + A_n + 4 \sum_{r=0}^{\frac{n-2}{2}} A_{2r+1} + 2 \sum_{r=0}^{\frac{n-2}{2}} A_{2r} \right] \dots\dots\dots(14.1)$$

$$\text{atau } \Sigma V = \frac{h}{3} \left[A_0 + A_n + 2 \sum_{r=1}^{r=n-1} A_r + \sum_{r=1}^{r=n} (A_{r-1} \cdot A_r)^{1/2} \right] \dots\dots\dots(14.2)$$

$$\text{atau } \sum V = \frac{h}{2} \left[A_0 + A_n + 2 \sum_{r=1}^{r=n-1} A_r \right] \dots\dots\dots(14.3)$$

Catatan:

1. Rumus (14.1) disebut rumus prisma dan digunakan apabila n genap.
2. Rumus (14.2) disebut rumus piramida dan digunakan apabila n ganjil.
3. Rumus (14.3) disebut rumus rata-rata awal dan akhir dan digunakan apabila n ganjil.
4. Rumus untuk menghitung volume antara kontur z dan titik p adalah rumus volume kerucut.

Prinsip dasar penentuan volume

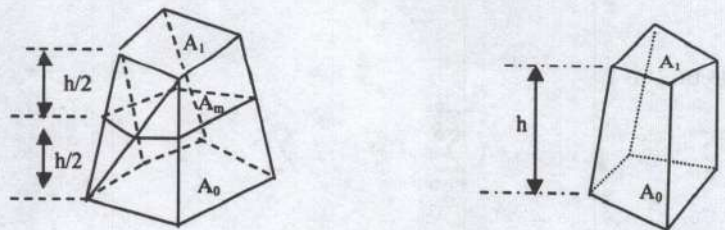
Dalam pekerjaan teknik sipil, antara lain diperlukan perhitungan volume tanah, baik untuk pekerjaan galian maupun pekerjaan timbunan.

Di bawah ini secara singkat diuraikan prinsip dasar yang digunakan untuk bentuk-bentuk tanah yang sederhana.

Pada dasarnya volume tanah dihitung dengan cara menjumlahkan volume setiap bagian yang dibatasi oleh dua bidang.

Pada Gambar (14.1) bidang dimaksud merupakan bidang mendatar. Banyak metoda yang dapat digunakan untuk menghitung volume. Disini hanya akan diberikan metoda menggunakan rumus prisma dan rumus piramida.

Prisma adalah suatu benda yang dibatasi oleh dua bidang datar di sekelilingnya sesuai dengan sisi-sisi bidang atas atau bawah disebut piramida.



Gambar 14.2 Prisma dan Piramida (Rais, 1989)

$$\text{Volume prisma} : V_r = h/G (A_0 + 4A_m + A_1) \dots\dots\dots (14.4)$$

$$\text{Volume piramida} : V_r = h/3 (A_0 + \sqrt{A_0 A_1} + A_1) \dots\dots\dots (14.5)$$

Di dalam praktek bidang-bidang yang mengelilingi prisma mungkin sangat tidak teratur; walaupun demikian rumus di atas dapat digunakan, asalkan besarnya h diatur sekecil mungkin. Luas bidang-bidang A_0 , A_m dan A_1 dapat ditentukan seteliti-telitinya.

Di dalam peta topografi, garis-garis batas bidang datar A_0 , A_m dan A_1 ditunjukkan oleh garis-garis kontur sedangkan h merupakan interval konturnya. Jadi apabila h dibuat kecil, garis kontur ditarik dari data ketinggian tanah yang cukup rapat serta pengukuran luas bidang-bidang yang dibatasi oleh garis kontur diukur dengan seteliti-telitinya akan diperoleh harga V mendekati volume sebenarnya.

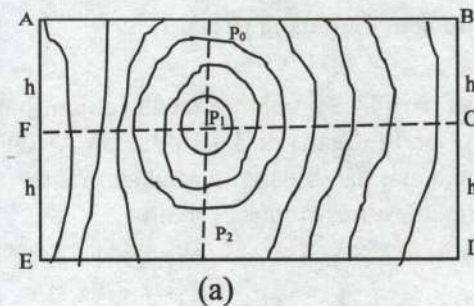
Apabila rumus-rumus di atas, masing-masing dijumlahkan sesuai dengan banyaknya bagian volume tanah yang dihitung akan diperoleh rumus (14.1) dan (14.2).

