



TEKNIK SURVEI DAN PEMETAAN JILID 1

untuk SMK

Iskandar Muda P.

Iskandar Muda Purwaamijaya



# Teknik Survei dan Pemetaan

## JILID 1

untuk  
Sekolah Menengah Kejuruan



Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan  
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah  
Departemen Pendidikan Nasional

Iskandar Muda

# TEKNIK SURVEI DAN PEMETAAN

JILID 1

**SMK**



**Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan**  
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah  
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional  
Dilindungi Undang-undang

# TEKNIK SURVEI DAN PEMETAAN JILID 1

Untuk SMK

Penulis : Iskandar Muda

Perancang Kulit : TIM

Ukuran Buku : 17,6 x 25 cm

MUD MUDA, Iskandar.  
t Teknik Survei dan Pemetaan Jilid 1 untuk SMK oleh  
Iskandar Muda --- Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah  
Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan  
Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, 2008.  
x, 173 hlm  
Daftar Pustaka : Lampiran. A  
Glosarium : Lampiran. B  
Daftar Tabel : Lampiran. C  
Daftar Gambar : Lampiran. D  
ISBN : 978-979-060-151-2  
ISBN : 978-979-060-152-9

Diterbitkan oleh

**Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan**

Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah  
Departemen Pendidikan Nasional

Tahun 2008

## KATA SAMBUTAN

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT, berkat rahmat dan karunia Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional, telah melaksanakan kegiatan penulisan buku kejuruan sebagai bentuk dari kegiatan pembelian hak cipta buku teks pelajaran kejuruan bagi siswa SMK. Karena buku-buku pelajaran kejuruan sangat sulit di dapatkan di pasaran.

Buku teks pelajaran ini telah melalui proses penilaian oleh Badan Standar Nasional Pendidikan sebagai buku teks pelajaran untuk SMK dan telah dinyatakan memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 45 Tahun 2008 tanggal 15 Agustus 2008.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada seluruh penulis yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para pendidik dan peserta didik SMK. Buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh (*download*), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Dengan ditayangkan *soft copy* ini diharapkan akan lebih memudahkan bagi masyarakat khususnya para pendidik dan peserta didik SMK di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri untuk mengakses dan memanfaatkannya sebagai sumber belajar.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Kepada para peserta didik kami ucapkan selamat belajar dan semoga dapat memanfaatkan buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Jakarta, 17 Agustus 2008  
Direktur Pembinaan SMK

## PENGANTAR PENULIS

Penulis mengucapkan puji syukur ke Hadirat Allah SWT karena atas ridho-Nya buku teks “Teknik Survei dan Pemetaan” dapat diselesaikan dengan baik. Buku teks “Teknik Survei dan Pemetaan” ini dibuat berdasarkan penelitian-penelitian yang pernah dibuat, silabus mata kuliah Ilmu Ukur Tanah untuk mahasiswa S<sub>1</sub> Pendidikan Teknik Sipil dan D<sub>3</sub> Teknik Sipil FPTK UPI serta referensi-referensi yang dibuat oleh penulis dalam dan luar negeri.

Tahap-tahap pembangunan dalam bidang teknik sipil dikenal dengan istilah SIDCOM (*survey, investigation, design, construction, operation and mantainance*). Ilmu Ukur Tanah termasuk dalam tahap studi penyuluhan (*survey*) untuk memperoleh informasi spasial (keruangan) berupa informasi kerangka dasar horizontal, vertikal dan titik-titik detail yang produk akhirnya berupa peta situasi.

Buku teks ini dibuat juga sebagai bentuk partisipasi pada Program Hibah Penulisan Buku Teks 2006 yang dikoordinir oleh **Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi**. Penulis mengucapkan terima kasih :

1. Kepada Yth. Prof.Dr. H. Sunaryo Kartadinata, M.Pd, selaku Rektor Universitas Pendidikan Indonesia di Bandung,
2. Kepada Yth. Drs. Sabri, selaku Dekan Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan Universitas Pendidikan Indonesia di Bandung,

atas perhatian dan bantuannya pada proposal buku teks yang penulis buat.

Sesuai dengan pepatah “Tiada Gading yang Tak Retak”, penulis merasa masih banyak kekurangan-kekurangan yang terdapat dalam proposal buku teks ini, baik substansial maupun redaksional. Oleh sebab itu saran-saran yang membangun sangat penulis harapkan dari para pembaca agar buku teks yang penulis buat dapat terwujud dengan lebih baik di masa depan.

Semoga proposal buku teks ini dapat bermanfaat bagi para pembaca umumnya dan penulis khususnya serta memperkaya khasanah buku teks bidang teknik sipil di perguruan tinggi (akademi dan universitas). Semoga Allah SWT juga mencatat kegiatan ini sebagai bagian dari ibadah kepada-Nya. Amin.

Penulis,

## DAFTAR ISI

### JILID 1

Pengantar Direktur Pembinaan SMK	i
Pengantar Penulis	ii
Daftar Isi	iv
Deskripsi Konsep	xvi
Peta Kompetensi	xvii

<b>1. Pengantar Survei dan Pemetaan</b>	<b>1</b>
1.1. <i>Plan Surveying</i> dan <i>Geodetic Surveying</i>	1
1.2. Pekerjaan Survei dan Pemetaan	5
1.3. Pengukuran Kerangka Dasar Vertikal	6
1.4. Pengukuran Kerangka Dasar Horizontal	11
1.5. Pengukuran Titik-Titik Detail	18
<b>2. Macam-Macam Kesalahan dan Cara Mengatasinya</b>	<b>25</b>
2.1. Kesalahan-Kesalahan pada Survei dan Pemetaan	25
2.2. Kesalahan Sistematis	46
2.3. Kesalahan Acak	50
2.4. Kesalahan Besar	50
<b>3. Pengukuran Kerangka Dasar Vertikal</b>	<b>60</b>
3.1. Pengertian	60
3.2. Pengukuran Sipat Datar Optis	60
3.3. Pengukuran Trigonometris	78
3.4. Pengukuran Barometris	81
<b>4. Pengukuran Sipat Datar Kerangka Dasar Vertikal</b>	<b>90</b>
4.1. Tujuan dan Sasaran Pengukuran Sipat Datar Kerangka Dasar Vertikal	90
4.2. Peralatan, Bahan dan Formulir Ukuran Sipat Datar Kerangka	

Dasar Vertikal	91
4.3. Prosedur Pengukuran Sipat Datar Kerangka Dasar Vertikal	95
4.4. Pengolahan Data Sipat Datar Kerangka Dasar Vertikal	103
4.5. Penggambaran Sipat Datar Kerangka Dasar Vertikal	104

### 5. Proyeksi Peta, Aturan Kuadran dan Sistem Kordinat 120

5.1. Proyeksi Peta	120
5.2. Aturan Kuadran	136
5.3. Sistem Koordinat	137
5.4. Menentukan Sudut Jurusan	139

### JILID 2

### 6. Macam Besaran Sudut 144

6.1. Macam Besaran Sudut	144
6.2. Besaran Sudut dari Lapangan	144
6.3. Konversi Besaran Sudut	145
6.4. Pengukuran Sudut	160

### 7. Jarak, Azimuth dan Pengikatan ke Muka 189

7.1. Mengukur Jarak dengan Alat Sederhana	189
7.2. Pengertian Azimuth	192
7.3. Tujuan Pengikatan ke Muka	197
7.4. Prosedur Pengikatan Ke muka	199
7.5. Pengolahan Data Pengikatan Kemuka	203

### 8. Cara Pengikatan ke Belakang Metoda Collins 208

8.1. Tujuan Cara Pengikatan ke Belakang Metode Collins	210
8.2. Peralatan, Bahan dan Prosedur Pengikatan ke Belakang Metode Collins	211
8.3. Pengolahan Data Pengikatan ke Belakang Metode Collins	216
8.4. Penggambaran Pengikatan ke Belakang Metode Collins	228

<b>9. Cara Pengikatan ke Belakang Metode Cassini</b>	<b>233</b>	<b>13. Garis Kontur, Sifat dan Interpolasinya</b>	<b>378</b>
9.1. Tujuan Pengikatan ke Belakang Metode Cassini	234	13.1. Pengertian Garis Kontur	378
9.2. Peralatan, Bahan dan Prosedur Pengikatan ke Belakang Metode Cassini	235	13.2. Sifat Garis Kontur	379
9.3. Pengolahan Data Pengikatan ke Belakang Metode Cassini	240	13.3. Interval Kontur dan Indeks Kontur	381
9.4. Penggambaran Pengikatan ke Belakang Metode Cassini	247	13.4. Kemiringan Tanah dan Kontur Gradient	382
		13.5. Kegunaan Garis Kontur	382
		13.6. Penentuan dan Pengukuran Titik Detail untuk Pembuatan Garis Kontur	384
		13.7. Interpolasi Garis Kontur	386
		13.8. Perhitungan Garis Kontur	387
		13.9. Prinsip Dasar Penentuan Volume	387
		13.10. Perubahan Letak Garis Kontur di Tepi Pantai	388
		13.11. Bentuk-Bentuk Lembah dan Pegunungan dalam Garis Kontur	390
		13.12. Cara Menentukan Posisi, <i>Cross Bearing</i> dan Metode Penggambaran	392
		13.13. Pengenalan <i>Surfer</i>	393
<b>10. Pengukuran Poligon Kerangka Dasar Horizontal</b>	<b>252</b>	<b>14. Perhitungan Galian dan Timbunan</b>	<b>408</b>
10.1. Tujuan Pengukuran Poligon Kerangka Dasar Horizontal	252	14.1. Tujuan Perhitungan Galian dan Timbunan	408
10.2. Jenis-Jenis Poligon	254	14.2. Galian dan Timbunan	409
10.3. Peralatan, Bahan dan Prosedur Pengukuran Poligon	264	14.3. Metode-Metode Perhitungan Galian dan Timbunan	409
10.4. Pengolahan Data Pengukuran Poligon	272	14.4. Pengolahan Data Galian dan Timbunan	421
10.5. Penggambaran Poligon	275	14.5. Perhitungan Galian dan Timbunan	422
		14.6. Penggambaran Galian dan Timbunan	430
<b>11. Pengukuran Luas</b>	<b>306</b>	<b>15. Pemetaan Digital</b>	<b>435</b>
11.1. Metode-Metode Pengukuran Luas	306	15.1. Pengertian Pemetaan Digital	435
11.2. Prosedur Pengukuran Luas dengan Perangkat Lunak AutoCAD	331	15.2. Keunggulan Pemetaan Digital Dibandingkan Pemetaan Konvensional	435
		15.3. Bagian-Bagian Pemetaan Digital	436
		15.4. Peralatan, Bahan dan Prosedur Pemetaan Digital	440
		15.5. Pencetakan Peta dengan Kaidah Kartografi	463
<b>JILID 3</b>			
<b>12. Pengukuran Titik-titik Detail Metode Tachymetri</b>	<b>337</b>		
12.1. Tujuan Pengukuran Titik-Titik Detail Metode Tachymetri	337		
12.2. Peralatan, Bahan dan Prosedur Pengukuran Tachymetri	351		
12.3. Pengolahan Data Pengukuran Tachymetri	359		
12.4. Penggambaran Hasil Pengukuran Tachymetri	360		

<b>16. Sistem Informasi Geografis</b>	<b>469</b>
16.1. Pengertian Dasar Sistem Informasi Geografis	469
16.2. Keuntungan SIG	469
16.3. Komponen Utama SIG	474
16.4. Peralatan, Bahan dan Prosedur Pembangunan SIG	479
16.5. Jenis-Jenis Analisis Spasial dengan Sistem Informasi Geografis dan Aplikasinya pada Berbagai Sektor Pembangunan	488
<b>Lampiran</b>	
<b>Daftar Pustaka</b> .....	<b>A</b>
<b>Glosarium</b> .....	<b>B</b>



## DESKRIPSI

Buku Teknik Survei dan Pemetaan ini menjelaskan ruang lingkup Ilmu ukur tanah, pekerjaan-pekerjaan yang dilakukan pada Ilmu Ukur tanah untuk kepentingan studi kelayakan, perencanaan, konstruksi dan operasional pekerjaan teknik sipil. Selain itu, dibahas tentang pengenalan ilmu ukur tanah, aplikasi teori kesalahan pada pengukuran dan pemetaan, metode pengukuran kerangka dasar vertikal dan horisontal, metode pengukuran titik detail, perhitungan luas, galian dan timbunan, pemetaan digital dan sistem informasi geografis.

Buku ini tidak hanya menyajikan teori semata, akan tetapi buku ini dilengkapi dengan panduan untuk melakukan praktikum pekerjaan dasar survei. Sehingga, diharapkan peserta diklat mampu mengoperasikan alat ukur waterpass dan theodolite, dapat melakukan pengukuran sipat datar, *polygon* dan *tachymetry* serta pembuatan peta situasi.

## PETA KOMPETENSI

Program diklat : Pekerjaan Dasar Survei  
 Tingkat : x (sepuluh)  
 Alokasi Waktu : 120 Jam pelajaran  
 Kompetensi : Melaksanakan Dasar-dasar Pekerjaan Survei

No	Sub Kompetensi	Pembelajaran	
		Pengetahuan	Keterampilan
1	Pengantar survei dan pemetaan	a. Memahami ruang lingkup <i>plan surveying</i> dan <i>geodetic</i> b. Memahami ruang lingkup pekerjaan survey dan pemetaan c. Memahami pengukuran kerangka dasar vertikal d. Memahami Pengukuran kerangka dasar horisontal e. Memahami Pengukuran titik-titik detail	Menggambarkan diagram alur ruang lingkup pekerjaan survei dan pemetaan
2	Teori Kesalahan	a. Mengidentifikasi kesalahan-kesalahan pada pekerjaan survey dan pemetaan b. Mengidentifikasi kesalahan sistematis ( <i>systematic error</i> ) c. Mengidentifikasi Kesalahan Acak ( <i>random error</i> ) d. Mengidentifikasi Kesalahan Besar ( <i>random error</i> ) e. Mengeliminasi Kesalahan Sistematis f. Mengeliminasi Kesalahan Acak	
3	Pengukuran kerangka dasar vertikal	a. Memahami penggunaan sipat datar kerangka dasar vertikal b. Memahami penggunaan trigonometris c. Memahami penggunaan barometris	Dapat melakukan pengukuran kerangka dasar vertikal dengan menggunakan sipat datar, trigonometris dan barometris.
4	Pengukuran sipat dasar kerangka dasar vertikal	a. Memahami tujuan dan sasaran pengukuran sipat datar kerangka dasar vertikal b. Mempersiapkan peralatan, bahan dan formulir pengukuran sipat datar kerangka dasar vertikal c. Memahami prosedur pengukuran sipat datar kerangka dasar vertikal d. Dapat mengolah data sipat datar kerangka dasar vertikal Dapat menggambar sipat datar kerangka dasar vertikal	Dapat melakukan pengukuran kerangka dasar vertikal dengan menggunakan sipat datar kemudian mengolah data dan menggambarkannya.

No	Sub Kompetensi	Pembelajaran	
		Pengetahuan	Keterampilan
5	Proyeksi peta, aturan kuadran dan sistem koordinat	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Memahami pengertian proyeksi peta, aturan kuadran dan sistem koordinat</li> <li>b. Memahami jenis-jenis proyeksi peta dan aplikasinya</li> <li>c. Memahami aturan kuadran geometrik dan trigonometrik</li> <li>d. Memahami sistem koordinat ruang dan bidang</li> <li>e. Memahami orientasi survei dan pemetaan serta aturan kuadran geometrik</li> </ul>	Membuat Proyeksi peta berdasarkan aturan kuadran dan sisten koordinat
6	Macam besaran sudut	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Mengetahui macam besaran sudut</li> <li>b. Memahami besaran sudut dari lapangan</li> <li>c. Dapat melakukan konversi besaran sudut</li> <li>d. Memahami besaran sudut untuk pengolahan data</li> </ul>	Mengaplikasikan besaran sudut dilapangan untuk pengolahan data.
7	Jarak, azimuth dan pengikatan kemuka	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Memahami pengertian jarak pada survey dan pemetaan</li> <li>b. Memahami azimuth dan sudut jurusan</li> <li>c. Memahami tujuan pengikatan ke muka</li> <li>d. Mempersiapkan peralatan, bahan dan prosedur pengikatan ke muka</li> <li>e. Memahami pengolahan data pengikatan ke muka</li> <li>f. Memahami penggambaran pengikatan ke muka</li> </ul>	Mengukur jarak baik dengan alat sederhana maupun dengan pengikatan ke muka.
8	Cara pengikatan ke belakang metode collins	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Tujuan Pengikatan ke Belakang Metode Collins</li> <li>b. Peralatan, Bahan dan Prosedur Pengikatan ke Belakang Metode Collins</li> <li>c. Pengolahan Data Pengikatan ke Belakang Metoda Collins</li> <li>d. Penggambaran Pengikatan ke Belakang Metode Collins</li> </ul>	Mencari koordinat dengan metode Collins.
9	Cara pengikatan ke belakang metode Cassini	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Memahami tujuan pengikatan ke belakang metode cassini</li> <li>b. Mempersiapkan peralatan, bahan dan prosedur pengikatan ke belakang metode cassini</li> <li>c. Memahami pengolahan data pengikatan ke belakang metoda cassini</li> <li>d. Memahami penggambaran pengikatan ke belakang metode cassini</li> </ul>	Mencari koordinat dengan metode Cassini.

No	Sub Kompetensi	Pembelajaran	
		Pengetahuan	Keterampilan
10	Pengukuran poligon kerangka dasar horisontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Memahami tujuan pengukuran poligon</li> <li>b. Memahami kerangka dasar horisontal</li> <li>c. Mengetahui jenis-jenis poligon</li> <li>d. Mempersiapkan peralatan, bahan dan prosedur pengukuran poligon</li> <li>e. Memahami pengolahan data pengukuran poligon</li> <li>f. Memahami penggambaran poligon</li> </ul>	Dapat melakukan pengukuran kerangka dasar horisontal (poligon).
11	Pengukuran luas	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Menyebutkan metode-metode pengukuran luas</li> <li>b. Memahami prosedur pengukuran luas dengan metode sarrus</li> <li>c. Memahami prosedur pengukuran luas dengan planimeter</li> <li>d. Memahami prosedur pengukuran luas dengan autocad</li> </ul>	Menghitung luas berdasarkan hasil dilapangan dengan metoda saruss, planimeter dan autocad.
12	Pengukuran titik-titik detail	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Memahami tujuan pengukuran titik-titik detail metode tachymetri</li> <li>b. Mempersiapkan peralatan, bahan dan prosedur pengukuran tachymetri</li> <li>c. Memahami pengolahan data pengukuran tachymetri</li> <li>d. Memahami penggambaran hasil pengukuran tachymetri</li> </ul>	Melakukan pengukuran titik-titik detail metode tachymetri.
13	Garis kontur, sifat dan interpolasinya	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Memahami pengertian garis kontur</li> <li>b. Menyebutkan sifat-sifat garis kontur</li> <li>c. Mengetahui cara penarikan garis kontur</li> <li>d. Mengetahui prosedur penggambaran garis kontur</li> <li>e. Memahami penggunaan perangkat lunak <i>surfer</i></li> </ul>	Membuat garis kontur berdasarkan data yang diperoleh di lapangan.
14	Perhitungan galian dan timbunan	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Memahami tujuan perhitungan galian dan timbunan</li> <li>b. Memahami metode-metode perhitungan galian dan timbunan</li> <li>c. Memahami pengolahan data galian dan timbunan</li> <li>d. Mengetahui cara penggambaran galian dan timbunan</li> </ul>	Menghitung galian dan timbunan.

No	Sub Kompetensi	Pembelajaran	
		Pengetahuan	Keterampilan
15	Pemetaan digital	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Memahami pengertian pemetaan digital</li> <li>b. Mengetahui keunggulan pemetaan digital dibandingkan pemetaan konvensional</li> <li>c. Memahami perangkat keras dan perangkat lunak pemetaan digital</li> <li>d. Memahami pencetakan peta dengan kaidah kartografi</li> </ul>	
16	Sisitem informasi geografik	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Memahami pengertian sistem informasi geografik</li> <li>b. Memahami keunggulan sistem informasi geografik dibandingkan pemetaan digital perangkat keras dan perangkat lunak sistem informasi geografik</li> <li>c. Mempersiapkan peralatan, bahan dan prosedur pembangunan sistem informasi geografik</li> <li>d. Memahami jenis-jenis analisis spasial dengan sistem informasi geografik dan aplikasinya pada berbagai sektor pembangunan</li> </ul>	

# 1. Pengantar Survei dan Pemetaan

## 1.1 Plan surveying dan geodetic surveying

Ilmu ukur tanah merupakan bagian rendah dari ilmu yang lebih luas yang dinamakan ilmu Geodesi.

Ilmu Geodesi mempunyai dua maksud :

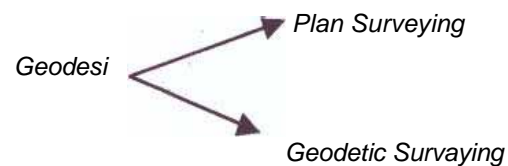
- Maksud ilmiah* : menentukan bentuk permukaan bumi
- Maksud praktis* : membuat bayangan yang dinamakan *peta* dari sebagian *besar atau* sebagian kecil permukaan bumi.

Pada maksud kedua inilah yang sering disebut dengan istilah pemetaan. Pengukuran dan pemetaan pada dasarnya dapat dibagi 2, yaitu :

- Geodetic Surveying
- *Plan Surveying*

Perbedaan prinsip dari dua jenis pengukuran dan pemetaan di atas adalah : Geodetic surveying suatu pengukuran untuk menggambarkan permukaan bumi pada bidang melengkung/ellipsoida/bola. Geodetic Surveying adalah Ilmu, seni, teknologi untuk menyajikan informasi bentuk kelengkungan bumi atau pada keiengkungan bola. Sedangkan plan Surveying adalah merupakan Ilmu seni, dan teknologi untuk menyajikan bentuk

permukaan bumi baik unsur alam maupun unsur buatan manusia pada bidang yang dianggap datar. Plan surveying di batasi oleh daerah yang sempit yaitu berkisar antara  $0.5 \text{ derajat} \times 0.5 \text{ derajat}$  atau  $55 \text{ km} \times 55 \text{ km}$ .



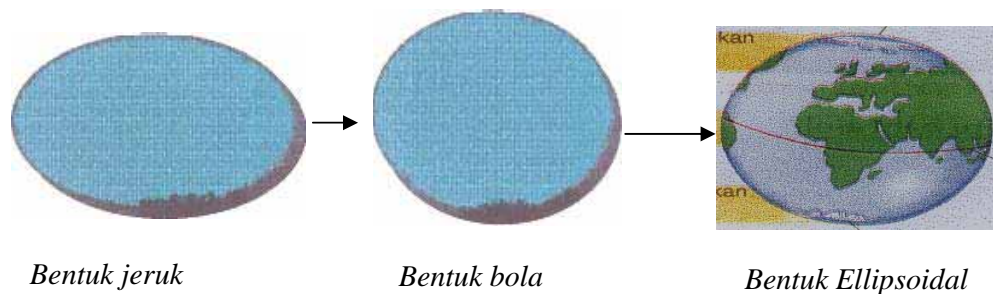
Bentuk bumi merupakan pusat kajian dan perhatian dalam Ilmu ukur tanah. Proses penggambaran permukaan bumi secara fisiknya adalah berupa bola yang tidak beraturan bentuknya dan mendekati bentuk sebuah jeruk. Hal tersebut terbukti dengan adanya pegunungan, Lereng-lereng, dan jurang jurang. Karena bentuknya yang tidak beraturan maka diperlukan suatu bidang matematis. Para pakar kebumian yang ingin menyajikan informasi tentang bentuk bumi, mengalami kesulitan karena bentuknya yang tidak beraturan ini, oleh sebab itu, mereka berusaha mencari bentuk sistematis yang dapat mendekati bentuk bumi.

Awalnya para ahli memilih bentuk bola sebagai bentuk bumi. Namun pada hakekatnya, bentuk bumi mengalami pemampatan pada bagian kutub-kutubnya, hal ini terlihat dari Fenomena lebih

panjangnya jarak lingkaran pada bagian equator di bandingkan dengan jarak pada lingkaran yang melalui kutub utara dan kutub selatan dan akhirnya para ahli memilih Ellipsoidal atau yang dinamakan ellips yang berputar dimana sumbu pendeknya adalah suatu sumbu yang menghubungkan kutub utara dan kutub selatan yang merupakan poros perputaran bumi, sedangkan sumbu panjangnya adalah sumbu yang menghubungkan equator dengan equator yang lain dipermukaan sebaliknya.

adalah bila daerah mempunyai ukuran terbesar tidak melebihi 55 km (kira-kira 10 jam jalan).

Terbukti, bahwa bentuk bumi itu dapat dianggap sebagai bentuk ruang yang terjadi dengan memutar suatu ellips dengan sumbu kecilnya sebagai sumbu putar. Bilangan - bilangan yang penting mengenai bentuk bumi yang banyak digunakan dalam ilmu geodesi adalah :



**Gambar 1. Anggapan bumi**

Bidang Ellipsoide adalah bila luas daerah lebih besar dari 5500 Km<sup>2</sup>, ellipsoide ini di dapat dengan memutar suatu ellips dengan sumbu kecilnya sebagai sumbu putar  $a = 6377.397$ , dan sumbu kecil  $b = 6356.078$  m. Bidang bulatan adalah elips dari Bessel mempunyai sumbu kurang dari 100 km. Jari-jari bulatan ini dipilih sedemikian, sehingga bulatan menyinggung permukaan bumi di titik tengah daerah. Bidang datar

Sumbu panjang ellipsoid  $a$

Sumbu panjang ellipsoid  $b$

Angka pergepengan  $x = \frac{a-b}{a}$

Yang banyak dipakai adalah  $\frac{1}{x} = \frac{a}{a-b}$

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

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

Elipsoid Bumi Internasional yang terakhir diusulkan pada tahun 1967 oleh: International Assosiation of Geodesy (I.A.G) Pada Sidang Umum International Union of Geodesy and Geophysics, dan diterimanya dengan dimensi :

$$a = 6.37788.116660,000 \text{ m}$$

$$b = 6.356.774, 5161 \text{ m}$$

$$e^2 = 0, 006.694.605.329, 56$$

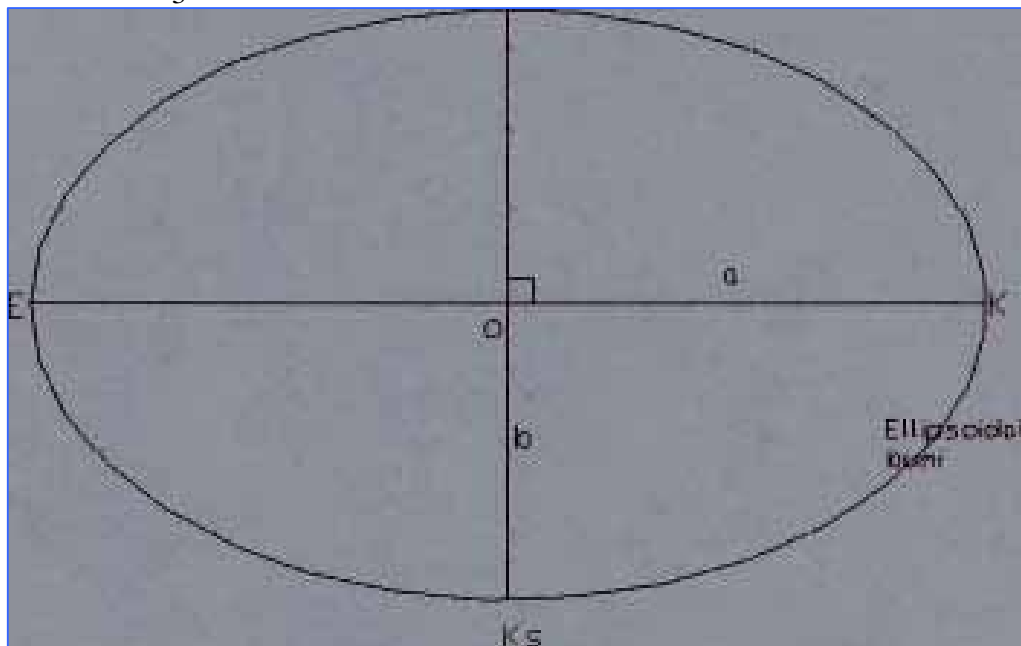
$$e^2 = 0, 006..739.725.182, 32$$

$$\frac{1}{x} = 298,247.167.427$$

$$R_{\text{rata-rata}} = \frac{2a + b}{3} = 6.371. Q31, 5Q54 \text{ m}$$

Salah satu hal yang harus diperhatikan berkaitan dengan ellipsoidal bumi adalah bahwa ellipsoide bumi itu mempunyai komponen – komponen sebagai berikut :

- a adalah sumbu setengah pendek atau jari-jari equator,
- b adalah setengah sumbu pendek atau jari-jari kutub,
- pemepatan atau penggepengan yaitu sebagai parameter untuk menentukan bentuk ellipsoidal/ ellips,
- eksentrisitet pertama dan eksentrisitet kedua.



Gambar 2. Ellipsoidal bumi



Keterangan :

O = pusat bumi (pusat ellipsoide bumi)

Ku = Kutub Utara bumi

Ks = Kutub selatan bumi

EK = ekuator bumi

Untuk skala yang lebih luas, asumsi ini tidak dapat diterapkan mengingat pada kenyataannya permukaan bumi berbentuk lengkungan bola. Asumsi bumi datar hanya dapat diterapkan sejauh kesalahan jarak dan sudut yang terjadi akibat efek kelengkungan bumi masih dapat diabaikan.

Lingkar paralel adalah lingkaran yang memotong tegak lurus terhadap sumbu putar bumi. Lingkaran paralel yang tepat membagi dua belahan bumi utara-selatan yaitu lingkaran paralel  $0^{\circ}$  disebut lingkaran equator. Lingkaran paralel berharga positif ke utara hingga  $90^{\circ}$  pada titik kutub utara dan sebaliknya negatif ke selatan hingga  $-90^{\circ}$  pada titik kutub selatan. Lingkaran meridian adalah lingkaran yang sejajar dengan sumbu bumi dan memotong tegak lurus bidang equator. Setengah garis lingkaran meridian yang melalui kota Greenwich di UK (dari kutub utara ke kutub selatan) disepakati sebagai garis meridian utama, yaitu longituda  $0^{\circ}$ . Setengah lingkaran tepat  $180^{\circ}$  di belakang garis meridian utama disepakati sebagai garis penanggalan internasional. Kedua garis ini membagi belahan bumi menjadi belahan barat dan belahan timur.

Bentuk bumi yang asli tidaklah bulat sempurna (agak lonjong) namun pendekatan bumi sebagai bola sempurna masih cukup relevan untuk sebagian besar kebutuhan, termasuk penentuan kedudukan dengan tingkat presisi yang relatif rendah.

Pada kenyataannya kita ingin menyajikan permukaan bumi dalam bentuk bidang datar. Oleh sebab itu, bidang bola atau bidang ellipsoide yang akan dikupas pasti ada distorsi atau ada perubahan bentuk karena harus ada bagian dari bidang sferoid itu yang tersobekan dengan kenyataan tersebut didekati dengan perantara bidang proyeksi. Bidang proyeksi ini terbagi dalam tiga jenis, yaitu :

- Bidang proyeksi bidang datarnya sendiri atau dinamakan perantara azimuthal dan zenithal,
- Bidang perantara yang berbentuk kerucut dinamakan bidang perantara conical,
- Bidang proyeksi yang menggunakan bidang perantara berbentuk silinder yang dinamakan bidang perantara cylindrical.

Dari bidang perantara ini ada aspek geometric dari permukaan bumi matematis itu ke bidang datar berhubungan dengan luas, maka dinamakan proyeksi equivalent, berhubungan dengan jarak (jarak di

permukaan bumi sama dengan jarak pada bidang datar dalam perbandingan skalanya) dinamakan proyeksi equidistance dan berhubungan dengan sudut (sudut permukaan bumi sama dengan sudut di bidang datar) dinamakan proyeksi conform.

Contoh aplikasi yang mempertahankan geometric itu adalah proyeksi equivalent yaitu pemetaan yang biasanya digunakan oleh BPN, proyeksi equidistance yaitu pemetaan yang digunakan departemen perhubungan dalam hal ini misalnya jaringan jalan. Sedangkan proyeksi conform yaitu pemetaan yang digunakan untuk keperluan navigasi laut atau udara.

Berdasarkan bidang perantara yang diterangkan di atas yaitu ada 3 jenis bidang perantara dan mempunyai 3 jenis geometric maka kita bisa menggunakan 27 kombinasi/ variasi/ alternatif untuk memproyeksikan titik-titik di atas permukaan bumi pada bidang datar.

Ilmu ukur tanah pada dasarnya terdiri dari tiga bagian besar yaitu :

- a) Pengukuran kerangka dasar Vertikal (KDV)
- b) Pengukuran kerangka dasar Horizontal (KDH)
- c) Pengukuran Titik-titik Detail

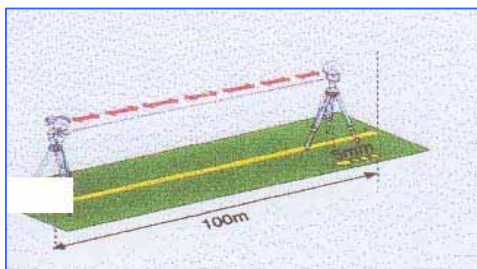
## 1.2 Pekerjaan survei dan pemetaan

Dalam pembuatan peta yang dikenal dengan istilah pemetaan dapat dicapai dengan melakukan pengukuran-pengukuran di atas permukaan bumi yang mempunyai bentuk tidak beraturan. Pengukuran-pengukuran dibagi dalam pengukuran yang mendatar untuk mendapat hubungan titik-titik yang diukur di atas permukaan bumi (Pengukuran Kerangka Dasar Horizontal) dan pengukuran-pengukuran tegak guna mendapat hubungan tegak antara titik-titik yang diukur (Pengukuran Kerangka Dasar Vertikal) serta pengukuran titik-titik detail. Kerangka dasar pemetaan untuk pekerjaan rekayasa sipil pada kawasan yang tidak luas, sehingga bumi masih bisa dianggap sebagai bidang datar, umumnya merupakan bagian pekerjaan pengukuran dan pemetaan dari satu kesatuan paket pekerjaan perencanaan dan atau perancangan bangunan teknik sipil. Titik-titik kerangka dasar pemetaan yang akan ditentukan terlebih dahulu koordinat dan ketinggiannya itu dibuat tersebar merata dengan kerapatan tertentu, permanen, mudah dikenali dan didokumentasikan secara baik sehingga memudahkan penggunaan selanjutnya.