Rumus lain yang dapat digunakan adalah rumus rata-rata awal dan akhir yaitu:

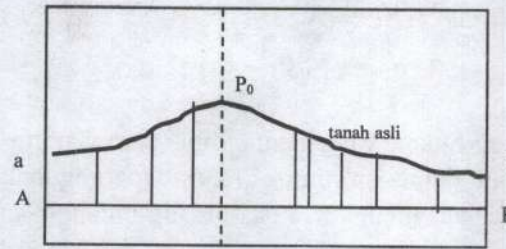
$$V_r = h/2 (A_0 + A_1) \dots\dots\dots (14.6)$$

Jumlah rumus (14.1) memberikan rumus (14.3).

Contoh lain penggunaan garis kontur untuk perhitungan volume dalam pekerjaan teknik sipil yaitu perhitungan volume dari galian atau timbunan.

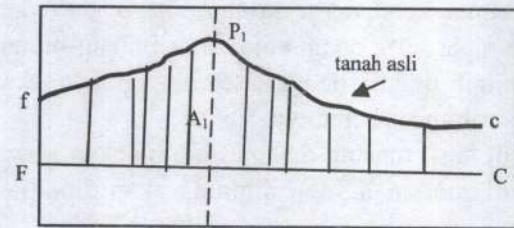


(a) ABCD adalah yang akan dihitung volumenya



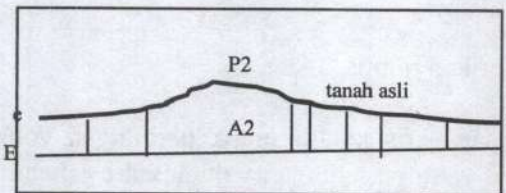
(b)

(b) Profil sepanjang AB
 AB : Garis rencana proyek
 ab : Garis profil tanah asli



(c)

(c) Profil sepanjang CF
 FC : Garis rencana proyek
 cf : Garis profil tanah asli



(d)

(d) Profil sepanjang ED
 ED : Garis rencana proyek
 ed : Garis profil tanah asli

Gambar 14.3 Metoda potongan melintang (Rais, 1989)

Dengan memperhatikan Gambar (14.3), volume tanah (dalam hal ini merupakan volume tanah yang perlu digali) di dalam daerah ABDE yang dibatasi oleh permukaan tanah asli dan bidang permukaan rencana (dasar saluran), dapat dihitung dengan rumus-rumus berikut:

Dengan rumus (14.3) : $\Sigma V = h/2 \{(A_0 + A_1) + (A_1 + A_2)\}$

Dengan rumus (14.4) : $\Sigma V = 2h/6 (A_0 + 4A_1 + A_2)$

Dengan rumus (14.5) : $\Sigma V = h/3 \{(A_0 + \sqrt{A_0 A_1} + A_1) + (A_1 + \sqrt{A_1 A_2} + A_2)\}$

Keterangan:

- h = jarak antara dua profil yang berdekatan
- $A1$ = diukur dengan planimeter atau dihitung dengan cara koordinat.
- Cara di atas dinamakan metoda potongan melintang.
- Garis profil muka tanah pada Gambar (14.2) b, c dan d, data tinggi dan jarak diukur dari peta (garis kontur).

BAB XV

PRAKTIKUM APLIKASI SURFER DALAM PEMBUATAN KONTUR, RELIEF DAN PROFIL 3-D

1. Latar Belakang

Perkembangan di bidang software komputer semakin mendukung untuk menyelesaikan sebuah pekerjaan menjadi lebih mudah, cepat dan efektif. Demikian pula dalam bidang geofisika telah tersedia berbagai software yang dirancang khusus untuk mengolah dan menginterpretasi data geofisika sehingga dapat diperoleh hasil yang memuaskan.

Salah satu cabang ilmu Geofisika yang akan dibahas lebih lanjut dalam kesempatan ini adalah mengenai Pemetaan. Perangkat lunak komputer yang mendukung pemetaan ini diantaranya adalah: Surfer, Idrisi, Map info, Arc info, Auto Cad, Arc view, Canvas, GIS dan lain-lain.

Pada kesempatan ini akan dibahas lebih lanjut mengenai program Surfer mengingat betapa pentingnya program ini untuk membuat kontur dan profil topografi, batimetri, dan anomali bawah permukaan.

2. Tujuan Praktikum

Setelah melakukan praktikum Surfer mahasiswa diharapkan dapat:

- a. Menguasai dasar-dasar pemetaan dengan menggunakan Surfer.
- b. Menerapkan dan mengaplikasikan Surfer untuk analisis kontur dan profil topografi untuk data batimetri, topografi, geomagnet, gravity dan geolistrik.