**Gambar 3. Aplikasi pekerjaan pemetaan pada bidang teknik sipil**

Dalam perencanaan bangunan Sipil misalnya perencanaan jalan raya, jalan kereta api, bendung dan sebagainya, Peta merupakan hal yang sangat penting untuk perencanaan bangunan tersebut. Untuk memindahkan titik - titik yang ada pada peta perencanaan suatu bangunan sipil ke lapangan (permukaan bumi) dalam pelaksanaanya pekerjaan sipil ini dibuat dengan pematokan/ staking out, atau dengan perkataan lain bahwa pematokan merupakan kebalikan dari pemetaan.



**Gamba 4. Staking out**

### 1.3 Pengukuran kerangka dasar vertikal

Kerangka dasar vertikal merupakan teknik dan cara pengukuran kumpulan titik-titik yang telah diketahui atau ditentukan posisi vertikalnya berupa ketinggiannya terhadap bidang rujukan ketinggian tertentu.

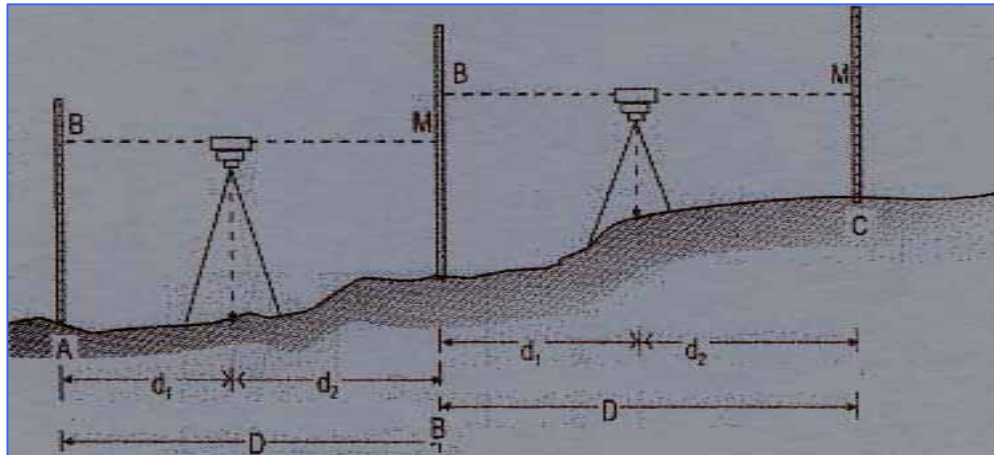
Bidang ketinggian rujukan ini biasanya berupa ketinggian muka air taut rata-rata (mean sea level - MSL) atau ditentukan lokal.

- Metode sipat datar prinsipnya adalah Mengukur tinggi bidik alat sipat datar optis di lapangan menggunakan rambu ukur.
- Pengukuran Trigonometris prinsipnya adalah Mengukur jarak langsung (Jarak Miring), tinggi alat, tinggi, benang tengah rambu, dan sudut Vertikal (Zenith atau Inklinasi).
- Pengukuran Barometris pada prinsipnya adalah mengukur beda tekanan atmosfer.

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

### 1.3.1. Metode pengukuran sipat datar optis

nivo yang melalui titik A dan B. Umumnya bidang nivo adalah bidang yang lengkung,



Gambar 5. Pengukuran sipat datar optis

Metode sipat datar prinsipnya adalah mengukur tinggi bidik alat sipat datar optis di lapangan menggunakan rambu ukur. Hingga saat ini, pengukuran beda tinggi dengan menggunakan metode sipat datar optis masih merupakan cara pengukuran beda tinggi yang paling teliti. Sehingga ketelitian kerangka dasar vertikal (KDV) dinyatakan sebagai batas harga terbesar perbedaan tinggi hasil pengukuran sipat datar pergi dan pulang.

Maksud pengukuran tinggi adalah menentukan beda tinggi antara dua titik. Beda tinggi  $h$  diketahui antara dua titik  $a$  dan  $b$ , sedang tinggi titik  $A$  diketahui sama dengan  $H_a$  dan titik  $B$  lebih tinggi dari titik  $A$ , maka tinggi titik  $B$ ,  $H_b = H_a + h$  yang diartikan dengan beda tinggi antara titik  $A$  dan titik  $B$  adalah jarak antara dua bidang

tetapi bila jarak antara titik-titik  $A$  dan  $B$  dapat dianggap sebagai Bidang yang mendatar.

Untuk melakukan dan mendapatkan pembacaan pada mistar yang dinamakan pula Baak, diperlukan suatu garis lurus, Untuk garis lurus ini tidaklah mungkin seutas benang, meskipun dari kawat, karena benang ini akan melengkung, jadi tidak lurus.

Bila diingat tentang hal hal yang telah di bicarakan tentang teropong, maka setelah teropong dilengkapi dengan diafragma, pada teropong ini di dapat suatu garis lurus ialah garis bidik. Garis bidik ini harus di buat mendatar supaya dapat digunakan untuk menentukan beda tinggi antara dua titik, ingatlah pula nivo pada tabung, karena pada nivo tabung dijumpai suatu garis lurus yang dapat mendatar dengan ketelitian besar.

Garis lurus ini ialah tidak lain adalah garis nivo. Maka garis arah nivo yang dapat mendatar dapat pula digunakan untuk mendatarkan garis bidik di dalam suatu teropong, caranya; tempatkan sebuah nivo tabung diatas teropong. Supaya garis bidik mendatar, bila garis arah nivo di datarkan dengan menempatkan gelembung di tengah-tengah, perlulah lebih dahulu.

Garis bidik di dalam teropong, dibuat sejajar dengan garis arah nivo. Hal inilah yang menjadi syarat utama untuk semua alat ukur penyipat datar. Dalam pengukuran Sipat Datar Optis bisa menggunakan Alat sederhana dengan spesifikasi alat penyipat datar yang sederhana terdiri atas dua tabung terdiri dari gelas yang berdiri dan di hubungkan dengan pipa logam. Semua ini dipasang diatas statif. Tabung dari gelas dan pipa penghubung dari logam di isi dengan zat cair yang berwarna. Akan tetapi ketelitian membidik kecil, sehingga alat ini tidak digunakan orang lagi. Perbaikan dari alat ini adalah mengganti pipa logam dengan slang dari karet dan dua tabung gelas di beri skala dalam mm.

Cara menghitung tinggi garis bidik atau benang tengah dari suatu rambu dengan menggunakan alat ukur sifat datar (waterpass). Rambu ukur berjumlah 2 buah masing-masing di dirikan di atas dua patok yang merupakan titik ikat jalur pengukuran alat sifat optis kemudian di letakan di

tengah-tengah antara rambu belakang dan muka. Alat sifat datar diatur sedemikian rupa sehingga teropong *sejajar* dengan nivo yaitu dengan mengetengahkan gelembung nivo. Setelah gelembung nivo di ketengahkan barulah di baca rambu belakang dan rambu muka yang terdiri dari bacaan benang tengah, atas dan bawah. Beda tinggi slag tersebut pada dasarnya adalah pengurangan benang tengah belakang dengan benang tengah muka.

Berikut ini adalah syarat-syarat untuk alat penyipat datar optis :

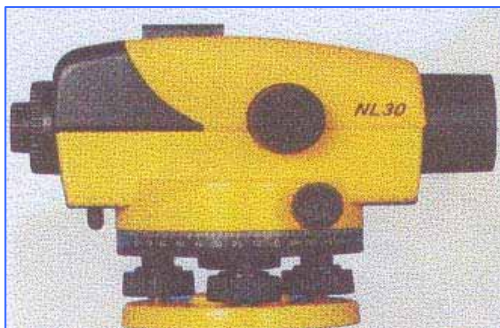
- Garis arah nivo harus tegak lurus pada sumbu kesatu alat ukur penyipat datar. Bila sekarang teropong di putar dengan sumbu kesatu sebagai sumbu putar dan garis bidik di arahkan ke mistar kanan, maka sudut  $a$  antara garis arah nivo dan sumbu kesatu pindah kearah kanan, dan ternyata garis arah nivo dan dengan sendirinya garis bidik tidak mendatar, sehingga garis bidik yang tidak mendatar tidaklah dapat digunakan untuk pembacaan  $b$  dengan garis bidik yang mendatar, haruslah teropong dipindahkan keatas, sehingga gelembung di tengah-tengah.
- Benang mendatar diaphragma harus tegak lurus pada sumbu kesatu. Pada pengukuran titik tinggi dengan cara menyipat datar, yang dicari selalu titik potong garis bidik yang mendatar dengan

mistar-mistar yang dipasang diatas titik-titik, sedang diketahui bahwa garis bidik adalah garis lurus yang menghubungkan dua titik potong benang atau garis diagrama dengan titik tengah lensa objektif teropong.

- Garis bidik teropong harus sejajar dengan garis arah nivo. Garis bidik adalah Garis lurus yang menghubungkan titik tengah lensa objektif dengan titik potong dua garis diafragma, dimana pada garis bidik pada teropong harus sejajar dengan garis arah nivo sehingga hasil dari pengukuran adalah hasil yang teliti dan tingkat kesalahannya sangat kecil.

Alat-alat yang biasa digunakan dalam pengukuran kerangka dasar vertikal metode sipat datar optis adalah:

- Alat Sipat Datar
- Pita Ukur
- Rambu Ukur
- Statif
- Unting – Unting
- DII



Gambar 6 . Alat sipat datar



Gambar 7. Pita ukur



Gambar 8. Rambu ukur



Gambar 9. Statif

### 1.3.2. Metode pengukuran barometris

Pengukuran Barometris pada prinsipnya adalah mengukur beda tekanan atmosfer. Pengukuran tinggi dengan menggunakan metode barometris dilakukan dengan menggunakan sebuah barometer sebagai alat utama.



Gambar 10. Barometris

Seperti telah di ketahui, Barometer adalah alat pengukur tekanan udara. Di suatu tempat tertentu tekanan udara sama dengan tekanan udara dengan tebal tertentu pula. Idealnya pencatatan di setiap titik dilakukan dalam kondisi atmosfer yang sama tetapi pengukuran tunggal hampir tidak mungkin dilakukan karena pencatatan tekanan dan temperatur udara mengandung kesalahan akibat perubahan kondisi atmosfer. penentuan beda tinggi dengan cara mengamati tekanan udara di suatu tempat lain yang dijadikan referensi

dalam hal ini misalnya elevasi  $\pm 0,00$  meter permukaan air laut rata-rata.

$$P = \frac{f}{A} = \frac{m \cdot a}{A} = P_{hg} \cdot g \cdot H$$

$$FC = -FC = \frac{MV^2}{R}$$

Keterangan :

$p$  = massa jenis rasa air raksa (hidragirum)

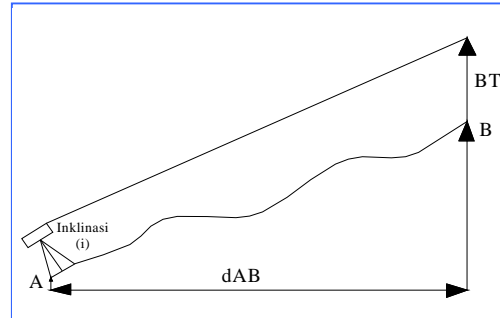
$g$  = gravitasi -  $9.8 \text{ m/s}^2$  -  $10 \text{ m/s}^2$

$h$  = tinggi suatu titik dari MSL ( Mean Sea level )

$$\Delta H_{AB} = P_A - P_B = p \cdot g_a \cdot h_a - p \cdot g_b \cdot h_b$$

$$= (h_a - h_b) p \frac{(g_a + g_b)}{2}$$

### 1.3.3. Metode pengukuran trigonometris



Gambar 11. Pengukuran Trigonometris

$$d_{AB} = d_m \cdot \cos i$$

$$\Delta H_{AB} = d_m \cdot \sin i + T_A - T_B$$

Pengukuran kerangka dasar vertikal metode trigonometris pada prinsipnya adalah perolehan beda tinggi melalui jarak langsung teropong terhadap beda tinggi dengan memperhitungkan tinggi alat, sudut vertikal (zenith atau inklinasi) serta tinggi garis bidik yang diwakili oleh benang

tengah rambu ukur. Alat theodolite, target dan rambu ukur semua berada diatas titik ikat. Prinsip awal penggunaan alat theodolite sama dengan alat sipat datar yaitu kita harus mengetengahkan gelembung nivo terlebih dahulu baru kemudian membaca unsur-unsur pengukuran yang lain. Jarak langsung dapat diperoleh melalui bacaan optis benang atas dan benang bawah atau menggunakan alat pengukuran jarak elektronis yang sering dikenal dengan nama EDM (Elektronic Distance Measurement). Untuk menentukan beda tinggi dengan cara trigonometris di perlukan alat pengukur sudut (Theodolit) untuk dapat mengukur sudut sudut tegak. Sudut tegak dibagi dalam dua macam, ialah sudut miring  $m$  dan sudut zenith  $z$ , sudut miring  $m$  diukur mulai dari keadaan mendatar, sedang sudut zenith  $z$  diukur dari keadaan tegak lurus yang selalu ke arah zenith alam.

#### 1.4 Pengukuran kerangka dasar horizontal

Untuk mendapatkan hubungan mendatar titik-titik yang diukur di atas permukaan bumi maka perlu dilakukan pengukuran mendatar yang disebut dengan istilah pengukuran kerangka dasar Horizontal. Jadi untuk hubungan mendatar diperlukan

data sudut mendatar yang diukur pada skafa lingkaran yang letaknya mendatar.

Bagian-bagian dari pengukuran kerangka dasar horizontal adalah :

- Metode Poligon
- Metode Triangulasi
- Metode Trilaterasi
- Metode kuadrilateral
- Metode Pengikatan ke muka
- Metode pengikatan ke belakang cara Collins dan cassini

##### 1.4.1 Metode pengukuran poligon

Poligon digunakan apabila titik-titik yang akan di cari koordinatnya terletak memanjang sehingga terbentuk segi banyak (poligon). Pengukuran dan Pemetaan Poligon merupakan salah satu pengukuran dan pemetaan kerangka dasar horizontal yang bertujuan untuk memperoleh koordinat planimetris (X,Y) titik-titik pengukuran. Pengukuran poligon sendiri mengandung arti salah satu metode penentuan titik diantara beberapa metode penentuan titik yang lain. Untuk daerah yang relatif tidak terlalu luas, pengukuran cara poligon merupakan pilihan yang sering di gunakan, karena cara tersebut dapat dengan mudah menyesuaikan diri dengan keadaan daerah/lapangan. Penentuan koordinat titik dengan cara poligon ini membutuhkan,



### 1. Koordinat awal

Bila diinginkan sistem koordinat terhadap suatu sistim tertentu, haruslah dipilih koordinat titik yang sudah diketahui misalnya: titik triangulasi atau titik-titik tertentu yang mempunyai hubungan dengan lokasi yang akan dipatokkan. Bila dipakai system koordinat lokal pilih salah satu titik, BM kemudian beri harga koordinat tertentu dan titik tersebut dipakai sebagai acuan untuk titik-titik lainya.

### 2. Koordinat akhir

Koordinat titik ini di butuhkan untuk memenuhi syarat Geometri hitungan koordinat dan tentunya harus di pilih titik yang mempunyai sistem koordinat yang sama dengan koordinat awal.

### 3. Azimuth awal

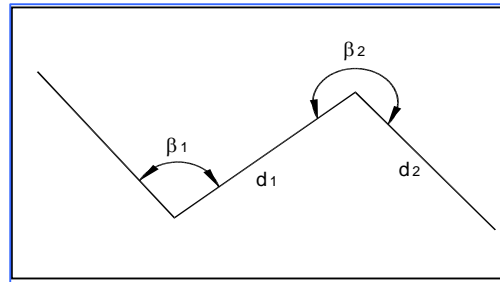
Azimuth awal ini mutlak harus diketahui sehubungan dengan arah orientasi dari system koordinat yang dihasilkan dan pengadaan datanya dapat di tempuh dengan dua cara yaitu sebagai berikut :

- Hasil hitungan dari koordinat titik - titik yang telah diketahui dan akan dipakai sebagai titik acuan system koordinatnya.
- Hasil pengamatan astronomis (matahari). Pada salah satu titik poligon sehingga didapatkan azimuth

ke matahari dari titik yang bersangkutan. Dan selanjutnya dihasilkan azimuth kesalah satu poligon tersebut dengan ditambahkan ukuran sudut mendatar (azimuth matahari).

### 4. Data ukuran sudut dan jarak

Sudut mendatar pada setiap stasiun dan jarak antara dua titik kontrol perlu diukur di lapangan.

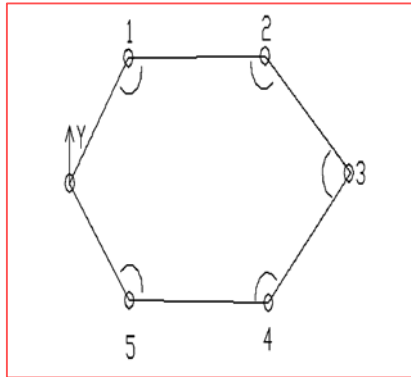


**Gambar 12. Pengukuran poligon**

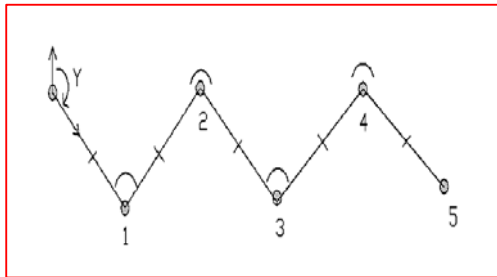
Data ukuran tersebut, harus bebas dari sistematis yang terdapat (ada alat ukur) sedangkan salah sistematis dari orang atau pengamat dan alam di usahakan sekecil mungkin bahkan kalau bisa di tiadakan.

Berdasarkan bentuknya poligon dapat dibagi dalam dua bagian, yaitu :

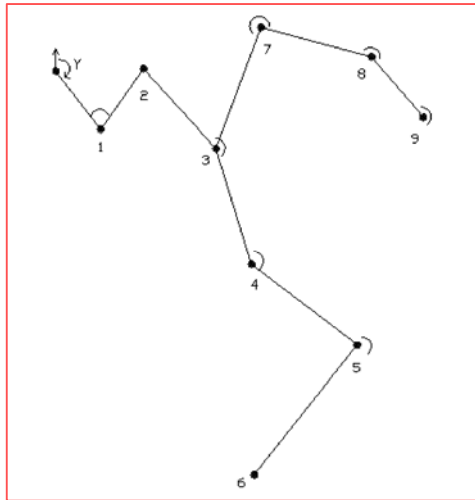
- Poligon berdasarkan visualnya :
  - a. poligon tertutup



b. poligon terbuka



c. poligon bercabang



- Poligon berdasarkan geometriknya :
  - a. poligon terikat sempurna
  - b. poligon terikat sebagian
  - c. poligon tidak terikat

Untuk mendapatkan nilai sudut-sudut dalam atau sudut-sudut luar serta jarak jarak mendatar antara titik-titik poligon diperoleh atau diukur di lapangan menggunakan alat pengukur jarak yang mempunyai tingkat ketelitian tinggi.

Poligon digunakan apabila titik-titik yang akan dicari koordinatnya terletak memanjang sehingga membentuk segi banyak (poligon). Metode poligon merupakan bentuk yang paling baik di lakukan pada bangunan karena memperhitungkan bentuk kelengkungan bumi yang pada prinsipnya cukup di tinjau dari bentuk fisik di lapangan dan geometriknya. Cara pengukuran poligon merupakan cara yang umum dilakukan untuk pengadaan kerangka dasar pemetaan pada daerah yang tidak terlalu luas sekitar (20 km x 20 km). Berbagai bentuk poligon mudah dibentuk untuk menyesuaikan dengan berbagai bentuk medan pemetaan dan keberadaan titik – titik rujukan maupun pemeriksa. Tingkat ketelitian sistem koordinat yang diinginkan dan keadaan medan lapangan pengukuran merupakan faktor-faktor yang menentukan dalam menyusun ketentuan poligon kerangka dasar. Tingkat ketelitian umum dikaitkan dengan jenis dan atau tahapan pekerjaan yang sedang dilakukan. Sistem koordinat dikaitkan dengan keperluan pengukuran pengikatan. Medan lapangan pengukuran menentukan bentuk konstruksi pilar atau patok sebagai penanda titik di lapangan

dan juga berkaitan dengan jarak selang penempatan titik.

#### 1.4.2 Metode pengukuran triangulasi

Triangulasi digunakan apabila daerah pengukuran mempunyai ukuran panjang dan lebar yang sama, maka dibuat jaring segitiga. Pada cara ini sudut yang diukur adalah sudut dalam tiap - tiap segitiga. Metode Triangulasi. Pengadaan kerangka dasar horizontal di Indonesia dimulai di pulau Jawa oleh Belanda pada tahun 1862. Titik-titik kerangka dasar horizontal buatan Belanda ini dikenal sebagai titik triangulasi, karena pengukurannya menggunakan cara triangulasi. Hingga tahun 1936, pengadaan titik triangulasi oleh Belanda ini telah mencakup pulau Jawa dengan datum Gunung Genuk, pantai Barat Sumatra dengan datum Padang, Sumatra Selatan dengan datum Gunung Dempo, pantai Timur Sumatra dengan datum Serati,

kepulauan Sunda Kecil, Bali dan Lombok dengan datum Gunung Genuk, pulau Bangka dengan datum Gunung Limpuh, Sulawesi dengan datum Moncong Lowe, kepulauan Riau dan Lingga dengan datum Gunung Limpuh dan Kalimantan Tenggara dengan datum Gunung Segara. Posisi horizontal (X, Y) titik triangulasi dibuat dalam sistem proyeksi Mercator, sedangkan posisi horizontal peta topografi yang dibuat dengan ikatan dan pemeriksaan ke titik triangulasi dibuat dalam sistem proyeksi Polyeder. Titik triangulasi buatan Belanda tersebut dibuat berjenjang turun berulang, dari cakupan luas paling teliti dengan jarak antar titik 20 - 40 km hingga paling kasar pada cakupan 1 - 3 km.

Tabel 1. Ketelitian posisi horizontal (x,y) titik triangulasi

Titik	Jarak	Ketelitian	Metode
P	20 - 40 km	$\pm 0.07$	Triangulasi
S	10 - 20 km	$\pm 0.53$	Triangulasi
T	3 - 10 km	$\pm 3.30$	Mengikat
K	1 - 3 km	-	Polygon

Selain posisi horizontal (X Y) dalam sistem proyeksi Mercator, titik-titik triangulasi ini juga dilengkapi dengan informasi posisinya

dalam sistem geografis (j,l) dan ketinggiannya terhadap muka air laut rata-

rata yang ditentukan dengan cara trigonometris.

Triangulasi dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- Primer
- Sekunder
- Tersier

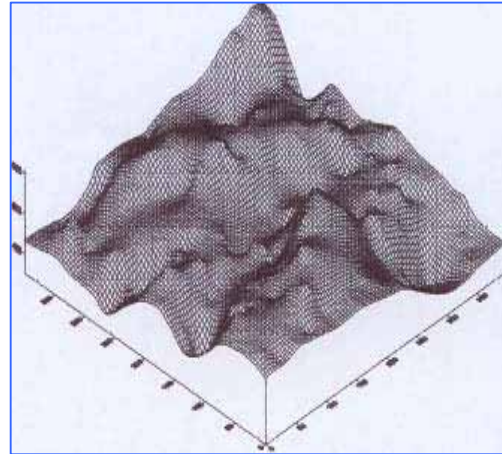
Bentuk geometri triangulasi terdapat tiga buah bentuk geometrik dasar triangulasi, yaitu :

- Rangkaian segitiga yang sederhana cocok untuk pekerjaan-pekerjaan dengan orde rendah untuk ini dapat sedapat mungkin diusahakan sisi-sisi segitiga sama panjang.
- Kuadrilateral merupakan bentuk yang terbaik untuk ketelitian tinggi, karena lebih banyak syarat yang dapat dibuat. Kuadrilateral tidak boleh panjang dan sempit.
- Titik pusat terletak antara 2 titik yang terjauh dan sering di perlukan.

#### 1.4.3 Metode pengukuran trilaterasi

Trilaterasi digunakan apabila daerah yang diukur ukuran salah satunya lebih besar daripada ukuran lainnya, maka dibuat rangkaian segitiga. Pada cara ini sudut yang diukur adalah semua sisi segitiga. Metode Trilaterasi yaitu serangkaian

segitiga yang seluruh jarak jaraknya di ukur di lapangan.



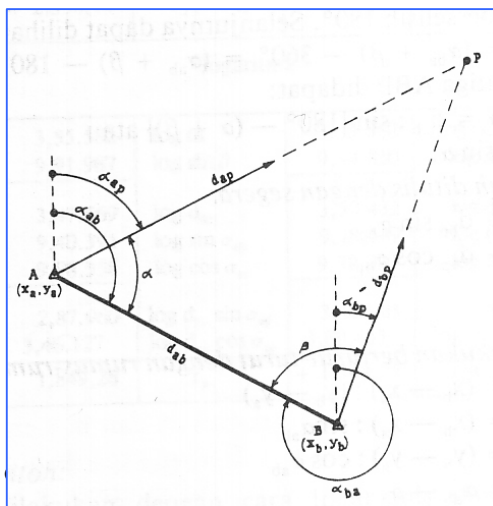
**Gambar 13. Jaring-jaring segitiga**

Pada jaring segitiga akan selalu diperoleh suatu titik sentral atau titik pusat. Pada titik pusat tersebut terdapat beberapa buah sudut yang jumlahnya sama dengan 360 derajat.

#### 1.4.4. Metode pengukuran pengikatan ke muka

Pengikatan ke muka adalah suatu metode pengukuran data dari dua buah titik di lapangan tempat berdiri alat untuk memperoleh suatu titik lain di lapangan tempat berdiri target (rambu ukur, benang, unting-unting) yang akan diketahui koordinatnya dari titik tersebut. Garis antara kedua titik yang diketahui koordinatnya dinamakan garis absis. Sudut dalam yang dibentuk absis terhadap target di titik B dinamakan sudut beta. Sudut beta dan alfa diperoleh dari tapangan.

Pada metode ini, pengukuran yang dilakukan hanya pengukuran sudut. Bentuk yang digunakan metoda ini adalah bentuk segi tiga. Akibat dari sudut yang diukur adalah sudut yang dihadapkan titik yang dicari, maka salah satu sisi segitiga tersebut harus diketahui untuk menentukan bentuk dan besar segitinya.



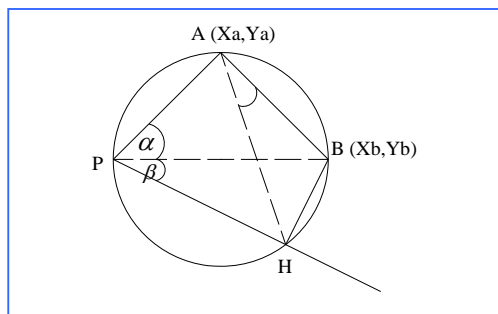
#### 1.4.5 Metode pengukuran Collins dan Cassini

Metode pengukuran Collins dan Cassini merupakan salah satu metode dalam pengukuran kerangka dasar horizontal untuk menentukan koordinat titik-titik yang diukur dengan cara mengikat ke belakang pada titik tertentu dan yang diukur adalah sudut-sudut yang berada di titik yang akan ditentukan koordinatnya. Pada era mengikat ke belakang ada dua metode hitungan yaitu dengan cara Collins dan Cassini.

Adapun perbedaan pada kedua metode di atas terletak pada cara perhitungannya, cara Collins menggunakan era perhitungan logaritma. Adapun pada metode Cassini menggunakan mesin hitung. Sebelum alat hitung berkembang dengan baik, seperti masa kini maka perhitungan umumnya dilakukan dengan bantuan daftar logaritma. Adapun metode Cassini menggunakan alat hitung karena teori ini muncul pada saat adanya alat hitung yang sudah mulai berkembang. Pengikatan ke belakang metode Collins merupakan model perhitungan yang berfungsi untuk mengetahui suatu letak titik koordinat, yang diukur melalui titik-titik koordinat lain yang sudah diketahui. Pada pengukuran pengikatan ke belakang metode Collins, alat theodolite ditegakkan di atas titik yang ingin atau belum diketahui koordinatnya. Misalkan titik itu diberi nama titik P. titik P ini akan diukur melalui titik-titik lain yang koordinatnya sudah diketahui terlebih dahulu. Misalkan titik lainnya itu titik A, B, dan titik C.

Pertama titik P diikat pada dua buah titik lain yang telah diketahui koordinatnya, yaitu diikat pada titik A dan titik B. Ketiga titik tersebut dihubungkan oleh suatu lingkaran dengan jari-jari tertentu, sehingga titik C berada di luar lingkaran.

Kemudian tariklah titik P terhadap titik C. Dari hasil penarikan garis P terhadap G akan memotong tali busur lingkaran, dan potongannya akan berupa titik hasil dari pertemuan persilangan garis dan tali busur. Titik itu diberi nama titik H, dimana titik H ini merupakan titik penolong Collins. Sehingga dari informasi koordinat titik A, B, dan G serta sudut-sudut yang dibentuknya, maka koordinat titik P akan dapat diketahui.



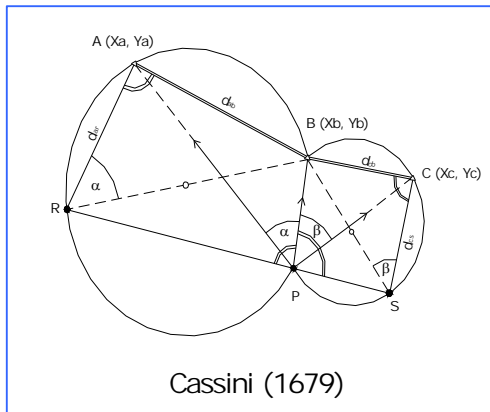
**Gambar 15. Pengukuran Collins**

1. titik A, B, dan C merupakan titik koordinat yang sudah diketahui.
2. titik P adalah titik yang akan dicari koordinatnya.
3. titik H adalah titik penolong collins yang dibentuk oleh garis P terhadap C dengan lingkaran yang dibentuk oleh titik-titik A, B, dan P.

Sedangkan Metode Cassini adalah cara pengikatan kebelakang yang menggunakan mesin hitung atau kalkulator. Pada cara ini theodolit diletakkan diatas titik yang belum diketahui koordinatnya.

Pada cara perhitungan Cassini memerlukan dua tempat kedudukan untuk menentukan suatu titik yaitu titik P. Lalu titik P diikat pada titik-titik A, B dan C. Kemudian Cassini membuat garis yang melalui titik A dan tegak lurus terhadap garis AB serta memotong tempat kedudukan yang melalui A dan B, titik tersebut diberi nama titik R. Sama halnya Cassini pula membuat garis lurus yang melalui titik C dan tegak lurus terhadap garis BC serta memotong tempat kedudukan yang melalui B dan C, titik tersebut diberi nama titik S.

Sekarang hubungkan R dengan P dan S dengan P. Karena  $\angle BAR = 90^\circ$ , maka garis BR merupakan garis tengah lingkaran, sehingga  $\angle BPR = 90^\circ$ . Karena  $\angle ABCS = 90^\circ$  maka garis BS merupakan garis tengah lingkaran, sehingga  $\angle BPS = 90^\circ$ . Maka titik R, P dan S terletak di satu garis lurus. Titik R dan S merupakan titik penolong Cassini. Untuk mencari koordinat titik P, lebih dahulu dicari koordinat-koordinat titik-titik penolong R dan S, supaya dapat dihitung sudut jurusan garis RS, karena  $\angle PRS = 180^\circ$ , maka didapatkan sudut jurusan PB, dan kemudian sudut jurusan BP untuk dapat menghitung koordinat-koordinat titik P sendiri dari koordinat-koordinat titik B.



Gambar 16. Pengukuran cassini

Rumus-rumus yang akan digunakan adalah

$$x_1 - x_2 = d_{12} \sin a_{12}$$

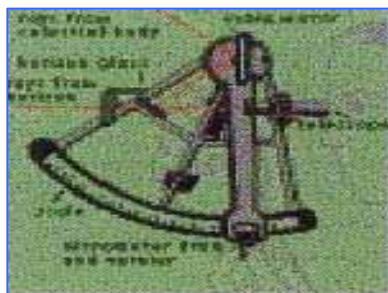
$$y_2 - y_1 = d_{12} \cos a_{12}$$

$$tga_{12} = (x_2 - x_1) : (y_2 - y_1)$$

$$\cot a_{12} = (y_2 - y_1) : (x_2 - x_1)$$

Metode Cassini dapat digunakan untuk metode penentuan posisi titik menggunakan dua buah sextant.

Tujuannya untuk menetapkan suatu penentuan posisi titik perum menggunakan dua buah sextant, termasuk membahas tentang ketentuan-ketentuan dan tahapan pelaksanaan pengukuran penentuan posisi titik perum.



Gambar 17. Macam – macam sextant

Metode penentuan ini dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam pengukuran penentuan posisi titik-titik pengukuran di perairan pantai, sungai, danau dan muara. Sextant adalah alat pengukur sudut dari dua titik bidik terhadap posisi alat tersebut, posisi titik ukur perum adalah titik-titik yang mempunyai koordinat berdasarkan hasil pengukuran.

1.5 Pengukuran titik-titik detail

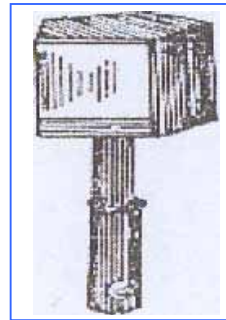
Untuk keperluan pengukuran dan pemetaan selain pengukuran Kerangka Dasar Vertikal yang menghasilkan tinggi

titik-titik ikat dan pengukuran Kerangka Dasar Horizontal yang menghasilkan koordinat titik-titik ikat juga perlu dilakukan pengukuran titik-titik detail untuk menghasilkan yang tersebar di permukaan bumi yang menggambarkan situasi daerah pengukuran.