3. Alat Praktikum

- a. Perangkat Komputer
- b. Software Surfer versi 6.4 for windows.

4. Prosedur Praktikum

- a. *Menginput Data*
 1. **On**-kan (nyalakan) komputer anda.

2. Pada star menu double click icon Surfer
3. Setelah muncul tampilan **IDE Surfer 6.4** for windows pilih **File I New**
4. Setelah muncul kotak dialog **New** pilih **woorksheet** dan tunggu hingga ditampilkan ruang kerja (woorksheet), cara menggunakan woorksheet ini sama dengan cara menggunakan woorksheet excel.
5. Pada cell **A1** ketik : koordinat X
6. Pada cell **B1** ketik : koordinat Y
7. Pada cell **C1** ketik : koordinat Z
8. Pada cell **A2** sampai **An** ketikkan niali-nilai koordinat X
9. Pada cell **B2** sampai **Bn** ketikkan niali-nilai koordinat Y
10. Pada cell **C2** sampai **Cn** ketikkan nilai-nilai koordinat Z
11. Setelah semua data telah anda ketik, simpan data tersebut dengan memilih **File : save**, file ini tersimpan dengan nama **latihan-1.Dat**.

b. *Melakukan Grid Data*

Setelah semua data telah anda inputkan, selanjutnya dilakukan grid data dengan menggunakan perintah:

1. Pada menu utama pilih **File I New I Plot**
2. Pada menu utama pilih **Grid I Data**, tunggu hingga monitor komputer menampilkan kotak dialog **open I data**, selajutnya pilih file **latihan-1.dat**.
3. Atur metoda **grid** yang akan digunakan dan batas-batas grid yang anda inginkan.
4. File yang telah tergrid tersimpan dengan nama **latihan-1.dat**.

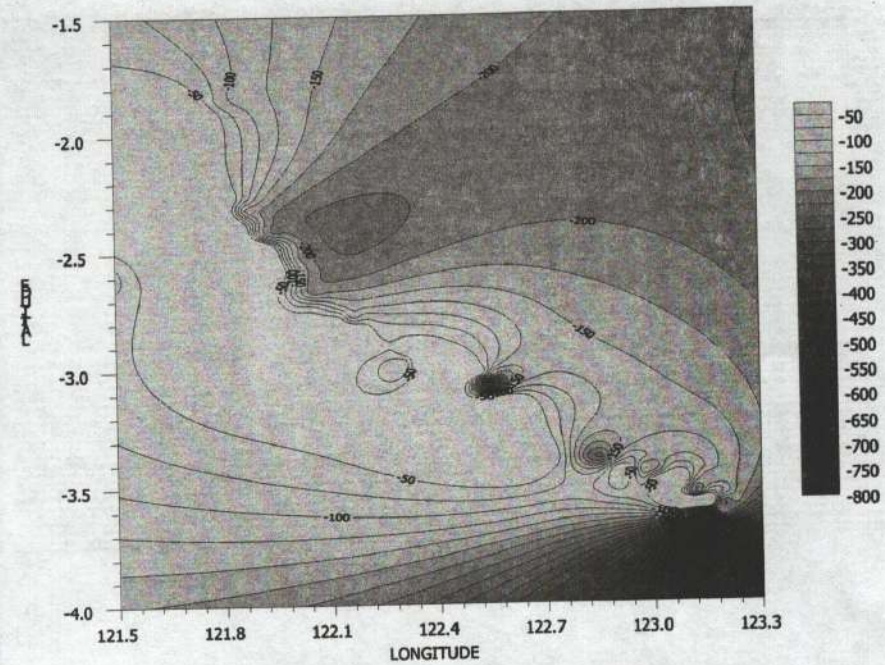
c. *Melakukan Pembuatan Kontur dan Profil 3 Dimensi*

Setelah point a dan b selesai dilakukan, maka dapat dilakukan pembuatan peta kontur dan profil 3 dimensinya.