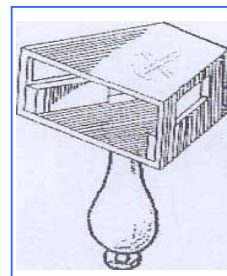
Dalam pengukuran titik-titik detail prinsipnya adalah menentukan koordinat dan tinggi titik-titik detail dari titik-titik ikat. Metode yang digunakan dalam pengukuran titik-titik detail adalah metode offset dan metode tachymetri. Namun metode yang sering digunakan adalah metode Tachymetri karena Metode tachymetri ini relatif cepat dan mudah karena yang diperoleh dari lapangan adalah pembacaan rambu, sudut horizontal (azimuth magnetis), sudut vertikal (zenith atau inklinasi) dan tinggi alat. Hasil yang diperoleh dari pengukuran tachymetri adalah posisi planimetris X, Y dan ketinggian Z.

#### 1.5.1. Metode pengukuran offset

Metode offset adalah pengukuran titik-titik menggunakan alat sederhana yaitu pita ukur, dan yalon. Pengukuran untuk pembuatan peta cara offset menggunakan alat utama pita ukur, sehingga cara ini juga biasa disebut cara rantai (*chain surveying*). Alat bantu lainnya adalah :



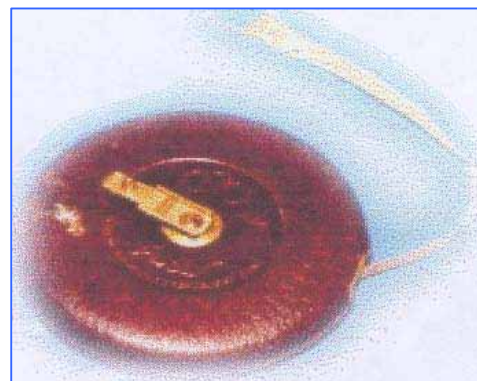
Gambar 18. Alat pembuat sudut siku cermin



Gambar 19. Prisma bauernfiend



Gambar 20. Jalon



Gambar 21. Pita ukur



Dari jenis peralatan yang digunakan ini, cara offset biasa digunakan untuk daerah yang relatif datar dan tidak luas, sehingga kerangka dasar untuk pemetaannya pun juga dibuat dengan cara offset. Peta yang diperoleh dengan cara offset tidak akan menyajikan informasi ketinggian rupa bumi yang dipetakan.

Cara pengukuran titik detil dengan cara offset ada tiga cara:

- Cara siku-siku (cara garis tegak lurus),
- Cara mengikat (cara interpolasi),
- Cara gabungan keduanya.

### 1.5.2 Metode pengukuran tachymetri

Metode tachymetri adalah pengukuran menggunakan alat-alat optis, elektronik, dan digital. Pengukuran detail cara tachymetri dimulai dengan penyiapan alat ukur di atas titik ikat dan penempatan rambu di titik bidik. Setelah alat siap untuk pengukuran, dimulai dengan perekaman data di tempat alat berdiri, pembidikan ke rambu ukur, pengamatan azimuth dan pencatatan data di rambu BT, BA, BB serta sudut miring. Metode tachymetri didasarkan pada prinsip bahwa pada segitiga-segitiga sebangun, sisi yang sepihak adalah sebanding.

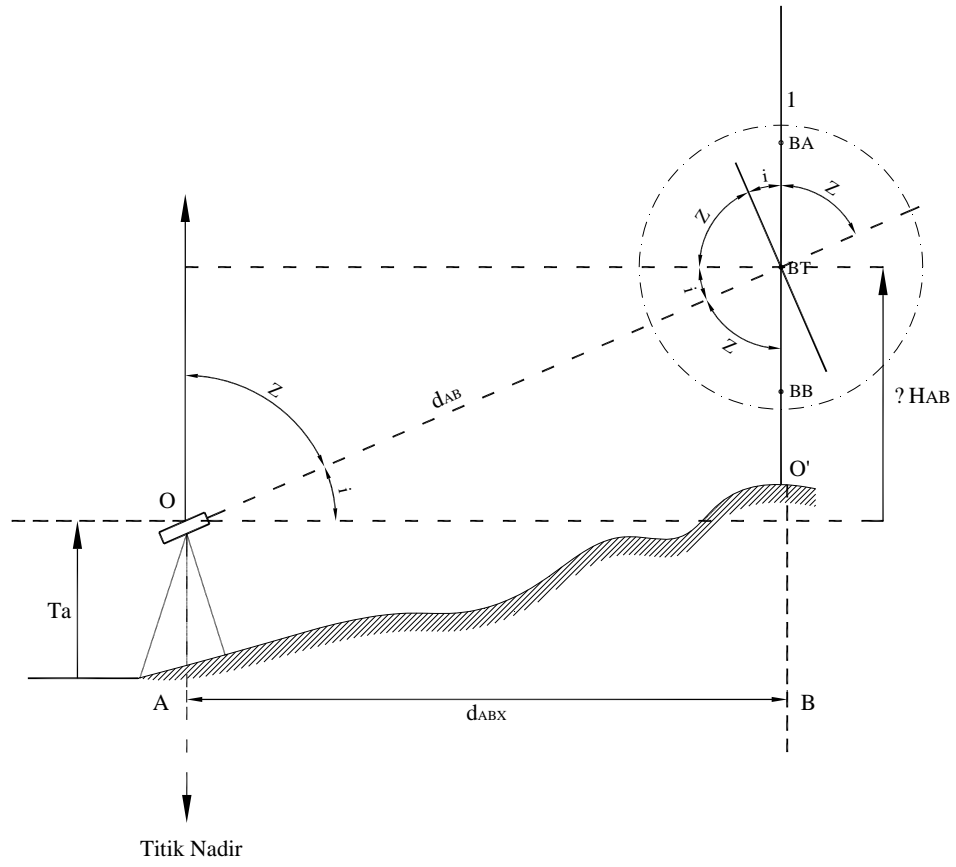
Kebanyakan pengukuran tachymetri adalah dengan garis bidik miring karena adanya keragaman topografi, tetapi perpotongan benang stadia dibaca pada rambu tegak

lurus dan jarak miring "direduksi" menjadi jarak horizontal dan jarak vertikal.

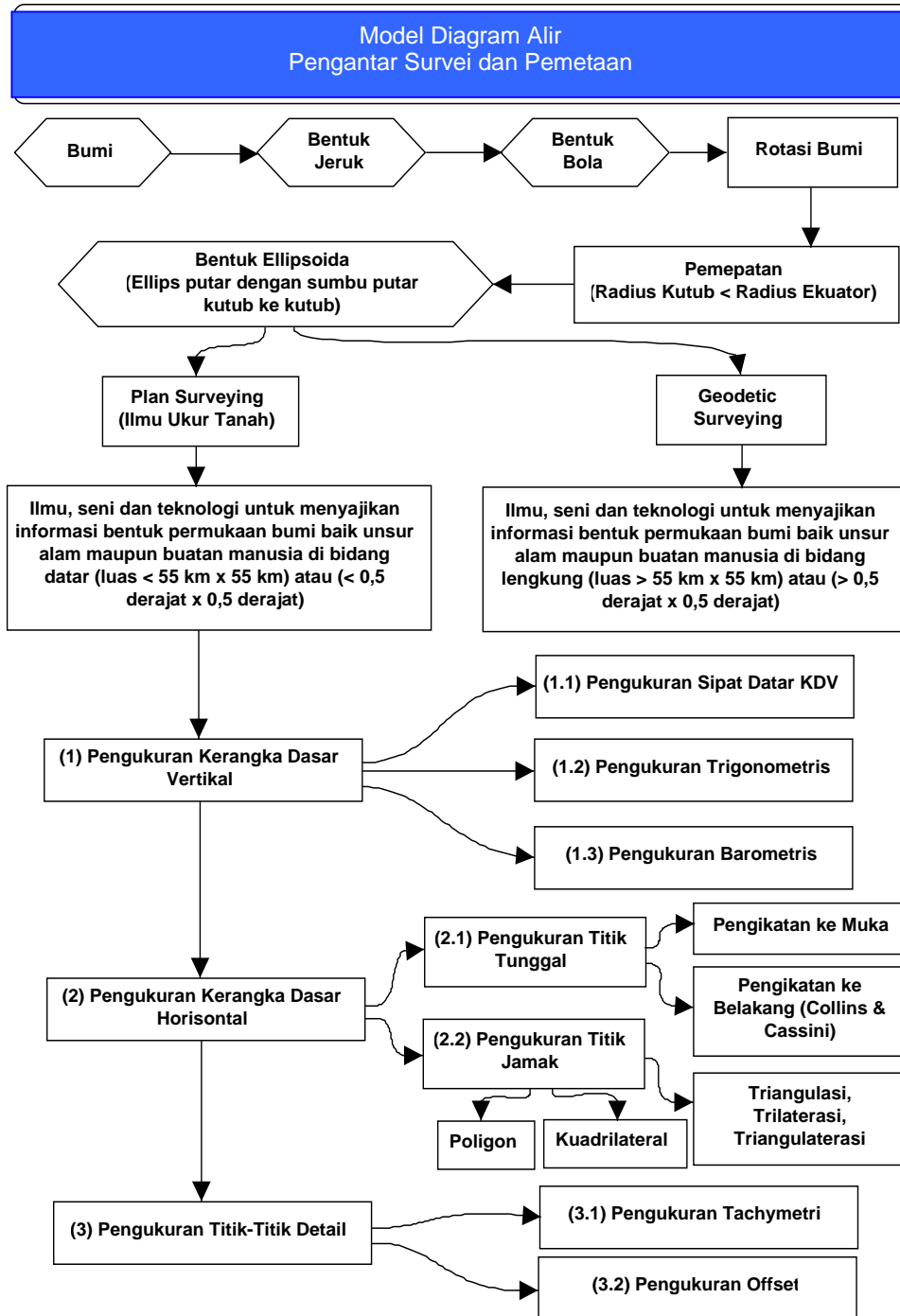
Pada gambar, sebuah transit dipasang pada suatu titik dan rambu dipegang pada titik tertentu. Dengan benang silang tengah dibidikkan pada rambu ukur sehingga tinggi t sama dengan tinggi theodolite ke tanah.

Sudut vertikalnya (sudut kemiringan) terbaca sebesar  $\alpha$ . Perhatikan bahwa dalam pekerjaan tachymetri tinggi instrumen adalah tinggi garis bidik diukur dari titik yang diduduki (bukan TI, tinggi di atas datum seperti dalam sipat datar). Metode tachymetri itu paling bermanfaat dalam penentuan lokasi sejumlah besar detail topografik, baik horizontal maupun vertikal, dengan transit atau planset. Di wilayah-wilayah perkotaan, pembacaan sudut dan jarak dapat dikerjakan lebih cepat dari pada pencatatan pengukuran dan pembuatan sketsa oleh pencatat.

Tachymetri "diagram" lainnya pada dasarnya bekerja atas prinsip yang sama sudut vertikal secara otomatis dipapasi oleh pisahan garis stadia yang beragam. Sebuah tachymetri swa-reduksi memakai sebuah garis horizontal tetap pada sebuah diafragma dan garis horizontal lainnya pada diafragma keduanya dapat bergerak, yang bekerja atas dasar perubahan sudut vertikal. Kebanyakan alidade planset memakai suatu jenis prosedur reduksi tachymetri.



Gambar 22. Pengukuran titik detail tachymetri



Gambar 23. Diagram alir pengantar survei dan pemetaan

## Rangkuman

Berdasarkan uraian materi bab 1 mengenai pengantar survei dan pemetaan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengukuran dan pemetaan pada dasarnya dapat dibagi 2, yaitu :
  - a. Geodetic Surveying
  - b. *Plan Surveying*
2. Geodetic surveying merupakan ilmu seni dan teknologi untuk menyajikan informasi bentuk permukaan bumi baik unsur alam maupun buatan manusia di bidang lengkung (luas  $> 55 \text{ km} \times 55 \text{ km}$ ) atau ( $>0,5$  derajat  $\times$   $0,5$  derajat)
3. *Plan Surveying* merupakan ilmu seni dan teknologi untuk menyajikan informasi bentuk permukaan bumi baik unsur alam maupun buatan manusia di bidang lengkung (luas  $< 55 \text{ km} \times 55 \text{ km}$ ) atau ( $<0,5$  derajat  $\times$   $0,5$  derajat)
4. Ilmu ukur tanah pada dasarnya terdiri dari tiga bagian besar yaitu :
  - a. Pengukuran kerangka dasar Vertikal (KDV)
  - b. Pengukuran kerangka dasar Horizontal (KDH)
  - c. Pengukuran Titik-titik Detail
5. Kerangka dasar vertikal merupakan teknik dan cara pengukuran kumpulan titik-titik yang telah diketahui atau ditentukan posisi vertikalnya berupa ketinggiannya terhadap bidang rujukan ketinggian tertentu.
6. Pengukuran kerangka Dasar vertical pada dasarnya ada 3 metode, yaitu :
  - a. Metode pengukuran kerangka dasar sipat datar optis;
  - b. Metode pengukuran Trigonometris; dan
  - c. Metode pengukuran Barometris.
7. Pengukuran kerangka dasar horizontal adalah untuk mendapatkan hubungan mendatar titik-titik yang diukur di atas permukaan bumi maka perlu dilakukan pengukuran mendatar.
8. Bagian-bagian dari pengukuran kerangka dasar horizontal adalah :
  - a. Metode Poligon
  - b. Metode Triangulasi
  - c. Metode Trilaterasi
  - d. Metode kuadrilateral
  - e. Metode Pengikatan ke muka
  - f. Metode pengikatan ke belakang cara Collins dan cassini

## Soal Latihan

**Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini !**

1. Sebutkan bagian-bagian pengukuran dari ilmu ukur tanah! Jelaskan
2. Mengapa bumi dianggap bulat?
3. Jelaskan pengertian dari pengukuran kerangka dasar vertikal ! sebutkan metode-metode yang digunakan dalam pengukuran kerangka dasar vertikal!
4. Jika kita akan mengukur beda tinggi suatu wilayah, pengukuran apa yang tepat untuk dilakukan ? Jelaskan!
5. Mengapa pengukuran titik-titik detail metode tachymetri sering digunakan ? Jelaskan!

## 2. Teori Kesalahan

### 2.1 Kesalahan-kesalahan pada survei dan pemetaan

Pengukuran merupakan proses yang mencakup tiga hal atau bagian yaitu benda ukur, alat ukur dan pengukur atau pengamat. Karena ketidak sempurnaan masing-masing bagian ini ditambah dengan pengaruh lingkungan maka bisa dikatakan bahwa tidak ada satu pun pengukuran yang memberikan ketelitian yang absolut. Ketelitian bersifat relatif yaitu kesamaan atau perbedaan antara harga hasil pengukuran dengan harga yang dianggap benar, karena yang absolut benar tidak diketahui. Setiap pengukuran, dengan kecermatan yang memadai, mempunyai ketidaktelitian yaitu adanya kesalahan yang berbeda-beda, tergantung pada kondisi alat ukur, benda ukur, metoda pengukuran dan kecakapan si pengukur.

Kesalahan dalam pengukuran–pengukuran yang dinyatakan dalam persyaratan bahwa:

1. Pengukuran tidak selalu tepat,
2. Setiap pengukuran mengandung galat,
3. Harga sebenarnya dari suatu pengukuran tidak pernah diketahui,
4. Kesalahan yang tepat selalu tidak diketahui

Adapun sumber–sumber kesalahan yang menjadi penyebab kesalahan pengukuran adalah sebagai berikut:

1. Alam; perubahan angin, suhu, kelembaban udara, pembiasan cahaya, gaya berat dan deklinasi magnetik.
2. Alat; ketidak sempurnaan konstruksi atau penyetelan instrumen.
3. Pengukur; keterbatasan kemampuan pengukur dalam merasa, melihat dan meraba.

Kondisi alam walaupun pada dasarnya merupakan suatu fungsi yang berlanjut, akan tetapi mempunyai karakteristik yang dinamis. Hal inilah yang menyebabkan banyak aplikasi pada bidang pengukuran dan pemetaan. Pengukuran dan pemetaan banyak tergantung dari alam.

Pelaksanaan pekerjaan dan pengukuran jarak, sudut, dan koordinat titik pada foto udara juga diperlukan suatu instrumen pengukuran yang prosedurnya untuk mengupayakan kesalahan yang kecil. Dan jika diantara kesalahan itu terjadi maka pengukuran dan pengumpulan data harus di ulang.

Kesalahan terjadi karena salah mengerti permasalahan, kelalaian, atau pertimbangan yang buruk. Kesalahan dapat

ditemukan dengan mengecek secara sistematis seluruh pekerjaan dan dihilangkan dengan jalan mengulang sebagian atau bahkan seluruh pekerjaan.

Dalam melaksanakan ukuran datar akan selalu terdapat "Kesalahan". Kesalahan-kesalahan ini disebabkan baik karena kekhilapan maupun karena kita manusia memang tidak sempurna dalam menciptakan alat-alat.

**Kesalahan ini dapat kita golongan dalam :**

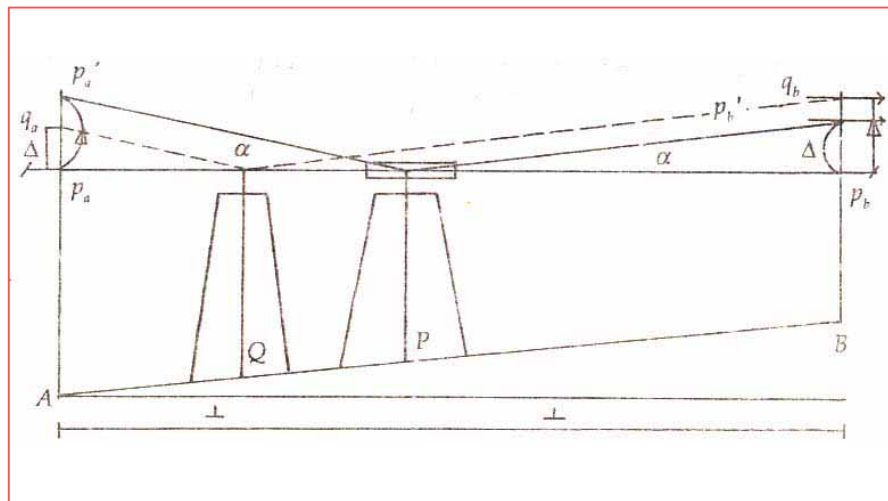
1. Kesalahan instrumental/ kesalahan karena alat
2. Kesalahan karena pengaruh luar/ alam
3. Kesalahan pengukur

#### **A. Kesalahan karena alat**

Dalam kesalahan karena alat termasuk :

- a) Karena kurang datarnya garis bidik

Bila garis bidik datar (horizontal), pembacaan pada rambu A =  $P_a$  dan rambu B =  $P_b$ . Perbedaan tinggi  $\Delta H = P_a - P_b$ , bila garis bidik tidak horizontal (membuat sudut  $\alpha$  dengan garis horizontal) maka pembacaan pada rambu A =  $P_a'$  dan pada rambu B =  $P_b'$ . Perbedaan tinggi adalah  $P_a' - P_b'$ , dalam hal ini  $P_a' - P_b'$  akan sama dengan  $P_a - P_b$ . Bila ukuran dilakukan dari tengah-tengah AB ( $PA = PB = 1$ ) karena  $P_a' - P_a = P_b - P_b' = \Delta$ . Tapi kalau ukuran tidak dilakukan dari tengah-tengah AB misal dari Q, maka hasil ukuran adalah  $q_a - q_b$  dan  $q_a - q_b \neq P_a - P_b$  karena  $q_a - P_a = \Delta_1$  dan  $q_b - P_b = \Delta_2$ . Dengan demikian ukuran sedapat mungkin dilakukan dari tengah.

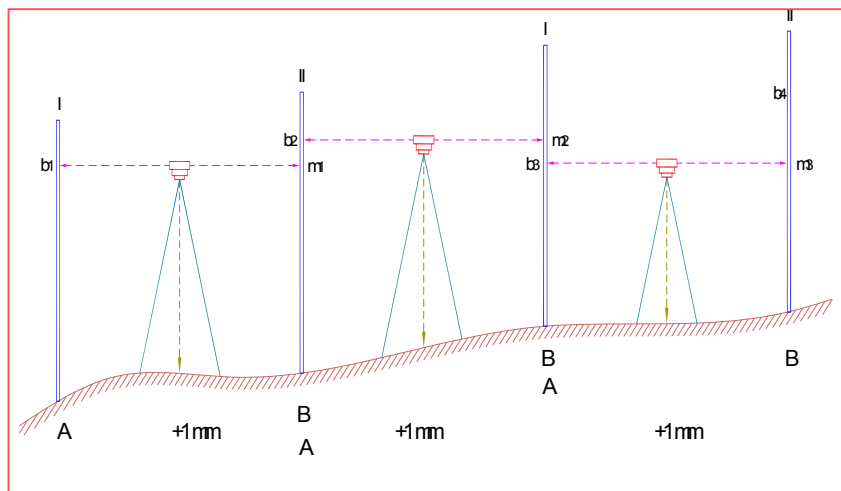


Gambar 24. Kesalahan pembacaan rambu

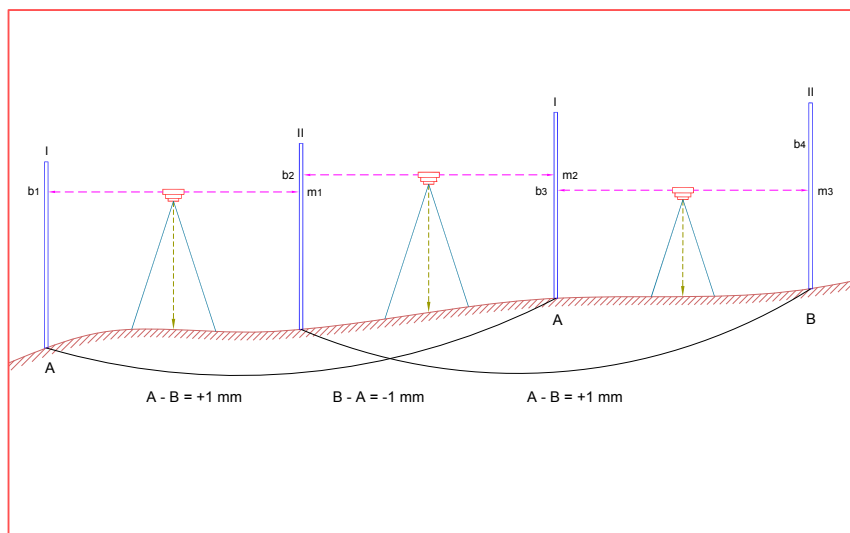
- b) Tidak samanya titik O dari rambu

Titik O dari rambu mungkin tidak sama karena mungkin salah satu rambu sudah aus. Titik O dari rambu B misalnya telah bergeser 1 mm. Dengan demikian, rambu A dibaca 1.000 mm maka di rambu B dibaca 999 mm.

Bila ukuran dilaksanakan dengan meletakkan rambu A selalu di belakang dan rambu B selalu di depan, maka kesalahan A-B mempunyai tanda yang sama—tiap sipatan kesalahannya +1 mm. Kalau 100 sipatan berarti 100 mm.



Gambar 25. Pengukuran sipat datar



Gambar 26. Prosedur Pemindahan Rambu

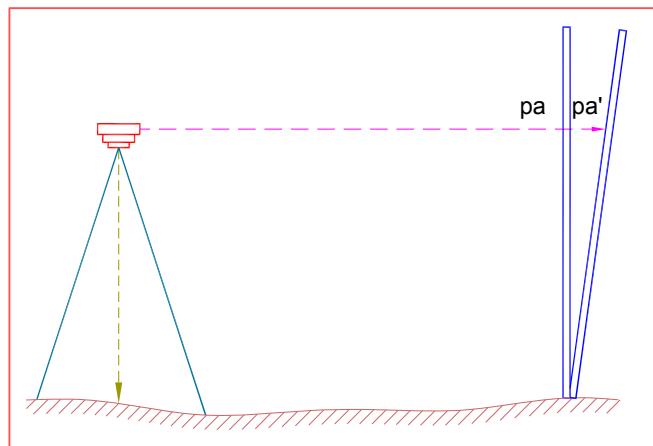


Untuk mengatasi kesalahan–kesalahan tersebut, dalam pelaksanaan ukuran tiap tiap kali sipatan rambu belakang harus ditukar dengan rambu depan. (gambar 26)

Dengan demikian kesalahannya adalah  $A - B = +1 \text{ mm}$ ;  $B - A = +1 \text{ mm}$ . Dan seterusnya.

c) Kurang tegak lurusnya rambu

Syarat pokok dalam melaksanakan ukur datar ialah bahwa garis bidik harus horizontal dan rambu harus vertikal. Bila rambu vertikal, pembacaan rambu =  $P_a$  akan tetapi bila rambu tidak vertikal pembacaan pada rambu adalah  $P_{a'}$ .



Gambar 27. Kesalahan Kemiringan Rambu

Jarak  $AP_a \neq AP_{a'}$ ;  $AP_{a'} > AP_a$ . Dengan demikian waktu melaksanakan ukuran datar, rambu harus benar–benar vertikal. Membuat vertikal rambu ini dapat dilaksanakan dengan nivo.

**B. Kesalahan karena pengaruh luar/ alam**

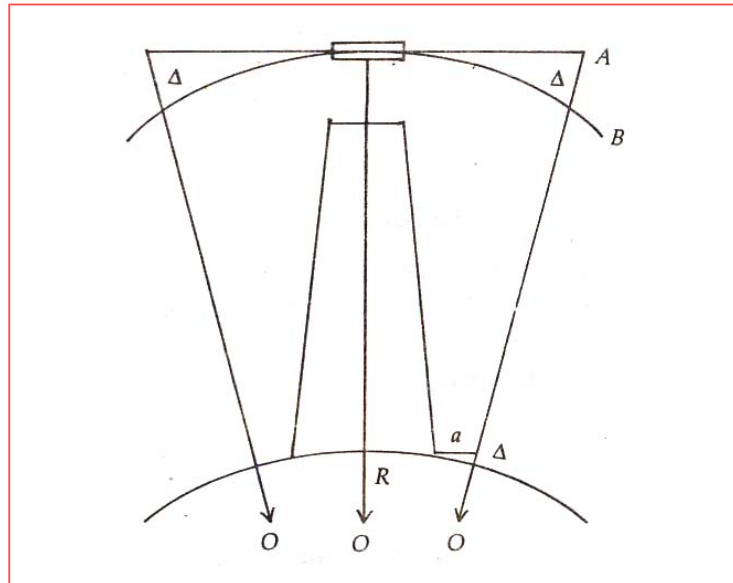
Pengaruh luar dalam melaksanakan ukuran datar adalah:

a. Cuaca

Panas matahari sangat mempengaruhi pelaksanaan ukuran datar. Apabila matahari sudah tinggi antara jam 11.00 – jam 14.00, panas matahari pada waktu itu akan menimbulkan adanya gelombang udara yang dapat terlihat melalui teropong. Dengan demikian, gelombang udara didepan rambu akan terlihat sehingga angka pada rambu ikut bergelombang dan sukar dibaca.

b. Lengkungan bumi

Permukaan bumi itu melengkung, sedangkan jalannya sinar itu lurus.



Gambar 28. Pengaruh kelengkungan bumi

Karena itu oleh alat ukur datar dibaca titik A pada rambu sedangkan perbedaan tinggi mengikuti lengkungan bumi, jadi seharusnya dibaca B. Dengan demikian, maka tiap kali pengukuran dibuat kesalahan  $\Delta$ . Besar  $\Delta$  ini dapat dihitung

$$\begin{aligned} R^2 + a^2 &= (R + \Delta)^2; R^2 + a^2 \\ &= R^2 + 2R\Delta + \Delta^2 \end{aligned}$$

$\Delta$  kecil sekali jadi kalau dikuadratkan dapat dihapus sehingga kita dapat  $R^2 + a^2 = F + 2R$ . Bilangan ini kecil sekali tapi kalau tiap kali dibuat kesalahan akan menumpuk menjadi besar. Kesalahan ini bisa diatasi dengan tiap kali mengukur dari tengah.

### c. Kesalahan karena pengukur

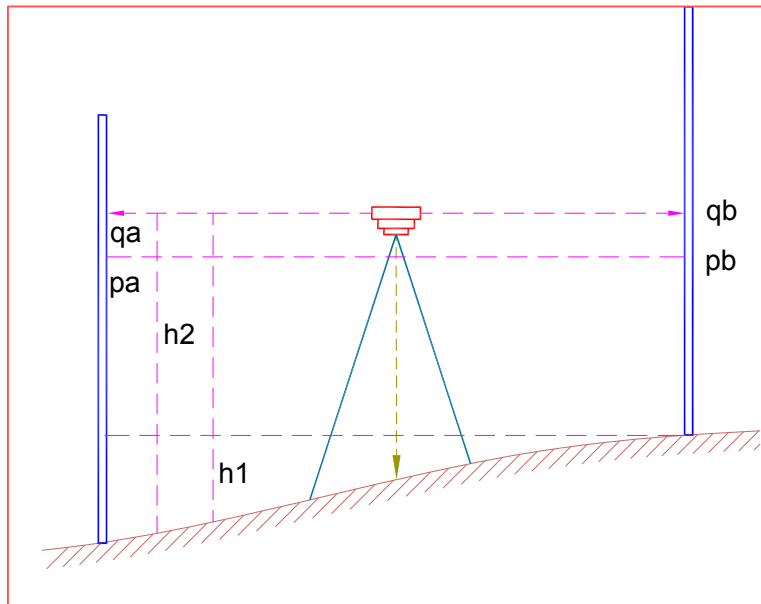
Kesalahan pengukur ini ada 2 macam :

#### a) Kesalahan kasar kehilangan

1. Kesalahan kasar dapat diatasi dengan mengukur 2 kali dengan tinggi teropong yang berbeda.

Pertama dengan tinggi teropong  $h_1$  didapat perbedaan tinggi  $\Delta h_1 = P_a - P_b$ . Pada pengukuran kedua dengan tinggi teropong  $h_2$  didapat perbedaan tinggi  $\Delta h_2 = q_a - q_b$ .

$\Delta h_1$  harus sama dengan  $\Delta h_2$ , bila terdapat kesalahan/ perbedaan besar maka harus diulang.



Gambar 29. Kesalahan kasar sipat datar

2. Dapat diatasi pula dengan selain membaca benang tengah dibaca pula benang atas dan benang bawah sebab:
- $$\text{benang atas} + \text{benang bawah} / 2 = \text{benang tengah.}$$
- c. Kesalahan yang tak teratur, disebabkan karena kurang sempurnanya panca indera maupun peralatan dan kesalahan ini sulit dihindari karena memang merupakan sifat pengamatan\ ukuran.

#### Sifat Kesalahan

- a. Kesalahan kasar, adalah kesalahan yang besarnya satuan pembacaannya. Misalnya mengukur jarak yang dapat dibaca sampai 1 dm, namun terjadi perbedaan pengukuran sampai 1 m. Ini berarti ada kesalahan pembacaan ukuran dan harus diulang.
- b. Kesalahan teratur, terjadi secara teratur setiap kali melakukan pengukuran dan umumnya terjadi karena kesalahan alat.

#### 2.1.1 Kesalahan pada pengukuran KDV

Kesalahan yang terjadi akibat berhimpitnya sumbu vertikal theodolite dengan garis arah vertikal. Sumbu vertikal theodolite x miring dan membentuk sudut  $v$  terhadap garis vertikal  $x$ . AB adalah arah kemiringan maksimum dengan sasaran  $s$  pada sudut elevasi  $h$  dalam keadaan dimana sumbu vertikal theodolite berhimpit dengan arah garis vertikal yang menghasilkan posisi lintasan teleskop  $csd$  dalam arah  $u$  dari

kemiringan maksimum. Sedangkan dalam keadaan dimana sumbu vertikal theodolite miring sebesar  $v$  terhadap garis vertikal menghasilkan lintasan  $c'sd'$  dalam arah  $u'$  dari kemiringan yang maksimum. Dari dua lintasan ini akan diperoleh segitiga bola  $scc'$  yang sumbu vertikal  $\beta$  dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$\beta = u' - u$$

$$\beta = v \sin u' \operatorname{ctgn} (90 - h)$$

$$\beta = v \sin u' \operatorname{tgn} h$$

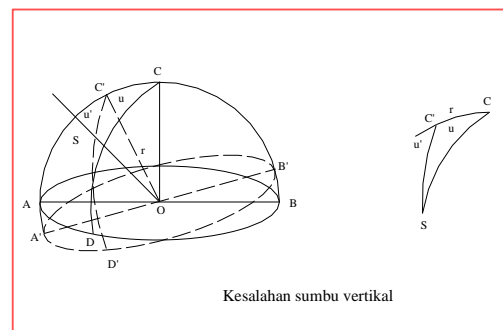
Karena kesalahan sumbu vertikal tak dapat dihilangkan dengan membagi rata dari observasi dengan teleskop dalam posisi normal dan dalam kebalikan, maka pengukuran untuk sasaran dengan elevasi cukup besar.

Koreksi kesalahan pada pengukuran dasar vertikal menggunakan alat sipat datar optis. Koreksi kesalahan didapat dari pengukuran yang menggunakan dua rambu, yaitu rambu depan dan rambu belakang yang berdiri 2 stand.

Koreksi kesalahan acak pada pengukuran kerangka dasar vertikal dilakukan untuk memperoleh beda tinggi dan titik tinggi ikat definit. Sebelum pengelohan data sipat datar kerangka dasar vertikal dilakukan, koreksi kesalahan sistematis harus dilakukan terlebih dahulu dalam pembacaan benang tengah. Kontrol tinggi dilakukan melalui suatu jalur tertutup yang diharapkan

diperoleh beda tinggi pada jalur sama menghasilkan angka nol.

Jarak belakang dan muka setiap slag menjadi suatu variabel yang menentukan bobot kesalahan dan pemberi koreksi. Semakin panjang suatu slag pengukuran maka bobot kesalahannya menjadi lebih besar, dan sebaliknya



**Gambar 30. Kesalahan Sumbu Vertikal**

Salah satu pengaplikasian pada pengukuran kerangka dasar vertikal dapat dilihat dari pengukuran sipat datar.

Pada pengukuran kerangka dasar vertikal menggunakan sipat datar optis, koreksi kesalahan sistematis berupa koreksi garis bidik yang diperoleh melalui pengukuran sipat datar dengan menggunakan 2 rambu yaitu belakang dan muka dalam posisi 2 stand (2 kali berdiri dan diatur dalam bidang nivo). Sedangkan pada pengukuran kerangka dasar horizontal menggunakan alat theodolite, koreksi kesalahan sistematis berupa nilai rata-rata sudut horizontal yang diperoleh melalui pengukuran target (berupa benang dan unting-unting) pada posisi

teropong biasa (vizier teropong pembidik berasal diatas teropong) dan pada posisi teropong luas biasa (vizier teropong pembidik berasal di bawah teropong)

Sebelum pengolahan data sipat datar kerangka dasar vertikal dilakukan, koreksi sistematis perlu dilakukan terlebih dahulu kedalam pembacaan benang tengah setiap slang. Kontrol tinggi dilakukan melalui suatu alur tertutup sedemikian rupa sehingga diharapkan diperoleh beda tinggi pada jalur tertutup sama dengan nol, jarak belakang dan muka setiap slang menjadi variabel yang menentukan bobot kesalahan dan bobot pemberian koreksi. Semakin panjang jarak pada suatu slang maka bobot kesalahan dan koreksinya lebih kecil.