1. Pembuatan Kontur
 - a. Pilih menu **Map I Contour**
 - b. Setelah muncul kotak dialog **open grid** pilih file

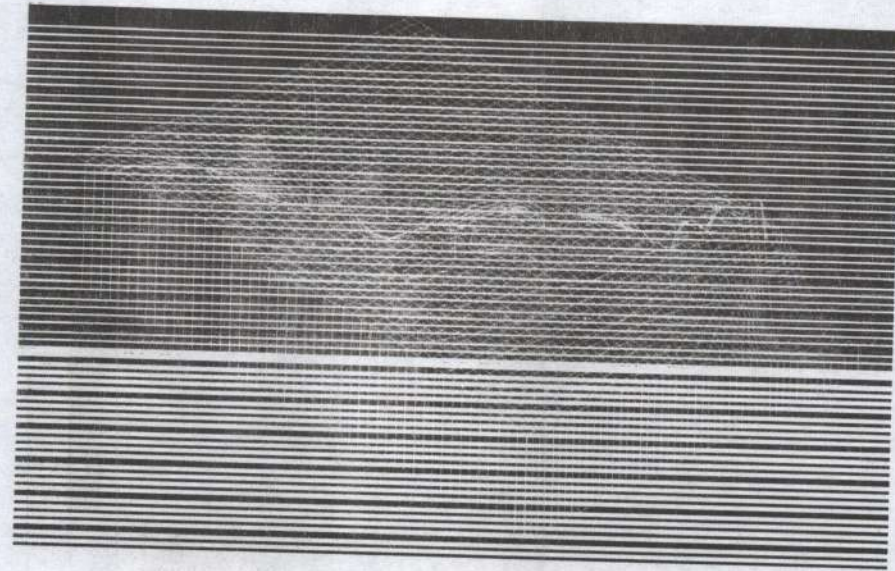
- latihan-1.grid.
- c. Setelah muncul kotak dialog **Contour I Map** aturlah *fill, smoothing, line, level, dan color level contour*.
 - d. Setelah anda selesai melakukan point c, tekan button **OK** maka akan muncul kotak konturnya.
2. Pembuatan Profil 3-D
- a. Pilih menu **Map I Surface**
 - b. Setelah muncul kotak dialog surface plot atur skala warna, atribut koordinat X, Y, dan Z.
 - c. Setelah muncul profil 3 dimensinya dapat dilakukan pengeditan atribut dan kelengkapan peta seperti teks, skala legenda.
- d. *Membuat Atribut Peta*
1. Teks
Pilih menu **Draw I Teks** atau toolbar button T setelah muncul kotak dialog ketikkan redaksi yang anda inginkan.
 2. Polyline
Pilih menu **Draw I Polyline** setelah muncul haircross pada ruang edit kemudian drag dan gerakkan mouse untuk mengedit polyline yang anda inginkan.
 3. Polygon.
Pilih menu **Draw I Polygon** setelah muncul haircross (tanda edit yang berbentuk tambah) lakukan drag dan gerakkan mouse untuk mengedit polygon.
 4. Simbol
Pilih menu **Draw I Simbol** drag mouse ke ruang edit sehingga muncul tanda haircross, kemudian double click atau click kanan pada tanda haircross untuk memunculkan kotak dialog simbol atribut.

Contoh: Hasil pengolahan dengan Surfer (Peta Batimetri 2-D Perairan Kep. Menui Kab. Marowali Sulteng, disurvei Oleh M.A. Massinai, dkk, Januari 2012).



Gambar 15.1 Peta Batimetri 2D

Contoh: Hasil pengolahan dengan surfer (Peta Batimetri 3-D Perairan Kep. Menui Kab. Marowali Sulteng, disurvei oleh M.A. Massinai, dkk, Januari 2012).



Gambar 15.2 Peta Batimetri 3D

DAFTAR PUSTAKA

- Barry, Austin. 1988. *Errors in Practical Measurement in Science, Engineering, and Technology*. John Wiley & Sons, Inc. Canada
- Brinker, Russell C., Paul R. Wolf. 1996. *Elementary Surveying*, Ed.1, Harper & Row Publisher Inc, London
- Brinker, Russell C., Paul R. Wolf. 1997. *Elementary Surveying*. Ed.2, Harper & Row Publisher Inc. London
- Budianti, Eko. 2005. *Pemetaan Kontur dan Pemodelan 3D Menggunakan Surfer*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Hutabarat, Sahala., Evans, Stewart M. 1984. *Pengantar Oseanografi.*, Penerbit Universitas Indonesia
- Kahar, Joenil, 1990. *Geoid di Indonesia dan Pengaruhnya Pada Reduksi Jarak*. Bakosurtanal
- Massinai, Muhammad Altin. 1999. Hubungan Pencemaran Lingkungan Hidup dengan Tata Wilayah dan tata Guna Tanah, *Jurnal INTEK* Edisi X April 1999.
- Massinai, Muhammad Altin, 2012. Laporan Pengukuran Batimetri di perairan kepulauan Menui, Sulawesi Tengah.
- Mikhail, E.M., Gracie, Gordon. 1991. *Analysis and Adjustment of Survey Measurement*. Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Purworaharjo, U. 1986. *Pengukuran Topografi*. Jurusan Teknik Geodesi ITB Bandung.
- Rais, Jacub. 1989. *Ilmu Ukur Tanah*. Penerbit Cipta Sari Semarang.
- Subarya, Cecep., Matindas, R.W. 1995. Datum Indonesia 1995 yang Geosentrik, Dokumen no. 22/1995, Bakosurtanal.