### 2.1.2 Kesalahan pada pengukuran KDH

Kesalahan yang terjadi akibat sumbu horizontal tidak tegak lurus sumbu vertikal disebut kesalahan sumbu horizontal. Kedudukan garis kolimasi dengan teleskop mengarah pada s berputar mengelilingi sumbu horizontal adalah  $csd$ . Apabila sumbu horizontal miring sebesar  $i$  menjadi  $a'b'$ , tempat kedudukan adalah  $c'sd'$ . Dalam segitiga bola  $sdd'$ ,  $dd' = \alpha$ . Merupakan kesalahan sumbu horizontal, dan apabila sumbu horizontal miring sebesar  $i$  maka,

$$\sin \alpha = \operatorname{tgn} h / \operatorname{tgn} (90 - i). \operatorname{Tgn} h. \operatorname{tgn} i$$

Karena  $a$  dan  $l$  biasanya sangat kecil, persamaan dapat terjadi  $\alpha = l \tan h$

Apabila teleskop dipasang dalam keadaan terbalik, tanda kesalahan menjadi negatif dan apabila sudut yang dicari dengan teleskop dalam posisi normal dan kebalikan dirata-rata maka kesalahan sumbu horizontal dapat hilang.

Sedang koreksi pengukuran kerangka dasar horizontal menggunakan theodolite, koreksi kesalahan sistematis berupa nilai rata-rata sudut horizontal yang diperoleh melalui pengukuran target. Pada posisi teropong biasa dan luar biasa.

Kesalahan acak pada pengukuran kerangka dasar horizontal dilakukan untuk memperoleh harga koordinat definitip. Sebelum pengolahan poligon kerangka dasar horizontal dilakukan, koreksi sistematis harus dilakukan terlebih dahulu dalam pembacaan sudut horizontal. Kontrol koordinat dilakukan melalui 4 atau 2 buah titik ikat bergantung pada kontrol sempurna atau sebagian

Jarak datar dan sudut poligon setiap titik poligon merupakan variabel yang menentukan untuk memperoleh koordinat definitip tersebut. Syarat yang ditetapkan dan harus diperhatikan adalah syarat sudut lalu syarat absis dan ordinat. Bobot koreksi sudut tidak diperhitungkan atau dilakukan secara sama rata tanpa memperhatikan faktor lain. Sedangkan bobot koreksi absis dan ordinat diperhitungkan melalui dua metode :

a. Metode Bowditch

Metode ini bobot koreksinya berdasarkan jarak datar langsung.

b. Metode Transit

Metode ini bobot koreksinya dihitung berdasarkan proyeksi jarak langsung terhadap sumbu x dan pada sumbu y. Semakin besar jarak langsung koreksi bobot absis dan ordinat maka semakin besar nilainya.

Kesalahan acak pada pengukuran kerangka dasar horizontal dilakukan untuk memperoleh beda tinggi dan tinggi titik ikat relatif. Sebelum pengolahan data sipat datar kerangka dasar vertikal dilakukan, koreksi sistematis perlu dilakukan terlebih dahulu kedalam pembacaan benang tengah setiap slang. Kontrol tinggi dilakukan melalui suatu alur tertutup sedemikian rupa sehingga diharapkan diperoleh beda tinggi pada jalur tertutup sama dengan nol, jarak belakang dan muka setiap slang menjadi variabel yang menentukan bobot kesalahan dan bobot pemberian koreksi. Semakin panjang jarak pada suatu slang maka bobot kesalahan dan koreksinya lebih kecil.

Koreksi kesalahan acak pada pengukuran kerangka dasar horizontal dilakukan untuk memperoleh koordinat (absis dan ordinat) definitif. Sebelum pengolahan data poligon kerangka dasar horizontal, koreksi sistematis harus dilakukan terlebih dahulu

kedalam pembacaan sudut horizontal. Kontrol koordinat dilakukan melalui 4 atau 2 buah titik ikat tergantung pada ikat kontrol sempurna atau sebagian saja. Jarak datar dan sudut poligon setiap poligon merupakan suatu variabel yang menentukan untuk memperoleh koordinat definitif tersebut. Syarat yang ditetapkan dan harus dipenuhi terlebih dahulu adalah syarat sudut baru kemudian absis dan ordinat. Bobot koreksi sudut tidak diperhitungkan atau dilakukan secara sama rata tanpa memperhitungkan faktor-faktor lain. Sedangkan bobot koreksi absis dan ordinat diperhitungkan melalui 2 metode, yaitu **metode bowditch** dan **transit**. Metode bowditch bobot koreksinya dihitung berdasarkan jarak datar langsung, sedangkan terhadap sumbu x (untuk absis) dan sumbu y (untuk sumbu ordinat). Semakin besar jarak datar langsung, koreksi bobot absis dan ordinat semakin besar, demikian pula sebaliknya.

Di atas telah dijelaskan bentuk-bentuk kesalahan yang mungkin terjadi pada waktu melakukan pengukuran, kesalahan kesalahan pengukuran dapat di sebabkan oleh ;

- a. Karena kesalahan pada alat yang digunakan (seperti yang telah di jelaskan di atas)
- b. Karena keadaan alam, dan
- c. Karena pengukur sendiri

### **a. Kesalahan pada alat yang digunakan**

Alat-alat yang digunakan adalah alat ukur penyipat datar dan mistar. Lebih dahulu akan di tinjau kesalahan pada alat ukur penyipat datar. Kesalahan yang didapat adalah yang berhubungan dengan syarat utama. Kesalahan ini adalah: Garis bidik tidak sejajar dengan garis arah nivo. Kesalahan ini sering kita jumpai pada saat melakukan pekerjaan pengukuran beda tinggi.

### **b. Kesalahan karena keadaan alam**

- Karena lengkungnya permukaan bumi, pada umumnya bidang-bidang nivo karena melengkungnya permukaan bumi akan melengkung pula dan beda tinggi antara dua titik adalah antara jarak dua bidang nivo yang melalui dua titik itu.
- Karena lengkungnya sinar cahaya, akan dijelaskan pada bagian **koreksi boussole**
- Karena getaran udara, karena adanya pemindahan hawa panas dari permukaan bumi ke atas, maka bayangan dari mistar yang dilihat dengan teropong akan bergetar, sehingga pembacaan dari mistar tidak dapat dilakukan dengan teliti
- *Karena masuknya lagi tiga kaki dan mistar ke dalam tanah.* Bila dalam

waktu antara pengukuran satu mistar dengan mistar lainnya, baik kaki tiga maupun mistar ke dua masuk kedalam tanah, maka pembacaan pada mistar kedua akan salah bila digunakan untuk mencari beda tinggi antara dua titik yang ditempati oleh mistar-mistar itu.

- *Karena perubahan arah garis nivo.* Karena alat ukur penyipat datar kena panas sinar matahari, maka terjadi tegangan pada bagian-bagian alat ukur, terutama pada bagian yang terpenting yaitu pada bagian nivo.

### **c. Karena pengukur sendiri**

*Kesalahan pada mata,* kebanyakan orang pada waktu mengukur menggunakan satu mata saja. Yang secara tidak langsung akan mengakibatkan kasarnya pembacaan. Apalagi bila nivo harus dilihat tersendiri, karena tidak terlihat dalam medan teropong, sehingga kurang tepatnya meletakkan gelembung nivo di tengah-tengah.

*Kesalahan pada pembacaan,* karena kerap kali harus melakukan pembacaan dengan cara menaksir, maka bila mata telah lelah, nilai taksirannya menjadi kurang.

*Kesalahan yang kasar,* karena belum pahamnya pembacaan pada mistar. Mistar-mistar mempunyai tata cara tersendiri dalam pembuatan skalanya. Kesalahan ini banyak

sekali dibuat dalam menentukan banyaknya meter dan desimeter angka pembacaan.

Salah satu pengaplikasian pengukuran kerangka dasar horisontal ini adalah pengukuran tachymetri dengan bantuan alat theodolite.

Kesalahan pengukuran cara tachymetri dengan theodolite

Kesalahan alat, misalnya ;

- a. Jarum kompas tidak benar-benar lurus.
- b. Jarum kompas tidak dapat bergerak bebas pada porosnya.
- c. Garis bidik tidak tegak lurus sumbu mendatar (salah kolimasi).
- d. Garis skala  $0^\circ - 180^\circ$  atau  $180^\circ - 0^\circ$  tidak sejajar garis bidik.
- e. Letak teropong eksentris.
- f. Poros penyangga magnet tidak sepusat dengan skala lingkaran mendatar.

Kesalahan pengukuran, misalnya;

- a. Pengaturan alat tidak sempurna (temporary adjustment)
- b. Salah taksir dalam pembacaan
- c. Salah catat.

Kesalahan akibat faktor alam misalnya;

- a. Deklinasi magnet.
- b. atraksi lokal.

Kesalahan pengukuran cara offset

Kesalahan arah garis offset  $\alpha$  dengan panjang  $l$  yang tidak benar-benar tegak lurus berakibat:

Kesalahan arah sejajar garis ukur =  $l \sin \alpha$

Kesalahan arah tegak lurus garis ukur =  $l - l \cos \alpha$

Bila skala peta adalah  $1 : S$ , maka akan terjadi salah plot sebesar  $1/S \times$  kesalahan.

Bila kesalahan pengukuran jarak garis offset  $\delta l$ , maka gabungan pengaruh kesalahan pengukuran jarak dan sudut menjadi:  $\{(l \sin \alpha)^2 + \delta l^2\}^{1/2}$ .

Ketelitian pengukuran cara offset dalam upaya meningkatkan ketelitian hasil ukur cara offset bisa dilakukan dengan :

1. Titik-titik kerangka dasar dipilih atau dibuat mendekati bentuk segitiga sama sisi.
2. Garis ukur:
  - Jumlah garis ukur sesedikit mungkin.
  - Garis tegak lurus garis ukur sependek mungkin.
  - Garis ukur pada bagian yang datar.
3. Garis offset pada cara siku-siku harus benar-benar tegak lurus garis ukur.
4. Pita ukur harus benar-benar mendatar dan diukur seteliti mungkin.
5. Gunakan kertas gambar yang stabil untuk penggambaran.

Pada perhitungan dari survei yang menggunakan metode **closed traverse** selalu terjadi kesalahan (penyimpangan). yaitu adanya dua stasiun yang meskipun



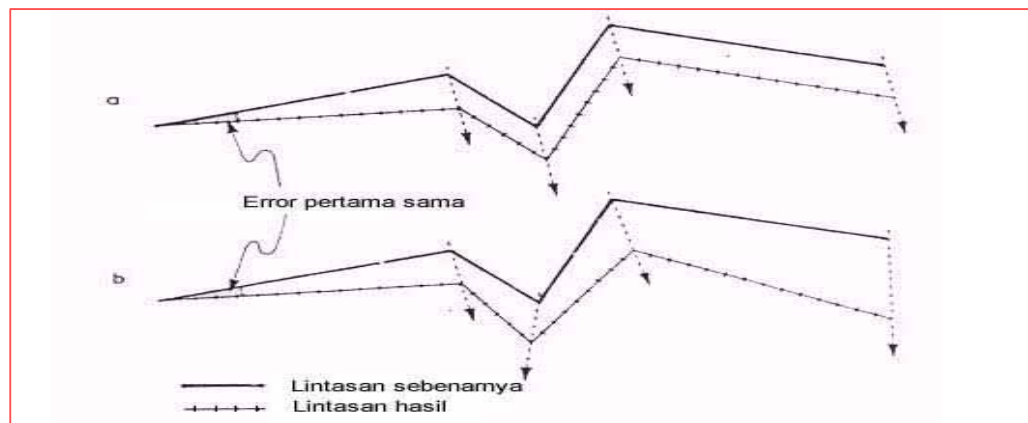
pada kenyataannya dilapangan, stasiun tersebut hanya satu. Kesalahan tersebut meliputi kesalahan koodinat dan elevasi stasiun terakhir yang seharusnya adalah sama dengan stasiun awal. Hal ini terjadi karena kesalahan pada ketidak-sempurnaan terhadap :

1. Alat (Tidak ada alat yang sempurna)
2. Pembacaan (tidak ada penglihatan yang sempurna)

Sewaktu survei dilakukan dan tidak mungkin kesalahan itu tidak dapat dihindarkan sebab tidak ada alat dan manusia yang ideal untuk menghasilkan pengukuran yang ideal pula.

Pada survei yang menggunakan theodolite, kesalahan yang terjadi adalah akumulatif, dalam kesalahan dalam salah satu stasiun, akan mempengaruhi bagi posisi stasiun berikutnya.

Sedangkan survei menggunakan kompas, kesalahan yang terjadi pada salah satu stasiun, tidak mempengaruhi bagi stasiun berikutnya. Distribusi kesalahan pada Survei magnetik, dengan cara yang sederhana yaitu jumlah total kesalahan dibagi dengan jumlah lengan survai, kemudian di distribusikan ke setiap stasiun tersebut.



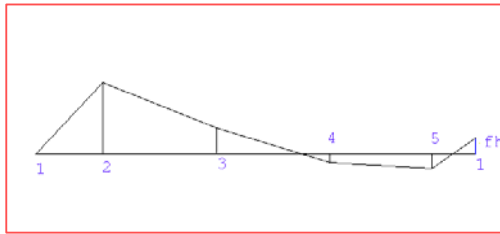
Gambar 31. Pengaruh kesalahan kompas t0 Theodolite

Untuk mengatasi hal itu, angka kesalahan yang terjadi harus di distribusikan ke setiap stasiun. Kesalahan yang terjadi karena survei magnetic (dengan menggunakan kompas dan survey grade x) menggunakan theodolithe, memiliki jenis yang berbeda.

Dibawah ini merupakan distribusi untuk survei non magnetic

#### Perataan penyimpangan elevasi

Berikut ini gambar sket perjalanan tampak samping memanjang



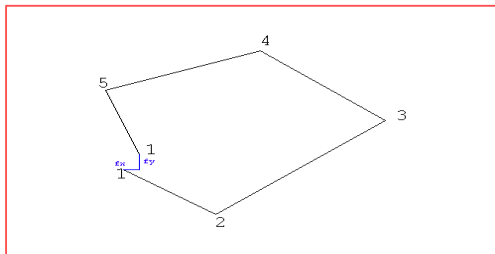
Gambar 32. Sket perjalanan

Setelah perhitungan dilakukan, ternyata elevasi titik akhir yang seharusnya sama dengan titik 1 terdapat penyimpangan sebesar:

Elevasi koreksi = elevasi titik + koreksi

#### Perataan penyimpangan koordinat

Setelah perhitungan dilakukan, hasilnya stasiun terakhir tidak kembali ke stasiun awal, ada selisih jarak sel ( $d$ ).  $d^2 = f(y)^2 + f(x)^2$



Gambar 33. Gambar Kesalahan Hasil Survei

Penyimpangan yang terjadi adalah penyimpangan absis  $f(x)$  dan ordinat  $f(y)$  koreksi terhadap penyimpangan absis:

Absis terkoreksi = absis lama + koreksi.

Koreksi terhadap penyimpangan ordinat, analog dengan perhitungan diatas

#### Koreksi bousole

Dari ilmu alam diketahui, bahwa jarum magnet diganggu oleh benda-benda dari logam yang terletak di sekitar jarum magnet itu. Bila tidak ada gangguan, jarum magnet akan terletak didalam bidang meridian magnetis, ialah dua bidang yang melalui dua kutub magnetis dan bidang magnetis itu. Karena untuk keperluan pembuatan peta diperlukan meridian geografis yang melalui dua kutub bumi dan tempat jarum itu, dan karena meridian magnetis tidak berhimpit dengan meridian geografis yang disebabkan oleh tidak samanya kutub-kutub magnetis dan kutub-kutub geografis, maka azimuth magnetis harus diberi koreksi terlebih dahulu, supaya didapat besaran-besaran geografis: ingat pada sudut jurusan yang sebetulnya sama dengan azimuth utara-timur. Untuk menentukan koreksi boussole ada dua cara. Ingatlah lebih dahulu apa yang diartikan dengan koreksi. Koreksi adalah besaran yang harus ditambahkan pada pembacaan atau pengukuran, supaya didapat besaran yang betul. Kesalahan adalah besaran yang harus dikurangkan dari pembacaan atau pengukuran, supaya didapat besaran yang betul.

- Mengukur azimuth suatu garis yang tertentu; Seperti telah diketahui garis yang tertentu adalah garis yang menghubungkan dua titik  $P(X_p; Y_p)$  dan  $Q(X_q; Y_q)$  yang telah diketahui koordinat-

koordinatnya. Alat ukur BTM ditempatkan pada salah satu titik itu, misalnya di titik P, dengan sumbu kesatuan tegak lurus diatas titik P. Arahkan garis bidik tepat pada titik Q, Misalkan pembacaan pada skala lingkaran mendatar dengan ujung utara jarum magnet ada A. Hitunglah sudut jurusan  $\alpha_{ab}$  garis PQ dengan  $\tan \alpha_{ab} = \frac{(y_q - y_p)}{(x_q - x_p)}$  yang setelah sudut jurusan  $\alpha_{pq}$  ini di sesuaikan dengan macam sudut azimuth yang ditunjuk oleh jarum magnet alat ukur BTM ada  $\alpha$ , maka karena  $\alpha$  adalah besaran yang betul, dapatlah ditulis:

$\alpha = A + C$  Dalam rumus C adalah rumus boussole, sehingga  $C = \alpha - A$

- b. Mengukur tinggi matahari; Dasar cara kedua ini adalah mengukur tinggi suatu bintang yang diketahui deklinasinya pada saat pengukuran bintang itu. Dengan tinggi  $h$ , deklinasi  $\delta$  bintang itu dan lintang  $\varphi$  tempat pengukuran dapatlah di hitung azimuth astronomis yang sama dengan azimuth geografis bintang itu. Bila azimuth astronomis itu dibandingkan dengan azimuth yang ditunjuk oleh jarum magnet pada saat pengukuran, dapatlah ditentukan koreksi boussole.

Ingatlah selalu, bahwa pada saat pengukuran si pengukur berdiri dengan

punggungnya ke arah matahari yang diukur dan keadaan tepi-tepi matahari dilihat dari ujung objektif pada kertas putih yang di pasang pada lensa okuler. Besarnya refraksi yang selalu mempunyai tanda minus tergantung pada tinggi  $h$  yang di dapat dari pengukuran. Untuk harga koreksi berlaku tabel. Tinggi  $h$  yang didapat dari hasil pengukuran koreksi refraksi dengan tanda minus.

Tinggi  $h$  yang telah diberi koreksi refraksi ini adalah tinggi sebenarnya dari pada tepi atas atau tepi bawah matahari. Karena yang diperlukan sekarang adalah tinggi titik pusat matahari dan sudut lihat kedua tepi atas dan tepi bawah matahari ada  $D = 32'$ , maka tinggi sebenarnya tadi harus dikurangi dengan  $\frac{1}{2} D = 16'$ , bila di ukur tepi bawah mata hari untuk mendapatkan tinggi sebenarnya dari pada titik pusat matahari.

### 2.1.3 Kesalahan Pengukuran

Banyak faktor yang mempengaruhi hasil pengukuran sipat datar teliti, mulai dari faktor-faktor yang pengaruhnya dapat dihilangkan sampai faktor-faktor yang pengaruhnya hanya dapat diperkecil. Adapun faktor-faktor tersebut antara lain:

- Keadaan tanah jalur pengukuran
- Keadaan/ kondisi atmosfer (getaran udara)

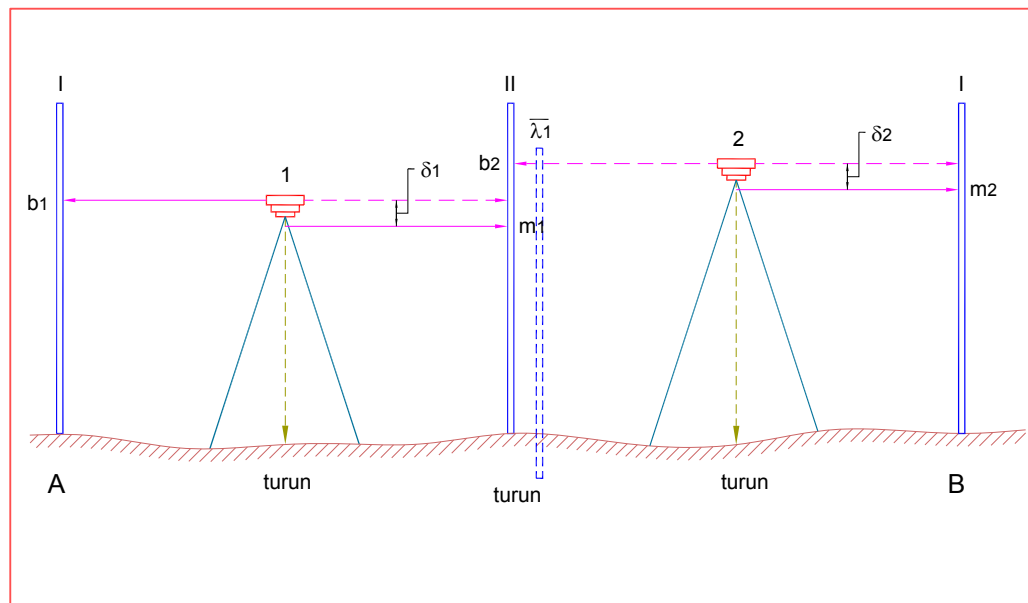
- Refraksi atmosfer.
- Kelengkungan bumi.
- Kesalahan letak skala nol rambu.
- Kesalahan panjang rambu (bukan rambu standar).
- Kesalahan pembagian skala (scale graduation) rambu.
- Kesalahan pemasangan nivo rambu
- Kesalahan garis bidik.

Dari faktor-faktor tersebut dapat ditarik pelajaran bahwa sudah seharusnya seorang juru ukur mengetahui hal-hal yang akan mengakibatkan kesalahan pada pengukuran.

a. Keadaan jalur pengukuran

Pengukuran sipat datar pada umumnya harus menggunakan jalur pengukuran yang keras, seperti jalan diperkeras, jalan raya, jalan baja.

Dengan demikian turunya alat dan rambu dalam pelaksanaan pengukuran dapat diperkecil, karena apabila terjadi penurunan alat dan rambu maka pengukuran akan mengalami kesalahan. Besarnya kesalahan akibat penurunan alat-alat tersebut dijelaskan dibawah ini:



Gambar 34. Kesalahan karena penurunan alat

Pada salang 1 selama waktu pembacaan rambu belakang dan memutar alat kerambu muka, alat ukur turun  $\delta_1$ . Pada

waktu alat pindah ke slag 2, rambu turun  $\lambda_1$  dan selama pengukuran berlangsung alat turun  $\delta_2$ .

Rumus yang digunakan untuk menentukan beda tinggi ( $\Delta h$ ) akibat penurunan alat antara A dan B yaitu:

$$\text{Slag 1: } \overline{\Delta h}_1 = (b_1 - (m_1 + \delta_1))$$

$$\text{Slag 2: } \overline{\Delta h}_2 = (b_2 - \lambda_1) - (m_2 + \delta_2)$$

$$\overline{\Delta h}_{AB} = (b_1 - m_1) + (b_2 - m_2) - (\delta_1 + \delta_2 + \lambda_1)$$

$$\overline{\Delta h}_{AB} = \Delta h_{AB}^u - (\delta_1 + \delta_2 + \lambda_1) = \Delta h_{AB} - K_1$$

Dimana:

$\Delta h_{AB}^u$  = beda tinggi hasil ukuran

$K_1 = (\delta_1 + \delta_2 + \lambda_1) =$  kesalahan karena turunya alat dan rambu

Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan, bahwa apabila pengukuran antara dua titik (pilar) terdiri dari banyak slag pengaruh turunya alat dan rambu akan menjadi lebih besar (akumulasi).

Di bawah ini adalah usaha yang bisa dilakukan untuk memperkecil pengaruh turunya alat dan rambu:

- Pada perpindahan slag, pembacaan dimulai pada rambu yang sama seperti pembacaan pada slag sebelumnya,
- Pada setiap slag pembacaan dilakukan dua kali untuk setiap rambu.

Untuk kedua usaha di atas dapat diterangkan sbb:

- Pembacaan dimulai pada rambu no I.

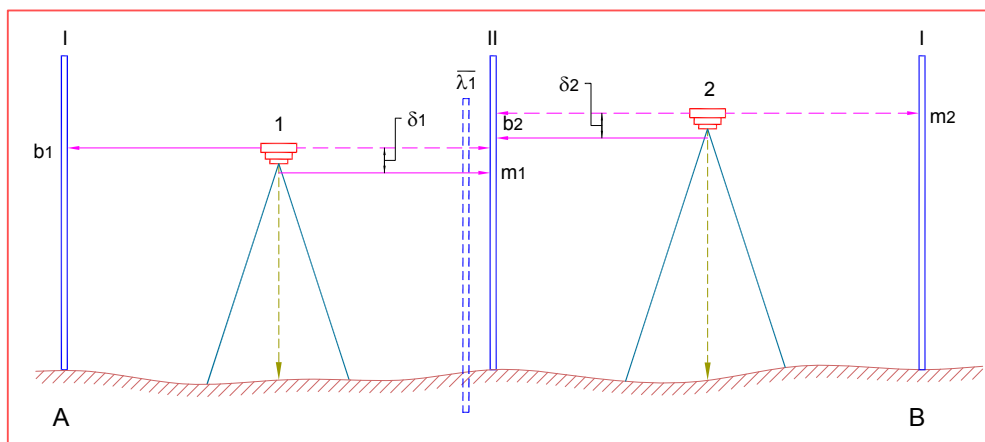
$$\text{Dari slag 1 : } \overline{\Delta h}_1 = (b_1 - m_1) + \delta_1$$

$$\text{Dari slag 2 : } \overline{\Delta h}_2 = (b_2 - m_2) + \delta_2 - \lambda_1$$

$$\overline{\Delta h}_{AB} = \Delta h_{AB} - (\lambda_1 - \delta_1 - \delta_2)$$

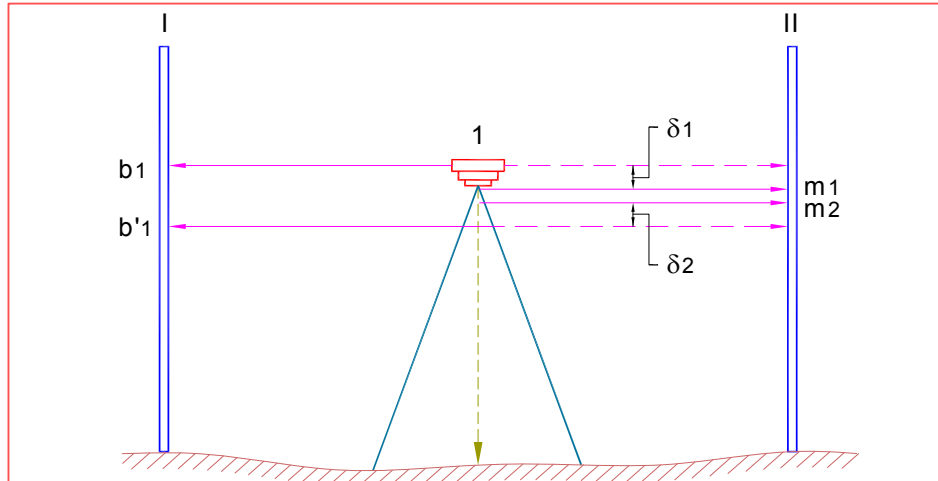
$$\overline{\Delta h}_{AB} = \Delta h_{AB}^u - K_2$$

Dimana  $K_2 < K_1$



Gambar 35. Pembacaan pada rambu I

- Pembacaan diulang 2x



Gambar 36. Pembacaan pada rambu II

Dari slag 1 :

$$\text{Bacaan pertama : } \overline{\Delta h}_1 = (b_1 - m_1) - \delta_1$$

$$\text{Bacaan kedua : } \overline{\Delta h}_1 = (b_1 - m_1) + \delta_2$$

$$\text{Rata-rata } \overline{\Delta h}_1 = \Delta h_1^u - \frac{1}{2}(\delta_1 - \delta_2)$$

Dengan cara yang sama dari slag dua diperoleh:

$$\text{Rata-rata } \overline{\Delta h}_2 = \Delta h_2^u - \frac{1}{2}(\delta_2 - \delta_1)$$

$$\text{Maka } \overline{\Delta h}_{AB} = \Delta h_{AB}^u$$

- b. Kesalahan letak skala nol rambu

Kesalahan letak skala nol rambu dapat terjadi karena kesalahan pembuatan alat (pabrik) atau rambu yang digunakan sudah sering dipakai sehingga permukaan bawahnya menjadi aus.

Pengaruh kesalahan ini dapat diterangkan dengan gambar 37.

Secara sistematis dapat dirumuskan sbb:

Misal rambu I mempunyai kesalahan  $\delta_1$ ,  
Dan rambu II mempunyai kesalahan  $\delta_2$ ,  
 $\delta_2 \neq \delta_1$ , maka:

$$\begin{aligned} \text{Slag 1: } \overline{\Delta h}_1 &= (b_1 + \delta_1) - (m_1 + \delta_2) \\ &= (b_1 - m_1) + (\delta_1 - \delta_2) \end{aligned}$$

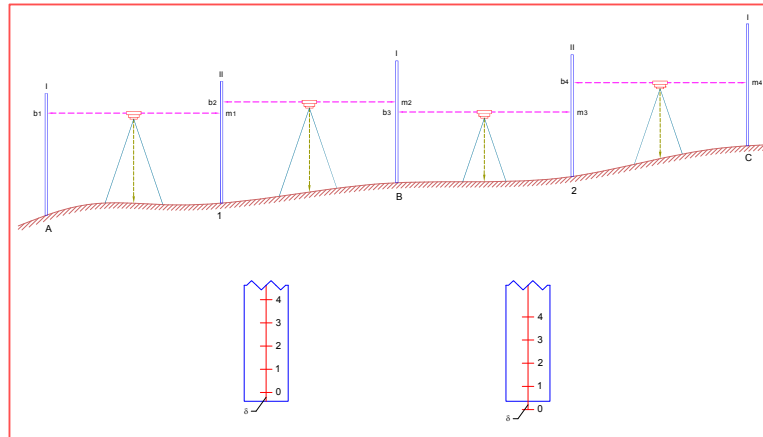
Kesalahannya:  $(\delta_1 - \delta_2)$

$$\begin{aligned} \text{Slag 2: } \overline{\Delta h}_1 &= (b_2 + \delta_2) - (m_2 + \delta_1) \\ &= (b_2 - m_2) + (\delta_2 - \delta_1) \end{aligned}$$

Kesalahannya:  $(\delta_2 - \delta_1)$

Jumlah kesalahan dari dua slag adalah  
 $(\delta_1 - \delta_2) + (\delta_2 - \delta_1) = 0$

$$\text{Artinya: } \overline{\Delta h}_{AB} = \Delta h_{AB}^u$$



Gambar 37. Kesalahan Skala Nol Rambu

Jadi dapat disimpulkan bahwa beda tinggi hasil ukuran antara dua titik tidak mengandung kesalahan akibat kesalahan letak skala nol rambu, bila pengukuran dilakukan dengan prosedur sbb:

- Jumlah slag antara titik-titik yang diukur harus genap.
- Posisi rambu harus diatur selang-seling (I – II – I – II .... dst .... I)

c. Kesalahan panjang rambu

Panjang rambu akan berubah karena perubahan temperatur udara. Misalnya panjang rambu invar 3m, panjang rambu tersebut tepat 3m pada temperatur standar  $t_0$ . Bila pada waktu pengukuran temperatur udara adalah  $t$  (lebih besar atau lebih kecil dari  $t_0$ ) maka rambu tidak lagi 3m, tetapi  $3m \pm \alpha(t - t_0)$  dimana  $\alpha$  adalah angka muai invar.

Hal ini mengakibatkan data hasil pengukuran mengalami kesalahan.

Besarnya pengaruh dijelaskan dalam gambar 38.

Secara sistematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

Misal rambu I muai sebesar  $\delta_1 m$  dan rambu II muai  $\delta_2 m$ ; panjangnya rambu standar adalah  $L$  m, umumnya 3m; maka dalam satu slag:

$$\text{Beda tinggi ukuran} = \Delta h^u = b^1 - m^1$$

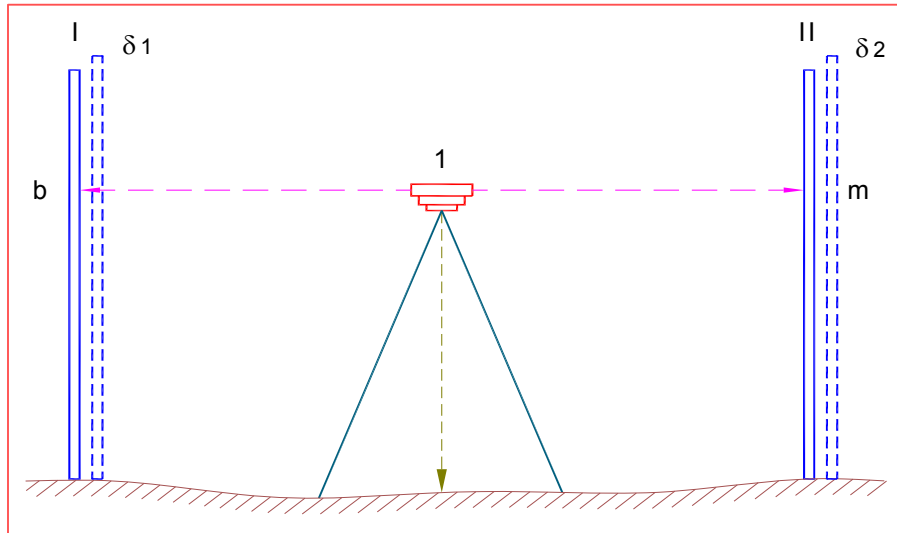
$$\text{Beda tinggi yang benar} = \bar{\Delta h} = b - m$$

Karena

$$b^1 = \left( \frac{L + \delta_1}{L} \right) \cdot b = \left( 1 + \frac{\delta_1}{L} \right) \cdot b$$

$$m^1 = \left( \frac{L + \delta_2}{L} \right) \cdot m = \left( 1 + \frac{\delta_2}{L} \right) \cdot m$$

$$\text{Maka } \bar{\Delta h} = b - m = \Delta h^u + \left( \frac{\delta_1}{L} b^1 + \frac{\delta_2}{L} m^1 \right)$$



Gambar 38. Bukan rambu standar

Artinya, data pengukuran mengandung kesalahan sebesar:  $\left(\frac{\delta_1}{L} b^1 + \frac{\delta_2}{L} m^1\right)$

Dengan cara yang sama dapat diterangkan kesalahan untuk rambu yang mengkerut.

Cara pencegahannya agar rambu tidak mengalami pemuaian, yaitu jika pada saat pengukuran udara panas atau hujan maka rambu ukur harus dilindungi dengan payung sehingga rambu ukur dapat terlindungi.

d. Kesalahan pembagian skala rambu

Kesalahan pembagian skala rambu terjadi pada waktu pembuatan (pabrik). Misalkan panjang rambu 3m, maka apabila ada satu bagian skala dibuat terlalu kecil, pasti dibagian yang lain ada yang lebih besar.

Penaksiran bacaan pada interval skala yang kecil akan berbeda dengan bacaan pada interval skala yang lebih besar, artinya ketelitian bacaan akan berbeda, hal ini tidak dikehendaki.

Cara pencegahannya yaitu apabila terdapat kesalahan akibat tidak meratanya pembagian skala pada rambu, sebaiknya rambu tersebut tidak digunakan dan dalam pemilihan rambu sebaiknya harus teliti agar memperoleh rambu yang sama dalam pembagian skalanya.

e. Kesalahan pemasangan nivo rambu

Pada rambu keadaan tegak, seharusnya gelembung nivo berada ditengah. Akan tetapi karena kesalahan pemasangan, keadaan di atas tidak dipenuhi, artinya gelembung nivo sudah



berada ditengah rambu dalam keadaan miring. Apabila rambu miring baik kedepan, kebelakang, kesamping, maka bacaan rambu akan terlalu besar.

Secara sistematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

Bacaan rambu dalam keadaan miring adalah  $b^1$ , bacaan seharusnya adalah  $b$ . Bila kemiringan rambu adalah sudut  $\alpha$ , maka:

$$b = b^1 \cos \alpha$$

karena umumnya  $\alpha$  kecil:

$$b = b^1 (1 - \frac{1}{2} \alpha + \dots)$$

$$b = b^1 - \frac{1}{2} \alpha b^1 + \dots$$

Besarnya kesalahan pembacaan adalah  $\frac{1}{2} \alpha b^1$ . Karena  $\alpha$  konstan, besarnya kesalahan tergantung tingginya bacaan  $b^1$ . Makin tinggi  $b^1$  maka makin besar kesalahannya.

Cara pencegahannya yaitu pada saat pengukuran periksalah pemasangan nivo dan pada waktu pengukuran garis bidik tidak terlalu tinggi dari atas permukaan tanah.

f. Kelengkungan bumi

Jarak antara bidang-bidang nivo melalui masing-masing titik yang bersangkutan disebut beda tinggi antara dua titik.

Beda tinggi antara dua titik dapat ditentukan dari ketinggian bidang nivo

yang melalui alat sipat datar bila bidang-bidang nivo dianggap saling sejajar. Dengan garis bidik mendatar, karena kelengkungan bumi tersebut tidak memberikan beda. Permasalahan di atas dijelaskan dalam gambar 41.

Dari bacaan garis bidik mendatar menghasilkan selisih bacaan ( $b - m$ ) yang tidak sama dengan selisih ( $t_A - t_B$ ). Kesalahn karena kelengkungan bumi pada beda tinggi adalah  $dh$

$$Dh = (b - t_A) - (m - t_B)$$

Sedangkan pada pembacaan rambu masing-masing adalah:

$$\text{Rambu belakang : } X_b = (b - t_A)$$

$$\text{Rambu muka : } X_m = (m - t_B)$$

Besarnya  $X$  adalah (lihat gambar 42):

$$(R + h)^2 + D^2 = \{(R + h) + X\}^2$$

$$(R + h)^2 + D^2 = (R + h)^2 + 2(R + h)X + X^2$$

$$D^2 = 2(R + h)X + X^2$$

Karena  $h \ll R$  dan  $X \ll R$  dapat

Dianggap:  $(R + h) \approx R$  dan  $X^2 \approx 0$ , maka

$$D^2 = 2R.X$$

$$\text{Atau } X = \frac{D^2}{2R}$$

Dengan demikian:

$$X_b = \frac{D_b^2}{2R}$$

$$X_m = \frac{D_m^2}{2R}$$

Dan

$$dh = \frac{D_b^2}{2R} - \frac{D_m^2}{2R} = \frac{1}{2R} \cdot (D_b^2 - D_m^2)$$

Berikut contoh besarnya X dan dh.

Bila  $D = 40 \text{ m}$ ,  $R = 6000 \text{ km}$ ,

$$\text{Maka } X = \frac{40^2}{2(6000000)} = 0.13 \text{ mm}$$

Bila  $D_b = 40 \text{ m}$ ,  $D_m = 30 \text{ m}$ ,

$$\begin{aligned} \text{Maka } dh &= \frac{1}{2(6000000)} (40^2 - 30^2) \\ &= 0.06 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cara pencegahaannya adalah:

- Usahakan agar didalam setiap slag  $D_b$  seimbang dengan  $D_m$  agar  $dh=0$
- Karena kelengkungan bumi bacaan rambu terlalu besar, sehingga koreksi X bertanda negatif
- Bila  $D_b > D_m$  koreksi dh adalah negatif  
Bila  $D_b < D_m$  koreksi dh adalah positif

#### g. Refraksi atmosfer

Karena lapisan atmosfer mempunyai kerapatan yang tidak sama (makin kebawah, makin rapat) jalannya sinar/ cahaya (matahari) adalah mengalami pembiasan (melengkung).

Sehingga benda-benda akan lebih tinggi dari posisi seharusnya. Besarnya pengaruh refraksi atmosfer pada

pengukuran sipat datar dijelaskan pada gambar 43.

Secara sistematis besarnya pengaruh refraksi atmosfer pada pengukuran sipat datar adalah sebagai berikut:

Skala  $t$  akan nampak di  $t^1$ , kesalahannya adalah  $Y = t^1 - t$ .

Besarnya Y adalah :

$$Y = K \cdot \frac{D^2}{2R}$$

Dimana K = koefisien refraksi atmosfer

$$= \frac{R}{R^1} \approx 0.14$$

Contoh:

Bila  $D = 40 \text{ m}$ ,  $K = 0.14$ , maka:

$$Y = 0.14 \cdot \frac{40^2}{2(6000000)} = 0.02 \text{ mm}$$

Catatan:

Koreksi refraksi atmosfer dan kelengkungan bumi biasanya digabung menjadi satu karena refraksi dan kelengkungan bumi terjadi bersamaan pada saat pengukuran dilakukan.

$$\text{Rumusny} : r = \frac{k-1}{2R} D^2$$

$$\bar{r} = \frac{k-1}{2R} (D_b^2 - D_m^2)$$

Dimana:

$r$  = adalah koreksi terhadap bacaan

$\bar{r}$  = adalah koreksi terhadap beda tinggi (satu slag)

#### h. Getaran udara

Biasanya, bayangan rambu pada teropong nampak bergetar karena adanya pemindahan panas dari permukaan tanah ke atas.

Dengan demikian cara pencegahannya yaitu karena pembacaan rambu tidak dapat dilakukan dengan teliti, maka sebaiknya pengukuran dihentikan.

#### i. Perubahan arah garis jurusan nivo

Pada alat ukur akan terjadi tegangan pada bagian-bagian alat ukur terutama sekali nivo apabila terkena panas matahari langsung.

Montur nivo mendapat tegangan sehingga arah garis jurusan nivo mengalami perubahan dan tidak sejajar lagi dengan garis bidik. Sehingga mengakibatkan bacaan rambu mengandung kesalahan.

Cara pencegahannya yaitu agar hal ini tidak terjadi, maka pada saat pengukuran berlangsung hendaknya alat ukur di lindungi oleh payung.

#### j. Kesalahan garis bidik

Garis bidik harus sejajar dengan garis jurusan nivo hal ini merupakan syarat utama alat sipat datar. Apabila tidak sejajar, pada kedudukan gelembung nivo ditengah garis bidik tidak mendatar.

Cara pencegahannya yaitu sebelum pengukuran dimulai, pastikan dulu bahwa garis bidik sudah sejajar dengan garis jurusan nivo.

#### k. Paralak

Dalam pengukuran pada saat pembacaan, gelembung nivo harus tepat ditengah. Untuk mengetahui dengan tepat bahwa gelembung nivo berada ditengah, yaitu dengan cara menempatkan mata tegak diatas nivo langsung atau bayangan (lewat cermin atau prisma).

Bila dari samping, karena paralak, gelembung nivo akan nampak sudah tepat ditengah. Sehingga mengakibatkan kedudukan garis bidik belum mendatar maka pembacaan akan mengandung kesalahan.

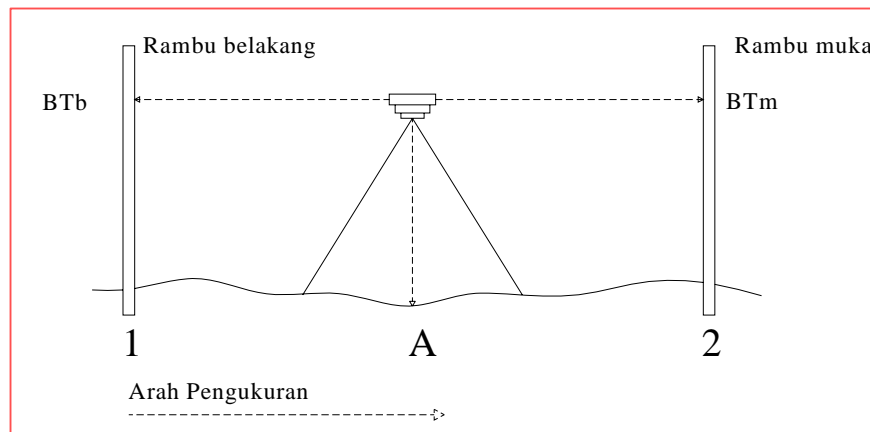
Cara pencegahannya yaitu pada saat akan memulai pengukuran maka gelembung nivo diatur dulu hingga benar-benar sesuai dengan aturan.

## 2.2 Kesalahan sistematis

Kesalahan sistematis adalah kesalahan yang mungkin terjadi akibat adanya kesalahan pada suatu sistem. Kesalahan sistem dapat diakibatkan oleh peralatan dan kondisi alam.

Peralatan yang dibuat manusia walaupun dibuat dengan canggihnya, akan tetapi masih diperlukan suatu prosedur guna mengetahui kemungkinan munculnya kesalahan pada pengukuran baik alat, maupun data.

Apabila penyebab suatu kesalahan telah di ketahui sebelumnya dan apabila pada saat pengukuran kondisinya telah pula di ketahui maka dapat di lakukan koreksi terhadap kesalahan-kesalahan yang timbul dan kesalahan semacam ini di sebut kesalahan sistematis.



Gambar 39. Sifat Datar di Suatu Sta

Apabila penyebab suatu kesalahan telah di ketahui sebelumnya dan apabila pada saat pengukuran kondisinya telah pula di ketahui, maka dapat di lakukan koreksi pada kesalahan yang ada. Contohnya, pita ukur baja yang terdapat koreksi skala atau koreksi suhu. Selanjutnya, seperti pada kesalahan yang besarnya hampir sama dan jika di lakukan koreksi dengan suatu nilai tertentu terhadap harga ukurnya, maka akan mendekati harga benar walaupun tidak dapat di ketahui dengan pasti penyebab kesalahan tersebut. Kesalahan seperti ini dapat pula di klasifikasikan sebagai kesalahan sistematis.

Sebagai contoh, sehubungan dengan adanya kesalahan-kesalahan tersebut, bahwa pada pita ukur baja biasanya untuk. Harga-harga ukurnya terdapat konstanta-konstanta koreksi skala atau koreksi suhu. Selanjutnya, seperti halnya kesalahan elevasi dengan instrumen plotting, terdapat semacam kesalahan yang besarnya hampir sama dan jika di lakukan koreksi dengan suatu nilai tertentu terhadap harga ukurnya, maka akan mendekati harga benar walaupun tidak dapat di ketahui dengan pasti penyebab kesalahan tersebut

Kesalahan seperti ini dapat pula di klasifikasikan sebagai kesalahan sistematis. Kesalahan sistematis dapat terjadi karena kesalahan alat yang kita gunakan.

Alat-alat yang di gunakan adalah alat ukur penyipat datar dan mistar. Lebih dahulu kita akan tinjau kesalahan yang ada pada *alat ukur penyipat datar*. Kesalahan yang di dapat adalah yang berhubungan dengan syarat utama. Kesalahan itu adalah garis bidik tidak sejajar dengan dengan garis arah nivo. Dapat diketahui bahwa untuk mendapatkan beda tinggi antara dua titik mistar yang diletakan di atas dua titik harus di bidik dengan garis bidik yang mendatar. Semua pembacaan yang di lakukan dengan garis bidik yang mendatar diberi tanda dengan angka 1. pembacaan dengan garis bidik yang mendatar adalah  $BT_{b1}$ - $BT_{m1}$ , sedang pembacaan yang di lakukan dengan garis bidik miring dinyatakan dengan angka 2. bila gelembung di tengah-tengah, jadi garis arah nivo mendatar dan garis bidik tidak sejajar dengan garis arah nivo, maka garis bidik akan miring dan membuat sudut  $\alpha$  dengan garis arah nivo, sehingga pembacaan pada kedua mistar akan menjadi  $BT_m$  dan  $BT_b$ .

Beda tinggi antara titik A dan titik B sama dengan  $t = BT_{b1} - BT_{m1}$ . Sekarang akan dicari hubungan antara selisih pembacaan  $BT_{b2}$  dan  $BT_{m2}$  yang di dapatkan garis bidik miring dengan selisih pembacaan

$BT_{b1}$  dan  $BT_{m2}$  yang akan di dapat bila garis bidik mendatar jadi telah sejajar dengan garis arah nivo, maka koreksi garis bidik untuk diatas sama dengan:

$$= \frac{(BT_{b1} - BT_{m1}) - (BT_{b2} - BT_{m2})}{(db1 - dm1) - (db2 - dm2)}$$

Kesalahan sistematis dapat juga disebabkan oleh karena keadaan alam yang dapat di sebabkan oleh:

1. Karena lengkungan permukaan bumi. Pada umumnya karena bidang-bidang nivo karena pula dan beda tinggi antara dua titik adalah jarak antara dua bidang nivo yang melalui dua titik itu.
2. Karena melengkungnya sinar cahaya (refraksi). Sinar cahaya yang datang dari benda yang di teropong harus melalui lapisan-lapisan udara yang tidak sama padatnya, karena suhu dan tekannya tidak sama.
3. Karena getaran udara. akibat adanya pemindahan hawa panas dari permukaan bumi keatas, maka bayangan dari mistar yang di lihat dengan teropong akan bergetar sehingga pembacaan ada mistar tidak dapat di lakukan.
4. Karena masuknya lagi kaki tiga dan mistar kedalam tanah. Bila dalam waktu antara pengukuran satu mistar dengan mistar lainnya baik

kaki tiga maupun mistar kedua masuk lagi kedalam tanah maka pembacaan pada mistar kedua akan salah bila di gunakan untuk mencari beda tinggi antara dua titik yang ditempati oleh mistar-mistar itu.

5. Karena perubahan garis arah nivo, karena alat ukur penyipat datar terkena napas sinar matahari maka akan terjadi tegangan pada bagian-bagian alat ukur, terutama pada bagian penting seperti nivo.

### 2.2.1 Pengaruh kesalahan garis bidik

Bila garis bidik sejajar dengan garis arah nivo, maka hasil pembacaan tidak benar, dan akibatnya, beda tinggi tidak benar.

Mengatasi kesalahan garis bidik ada dua cara :

- Dasar/ dihitung kemiringan garis bidik, dan selanjutnya dikoreksikan terhadap hasil ukuran.
- Eleminasi, yaitu dengan mengatur penempatan alat sehingga kesalahan tersebut hilang dengan sendirinya (tereliminir).
- Mencari kesalahan garis bidik

### 2.2.2 Pengaruh kesalahan nol skala dan satu satuan skala mistar ukur

Akibat hal-hal tertentu artinya dasar/ ujung bawah mistar ukur bahwa mistar ukur dan tidak samanya satu satuan skala dari masing-masing mistar ukur yang di gunakan timbul hal – hal sebagai berikut :

$\sigma$  = Kesalahan yang timbul akibat salah nol skala.

$\Delta$  = Kesalahan yang timbul akibat satu-satuan skala.

Hasil ukuran :

$$\begin{aligned}\Delta h_1 &= (b_1^0 + \delta^0 + \Delta^0) - (m_1^0 + \delta^1 + \Delta^1) \\ &= (b_1^0 + m_1^0) + (\delta^0 + \Delta^0 - \delta^1 - \Delta^1) \\ \Delta h_2 &= (b_2^0 + m_2^0) + (\delta^0 \Delta^0 + \delta^1 \Delta^1)\end{aligned}$$

$$\Delta h_1 + \Delta h_2 = (b_1^0 + m_1^0) + (b_2^0 + m_2^0)$$

$$\Sigma \Delta h = \Sigma b^0 - \Sigma m^0$$

Dari hal-hal diatas dapat dilihat bahwa, akibat dari dua kesalahan yang timbul, hasil ukuran menjadi tidak benar, tetapi dalam hal ini dapat di eliminasi dua cara :

- Di jumlah slag genap.
- Pengaturan perpindahan mistar ukur.

Bila pada slag sebelumnya mistar ukur merupakan mistar belakang, slag selanjutnya harus menjadi mistar muka dan sebaliknya.

### 2.3 Kesalahan acak

Adalah suatu kesalahan yang objektif yang mungkin terjadi akibat dari keterbatasan panca indera manusia. Keterbatasan itu dapat berupa kekeliruan, kurang hati-hati, kelalaian, ketidakmengertian pada alat, atau belum menguasai sepenuhnya alat.

Walaupun demikian, pengukur yang berpengalaman tidak mutlak pengukurannya itu benar. Karena itu dalam mempersiapkan dan merencanakan pekerjaan pengukuran harus diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- Menggunakan metode yang berbeda,
- Mengupayakan rute pengukuran yang berbeda.

Kesalahan ini lebih mudah dikoreksi dengan pendekatan ilmu statistik. Pada fenomena pengukuran dan pemetaan suatu syarat geometrik menjadi kontrol

Kesalahan ini bersifat subjektif yang mungkin terjadi akibat terjadi perbedaan keterbatasan panca indera manusia. Kesalahan acak relatif lebih mudah dieleminir atau dikoreksi dengan pendekatan-pendekatan ilmu statistik. Pada fenomena pengukuran dan pemetaan suatu syarat geometrik menjadi kontrol dan pengikat data yang tercakup pada titik-titik kontrol pengukuran.

### 2.4 Kesalahan besar

Kesalahan besar dapat terjadi apabila operator atau surveyor melakukan kesalahan yang seharusnya tidak terjadi akibat kesalahan pembacaan dan penulisan nilai yang diambil dari data pengukuran. Dengan demikian, jika terjadi kesalahan yang besar maka pengukuran harus diulang dengan rute yang berbeda.

#### 2.4.1 Koreksi kesalahan

Seluruh pengukuran untuk kepentingan dari pemetaan maupun aplikasi lain, pada dasarnya memperhatikan kesalahan sistematis dan acak yang sering terjadi. Khusus untuk pengukuran kerangka dasar horizontal, koreksi kesalahan sistematis dan acak mutlak dilakukan. Maka dari itu, kita mengenal adanya rumus KGB (koreksi kesalahan garis bidik)

$$KGB = \frac{(BT_{m1} - BT_{b1}) - (BT_{m2} - BT_{b2})}{(dm1 - db1) - (dm2 - db2)}$$

#### 2.4.2 Kesalahan pengukuran sipat datar

Kesalahan pengukuran sipat datar dapat dikelompokkan dalam :

##### 1. Kesalahan pengukur

Kesalahan pengukur mempunyai panca indera (mata) tidak sempurna dan pengukur kurang hati-hati, lalai, tidak

paham menggunakan alat ukur, dan tidak paham menggunakan pembacaan rambu.

## 2. Kesalahan alat ukur

Kesalahan yang diakibatkan oleh alat ukur antara lain :

Dijelaskan dalam gambar 24.

- a) Garis bidik tidak sejajar dengan garis jurusan nivo. Sehingga mengakibatkan kesalahan pembacaan pada rambu. Apabila garis jurusan nivo mendatar garis bidik tidak mendatar. Alat sipat datar demikian dikatakan mempunyai kesalahan garis bidik. Besar pengaruh kesalahan garis bidik terhadap hasil beda tinggi adalah:

$$\Delta h = \tan \alpha (Db - Dm) = \alpha (Db - Dm) \dots (1)$$

dimana :

$\Delta h$  = kesalahan pada ukuran beda tinggi

$Db$  = jarak kerambu belakang

$Dm$  = jarak kerambu muka

$\alpha$  = kesalahan garis bidik

apabila jarak antara dua titik yang diukur jauh dan dibagi dalam beberapa seksi, maka pengaruhnya adalah :

$$\begin{aligned} \Delta h &= \tan \alpha \left( \sum_1^n Db - \sum_1^n Dm \right) \\ &= \alpha \left( \sum_1^n Db - \sum_1^n Dm \right) \dots (2) \end{aligned}$$

dari persamaan (1) dan (2) dapat dimengerti bahwa pengaruh kesalahan garis bidik sama dengan nol haruslah diusahakan agar :

$$Db = Dm \text{ atau } \left( \sum_1^n Db - \sum_1^n Dm \right) \dots (3)$$

Persamaan (1) dapat dijelaskan sebagai berikut:

$h$  yang benar adalah :  $h = a - b$

dari ukuran diperoleh:  $h^1 = a^1 - b^1$

agar  $h^1$  menjadi betul, maka haruslah  $a^1$  dan  $b^1$  dikoreksi

$$h = (a^1 - a a^1) - (b^1 - b b^1)$$

$$h = (a^1 - b^1) - (a a^1 - b b^1)$$

karena  $a a^1 = \tan \alpha (Db - Dm)$

$$h^1 - h = \Delta h = \tan \alpha (Db - Dm)$$

bila sudut  $\alpha$  kecil :

$$\Delta h = \alpha (\text{radial}) \times (Db - Dm)$$

- b) Bila rambu baik maka garis nol skala rambu harus berhimpit dengan alas rambu. Karena kesalahan pembuatan garis nol dapat terletak diatas alas rambu. Karena seringnya rambu dipakai maka ada kemungkinan alas rambu menjadi aus. Ini berarti bahwa angka skala nol terletak di bawah alas rambu. Beda tinggi yang didapat dari pembacaan-pembacaan yang salah karena



adanya kesalahan garis nol skala rambu akan betul, apabila jumlah seksi antara dua titik dibuat genap dan pemindahan rambu ukur selama pengukuran harus selang seling,

- c) Untuk menegakan rambu ukur digunakan nivo kotak yang diletakan pada rambu. Apabila gelembung nivo ditempatkan ditengah, rambu harus tegak. Akan tetapi bila gelembung nivo sudah ditengah tetapi rambu miring, dikatakan terdapat kesalahan nivo kotak karena salah mengaturnya.

- d) Kesalahan pembagian skala rambu.

Seharusnya pembagian skala rambu adalah sama. Apabila ada interval yang tidak sama sekali terlalu besar sekali lagi terlalu kecil maka dikatakan bahwa rambu mempunyai kesalahan pembagian skala. Kesalahan ini tidak dapat dihilangkan. Oleh sebab itu gunakan rambu dengan baik.

- e) Kesalahan panjang rambu.

Seharusnya panjang rambu yang digunakan adalah standard. Artinya apabila angka rambu mulai dari 0 – 3m panjang rambu harus tepat 3m. Bila dikatakan bahwa rambunya mempunyai kesalahan panjang.

Bila  $\Delta L_b$  dan  $\Delta L_m$  adalah kesalahan panjang rambu belakang dan muka  $L_b$  dan  $L_m$  panjang rambu belakang dan muka  $a$  dan  $b$  adalah pembacaan pada rambu belakang dan muka yang mempunyai kesalahan maka beda tinggi yang betul adalah :

$$h = h^1 + \frac{\{\Delta L_b a - \Delta L_m b\}}{L_b - L_m}$$

### 3. Kesalahan karena faktor alam

- a) Karena lengkungan permukaan bumi. Pada umumnya bidang-bidang nivo karena pula dan beda tinggi antara dua titik adalah jarak antara dua bidang nivo yang melalui dua titik itu.
- b) Karena melengkungnya sinar cahaya (refraksi). Sinar cahaya yang datang dari benda yang di teropong harus melalui lapisan-lapisan udara yang tidak sama padatnya, karena suhu dan tekannya tidak sama.
- c) Karena getaran udara . karena adanya pemindahan hawa panas dari permukaan bumi keatas, maka bayangan dari mistar yang di lihat dengan teropong akan bergetar sehingga pembacaan ada mistar tidak dapar di lakukan.

- d) Karena masuknya lagi kaki tiga dan mistar kedalam tanah. Bila dalam waktu antara pengukuran satu mistar dengan mistar lainnya baik kaki tiga maupun mistar kedua masuk lagi kedalam tanah maka pembacaan pada mistar kedua akan salah bila di gunakan untuk mencari beda tinggi antara dua titik yang di tempati oleh mistar-mistar itu.
- e) Karena perubahan garis arah nivo, karena alat ukur penyipat datar kena napas sinar matahari maka akan terjadi tegangan pada bagian-bagian alat ukur, terutama pada bagian penting seperti nivo.

### 2.4.3 Kesalahan pada ukuran

Disini akan dibicarakan sedikit mengenai kesalahan pada sudut dan kesalahan pada jarak:

- Kesalahan sudut

Sudut yang diukur merupakan suatu data untuk perhitungan poligon dan dengan sendirinya pula ketelitian poligon sebagaimana tergantung dari pada pengukuran sudutnya dengan demikian salah satu cara untuk meninggikan ketelitian poligon pengukuran sudut harus diukur dengan teliti.

Yang mempengaruhi sudut serta pengukuran:

- Sudut diukur pada satu titik, kedua titik sebelum dan sesudah titik sudut tersebut. Penempatan alat pada titik sudut haruslah tepat kalau tidak demikian maka akan terdapat kesalahan sudut. Untuk membantu dalam sentrerling alat-alat pengukur sudut yang baru dilengkapi dengan alat sentering optis. Karena sentrerling yang menggunakan unting–unting sangat menyusahkan dilapangan karena unting–unting sangat mudah bergoyang bila tertiuip angin. Selain titik sudut, yang penting lainnya adalah titik–titik arah.

- Kesalahan jarak

Kesalahan jarak yang sering dilakukan ialah disebabkan para pengukur jarak merentangkan pita ukurnya kurang tegang, sehingga terdapat kesalahan pengukuran jarak. Satu hal yang sangat penting dan yang kadang – kadang dilupakan orang ialah mengecek alat pengukur jarak. Karena bila tidak demikian akan terdapat kesalahan sistematis.

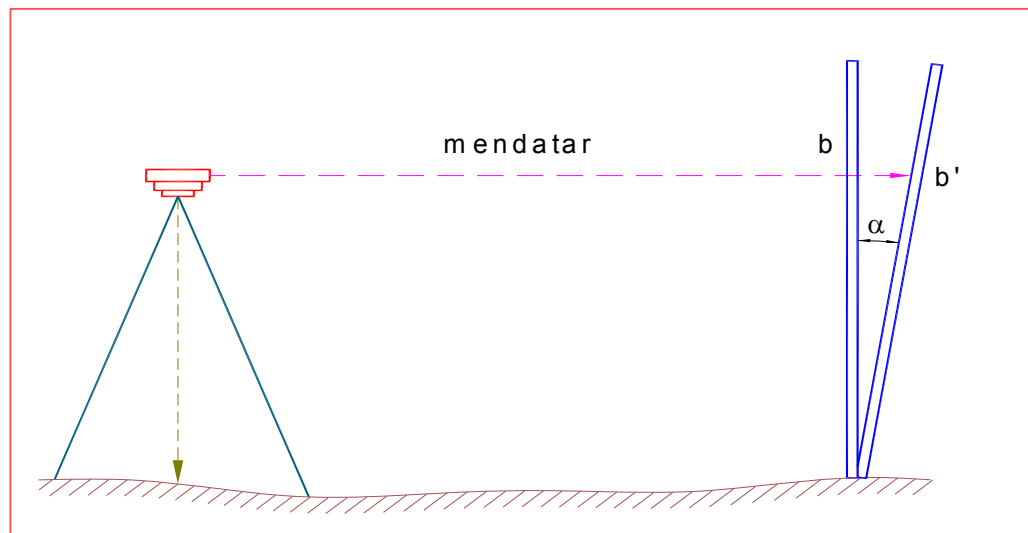
#### 2.4.4 Mencari kesalahan-kesalahan besar pada jarak

Yang dimaksud dengan kesalahan besar disini ialah kesalahan sudut atau kesalahan jarak yang biasanya disebabkan oleh karena kekeliruan, baik karena kekeliruan membaca maupun menulis. Kesalahan besar dalam ukuran sudut suatu poligon sudah dapat terlihat pada salah penutup yang terlalu besar. Kesalahan besar dalam ukuran jarak suatu poligon terlihat pada salah penutup koordinat yang jauh lebih besar dari toleransi.

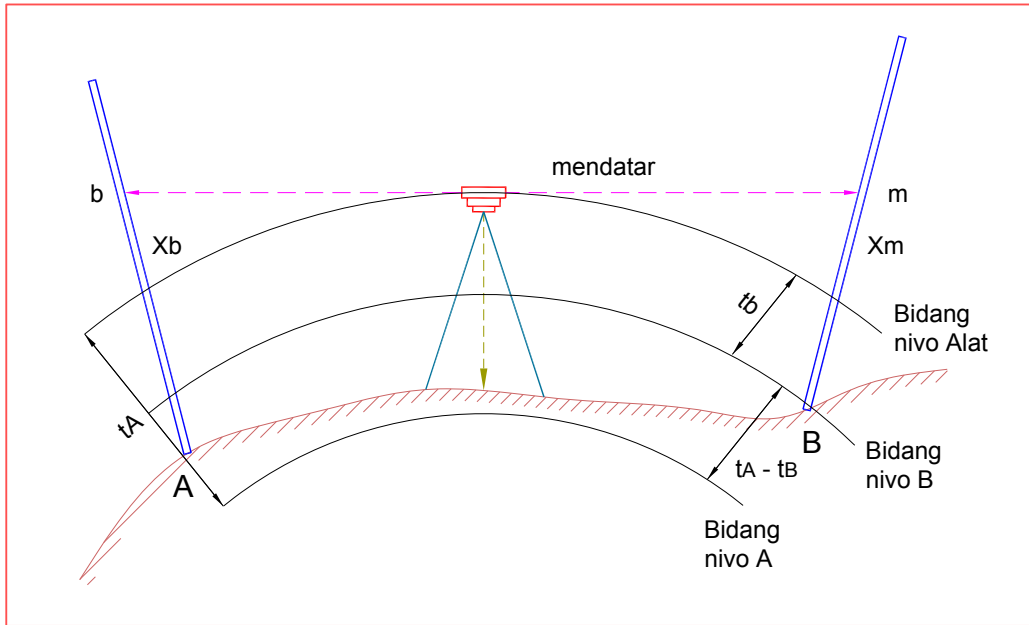
#### 2.4.5 Mencari kesalahan besar pada sudut

Kemungkinan kesalahan besar pada sudut terbagi 2 macam cara :

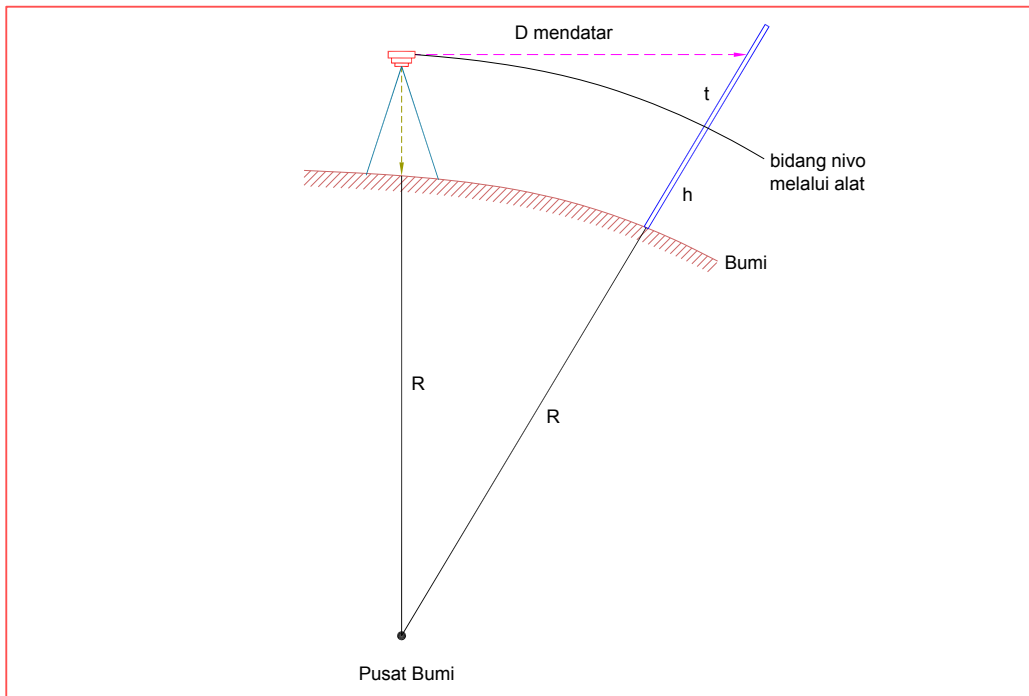
- **Kesalahan besar sudut**, dapat ditemukan bila poligon itu dihitung atau digambar secara grafis muka dan belakang. Perpotongan kedua poligon itu menunjukkan titik poligon dimana terdapat kesalahan besar.
- **Kesalahan besar sudut**, dapat dicari tempatnya dengan tidak perlu menghitung atau menggambar poligon tetapi cukup menghitung satu kali.