Vanicek and Krakiwsky. 1982. *Geodesy: The Concepts*, Nort Holland
Publishing Company, Amsterdam

Weikko, Heiskanen. Moritz, Helmut. 2005. *Physical Geodesy*.
W.H.Freeman and Company, San Francisco.

Wongsotjitro, Soetomo. 1980. *Ilmu Ukur Tanah*. Penerbit Kanisius,
Jogyakarta

INDEKS

A

Arc Info, 144
Arc View, 144
Auto Cad, 144
Azimuth, 4, 19, 100, 110, 111, 112,
113, 124

B

BAKOSURTANAL 4,5,12
Batavia, 4
Barometris, 46, 47,48, 49, 78, 82
Base Map, 91
Basic Map, 91
Batimetri, 85, 144, 146, 147
Bawakaraeng, 4
Beda tinggi, 16, 43, 44, 45, 46, 47,
48, 49, 51, 53, 54, 55, 56, 58,
59, 60, 61, 62, 76, 81, 84
Benchmark, 12, 45, 86, 87
Bessel, 4
Bidang mendatar, 44, 47, 90, 114,
115, 120, 128, 140
BTM, 110

C

Canvas, 144
Cara Grafis, 89, 126, 128, 129
Cara Offset, 89, 102, 105
Cara Setengah Grafis, 128, 130
Cara Tachymetri, 89, 110, 123, 124
Celebes, 4
Chart, 91

D

Datum, 4, 44, 45
Deklinasi Magnet, 98
diferential levelling, 58
Doppler, 4, 22

E

EDM, 43, 76, 77
Ekuator, 3
Elipsoida, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 15

F

faktor alam, 74, 75
fisika, 75
Fotogrametris, 101

G

Garis bidik, 34, 35, 36, 37, 47, 49,
50, 53, 55, 57, 58, 65, 69, 72,
73, 74, 77
Garis Kontur, 72, 114, 115, 116,
117, 118, 119, 120, 121, 122,
123, 124, 126, 139, 141
Garis tegak, 15, 16, 45, 58, 67, 102
Genoek, 4
Geodesi, 1, 2, 4, 6, 44, 88, 100, 101
Geodetic surveying, 6, 101
Geofisika, 1, 2, 44, 144
Geoid, 2, 44, 45
Geolistrik, 144
Geomagnet, 144

GIS, 144
Grid, 145
GRS, 4
Gunung, 4, 9, 88, 139

H

Hidrografi, 91
Hipsografi, 91
Hukum Boyle dan Charles, 78

I

IAG, 3
Idrisi, 144
IUGG, 3, 4

J

Jarak mendatar, 16, 17, 43, 48, 77,
90, 93, 110
Jarak miring, 16, 43
Jarak tegak, 16, 45, 47, 115

K

KDH, 8
KDV, 8
Kelengkungan Bumi, 6, 57, 58, 75
Kerangka Dasar, 1, 6, 8, 9, 11, 12,
88, 89, 90, 98, 99, 100, 102,
103, 105, 106, 108, 110, 111
Kiap, 50
Kompas, 89, 99, 110, 111, 112, 113
Konstanta Gas, 78
Kontur, 59, 72, 73, 96, 114, 115,
116, 117, 118, 119, 120, 121,
122, 123, 124, 126, 139, 140,
141, 144, 145

Konvergensi Meridian, 19, 98

L

Lembah, 59, 88

M

Map Info, 144
Masjid, 96
Meoda inersial, 22
Meridian, 4, 15, 16, 19, 98
Metoda ke muka, 22
Metoda lingkaran, 22
Metode astronomis, 22
Metode Hiperbola, 22
Metode Ke belakang, 22
Modulus Log. Brigg, 79
Muara Sungai, 87
Muka Air Laut, 12, 44, 85, 86, 87,
100

N

Nivo, 34, 41, 44, 45, 47, 50, 74, 75

O

Observation, 79, 90
Ombak, 87
Orthogonal, 5

P

Pantai, 12, 86, 87
Pasang-Surut, 12, 85, 86, 87
Pengepungan, 3
Pelabuhan, 87, 99
Penentuan Luas, 128
Peta, 1, 2, 6, 10, 76, 88, 89, 90, 91,
92, 93, 94, 95, 96, 98, 99,