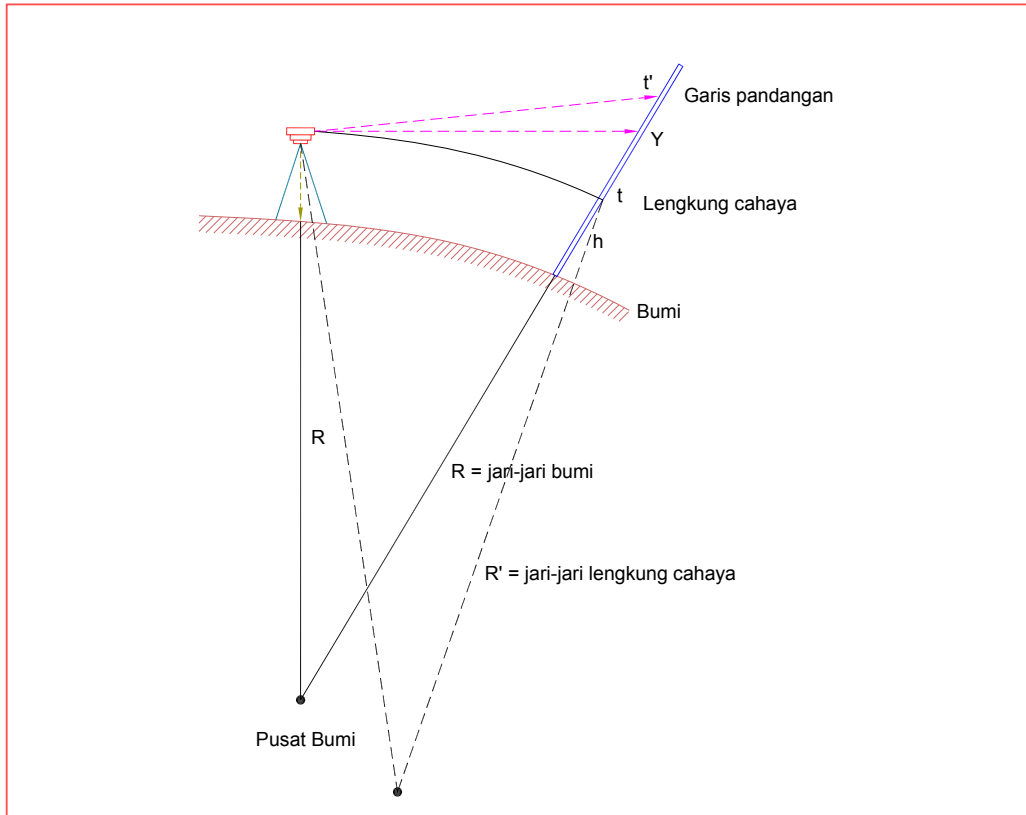
Gambar 40. Rambu miring



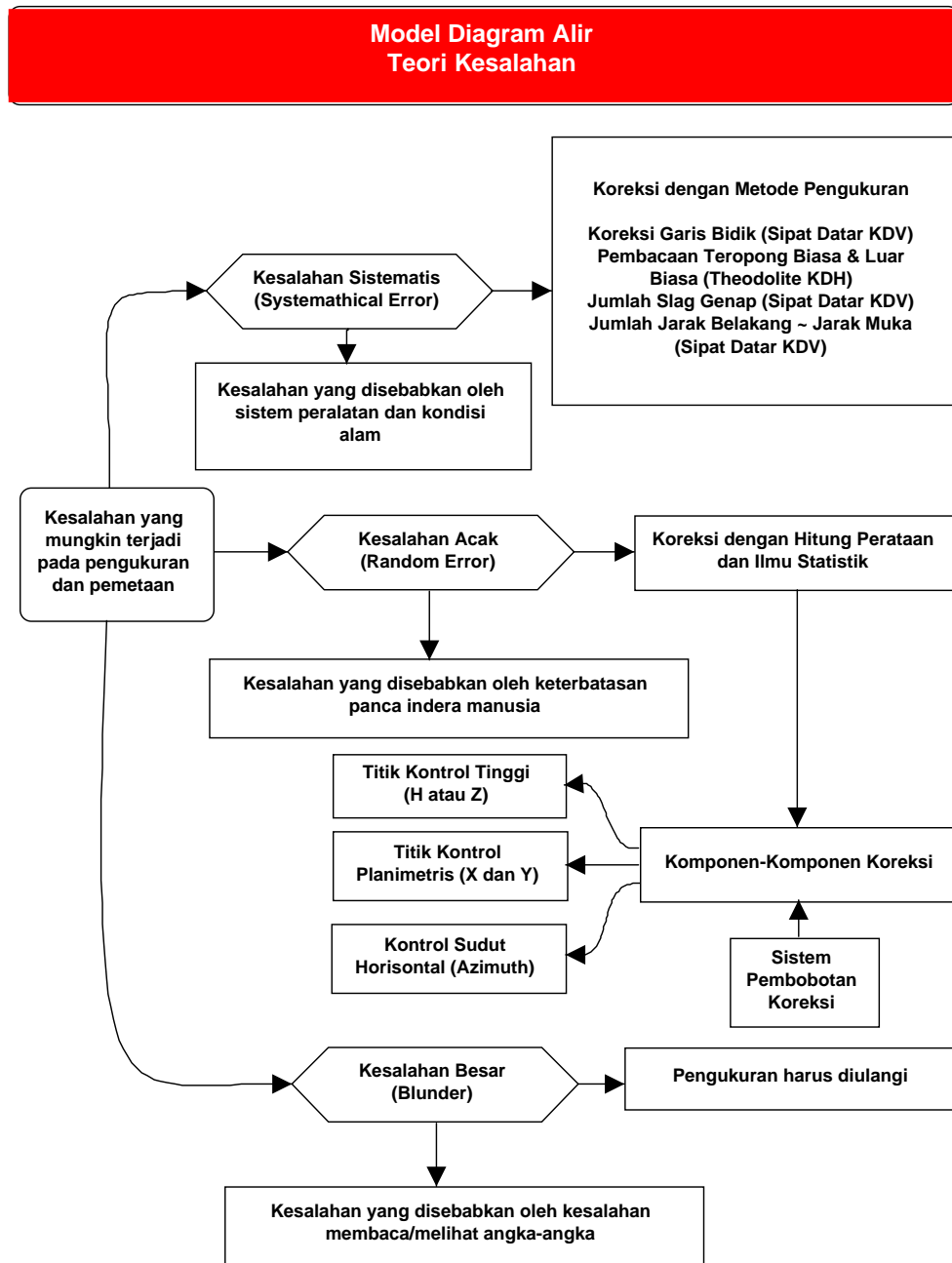
Gambar 41. Kelengkungan Bumi



Gambar 42. Kelengkungan bumi



Gambar 43. Refraksi atmosfer



Gambar 44. Model diagram alir teori kesalahan

## Rangkuman

Berdasarkan uraian materi bab 2 mengenai teori kesalahan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Bagian yang harus ada saat pengukuran yaitu benda ukur, alat ukur, dan pengukur/pengamat.
2. Persyaratan kesalahan saat pengukuran yaitu:
  - a. Pengukuran tidak selalu tepat
  - b. Setiap pengukuran mengandung galat
  - c. Harga sebenarnya dari suatu pengukuran tidak pernah diketahui
  - d. Kesalahan yang tepat selalu tidak diketahui
3. Penyebab kesalahan pengukuran yaitu : alam, alat dan pengukur
4. Factor- factor yang mempengaruhi hasil pengukuran yaitu : keadaan tanah jalur pengukuran, keadaan/kondisi atmosfer (getaran udara), refraksi atmosfer, kelengkungan bumi, kesalahan letak skala nol rambu, kesalahan panjang rambu (bukan rambu standar), kesalahan pembagian skala (scale graduation) rambu, kesalahan pemasangan nivo rambu, kesalahan garis bidik.
5. Macam-macam kesalahan yaitu : kesalahan sistematis, kesalahan acak, kesalahan besar.
6. Kesalahan pada ukuran dibagi dua, yaitu : kesalahan sudut dan kesalahan jarak.

## Soal Latihan

**Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini !**

1. Jelaskan secara singkat definisi dari koreksi dan kesalahan?
2. Bagaimana cara mengkoreksi kesalahan sistematis pada pengukuran kerangka dasar vertical dan kerangka dasar horizontal?
3. Jelaskan secara singkat faktor-faktor yang mempengaruhi hasil pengukuran?
4. Bagaimana cara mengatasi kesalahan garis bidik?
5. Gambarkan model diagram alir teori kesalahan!



## 3. Pengukuran Kerangka Dasar Vertikal

### 3.1 Pengertian

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

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

Hingga saat ini, pengukuran beda tinggi sipat datar masih merupakan cara pengukuran beda tinggi yang paling teliti. Sehingga ketelitian kerangka dasar vertikal (K) dinyatakan sebagai batas harga terbesar

perbedaan tinggi hasil pengukuran sipat datar pergi dan pulang. Pada tabel 2 ditunjukkan contoh ketentuan ketelitian sipat teliti untuk pengadaan kerangka dasar vertikal. Untuk keperluan pengikatan ketinggian, bila pada suatu wilayah tidak ditemukan TTG, maka bisa menggunakan ketinggian titik triangulasi sebagai ikatan yang mendekati harga ketinggian teliti terhadap MSL.

Tabel 2. Tingkat Ketelitian Pengukuran Sipat Datar

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

Pengukuran tinggi adalah menentukan beda tinggi antara dua titik. Beda tinggi antara 2 titik dapat ditentukan dengan :

1. Metode pengukuran penyipat datar
2. Metode trigonometris
3. Metode barometri

### 3.2 Pengukuran sipat datar

Metode sipat datar optis adalah proses penentuan ketinggian dari sejumlah titik atau pengukuran perbedaan elevasi. Perbedaan yang dimaksud adalah perbedaan tinggi di

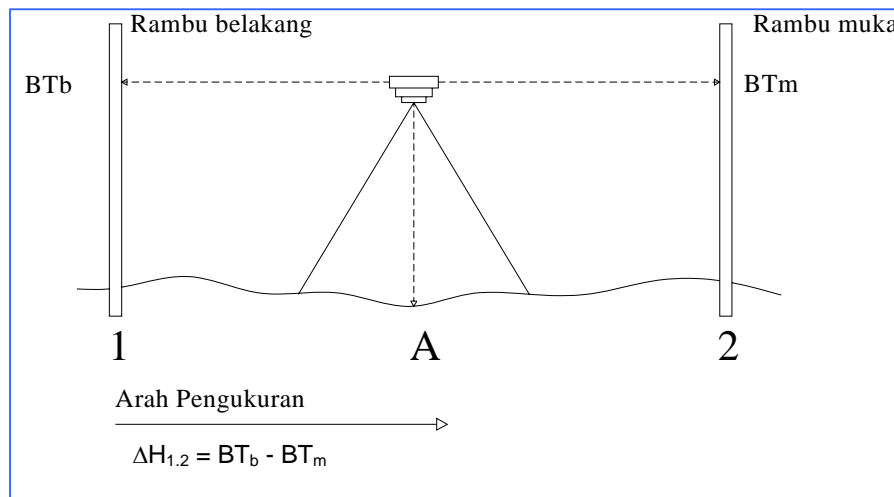
atas air laut ke suatu titik tertentu sepanjang garis vertikal. Perbedaan tinggi antara titik-titik akan dapat ditentukan dengan garis sumbu pada pesawat yang ditunjukkan pada rambu yang vertikal.

Tujuan dari pengukuran penyipat datar adalah mencari beda tinggi antara dua titik yang diukur. Misalnya bumi, bumi mempunyai permukaan ketinggian yang tidak sama atau mempunyai selisih tinggi. Apabila selisih tinggi dari dua buah titik dapat diketahui maka tinggi titik kedua dan seterusnya dapat dihitung setelah titik pertama diketahui tingginya.

tabung harus di tengah setiap kali akan membaca skala rambu.

Karena interval skala rambu umumnya 1 cm, maka agar kita dapat menaksir bacaan skala dalam 1 cm dengan teliti, jarak antara alat sipat datar dengan rambu tidak lebih dari 60 meter. Artinya jarak antara dua titik yang akan diukur beda tingginya tidak boleh lebih dari 120 meter dengan alat sipat datar ditempatkan di tengah antar dua titik tersebut dan paling dekat 3,00 m.

Beberapa istilah yang digunakan dalam pengukuran alat sipat datar, diantaranya:



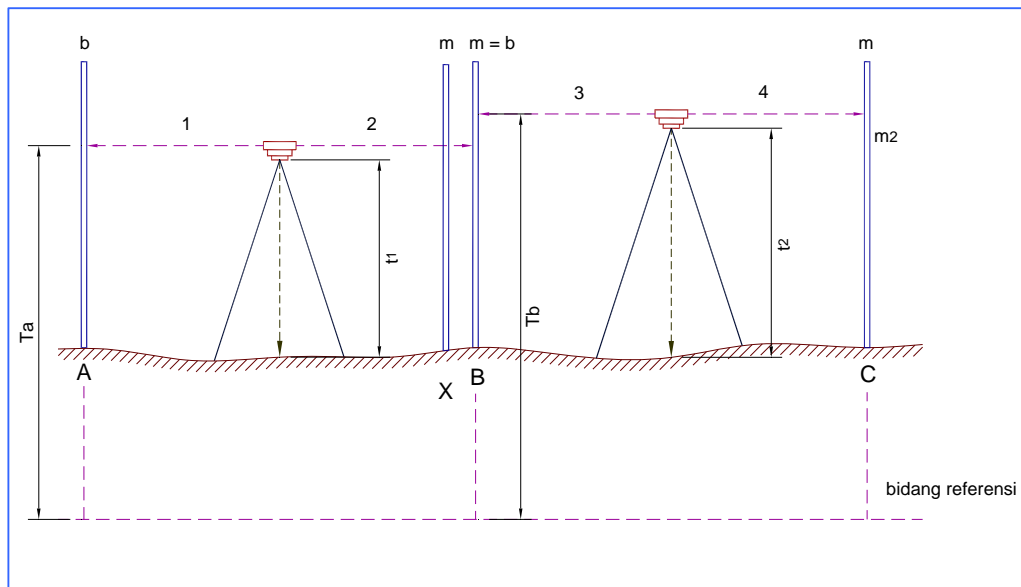
Gambar 45. Pengukuran sipat datar optis

Sebelum digunakan alat sipat datar mempunyai syarat yaitu: garis bidik harus sejajar dengan garis jurusan nivo. Dalam keadaan di atas, apabila gelembung nivo tabung berada di tengah garis bidik akan mendatar. Oleh sebab itu, gelembung nivo

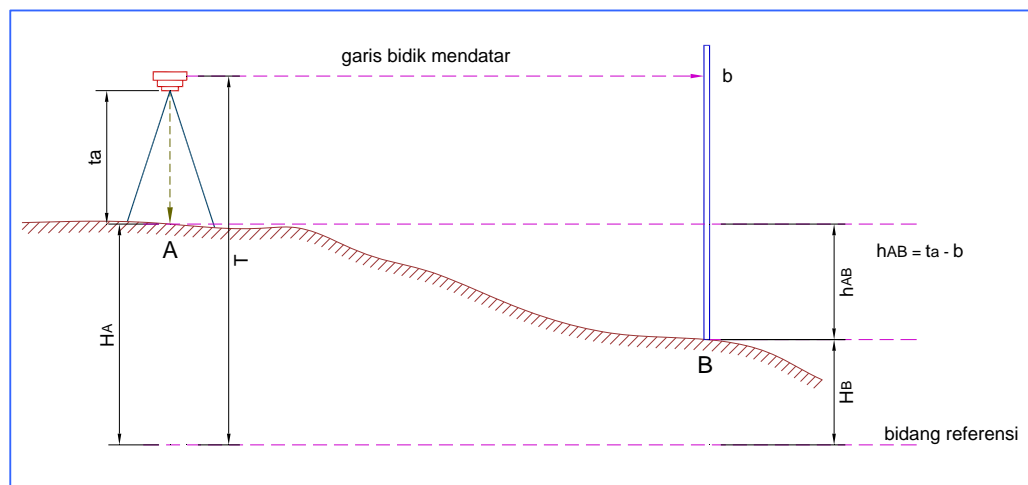
a. Stasion

Stasion adalah titik dimana rambu ukur ditegakkan; bukan tempat alat sipat datar ditempatkan. Tetapi pada pengukuran horizontal, stasion adalah titik tempat berdiri alat.

- b. Tinggi alat  
Tinggi alat adalah tinggi garis bidik di atas tanah dimana alat sipat datar didirikan.
- c. Tinggi garis bidik  
Tinggi garis bidik adalah tinggi garis bidik di atas bidang referensi ketinggian (permukaan air laut rata-rata)
- d. Pengukuran ke belakang  
Pengukuran ke belakang adalah pengukuran ke rambu yang ditegakan di stasion yang diketahui ketinggiannya, maksudnya untuk mengetahui tingginya garis bidik. Rambunya disebut rambu belakang.
- e. Pengukuran ke muka  
Pengukuran ke muka adalah pengukuran ke rambu yang ditegakan di stasion yang diketahui ketinggiannya, maksudnya untuk mengetahui tingginya garis bidik. Rambunya disebut rambu muka.
- f. Titik putar (*turning point*)  
Titik putar (*turning point*) adalah stasion dimana pengukuran ke belakang dan ke muka dilakukan pada rambu yang ditegakan di stasion tersebut.
- g. Stasion antara (*intermediate stasion*)  
Stasion antara (*intermediate stasion*) adalah titik antara dua titik putar, dimana hanya dilakukan pengukuran ke muka untuk menentukan ketinggian stasion tersebut.
- h. Seksi  
Seksi adalah jarak antara dua stasion yang berdekatan, yang sering pula disebut slag.
- Istilah-istilah di atas dijelaskan pada gambar 46.
- Keterangan Gambar 46:
- A, B, dan C = stasion; X = stasion antara
  - Andaikan stasion A diketahui tingginya, maka:
    - a. Disebut pengukuran ke belakang,  $b$  = rambu belakang;
    - b. Disebut pengukuran ke muka,  $m$  = rambu muka.
- Dari pengukuran 1 dan 2, tinggi stasion B diketahui, maka:
- c. Disebut pengukuran ke belakang;
  - d. Disebut pengukuran ke muka, stasion B disebut titik putar
    - Jarak AB, BC dst masing-masing disebut seksi atau slag.
    - $T_i$  = tinggi alat;  $T_{gb}$  = tinggi garis bidik.
- Pengertian lain dari beda tinggi antara dua titik adalah selisih pengukuran ke belakang dan pengukuran ke muka. Dengan demikian akan diperoleh beda tinggi sesuai dengan ketinggian titik yang diukur.



Gambar 46. Keterangan pengukuran sipat datar



Gambar 47. Cara tinggi garis bidik

Berikut adalah cara-cara pengukuran dengan sipat datar, diantaranya:

a. Cara kesatu

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. Seperti pada gambar 47.

Keterangan gambar 47:

$t_a$  = 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 rumus sbb:

$$H_B = T - b$$

$$H_B = H_A + t_a - b$$

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

Cara tersebut dinamakan cara tinggi garis bidik.

Catatan:

$t_a$  dapat dianggap hasil pengukuran ke belakang, karena stasion A diketahui tingginya. Dengan demikian beda tinggi dari A ke B yaitu  $h_{AB} = t_a - b$ . Hasil ini menunjukkan bahwa  $h_{AB}$  adalah negatif (karena  $t_a < b$ ) sesuai dengan keadaan dimana stasion B lebih rendah dari stasion A.

- 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.
- Dari catatan poin 1 dan 2 dapat disimpulkan bahwa  $h_{BA} = -h_{AB}$  agar diperoleh hasil sesuai dengan keadaan yang sebenarnya.

b. Cara kedua

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

Perhatikan gambar 48:

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

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

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

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

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

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

c. Cara ketiga

Alat sipat datar tidak ditempatkan diantara atau pada stasion.

Perhatikan gambar 49:

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

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

bila tinggi stasion C diketahui  $H_C$ , maka:

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

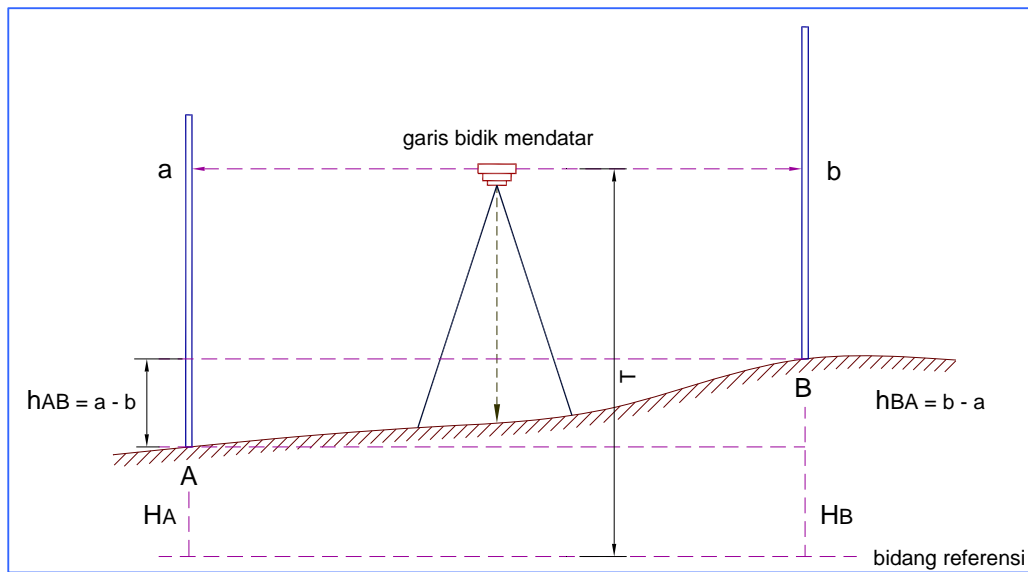
$$H_A = H_C + t_c - a = T - a$$

Bila tinggi stasion A diketahui, maka:

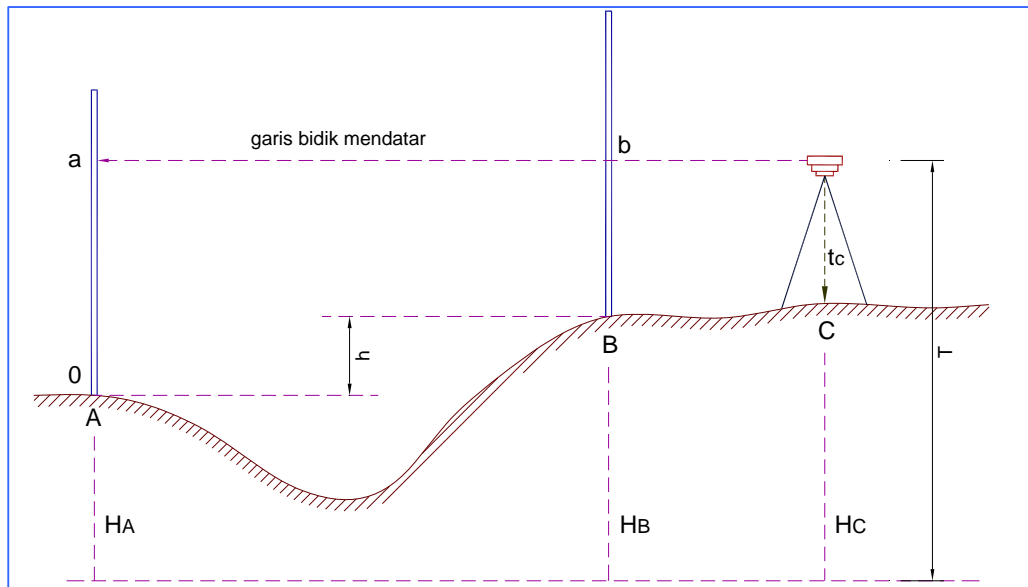
$$H_B = H_A + h_{AB} = H_A + a - b$$

Bila tinggi stasion B diketahui, maka:

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



Gambar 48. Cara kedua pesawat di tengah-tengah



Gambar 49. Keterangan cara ketiga

Dari ketiga cara di atas, cara yang paling teliti adalah cara kedua, karena pembacaan  $a$  dan  $b$  dapat diusahakan sama teliti yaitu menempatkan alat sipat

datar tepat di tengah-tengah antara stasion A dan B (jarak pandang ke A sama dengan jarak pandang ke B).

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

### 3.2.1 Jenis-Jenis Pengukuran Sipat Datar

Ada beberapa macam pengukuran sipat datar di antaranya:

#### 4. Sipat datar memanjang.

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

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

Tujuan pengukuran ini umumnya untuk mengetahui ketinggian dari titik-titik yang dilewatinya dan biasanya diperlukan sebagai kerangka vertikal bagi suatu daerah pemetaan. Hasil akhir daripada pekerjaan ini adalah data ketinggian dari pilar-pilar sepanjang jalur pengukuran yang bersangkutan.

Yaitu semua titik yang ditempati oleh rambu ukur tersebut.

Sipat datar memanjang dibedakan menjadi:

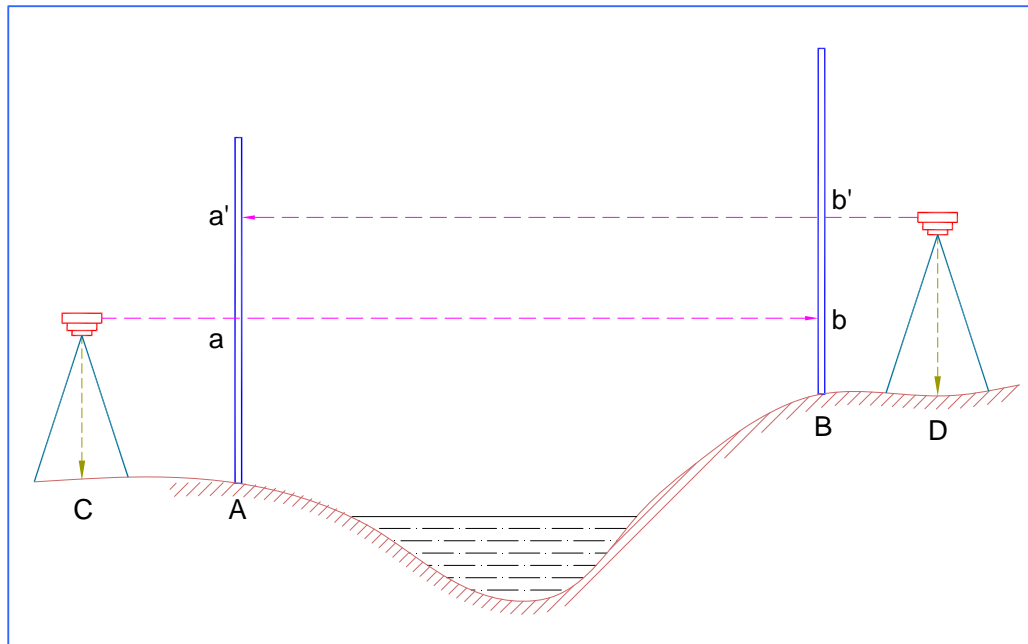
- Memanjang terbuka,
- Memanjang keliling (tertutup),
- Memanjang terbuka terikat sempurna,
- Memanjang pergi pulang,
- Memanjang double *stand*.

#### 5. Sipat datar resiprokal

Kelainan pada sipat datar ini adalah pemanfaatan konstruksi serta tugas nivo yang dilengkapi dengan skala pembaca bagi pengungkitan yang dilakukan terhadap nivo tersebut. Sehingga dapat dilakukan pengukuran beda tinggi antara dua titik yang tidak dapat dilewati pengukur. Seperti halnya sipat datar memanjang, maka hasil akhirnya adalah data ketinggian dari kedua titik tersebut. Seperti pada gambar 50 :

Perbedaan tinggi antara A ke B adalah  $h_{AB} = \frac{1}{2} \{(a - b) + (a' + b')\}$ . Titik-titik C, A, B, dan D tidak harus berada pada satu garis lurus.

Apabila jarak antara A dan B jauh, salah satu rambu (rambu jauh) diganti dengan target dan sipat datar yang digunakan adalah tipe jungkit.



Gambar 50. Contoh pengukuran resiprokal

Apabila sekrup pengungkit dilengkapi skala untuk menentukan banyaknya putaran seperti nampak pada gambar 51, yang dicatat bukan kedudukan gelombang nivo akan tetapi banyaknya putaran sekrup pengungkit yang ditentukan oleh perbedaan bacaan skala yang diperoleh.

Rumus yang digunakan untuk menghitung  $b$  adalah:

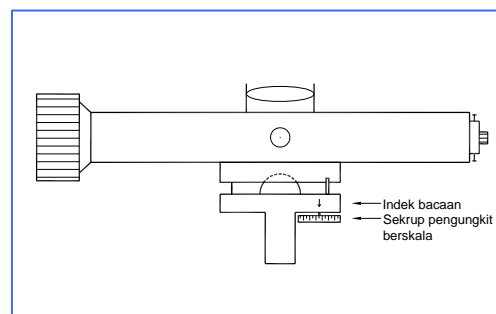
$$B = b_0 + b_1 = b_0 + \frac{n_0 - n_2}{n_1 - n_2} \cdot i$$

Dimana:

$n_0$  = bacaan skala pengungkit pada saat gelombang nivo berada di tengah.

$n_1$  = bacaan skala pengungkit pada saat garis bidik mengarah ke target atas.

$n_2$  = bacaan skala pengungkit pada saat garis bidik mengarah ke target bawah



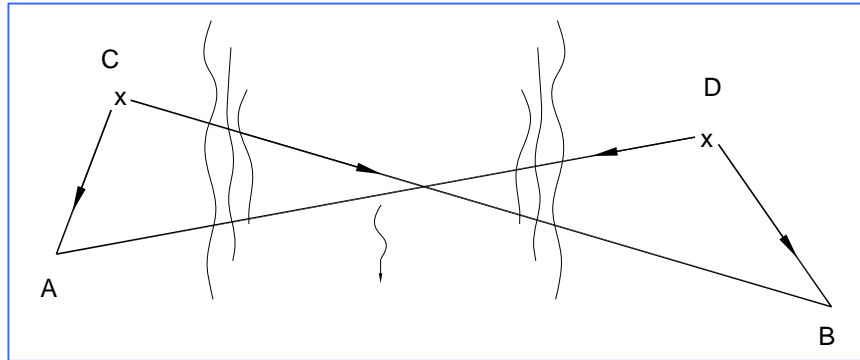
Gambar 51. sipat datar tipe jungkit



Catatan:

- Untuk memperoleh ketelitian tinggi, lakukanlah pengukuran ke masing-masing target berulang-ulang, misalkan 20x.

selanjutnya dapat diperhitungkan banyaknya galian dan timbunan yang perlu dilakukan pada pekerjaan konstruksi.



Gambar 52. Contoh pengukuran resiprokal

- Pengukuran sebaiknya dilakukan pada keadaan cuaca yang berbeda, misalnya ukuran pertama pagi hari dan ukuran kedua sore hari. Hal ini dimaksudkan untuk memperkecil pengaruh refraksi udara.
  - Untuk memperkecil pengaruh kesalahan refraksi udara dan kelengkungan bumi, pengukuran sebaiknya dilakukan bolak-balik. Maksudnya, pertama kali alat ukur dipasang sekitar A kemudian dipindah ke tempat sekitar B seperti nampak pada gambar berikut ini:
6. Sipat datar profil.
- Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui profil dari suatu trace baik jalan ataupun saluran, sehingga
- Pelaksanaan pekerjaan ini dilakukan dalam dua bagian yang disebut sebagai sipat datar profil memanjang dan melintang. Hasil akhir dari pengukuran ini adalah gambaran (profil) dari pada kedua jenis pengukuran tersebut dalam arah potongan tegaknya.
- Profil memanjang  
Maksud dan tujuan pengukuran profil memanjang adalah untuk menentukan ketinggian titik-titik sepanjang suatu garis rencana proyek sehingga dapat digambarkan irisan tegak keadaan lapangan sepanjang garis rencana proyek tersebut. Gambar irisan tegak keadaan lapangan sepanjang garis rencana proyek disebut profil memanjang.

Di lapangan, sepanjang garis rencana proyek dipasang patok-patok dari kayu atau beton yang menyatakan sumbu proyek. Patok-patok ini digunakan untuk pengukuran profil memanjang.

- Profil melintang

Profil melintang diperlukan untuk mengetahui profil lapangan pada arah tegak lurus garis rencana atau untuk mengetahui profil lapangan ke arah yang membagi sudut sama besar antara dua garis rencana yang berpotongan.

Apabila profil melintang yang dibuat mempunyai jarak pendek ( $\pm 120$  m), maka pengukurannya dapat dilakukan dengan cara tinggi garis bidik. Apabila panjang, dilakukan seperti profil memanjang.

## 7. Sipat datar luas

Untuk merencanakan bangunan-bangunan, ada kalanya ingin diketahui keadaan tinggi rendahnya permukaan tanah. Oleh sebab itu dilakukan pengukuran sipat datar luas dengan mengukur sebanyak mungkin titik detail.

Kerapatan dan letak titik detail diatur sesuai dengan kebutuhannya. Apabila makin rapat titik detail pengukurannya maka akan mendapatkan gambaran permukaan tanah yang lebih baik. Bentuk permukaan tanah akan dilukiskan oleh garis-garis yang

menghubungkan titik-titik yang mempunyai ketinggian sama. Garis ini dinamakan kontur.

Pada jenis pengukuran sipat datar ini yang paling diperlukan adalah penggambaran profil dari suatu daerah pemetaan yang dilakukan dengan mengambil ketinggian dari titik-titik detail di daerah tersebut dan dinyatakan sebagai wakil daripada ketinggiannya, sehingga dengan melakukan interpolasi diantara ketinggian yang ada, maka dapat ditarik garis-garis konturnya di atas peta daerah pengukuran tersebut.

Cara pengukurannya adalah dengan cara tinggi garis bidik. Agar pekerjaan pengukuran berjalan lancar maka pilihlah tempat alat ukur sedemikian rupa, hingga dari tempat ini dapat dibidik sebanyak mungkin titik-titik di sekitarnya.

### 3.2.2 Ketelitian pengukuran sipat datar

Dalam pengukuran sipat datar akan pasti mengalami kesalahan-kesalahan yang pada garis besarnya dapat digolongkan ke dalam kesalahan yang sifatnya sistimatis (Systematic errors) dan kesalahan yang sifatnya kebetulan (accidental errors).