102, 110, 113, 114, 115, 122,
128, 131, 139, 141, 145, 146

Peta Geografi, 93
Peta Geologi, 92
Peta Irigasi, 92
Peta Jalan, 92
Peta Kadaster, 92
Peta Kota, 92
Peta Relief, 92
Peta Teknis, 92
Peta Tematik, 91
Peta Topografi, 92, 115, 139, 141
Pilar Pasut, 86, 87
Plan surveying, 6, 18
Planimeter, 72, 121, 131, 132, 134,
135, 136, 137, 138, 139
Planimetris, 8, 15, 124
Plot, 126, 145, 146
Polar, 21, 22, 89
Poligon, 23, 25, 27, 32, 100, 111,
113, 123, 128
Posisi horizontal, 15, 21, 23
profile levelling, 58
Proyeksi Peta, 2, 90, 91, 98
Public Service, 92

Sensing, 90
Sentring, 34
Sipat Datar, 47, 48, 49, 50, 51, 52,
53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 63,
72, 74, 85, 87, 122, 123
Skala Peta, 93, 94, 95, 98, 113,
114, 122
Slag, 53, 54, 58, 59
SNI, 4, 5
Stasion, 34, 35, 38, 53, 54, 55, 56,
57, 58, 60
Statip, 50
Sudut Jurusan, 17, 18, 19, 20, 21,
22, 23, 26, 27, 28, 30, 31, 32
Sudut mendatar, 17, 34, 90
Sudut miring, 16, 41, 48, 76, 120
Sudut tegak, 41, 42, 43, 45, 48, 76,
110, 111
Sumbu tegak, 50
Sungai, 1, 7, 59, 74, 87, 88, 95, 96,
97, 99, 114
Surfer, 144, 145, 146, 147
Survei/surveying, 1, 2, 6, 16, 22,
58, 72, 88, 89, 90, 99, 101,
102

R

Rambu Pasut, 85, 86, 87
Refraksi, 57, 58, 75
Reiterasi, 34, 35, 38, 40, 41
Repetisi, 34, 35, 36, 37, 38, 41
Resiprokal, 59, 74

S

Seksi, 51, 52, 53, 54, 58, 59, 60,
62, 63, 64, 66

T

Tekanan Gas, 78
Temperatur Gas, 78
Temporary Adjustment, 34
Teropong, 34, 35, 36, 37, 38, 39,
41, 42, 43, 47, 49, 50, 52
Tachymetri, 89, 100, 102, 110,
122, 123
Theodolith, 34, 110
Titik ikat, 85, 86
Titik Kontrol, 88

Titik Putar, 49, 53, 54, 60
Titik referensi, 7, 86
Topografi, 1, 85, 91, 92, 101, 102,
113, 115, 116, 122, 139, 141,
144
Toponimi, 91
Transit, 27
Terestris, 88
Trilaterasi, 22, 32, 89
Triangulasi, 4, 6, 9, 21, 22, 30, 32,
33, 89, 97, 98, 99, 100, 120,
122
Trigonometris, 46, 47, 48, 76, 77

V
Vegetasi, 91
Volume Gas, 78

W
WILD, 41, 110

Z
Zenith, 16, 41, 42, 43, 48, 76

GLOSARIUM

A

Azimuth adalah sudut antara utara magnetik dengan sisi yang dimaksud Atmosfer.

B

Base Map adalah peta yang menyajikan informasi dasar di atas peta mana data tambahan yang sifatnya khusus dikompilasi atau dicetak, sehingga menghasilkan suatu peta baru.

Basic Map adalah peta yang dibuat langsung dari survai lapangan. Peta ini dapat dijadikan sebagai derived maps.

Benchmark adalah suatu titik tetap yang diketahui ketinggiannya.

Bidang Datum (bidang referensi) adalah suatu bidang nivo tertentu dimana ketinggian titik-titik mulai dihitung.

Bidang Mendatar adalah bidang yang menyinggung di salah satu titik pada bidang nivo.

Bidang Nivo adalah permukaan di mana arah gaya berat pada setiap titik padanya selalu tegak lurus.

E

Ellipsoida adalah model matematika bentuk bumi yang berbentuk ellips.

Ellipsoida Referensi adalah sebuah ellipsoida dengan bentuk ukuran tertentu yang digunakan untuk perhitungan-perhitungan surveying.

G

Garis Kontur adalah garis pada peta yang menghubungkan titik-titik yang mempunyai ketinggian sama.

Garis Nivo garis yang terletak pada bidang nivo.

Garis Tegak adalah garis lurus yang tegak lurus terhadap bidang nivo.

Geoid adalah bidang yang mempunyai bentuk dan ukuran mendekati permukaan air laut rata-rata dalam keadaan tidak terganggu (tenang).

I

Interval Kontur adalah jarak tegak antara dua garis kontur yang berdekatan atau jarak antara dua bidang mendatar yang berdekatan.

K

Kerangka Dasar adalah sejumlah titik-titik (ditandai dengan patok terbuat dari kayu atau beton) yang dibuat dengan kerapatan tertentu yang akan digunakan untuk menentukan koordinat dan ketinggian titik-titik detail.

Ketinggian adalah jarak tegak di bawah atau di atas dari bidang referensi.

P

Pemetaan adalah pengumpulan data lapangan baik dari pengukuran langsung di lapangan maupun hasil penginderaan jauh, kemudian diolah dalam kertas peta.

Pengukuran ke Belakang adalah pengukuran ke rambu yang ditegakkan di stasion yang diketahui ketinggiannya, maksudnya untuk mengetahui tingginya garis bidik.

Pengukuran ke Muka adalah pengukuran ke rambu yang ditegakkan di stasion yang belum diketahui ketinggiannya. Rambunya disebut rambu muka.

Peta Geologi adalah peta yang memuat informasi tentang keadaan geologis suatu daerah, bahan-bahan yang membentuk lapisan tanah dan lain-lain.

Peta Hidrologi adalah peta yang memuat informasi tentang keadaan dasar lautan, kedalaman air serta keterangan-keterangan lain yang diperlukan untuk pelayaran (navigasi).

Peta Irigasi adalah peta yang memuat informasi jaringan irigasi di suatu wilayah pengairan, baik saluran-saluran pembawa maupun saluran pembuangan, bangunan irigasi dan lain-lain.

Peta Jalan adalah peta yang memuat informasi jaringan jalan-jalan di suatu wilayah untuk keperluan perhubungan.

Peta Kadaster adalah peta yang memuat informasi tentang batas-batas pemilikan tanah, kelas tanah dan lain-lain.

Peta Kota adalah peta adalah memuat jaringan jalan, gedung-gedung dan lain-lain.

Peta Relief adalah peta yang memuat gambaran bentuk permukaan tanah serta kondisinya.

Peta Teknis adalah peta yang menyajikan informasi umum tentang keadaan permukaan bumi yang mencakup wilayah yang tidak luas.

Peta Topografi adalah Peta yang menyajikan informasi umum tentang keadaan permukaan bumi di dalam wilayah yang luas, misalnya wilayah suatu Negara.

S

Seksi adalah jarak antara dua stasion yang berdekatan yang sering pula disebut slag.

Skala Peta adalah perbandingan jarak antara dua titik di peta dengan jarak yang bersangkutan di permukaan bumi (jarak mendatar).

Stasion adalah titik di mana rambu ukur ditegakkan.

Stasion Antara (*intermediate station*) adalah titik antara dua titik putar, dimana hanya dilakukan pengukuran ke muka untuk menentukan ketinggian stasion tersebut.

Sudut Jurusan adalah sudut antara utara geografi dengan sisi yang dimaksud.

Sudut Mendatar adalah sudut yang dibentuk oleh dua bidang normal.

Sudut Tegak adalah sudut antara dua garis lurus yang terletak pada bidang tegak.

Survei adalah pengukuran pada titik-titik di permukaan bumi.

T

Tinggi Alat adalah tinggi garis bidik di atas tanah (di atas stasion) di mana alat sipat datar didirikan.

Tinggi Garis Bidik adalah tinggi garis bidik referensi ketinggian (permukaan air laut rata-rata).

Titik Detail adalah titik-titik yang telah ada di lapangan.

Titik Putar (*turning point*) adalah stasion di mana pengukuran ke belakang dan ke muka dilakukan pada rambu yang ditegakkan pada stasion tersebut.

Topografi suatu bentuk permukaan bumi.