Kesalahan-kesalahan yang tergolong sistematis adalah kesalahan-kesalahan yang telah diketahui penyebabnya dan dapat diformulasikan ke dalam rumus matematika maupun fisika tertentu.

Misalnya, kesalahan - kesalahan yang terdapat pada alat ukur yang digunakan antara lain kesalahan garis bidik, kesalahan garis nol skala rambu; kesalahan karena faktor alam antara lain refraksi udara dan kelengkungan bumi.

Kesalahan - kesalahan yang tergolong kebetulan adalah kesalahan-kesalahan yang tidak dapat dihindarkan dan pengaruhnya tidak dapat ditentukan, akan tetapi orde besarnya biasanya kecil-kecil saja serta kemungkinan positif dan negatifnya sama besar.

Misalnya, kesalahan menaksir bacaan pada skala rambu, menaksir letak gelembung nivo di tengah. Karena kesalahan sistematik bersifat menumpuk (akumulasi), maka hasil pengukuran harus dibebaskan dari kesalahan sistematis tersebut. Cara yang dapat ditempuh yaitu dengan memberikan koreksi terhadap hasilnya atau dengan cara-cara pengukuran tertentu. Misalnya, untuk menghilangkan pengaruh kesalahan garis bidik, refraksi udara dan kelengkungan bumi, alat sipat datar harus ditempatkan tepat di tengah antara dua rambu (jarak ke rambu belakang dan ke rambu muka harus dibuat sama besar).

Dengan demikian hasil pengukuran hanya dipengaruhi kesalahan yang sifatnya kebetulan.

Untuk mengetahui apakah pengukuran harus diulangi atau tidak dan untuk mengetahui baik tidaknya pengukuran sipat datar (memanjang), maka ditentukan batas harga kesalahan terbesar yang masih dapat diterima yang dinamakan toleransi pengukuran.

Angka toleransi dihitung dengan rumus:

$$T = \pm K \sqrt{D}$$

Dimana :

T = toleransi dalam satuan milimeter

K = konstanta yang menunjukkan tingkat ketelitian pengukuran dalam satuan milimeter

D = Jarak antara dua titik yang diukur dalam satuan kilometer

### 3.2.3 Syarat-syarat alat sipat datar

Pengukuran sipat datar memerlukan dua alat utama yaitu sipat datar dan rambu ukur alat sipat datar. Biasanya alat ini dilengkapi dengan nivo yang berfungsi untuk mendapatkan sipatan mendatar dari kedudukan alat dan unting-unting untuk mendapatkan kedudukan alat tersebut di atas titik yang bersangkutan.

#### a. Pesawat Sipat Datar

Pesawat sipat datar yang kita gunakan dapat ditemukan pada beberapa alat berikut.

### 1. Dumpy Level

Kelebihan dari alat sipat datar ini yaitu teleskopnya hanya bergerak pada suatu bidang yang menyudut  $90^\circ$  terhadap sumbu rotasinya. Alat ini adalah alat yang paling sederhana.

Bagian dari alat ini meliputi:

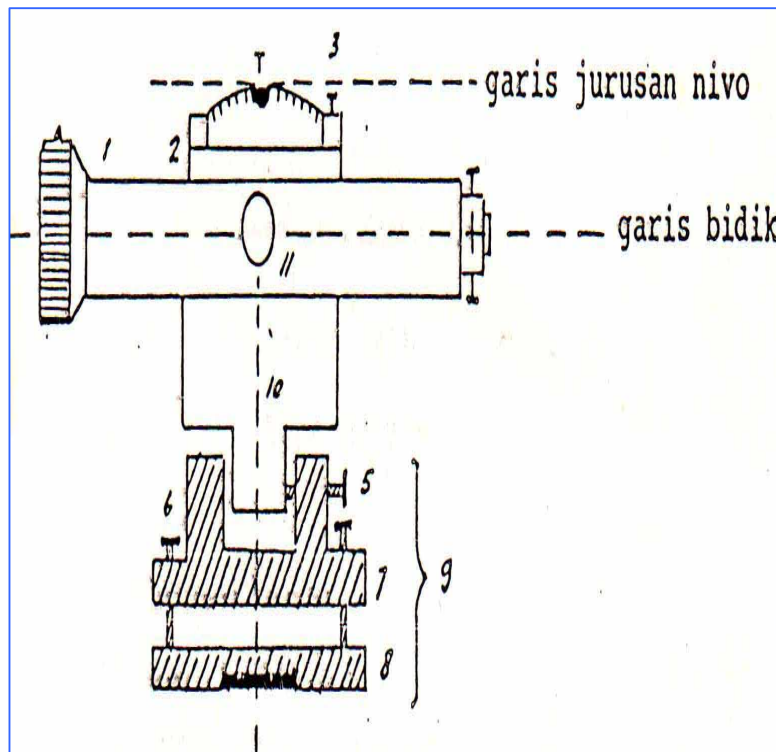
- Landasan alat  
Landasan alat ini terletak di atas dari tripod (statif) dan merupakan landasan datar tempat alat ukur tersebut diletakan dan diatur sebelum melakukan pengukuran.
- Sekrup penyetel  
Sekrup penyetel berfungsi untuk mendatarkan alat ukur di atas landasan alat tersebut, juga untuk mendatarkan sebuah bidang nivo yaitu bidang yang tegak lurus terhadap garis gaya gravitasi.
- Tribach  
Tribach adalah platform ataupun penghubung statip dan alat sipat datar.
- Teropong  
Teropong ini duduk di atas tribach dan kedudukan mendatarnya diatur oleh ketiga sekrup penyetel yang terdapat pada tribach diatas.

Teropong ini dilengkapi dengan sekumpulan peralatan optis dan peralatan untuk dapat memperbesar bayangan, reticule dengan benang diafragma, serta peralatan penyetel lainnya.

- Nivo

Pada alat ukur sipat datar ini umumnya terdapat dua buah nivo. Dari jenis kotak yang terletak pada tribach dan jenis tabung yang terletak di atas teropong. Nivo kotak tersebut digunakan untuk mendatarkan bidang nivo dari alat tersebut, yaitu agar tegak lurus pada garis gravitasi dan nivo tabung digunakan untuk mendatarkan teropong pada jurusan bidikan.





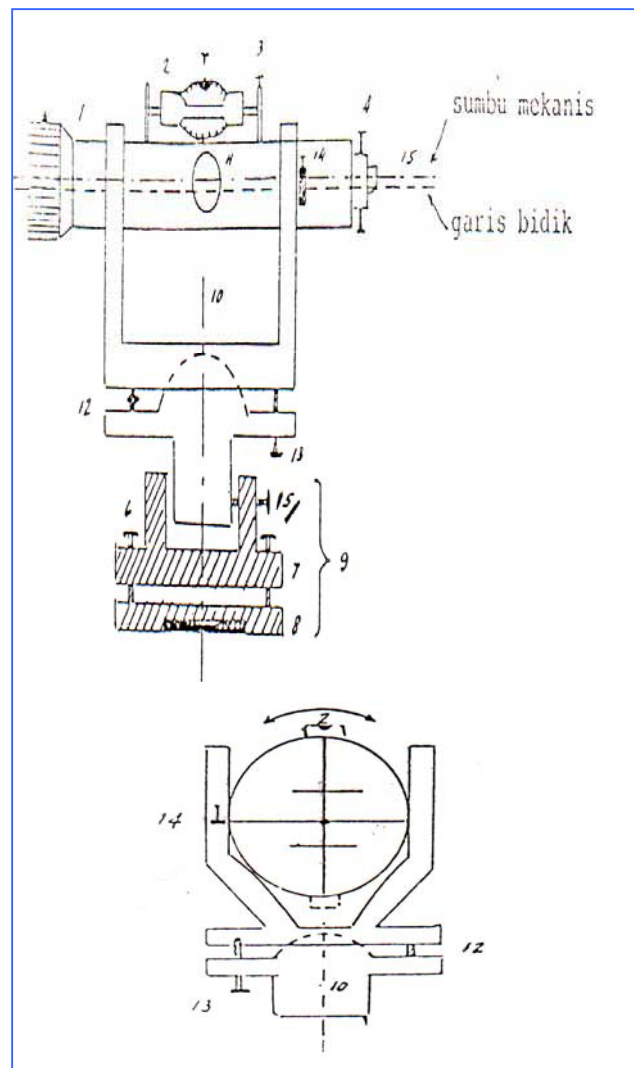
Gambar 53. Dumpy level

Tipe kekar terdiri dari:

- 1) Teropong,
- 2) Nivo tabung,
- 3) Skrup koreksi/pengatur nivo,
- 4) Skrup koreksi/pengatur diafragma (4 buah),
- 5) Skrup pengunci gerakan horizontal,
- 6) Skrup kiap (umumnya 3 buah),
- 7) Tribach, penyangga sumbu kesatu dan teropong,
- 8) Trivet, dapat dikuncikan pada statip
- 9) Kiap (*leveling head*), terdiri dari tribach dan trivet,
- 10) Sumbu kesatu (sumbu tegak) ,
- 11) Tombol focus

## 2. Tipe Reversi (*Reversible level*)

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



Gambar 54. Tipe reversi

Tipe Reversi terdiri dari:

- 1) Teropong,
- 2) Nivo reversi (mempunyai dua permukaan),
- 3) Skrup koreksi/pengatur nivo
- 4) Skrup koreksi/pengatur diafragma,
- 5) Skrup pengunci gerakan horizontal,
- 6) Skrup kiap,

- 7) Tribrach,
- 8) Trivet,
- 9) Kiap,
- 10) Sumbu kesatu (sumbu tegak),
- 11) Tombol focus,
- 12) Pegas,
- 13) Skrup pengungkit teropong,
- 14) Skrup pemutar,
- 15) Sumbu mekanis,

### 3. Tilting Level

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

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

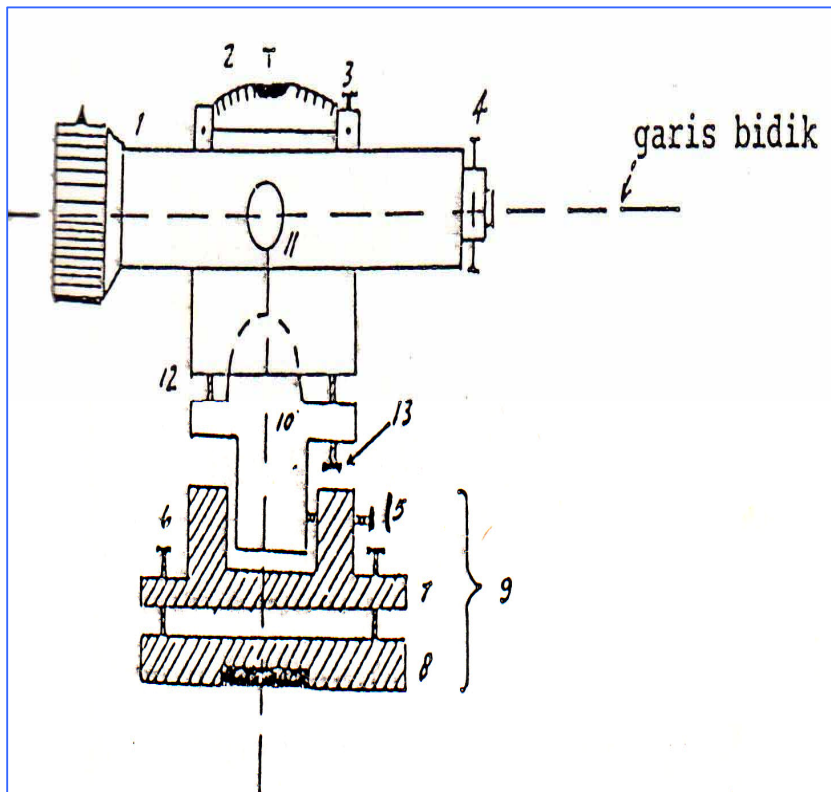
- Dudukan alat  
Pada bagian alat ini dapat berputar terhadap sumbu vertikal alat, yaitu dengan tersedianya bola dan soket diantara landasan statif dan tribach tersebut.

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



Gambar 55. Dua macam tilting level

Berbeda dengan tipe reversi, pada tipe ini teropong dapat diungkit dengan skrup pengungkit.



Gambar 56. Bagian-bagian dari tilting level

Keterangan :

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

#### 4. Automatic Level

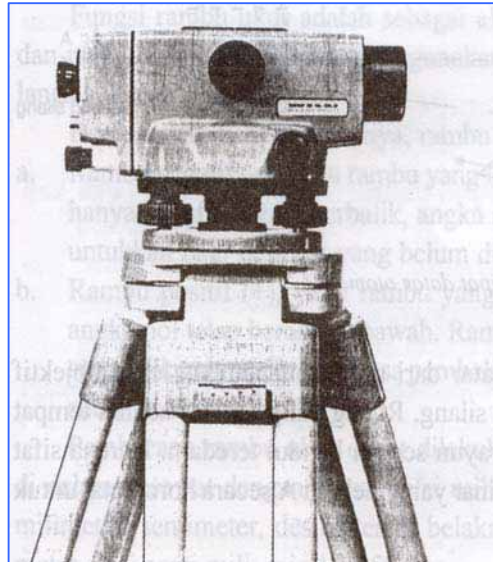
Pada alat ini yang otomatis adalah sistem pengaturan garis bidik yang tidak lagi bergantung pada nivo yang terletak di atas teropong. Alat ini hanya mendatarkan bidang nivo kotak melalui tiga sekrup penyetel dan secara otomatis sebuah bandul menggantikan fungsi nivo tabung dalam mendatarkan garis nivo ke target yang dikehendaki.

Bagian-bagian dari alat sipat datar otomatis diantaranya: kip bagian bawah (sebagai landasan pesawat yang menumpu pada kepala statif), sekrup

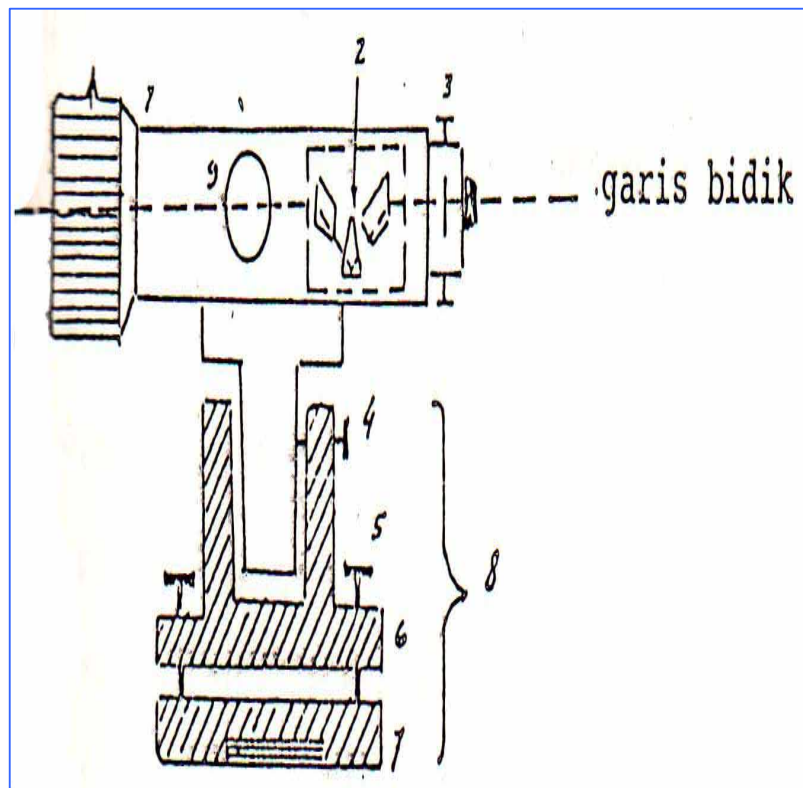


penyetel kedataran (untuk menyetel nivo), teropong, nivo kotak (sebagai pedoman penyetelan rambu kesatu yang tegak lurus nivo), lingkaran mendatar (skala sudut), dan tombol pengatur fokus (menyetel ketajaman gambar objek).

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



Gambar 57. Instrumen sipat datar otomatis



Gambar 58. Bagian-bagian dari sipat datar otomatis

Keterangan :

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

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

b. Rambu Ukur

Rambu untuk pengukuran sipat datar (*leveling*) diklasifikasikan ke dalam 2 tipe, yaitu:

1. Rambu sipat datar dengan pembacaan sendiri
  - a) Jalon
  - b) Rambu sipat datar sopwith
  - c) Rambu sipat datar bersendi
  - d) Rambu sipat datar invar
2. Rambu sipat datar sasaran  
Rambu ukur diperlukan untuk mempermudah/membantu mengukur beda tinggi antara garis

bidik dengan permukaan tanah. Rambu ukur terbuat dari kayu atau campuran logam alumunium. Ukurannya, tebal 3 cm – 4 cm, lebarnya  $\pm 10$  cm dan panjang 2 m, 3 m, 4 m, dan 5 m. Pada bagian bawah diberi sepatu, agar tidak aus karena sering dipakai.

Rambu ukur dibagi dalam skala, angka-angka menunjukkan ukuran dalam desimeter. Ukuran desimeter dibagi dalam sentimeter oleh E dan oleh kedua garis. Oleh karena itu, kadang disebut rambu E. Ukuran meter yang dalam rambu ditulis dalam angka romawi. Angka pada rambu ukur tertulis tegak atau terbalik. Pada bidang lebarnya ada lukisan milimeter dan diberi cat merah dan hitam dengan cat dasar putih agar saat dilihat dari jauh tidak menjadi silau. Meter teratas dan meter terbawah berwarna hitam, dan meter di tengah dibuat berwarna merah.

Fungsi rambu ukur adalah sebagai alat bantu dalam menentukan beda tinggi dan mengukur jarak dengan menggunakan pesawat. Rambu ukur biasanya dibaca langsung oleh pembidik.



Gambar 59. Rambu ukur

### 3.3 Pengukuran trigonometris

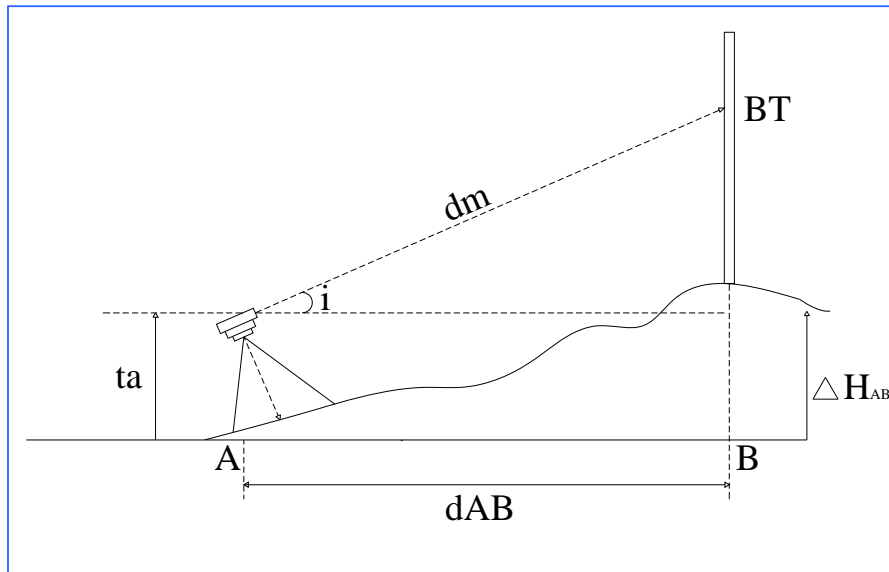
Metode trigonometris prinsipnya adalah mengukur jarak langsung (jarak miring), tinggi alat, tinggi benang tengah rambu dan sudut vertikal (zenith atau inklinasi) yang kemudian direduksi menjadi informasi beda tinggi menggunakan alat theodolite.

Seperti telah dibahas sebelumnya, beda tinggi antara dua titik dihitung dari besaran sudut tegak dan jarak. Sudut tegak diperoleh dari pengukuran dengan alat theodolite sedangkan jarak diperoleh atau terkadang diambil jarak dari peta.

Pada pengukuran tinggi dengan cara trigonometris ini, beda tinggi didapatkan secara tidak langsung, karena yang diukur di sini adalah sudut miringnya atau sudut zenith. Bila jarak mendatar atau jarak miring diketahui atau diukur, maka dengan memakai hubungan-hubungan geometris dihitunglah beda tinggi yang hendak ditentukan itu.

Bila jarak antara kedua titik yang hendak ditentukan beda tingginya tidak jauh, maka kita masih dapat menganggap bidang nivo sebagai bidang datar.

Akan tetapi bila jarak yang dimaksudkan itu jauh, maka kita tidak boleh lagi memisahkan atau mengambil bidang nivo itu sebagai bidang datar, tetapi haruslah bidang nivo itu dipandang sebagai bidang lengkung. Di samping itu kita harus pula menyadari bahwa jalan sinarpun bukan merupakan garis lurus, tetapi merupakan garis lengkung. Jadi jika jarak antara kedua titik yang akan ditentukan beda tingginya itu jauh, maka bidang nivo dan jalan sinar tidak dapat dipandang sebagai bidang datar dan garis lurus, tetapi haruslah dipandang sebagai bidang lengkung dan garis lengkung.



Gambar 60. Contoh pengukuran trigonometris

$i$  : Inklinasi (sudut miring)

$d_{AB}$  :  $dm \cdot \cos i$

$\Delta H_{AB}$  :  $dm \cdot \sin i + ta - BT$

$$H_{AB} = (TB + TB') + B'B'' - TB$$

$$= D \tan m + t - 1 \Rightarrow \cot z + t - 1$$

$$H_{AB} = Dm \sin m + t - 1$$

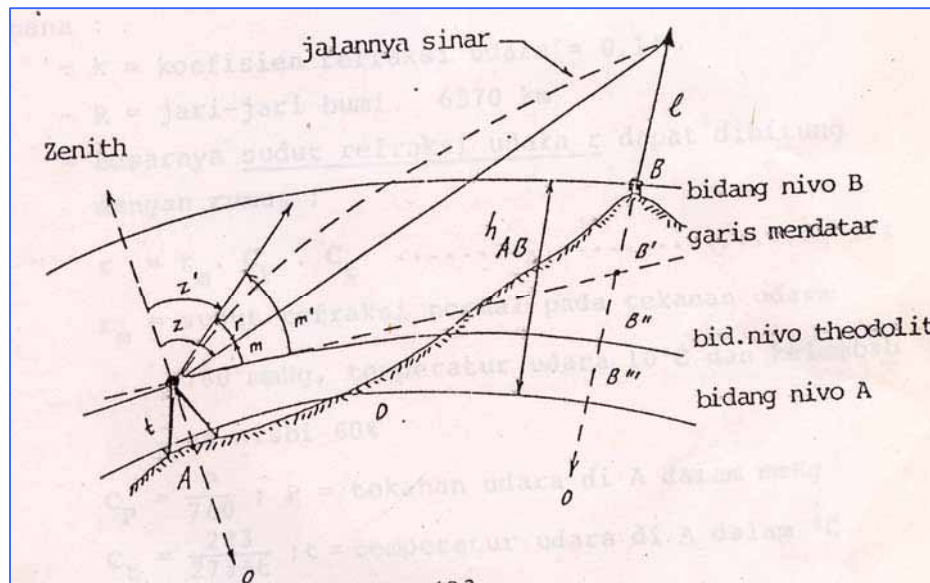
$$= Dm \cos z + t - 1$$

Titik A dan B akan ditentukan beda tingginya dengan cara trigonometris. Prosedur pengukuran dan perhitungannya adalah sebagai berikut:

- Tegakkan theodolite di A, ukur tingginya sumbu mendatar dari A. Misalkan  $t$ ,
- Tegakkan target di B, ukur tingginya target dari B, misalkan  $l$ ,
- Ukur sudut tegak  $m$  (sudut miring) atau  $z$  (sudut zenith),
- Ukur jarak mendatar  $D$  atau  $Dm$  (dengan EDM), dan
- Dari besaran-besaran yang diukur, maka:

Sudut tegak ukuran perlu mendapat koreksi sudut refraksi dan bidang-bidang nivo melalui A dan B harus diperhitungkan sebagai permukaan yang melengkung apabila beda tinggi dan jarak AB besar dan beda tinggi akan ditentukan lebih teliti.

Lapisan udara dari B ke A akan berbeda kepadatannya karena sinar cahaya yang datang dari target B ke teropong theodolite akan melalui garis melengkung. Makin dekat ke A makin padat. Dengan adanya kesalahan karena faktor alam tersebut di atas hitungan beda tinggi perlu mendapat koreksi.



Gambar 61. Gambar koreksi trigonometris

Keterangan:

- $z'$  = sudut zenith ukuran
- $z$  = sudut zenith yang betul
- $m'$  = sudut miring ukuran
- $m$  = sudut miring yang betul
- $r$  = sudut refraksi udara
- $O$  = pusat bumi
- $D$  = jarak (mendatar)

Dari gambar 61:

$$h_{AB} = (TB + BB') + B'B'' + B''B''' - TB$$

$$h_{AB} = D \tan m + \frac{D^2}{2R} + t - 1$$

$$\text{atau } h_{AB} = D \tan(m'-r) + \frac{D^2}{2R} + t - 1$$

$$h_{AB} = D \tan(m'-r) + \frac{D^2}{2R} + t - 1$$

$$\text{atau } h_{AB} = D \tan m' + t - 1 + \frac{1-k}{2R} \cdot D^2$$

$$h_{AB} = D \cot z' + t - 1 + \frac{1-k}{2R} \cdot D^2$$

Dimana:

- $k$  = koefisien refraksi udara = 0.14
- $R$  = jari-jari bumi 6370 km
- Besarnya sudut refraksi udara  $r$  dapat dihitung dengan rumus:

$$R = r_m \cdot C_p \cdot C_t$$

$r_m$  = sudut refraksi normal pada tekanan udara 760 mmHg, temperatur udara 10°C dan kelembaban nisbi 60%

$$C_p = \frac{P}{760}; P = \text{tekanan udara di A}$$

dalam mmHg

$$C_t = \frac{283}{273+t}; t = \text{temperatur udara}$$

di A dalam mmHg °C

Agar beda tinggi yang didapatkan lebih baik, maka pengukuran harus dilakukan bolak-balik. Kemudian hasilnya dirata-ratakan, dapat pula beda tinggi dihitung secara serentak dengan rumus:

$$h_{AB} = D \left( 1 + \frac{H_A + H_B}{2R} \right) \tan \frac{1}{2} (m'_2 - m'_1)$$

dimana:

- $H_A$  dan  $H_B$  tinggi pendekatan A dan B (dari peta topografi)
- $m'_1$ ,  $m'_2$  sudut miring ukuran di A dan B
- $t$  dan  $1$  dibuat sama tinggi.

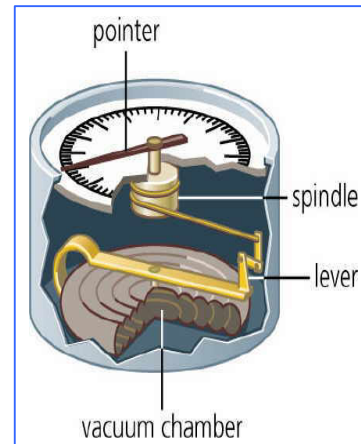
### 3.4 Pengukuran barometris

Metode barometris prinsipnya adalah mengukur beda tekanan atmosfer suatu ketinggian menggunakan alat barometer yang kemudian direduksi menjadi beda tinggi.

Pengukuran dengan barometer relatif mudah dilakukan, tetapi membutuhkan ketelitian pembacaan yang lebih dibandingkan dua metode lainnya, yaitu metode alat sipat datar dan metode trigonometris

Hasil dari pengukuran barometer ini bergantung pada ketinggian permukaan tanah juga bergantung pada temperatur udara, kelembapan, dan kondisi-kondisi cuaca lainnya.

Pada prinsipnya menghitung beda tinggi pada suatu wilayah yang relatif sulit dicapai karena kondisi alamnya dengan bantuan pembacaan tekanan udara atau atmosfer menggunakan alat barometer



Gambar 62. Bagian-bagian barometer

Dari ketiga metode di atas yang keuntungannya lebih besar ialah alat sipat datar, karena setiap ketinggian berbeda-beda dan tekanan berbeda-beda maka hasil pengukurannya pun berbeda-beda.

Pengukuran sipat datar KDV maksudnya adalah pembuatan serangkaian titik-titik di lapangan yang diukur ketinggiannya melalui pengukuran beda tinggi untuk pengikatan ketinggian titik-titik lain yang lebih detail dan banyak. Tujuan pengukuran sipat datar KDV adalah untuk memperoleh informasi tinggi yang relatif akurat di lapangan yang sedemikian rupa sehingga informasi tinggi pada daerah yang tercakup layak untuk diolah sebagai informasi yang lebih

kompleks. Referensi informasi ketinggian diperoleh melalui suatu pengamatan di tepi pantai yang dikenal dengan nama pengamatan pasut. Pengamatan ini dilakukan dengan menggunakan alat-alat sederhana yang bekerja secara mekanis, manual, dan elektronis.

Pengukuran sipat datar KDV diawali dengan mengidentifikasi kesalahan sistematis dalam hal ini kesalahan bidik alat sipat datar optis melalui suatu pengukuran sipat datar dalam posisi 2 stand.



Gambar 63. Barometer

Peristiwa alam menunjukkan bahwa semakin tinggi suatu tempat maka semakin kecil tekanannya. Hubungan antara tekanan dan ketinggian bergantung pada temperatur, kelembaban dan percepatan gaya gravitasi.

Secara sederhana kita dapat menentukan hubungan antara perubahan tekanan dengan perubahan tinggi.

Menurut hukum Boyle dan Charles:

$$P \cdot V = R \cdot T \dots\dots\dots 1$$

Dimana:

P = tekanan gas (udara) persatuan masa, dalam satuan Newton/m<sup>2</sup>

V = volume gas (udara) persatuan masa, dalam satuan m<sup>3</sup>

R = konstanta gas (udara)

T = temperatur gas (udara) dalam satuan kelvin (0<sup>0</sup>C = 273<sup>0</sup>K).

Disamping itu, karena antara massa m dengan volume V dan kepadatan  $\delta$  mempunyai hubungan:

$$M = V \cdot \delta$$

Maka untuk satu satuan masa,  $V = 1/\delta$ . Dengan demikian rumus di atas akan menjadi:

$$P = \delta \cdot R \cdot T \dots\dots\dots 2$$

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

$$Dp = - g \cdot \delta \cdot dh \dots\dots\dots 3$$

Dimana g = percepatan gaya berat,  $\delta$  = kepadatan udara. Kombinasi rumus 2 dan 3 akan memberikan:

$$Dh = - \frac{RT}{g} \cdot \frac{dp}{p} \dots\dots\dots 4$$

Bila P<sub>1</sub> adalah tekanan udara pada ketinggian H<sub>1</sub> dan P<sub>2</sub> adalah tekanan pada ketinggian H<sub>2</sub>, maka dengan menggunakan rumus 4

$$h = \int_{H_1}^{H_2} dh = H_2 - H_1 = - \int_{P_1}^{P_2} \frac{RT}{g} \cdot \frac{dp}{P}$$

Karena  $\frac{R \cdot T}{g}$  akan merupakan suatu konstanta, maka:

$$h = - \frac{RT}{g} \int_{P_1}^{P_2} \frac{dp}{P}$$

$$h = - \frac{RT}{g \{ \ln P_2 - \ln P_1 \}}$$

$$h = - \frac{RT}{M \cdot g} \log\left(\frac{P_2}{P_1}\right), M = \text{modulus log.}$$

Brigg = 0.4342945.....5

Harga konstanta R dapat ditentukan besarnya, apabila kita menentukan harga standar untuk  $p = p_s$ ,  $\delta = \delta_s$  dan  $T = T_s$ . Dari rumus 2:

$$R = \frac{P_s}{\delta_s T_s} \dots\dots\dots 6$$

Subtitusikan harga R persamaan 6 kedalam persamaan 5:

$$h = - \left( \frac{P_s}{M \cdot \delta_s \cdot g_s} \right) \cdot \log\left(\frac{P_2}{P_1}\right) \cdot \frac{T}{T_s} \dots\dots\dots 7$$

Bila diambil harga standar sbb:

$P_s = 101325 \text{ N/m}^2$  yang sesuai dengan tekanan 760 mmHg pada temperatur  $0^\circ\text{C}$  dan  $g = 9.80665 \text{ N/kg}$

$\delta_s = 1.2928 \text{ kg/m}^3$  pada temperatur  $0^\circ\text{C}$  dan tekanan 760 mmHg

$g_s = 9.80665 \text{ N/kg}$  dimuka laut pada lintang  $45^\circ$

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

Maka :

$$h = -(18402.6)m \frac{T}{T_s} \log\left(\frac{P_2}{P_1}\right) \dots\dots\dots 8$$

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 standar =  $273^\circ\text{K}$

Prosedur pengukuran:

Ada beberapa metode pengukuran yang dapat dilakukan, namun disini kita akan bahas dua metode, yaitu:

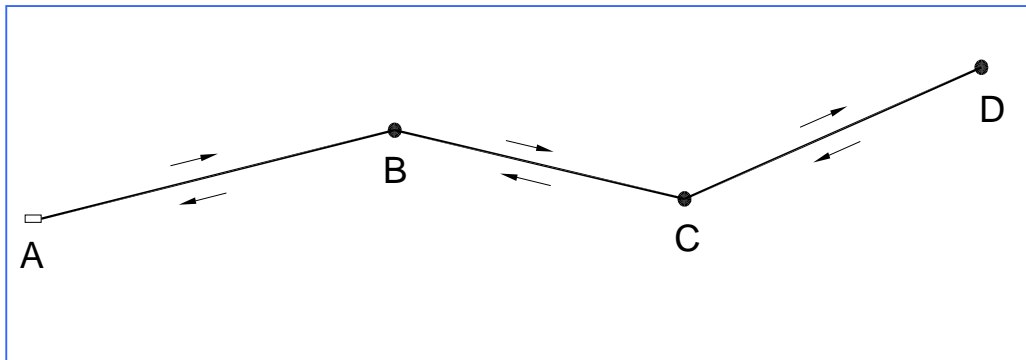
- metode pengukuran tunggal (single observation)
- metode pengukuran simultan (simultaneous observation)

1. Pengukuran tunggal

Misalkan titik-titik A, B, C, D akan ditentukan beda-beda tingginya.

Alat ukur yang digunakan satu alat barometer dan satu alat thermometer.





Gambar 64. Pengukuran tunggal

Misal titik A telah diketahui tingginya.