TENTANG PENULIS



Muhammad Altin Massinai mulai pendidikan dasar di SD Inpres 10 Pattirobajo, SMPN Pattirobajo dan SMAN I Watampone di Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan. Pendidikan S1 tahun 1988 dalam bidang Geofisika di selesaikan di Universitas Hasanuddin, S2 pada tahun 1995 dalam bidang Survei Pemetaan di Jurusan Teknik Geodesi ITB Bandung. Pendidikan S3 tahun 2011 diselesaikan pada Pascasarjana Teknik Geologi Universitas Padjadjaran (*cum laude*). Mengikuti berbagai pendidikan non formal seperti Kursus “AMDAL”, (PSL-UNHAS) 1997 Kursus “Metode Pemetaan Eksplorasi Geofisika Untuk Pendugaan Struktur Lapisan Batuan, 2001; Kursus Pengukuran Radiasi dan Spektroskopi Bahan Galian Nuklir, PUSDIKLAT BATAN, 2002. The International Short Course “Petroleum Geoenineering: Integration of Static and Dynamic Models”. Society of Exploration Geophysicists (SEG)–European Assosiation of Geoscientists & Engineers (EAGE), 2009. The 2nd International Remote Sensing & GIS Workshop Series on “Demography, Land Use-Land Cover & Disaster”, 2009. The International Course “Carbonate Sedimentation, Sequence Stratigraphy, and Reservoir Characterization”. Indonesian Petroleum Assosiation – Union Petroleum Assosiation Comite (IPA-UPAC), December 6-10, 2010. Diklat “Penyusunan Database Kewilayahan Berbasis Geologi”. PUSDIKLAT Geologi, Maret 2011. The International Workshop on Landslide in Southeast Asia: Management of Prominent Geohazard. GAI-CCOP-BGR Germany, 26 Nov – 1 Des 2011.; The International Workshop “Petroleum System, Contouring Geological Concept, and Seismik Data Interpretation”. Society of Exploration Geophysicists – American Association of Petroleum Geologists (SEG – AAPG), 2012.

Memulai karier sebagai staf pengajar di Fakultas Matematika dan IPA Universitas Hasanuddin tahun 1988. Pernah dipercaya sebagai Sekretaris Jurusan Fisika (1998-2000), Ketua Jurusan Fisika (2000-2004), Wakil Dekan bidang Kemahasiswaan FMIPA UNHAS (2004-2007). Kepala Laboratorium Geofisika Padat (2012-2015), Ketua Prodi Geofisika Unhas (2015-2019). Sekarang sebagai Anggota Majelis Wali

Amanah (MWA) Universitas Hasanuddin (2019-2023). Mengajar S1 di Prodi Geofisika dan di beberapa PTS, S2 di Prodi Matematika Terapan dan S3 di Prodi Ilmu dan Teknologi Kebumihan Pasca Sarjana Unhas.

Mengikuti berbagai seminar Nasional dan Internasional dan beberapa penelitian telah dikerjakan seperti Kerjasama, Hibah, Stranas, Fundamental, Posdoc, dan Unggulan Laboratorium. Karya ilmiah yang telah dihasilkan sekitar 60 judul. Karya Buku yang telah dihasilkan dan terbit sebelumnya adalah Geomorfologi Tektonik dan Karakteristik Tektonik DAS Jeneberang.

Dalam bidang organisasi keprofesian, penulis bergabung dalam Ikatan Ahli Geologi (IAGI), Masyarakat Penginderaan Jauh Indonesia (MAPIN), Union Petroleum Assosiation Comite (UPAC), Indonesian Petroleum Association (IPA), Himpunan Ahli Geofisika Indonesia. Sekarang menjabat sebagai Ketua Himpunan Ahli Geofisika (HAGI) Komisariat Sulawesi Selatan-Barat.

Survei Pemetaan Topografi

Survei Pemetaan Topografi adalah salah satu buku pemetaan tanah terestrial yang masih kurang dalam Bahasa Indonesia dan sangat penting bagi perkembangan teknologi di bidang pemetaan.

Buku ini dimulai dengan bentuk elipsoida bumi, disusun dengan metoda pengukuran horizontal dan vertical serta penggambaran peta. Pada bagian akhir disajikan manual tutorial software yang dapat digunakan untuk membuat peta 3D.

Buku ini dapat dijadikan bahan kajian, rujukan para peneliti dan praktisi terutama dalam kebijakan pertahanan. Buku ini juga sangat diperlukan bagi para mahasiswa S1, S2 maupun S3 dalam bidang (geofisika, geologi, geodesi, tambang, geografi, pertambangan, teknik sipil, teknik lingkungan, pertanian, kelautan, kajian agraria) termasuk para praktisi pemetaan (surveyor), dan sebagainya.

Semoga buku ini dapat diterima oleh semua kalangan dan menjadi kontribusi tersendiri bagi pengembangan ilmu kebumihan di Indonesia.



MASAGENA PRESS

Masagena Press

Bumi Tamalanrea Permai

Jl. Mahoni II Blok AF No. 541,

Kelurahan Katimbang Kec. Birtingkanaya,

Makassar 90241

No. HP: 085398509700

Email: masagenapress@gmail.com