- Pertama sekali catat tekanan dan temperatur udara di A.
- Kemudian kita berjalan menuju titik B, C, D dan kemudian kembali ke C, B, dan A. Pada titik-titik yang dilalui tadi (B, C, D, C, B, A) kita catat pula tekanan dan temperatur udaranya.
- Dengan pencatatan besaran-besaran tekanan dan temperatur di setiap titik, dengan rumus 8 dapat dihitung beda-beda tingginya.
- Dan dari ketinggian A dapat dihitung ketinggian B, C, dan D.

Dalam keadaan atmosfir yang sama idealnya pencatatan di setiap titik dilakukan, namun pada pengukuran tunggal hal ini tidak mungkin dilakukan. Sehingga pencatatan mengandung kesalahan akibat perubahan kondisi atmosfir.

## 2. Pengukuran simultan

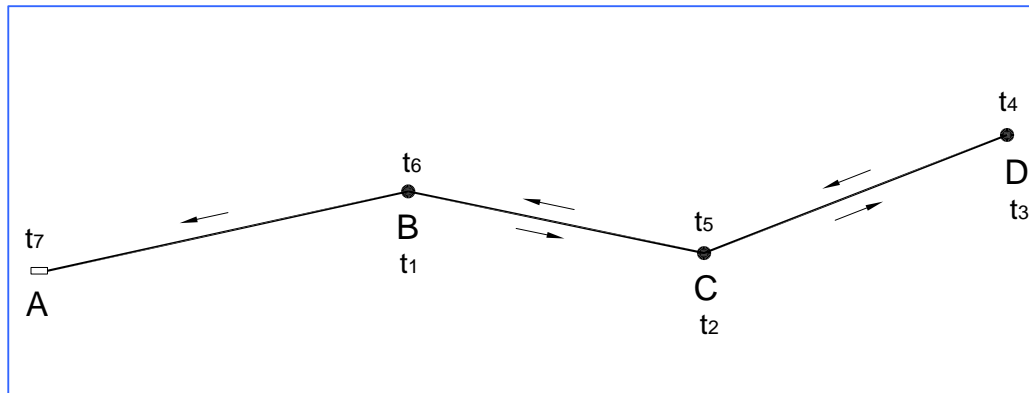
Pada metode simultan, pencatatan tekanan dan temperatur udara di dua titik yang ditentukan beda tingginya dilakukan pada saat bersamaan.

Maksudnya untuk mengeliminir kesalahan karena perubahan kondisi atmosfir.

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

Prosedur pengukuran:

- Buat jadwal waktu penacatatan. Misalkan  $t_0, t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6$ .
- Alat-alat pertama (I) ditempatkan di A, dan alat-alat kedua (II) berjalan dari A-B-C-D-C-B-A.



Gambar 65. Pengukuran Simultan

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)

- 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.

Catatan:

1. Rumus 8 dapat ditulis lain:

$$h = -(18402.6)(1 + \alpha t) \log\left(\frac{P_2}{P_1}\right) \dots 9$$

Dimana:

T dinyatakan dalam satuan  $^{\circ}\text{C}$

$$\alpha = \frac{1}{273} = 0.003663$$

2. Apabila dimisalkan untuk tinggi  $H = 0$ , tekanannya adalah  $p = 739$  mmHg maka rumus umum untuk menghitung tinggi adalah:

$$H_i = (18402.6) (1 + 0.003663 t) \log\left(\frac{739}{P_i}\right)$$

Tinggi dihitung dengan rumus 10 disebut tinggi hitungan dan digunakan untuk menghitung beda tinggi.

3. Rumus berikut ini, akan memberikan hasil  $h$  yang lebih baik, karena harga  $g$  yang digunakan disesuaikan dengan

ketinggian dan lintang tempat pengamatan. Sedangkan pada rumus 8 harga  $g$  yang digunakan adalah harga  $g$  pada ketinggian nol dan lintang  $45^\circ$

$$H = - [18402.6] (1 + \alpha t) \left(1 + \frac{2H}{R}\right)$$

$$(1 + \beta \cos 2\varphi \log \left(\frac{P_2}{P_1}\right)) \dots \dots \dots 11$$

Dimana:

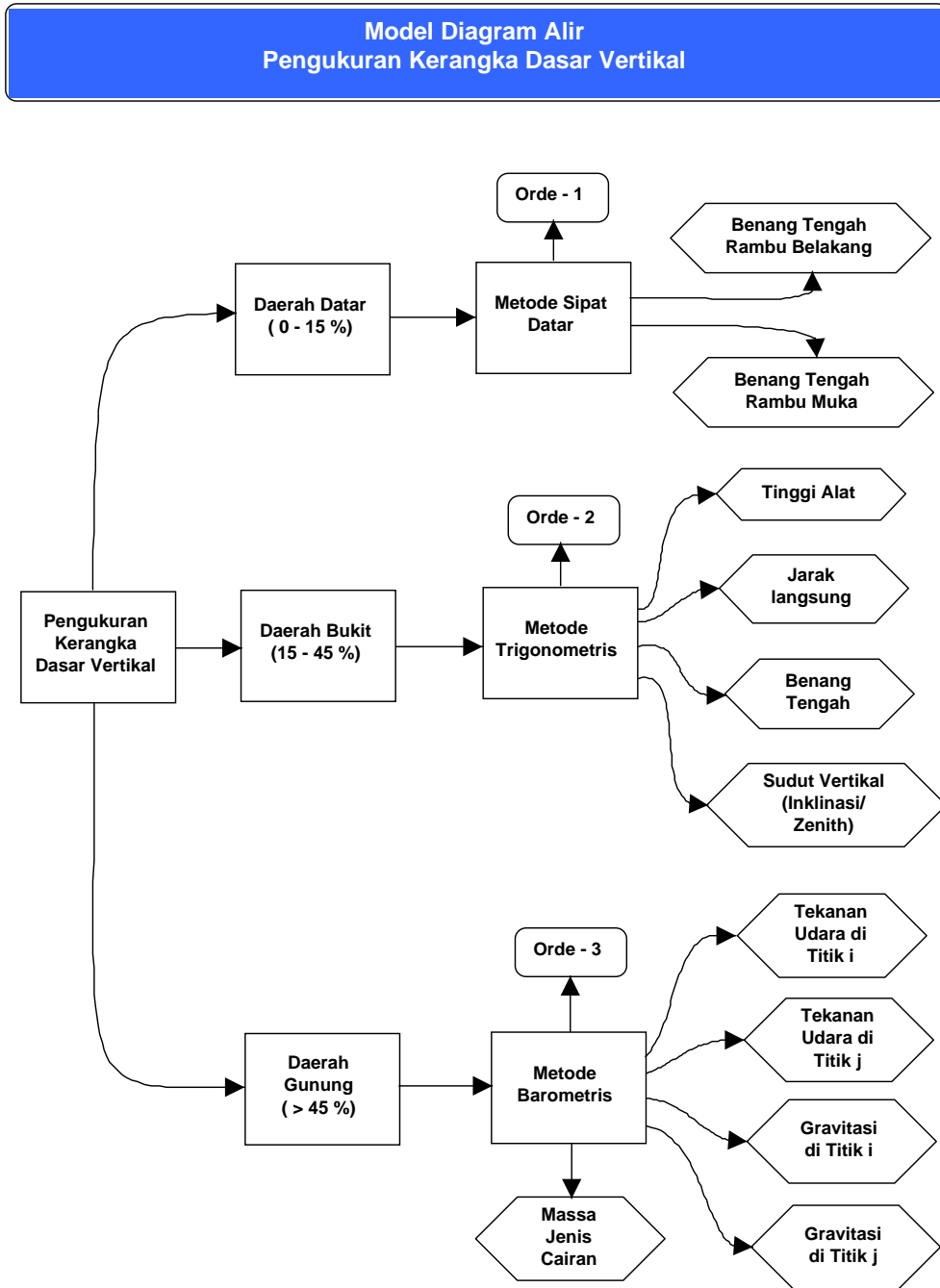
$$2H = H_1 + H_2 \text{ (harga pendekatan)}$$

$$R = \text{jari-jari bumi } (\approx 6370 \text{ km})$$

$$\varphi = \text{lintang tempat pengamatan}$$

$$\text{rata-rata} = \frac{1}{2} (\varphi_1 + \varphi_2)$$

$$\beta = 2.64399 \times 10^{-3}$$



Gambar 66. Model diagram alir pengukuran kerangka dasar vertikal

## Rangkuman

Berdasarkan uraian materi bab 3 mengenai pengukuran kerangka dasar vertikal, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kerangka dasar vertikal merupakan kumpulan titik-titik yang telah diketahui atau ditentukan posisi vertikalnya berupa ketinggiannya terhadap bidang rujukan ketinggian tertentu.
2. Pengukuran tinggi merupakan penentuan beda tinggi antara dua titik. Pengukuran beda tinggi dapat ditentukan dengan tiga metode, yaitu:
  - Metode pengukuran penyipat datar
  - Metode trigonometris
  - Metode barometris.
3. Pengukuran beda tinggi metode sipat datar optis adalah proses penentuan ketinggian dari sejumlah titik atau pengukuran perbedaan elevasi. Tujuan dari pengukuran penyipat datar adalah mencari beda tinggi antara dua titik yang diukur. Pengukuran sipat datar terdiri dari beberapa macam, yaitu:
  - Sipat datar memanjang
  - Sipat datar resiprokal
  - Sipat datar profil
  - Sipat datar luas
4. Pengukuran beda tinggi metode trigonometris prinsipnya yaitu mengukur jarak langsung (jarak miring), tinggi alat, tinggi benang tengah rambu dan sudut vertikal (zenith atau inklinasi) yang kemudian direduksi menjadi informasi beda tinggi menggunakan alat theodolite.
5. Pengukuran beda tinggi metode barometris prinsipnya adalah mengukur beda tekanan atmosfer suatu ketinggian menggunakan alat barometer yang kemudian direduksi menjadi beda tinggi.
6. Tingkat ketelitian yang paling tinggi dari ketiga metode tersebut adalah sipat datar kemudian trigonometris dan terakhir adalah barometris. Pada prinsipnya ketiga metode tersebut layak dipakai bergantung pada situasi dan kondisi lapangan.

## Soal Latihan

**Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini !**

1. Apa yang dimaksud dengan kerangka dasar vertikal ?
2. Jelaskan apa yang anda ketahui tentang pengukuran beda tinggi metode sipat datar optis !
3. Apa yang dimaksud dengan pengukuran tinggi dan bagaimana cara mencari beda tingginya ?
4. Sebutkan dan jelaskan macam-macam pengukuran sipat datar ?
5. Sebutkan macam-macam sipat datar memanjang !
6. Sebutkan bagian-bagian pesawat sipat datar tipe dumpy level lengkap beserta gambarnya !
7. Jelaskan prinsip pengukuran beda tinggi metode trigonometris dan metode barometris yang anda ketahui !
8. Sebutkan prosedur pengukuran dan penurunan rumus beda tinggi metode trigonometris lengkap dengan gambarnya !
9. Dari ketiga metode pengukuran beda tinggi, manakah yang mempunyai tingkat ketelitian paling tinggi dan jelaskan alasannya !
10. Jelaskan kelebihan dari alat sipat datar tipe dumpy level, automatic level, tilting level, dan tipe reversi ?

## 4. Pengukuran Sipat Datar Kerangka Dasar Vertikal

### 4.1 Tujuan dan sasaran pengukuran sipat datar kerangka dasar vertikal

Ilmu Ukur Tanah adalah ilmu yang mempelajari pengukuran-pengukuran yang diperlukan untuk menentukan letak relative titik-titik diatas, pada atau dibawah permukaan tanah, atau sebaliknya, ialah memasang titik-titik dilapangan. Letak titik-titik yang ditentukan adalah berguna pada komplinging peta atau untuk menentukan garis-garis atau jalur-jalur dan kemiringan-kemiringan konstruksi pada pekerjaan teknik sipil.

Pengukuran-pengukuran ini dilakukan pada daerah yang relative sempit, dimana tidak perlu dilibatkan adanya faktor kelengkungan bumi diperhitungkan, termasuk dalam Ilmu Geodesi Tinggi.

Sebagaimana telah kita tahu bahwa permukaan bumi ini tidak tentu, artinya tidak mempunyai permukaan yang sama tinggi, maka tinggi titik kedua tersebut dapat di hitung, yaitu apabila titik pertama telah diketahui tingginya.

Tinggi titik pertama ( $h_1$ ) dapat di definisikan, sebagai koordinat lokal ataupun terikat dengan titik yang lain yang telah diketahui tingginya, Sedangkan selisih tinggi atau lebih dikenal dengan beda tinggi ( $h$ ) dapat

diketahui/diukur dengan menggunakan prinsip sipat datar.

Pengukuran menggunakan sipat datar optis adalah pengukuran tinggi garis bidik alat sipat datar di lapangan melalui rambu ukur. Rambu ukur ini berjumlah 2 buah masing-masing didirikan di atas dua patok/titik yang merupakan jalur pengukuran. Alat sipat datar optis kemudian diletakan di tengah-tengah antara rambu belakang dan muka. Alat sipat datar diatur sedemikian rupa sehingga teropong sejajar dengan nivo yaitu dengan mengetengahkan gelembung nivo. Setelah gelembung nivo di ketengahkan (garis arah nivo harus tegak lurus pada sumbu kesatu) barulah di baca rambu belakang dan rambu muka yang terdiri dari bacaan benang tengah, atas dan bawah. Beda tinggi slag tersebut pada dasarnya adalah pengurangan Benang Tengah belakang ( $BT_b$ ) dengan Benang Tengah muka ( $BT_m$ ).

Pengukuran beda tinggi dengan cara sipat datar dapat memberikan hasil lebih baik dibandingkan dengan cara-cara trigonometris dan barometris, maka titik-titik kerangka dasar vertikal diukur dengan sipat datar.

Pengukuran sipat datar kerangka dasar vertikal maksudnya adalah pembuatan serangkaian titik-titik di lapangan yang

diukur ketinggiannya melalui pengukuran beda tinggi untuk pengikatan ketinggian titik–titik lain yang lebih detail dan banyak.

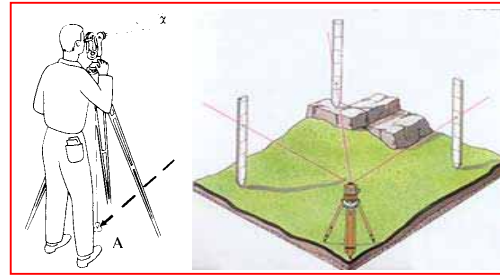
Tujuan pengukuran sipat datar kerangka dasar vertikal adalah untuk memperoleh informasi tinggi yang relatif akurat di lapangan sedemikian rupa sehingga informasi tinggi pada daerah yang tercakup layak untuk diolah sebagai informasi yang layak kompleks.

Referensi informasi ketinggian diperoleh melalui suatu pengamatan di tepi pantai yang dikenal dengan nama pengamatan **Pasut**. Pengamatan pasut dilakukan menggunakan alat-alat sederhana yang bekerja secara mekanis, manual dan elektronis.

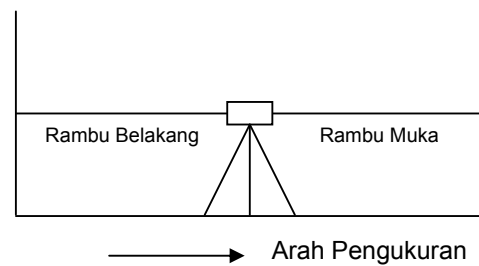
Tinggi permukaan air laut direkam pada interval waktu tertentu dengan bantuan pelampung baik dalam kondisi air laut pasang maupun surut.

Pengamatan permukaan air laut pada interval tertentu kemudian diolah dengan bantuan ilmu statistik sehingga diperoleh informasi mengenai tinggi muka air laut rata-rata atau sering dikenal dengan istilah Mean Sea Level (MSL).

MSL ini berdimensi meter dan merupakan referensi ketinggian bagi titik-titik lain di darat.



Gambar 67. Proses pengukuran



Gambar 68. Arah pengukuran

## 4.2 Peralatan, bahan, dan formulir pengukuran sipat datar kerangka dasar vertikal

### 4.2.1 Peralatan yang digunakan :

#### 1. Alat sipat datar optis

Pada dasarnya alat sipat datar terdiri dari bagian utama sebagai berikut:

- a. Teropong berfungsi untuk membidik rambu (menggunakan garis bidik) dan memperbesar bayangan rambu.
- b. Nivo tabung diletakan pada teropong berfungsi mengatur agar garis bidik mendatar. Terdiri dari kotak gelas yang diisi alkohol. Bagian kecil kotak tidak berisi zat cair sehingga kelihatan ada gelembung. Nivo akan terletak



tegak lurus pada garis tengah vertikal bidang singgung di titik tengah bidang lengkung atas dalam nivo mendatar.

- c. Kiap (leveling head/base plate), terdapat sekrup-sekrup kiap (umumnya tiga buah) dan nivo kotak (nivo tabung) yang semuanya digunakan untuk menegakkan sumbu kesatu (sumbu tegak) teropong.
- d. Sekrup pengunci (untuk mengunci gerakan teropong kekanan/ kiri).
- e. Lensa okuler (untuk memperjelas benang).
- f. Lensa objektif/ diafragma (untuk memperjelas benda/ objek).
- g. Sekrup penggerak halus (untuk membidik sasaran).
- h. Vizir (untuk mencari/ membidik kasar objek).
- i. Statif (tripod) berfungsi untuk menyangga ketiga bagian tersebut di atas.



Gambar 69. Alat sipat datar

## 2. Rambu ukur 2 buah

Rambu ukur dapat terbuat dari kayu, campuran aluminium yang diberi skala pembacaan. Ukuran lebarnya  $\pm 4$  cm, panjang antara 3m-5m pembacaan dilengkapi dengan angka dari meter, desimeter, sentimeter, dan milimeter.



Gambar 70. Rambu ukur



**Gambar 71. Cara menggunakan rambu ukur di lapangan**

### 3. Statif

Statif merupakan tempat dudukan alat dan untuk menstabilkan alat seperti Sipat datar. Alat ini mempunyai 3 kaki yang sama panjang dan bisa dirubah ukuran ketinggiannya. Statif saat didirikan harus rata karena jika tidak rata dapat mengakibatkan kesalahan saat pengukuran.



**Gambar 72. Statif**

### 4. Unting-Unting

Unting-unting terbuat dari besi atau kuningan yang berbentuk kerucut dengan ujung bawah lancip dan di ujung atas digantungkan pada seutas tali. Unting-unting berguna untuk memproyeksikan suatu titik pada pita ukur di permukaan tanah atau sebaliknya.



**Gambar 73. Unting-unting**

### 5. Patok

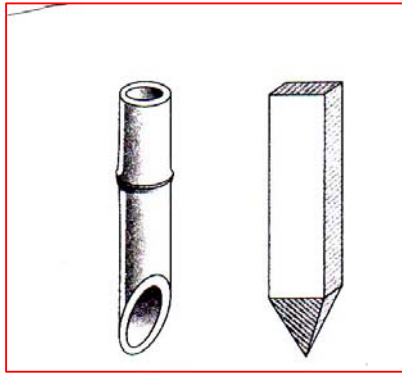
Patok dalam ukur tanah berfungsi untuk memberi tanda batas jalon, dimana titik setelah diukur dan akan diperlukan lagi pada waktu lain. Patok biasanya ditanam didalam tanah dan yang menonjol antara 5 cm - 10 cm, dengan maksud agar tidak lepas dan tidak mudah dicabut. Patok terbuat dari dua macam bahan yaitu kayu dan besi atau beton.

- Patok Kayu

Patok kayu yang terbuat dari kayu, berpenampang bujur sangkar dengan ukuran  $\pm 50\text{mm} \times 50\text{mm}$ , dan bagian atasnya diberi cat.

- Patok Beton atau Besi

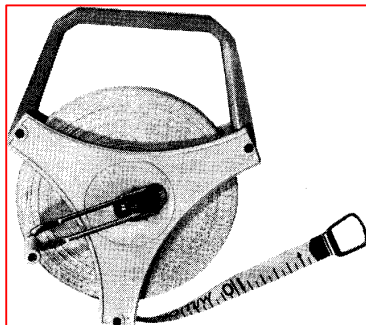
Patok yang terbuat dari beton atau besi biasanya merupakan patok tetap yang akan masih dipakai diwaktu lain.



Gambar 74. Patok kayu dan beton/ besi

6. Pita ukur (meteran)

Pita ukur linen bisa berlapis plastik atau tidak, dan kadang-kadang diperkuat dengan benang serat. Pita ini tersedia dalam ukuran panjang 10m, 15m, 20m, 25m atau 30m. Kelebihan dari alat ini bisa digulung dan ditarik kembali, dan kekurangannya adalah kalau ditarik akan memanjang, lekas rusak dan mudah putus, tidak tahan air.



Gambar 75. Pita ukur

7. Payung

Payung ini digunakan atau memiliki fungsi sebagai pelindung dari panas dan hujan untuk alat ukur itu sendiri. Karena bila alat ukur sering kepanasan atau kehujanan, lambat laun alat tersebut pasti mudah rusak (seperti; jamur, dll).



Gambar 76. Payung

#### 4.2.2 Bahan Yang Digunakan :

1. Peta wilayah study

Peta digunakan agar mengetahui di daerah mana akan melakukan pengukuran

2. Cat dan kuas

Alat ini murah dan sederhana akan tetapi peranannya sangat penting sekali ketika di lapangan, yaitu digunakan untuk menandai dimana kita mengukur dan dimana pula kita meletakkan rambu ukur. Tanda ini tidak boleh hilang sebelum perhitungan selesai karena akan mempengaruhi perhitungan dalam pengukuran.



Gambar 77. Cat dan kuas

### 3. Alat tulis

Alat tulis digunakan untuk mencatat hasil pengukuran di lapangan.

#### 4.2.3 Formulir Pengukuran

Formulir pengukuran digunakan untuk mencatat kondisi di lapangan dan hasil perhitungan-perhitungan/pengukuran di lapangan (terlampir). Pengukuran harus dilaksanakan berdasarkan ketentuan-ketentuan yang ditetapkan sebelumnya.

### 4.3. Prosedur pengukuran sipat datar kerangka dasar

Ketentuan-ketentuan pengukuran Kerangka Dasar Vertikal adalah sebagai berikut :

- Pengukuran dilakukan dengan cara sipat datar.
- Panjang satu slag pengukuran.
- Pengukuran antara dua titik, sekurang-kurangnya diukur 2 kali (pergi dan pulang).

- Perbedaan hasil ukuran pergi dan pulang tidak melebihi angka toleransi yang ditetapkan.

Khusus mengenai angka toleransi pengukuran sipat datar, dapat dijelaskan sebagai berikut :

$$T = \pm K \sqrt{D}$$

Dimana :

T = toleransi dalam satuan milimeter

K = konstanta yang menunjukkan tingkat ketelitian pengukuran dalam satuan milimeter

D = Jarak antara dua titik yang diukur dalam satuan kilometer

Berikut ini diberikan contoh harga K untuk bermacam tingkat pengukuran sipat datar :

Tabel 3. Tingkat Ketelitian Pengukuran Sipat Datar

Tingkat	K
I	3 mm
II	6 mm
III	8 mm

Contoh :

Dari A ke B sejauh 2 km, harus diukur dengan ketelitian tingkat III. Ini berarti perbedaan ukuran beda tinggi pergi dan pulang tidak boleh melebihi  $8\sqrt{2} = 11$  mm.

Apabila beda tinggi ukuran pergi dan pulang  $\leq 11$  mm, ukuran tersebut diterima sebagai ukuran tingkat III, Bila  $> 11$  mm ukuran harus diulangi.

Dari pengalaman menunjukkan bahwa titik-titik kerangka dasar vertikal yang akan digunakan harus diukur lebih teliti.

Pengukuran sipat datar kerangka dasar vertikal harus diawali dengan mengidentifikasi kesalahan sistematis dalam hal ini kesalahan garis bidik alat sipat datar optis melalui suatu pengukuran sipat datar dalam posisi 2 stand (2 kali berdiri alat). Kesalahan garis bidik adalah kemungkinan terungkitnya garis bidik teropong ke arah atas atau bawah diakibatkan oleh keterbatasan pabrik membuat alat ini betul-betul presisi.

Langkah-langkah dalam pengukuran sipat datar kerangka dasar vertikal adalah sebagai berikut :

1. Siswa akan menerima peta dan batas-batas daerah pengukuran.
2. Ketua tim menandai semua peralatan yang dibutuhkan serta mengambil peta dan batas-batas pengukuran di laboratorium. Lalu menyerahkannya pada laboran.
3. Ketua tim memeriksa kelengkapan alat, lalu anggota tim membawanya ke lapangan.
4. Survei ke daerah yang akan dipetakan pada jalur batas pemetaan.
5. Menentukan lokasi-lokasi patok atau merencanakan lokasi-lokasi patok sehingga jumlah slag itu genap.
6. Setelah selesai merencanakan lokasi-lokasi patok (menggunakan Cat) lalu menandainya di lapangan.
7. Melakukan pengukuran kesalahan garis bidik. Hal ini dilakukan dengan cara mendirikan rambu diantara 2 titik (patok) dan dirikan statif serta alat sipat datar optis kira-kira di tengah antara 2 titik tersebut. Yang perlu diperhatikan pengukuran itu tidak harus dilaksanakan jauh dari laboratorium.
8. Sebelum digunakan, alat sipat datar harus terlebih dahulu diatur sedemikian rupa sehingga garis bidiknya (sumbu II) sejajar dengan bidang nivo melalui upaya mengetengahkan gelembung nivo yang terdapat pada nivo kotak. Bidang nivo sendiri merupakan bidang equipotensial yaitu bidang yang mempunyai energi potensial yang sama.
9. Sebelum pembacaan dilakukan adalah mengatur agar sumbu I (sumbu yang tegak lurus garis bidik) benar-benar tegak lurus dengan sumbu II melalui upaya mengetengahkan gelembung nivo tabung. Setelah sama, langkah selanjutnya kedua nivo yaitu nivo kotak dan nivo tabung diatur, barulah kita melakukan pembacaan rambu. Rambu yang dibaca harus benar-benar tegak lurus terhadap permukaan tanah.
10. Ketengahkan gelembung nivo dengan prinsip perputaran 2 sekrup kaki kiap dan 1 sekrup kaki kiap. Setelah

gelembung nivo di tengah, lalu memasang unting-unting.

11. Untuk memperjelas benang diafragma dengan memutar sekrup pada teropong.
12. Sedangkan untuk memperjelas objek rambu ukur dengan memutar sekrup fokus diatas teropong.
13. Setelah itu, membaca benang atas, benang tengah, dan benang bawah rambu belakang. Kemudian membaca kembali benang atas, benang tengah, dan benang bawah rambu muka. Hasil pembacaan di tulis pada formulir yang telah disiapkan. Kemudian mengukur jarak dengan menggunakan pita ukur dari rambu belakang ke alat dan dari alat ke rambu belakang (hasilnya di rata-ratakan) serta mengukur juga jarak rambu muka ke alat dan dari alat ke rambu muka (hasilnya dirata-ratakan). Kemudian alat digeser sedikit (slag 2) lakukan hal yang sama sampai slag akhir pengukuran selesai.
14. Setelah pengukuran selesai, lalu kembali ke laboratorium untuk mengembalikan alat.
15. Setelah itu melakukan pengolahan data. Pengolahan data yang dilakukan adalah pengolahan data untuk mengeliminir kesalahan acak atau sistematis dengan dilengkapi instrumen tabel kesalahan garis bidik dan sistematis.

Kesalahan sistematis berupa kesalahan garis bidik kita konversikan ke dalam pembacaan benang tengah mentah yang akan menghasilkan benang tengah setiap slag yang telah dikoreksi dan merupakan fungsi dari jarak muka atau belakang dikalikan dengan koreksi garis bidik.

#### 4.2.2 Penentuan beda tinggi antara dua titik

Penentuan beda tinggi anantara dua titik dapat dilakukan dengan tiga cara penempatan alat ukur penyipat datar, tergantung pada keadaan lapangan.

Dengan menempatkan alat ukur penyipat datar di atas titik B. Tinggi a garis bidik (titik tengah teropong) di atas titik B diukur dengan mistar. Dengan gelembung ditengah–tengah, garis bidik diarahkan ke mistar yang diletakkan di atas titik lainnya, ialah titik A. Pembacaan pada mistar dimisalkan b, maka angka b ini menyatakan jarak angka b itu dengan alas mistar. Maka beda tinggi antara titik A dan titik B adalah  $t = b - a$ .

Alat ukur penyipat datar diletakkan antara titik A dan titik B, sedang di titik–titik A dan B ditempatkan dua mistar. Jarak dari alat ukur penyipat datar ke kedua mistar ambillah kira–kira sama, sedang alat ukur penyipat datar tidaklah perlu diletakkan digaris lurus yang menghubungkan dua titik A dan B. Arahkan garis bidik dengan gelembung di

tengah–tengah ke mistar A (belakang) dan ke mistar B (muka), dan misalkan pembacaan pada dua mistar berturut-turut ada  $b$  (belakang) dan  $m$  (muka).

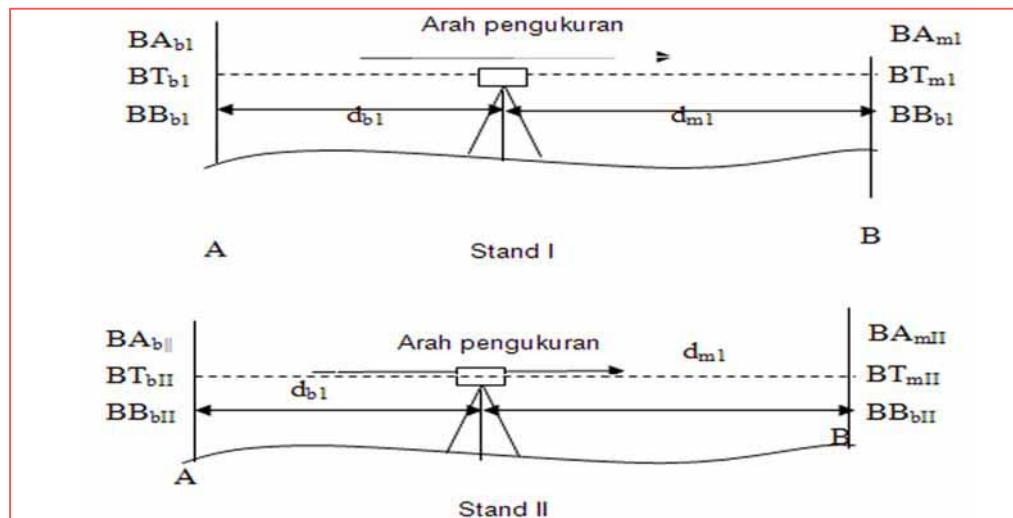
Bila selalu diingat, bahwa angka – angka pada rambu selalu menyatakan jarak antara angka dan alas mistar, maka dengan mudah dapat dimengerti, bahwa beda tinggi antara titik–titik A dan B ada  $t = b - m$ .

Alat ukur penyipat datar ditempatkan tidak diantara titik A dan B, tidak pula di atas salah satu titik A atau titik B, tetapi di sebelah kiri titik A atau disebelah kanan titik B, jadi diluar garis AB. Pembacaan yang dilakukan pada mistar yang diletakkan di atas titik A dan B sekarang adalah berturut-turut  $b$  dan  $m$  lagi, sehingga digambar didapat dengan mudah, bahwa beda tinggi  $t = b - a$  m.

#### 4.2.3 Kesalahan–kesalahan pada sipat datar

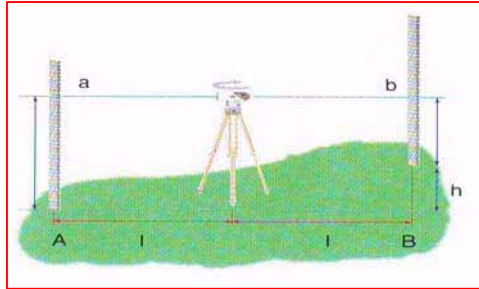
- a. Kesalahan petugas.
  - Disebabkan oleh observer.
  - Disebabkan oleh rambu.
- b. Kesalahan Instrumen.
  - Disebabkan oleh petugas.
  - Disebabkan oleh rambu.
- c. Kesalahan Alami.
  - Disebabkan pengaruh sinar matahari langsung.
  - Pengaruh refraksi cahaya.
  - Pengaruh lengkung bumi.
  - Disebabkan pengaruh posisi instrument sipat datar dan rambu-rambu.

#### 4.2.4 Pengukuran Sipat Datar



Gambar 78. Pengukuran sipat datar

Eliminasi kesalahan sistematis alat sipat datar dengan cara ,mengoreksi KGB (kesalahan garis bidik). Metode pengukuran rambu muka dan belakang dengan dua stand (dua kali alat berdiri).



Keterangan :

$\hat{BT}$  = benang tengah yang dianggap benar  
 BT = benang tengah yang dibaca dari teropong

Koreksi = - kesalahan

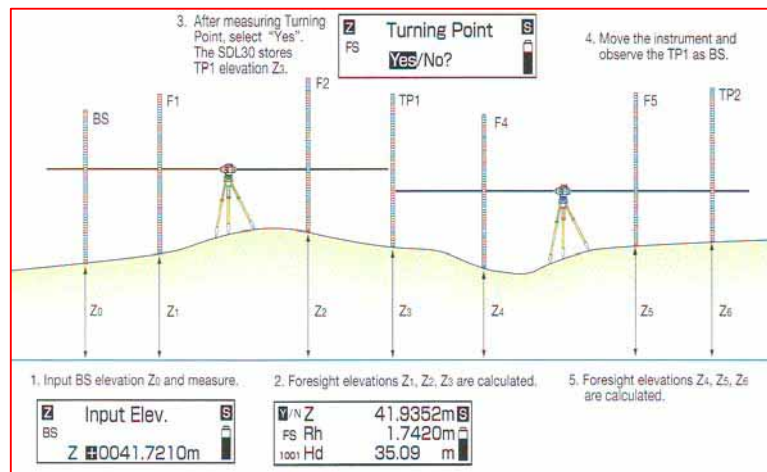
I = Kgb = sudut

$$\lim_{k_{gb} \rightarrow 0} \tan k_{gb} = \left( \frac{BT - \hat{BT}}{d} \right) \Rightarrow k_{gb} = \left( \frac{BT - \hat{BT}}{d} \right)$$

$$k_{gb} = \left( \frac{(BTb_1 - BTm_1) - (BTb_{II} - BTm_{II})}{(db_1 + dm_1) - (db_{II} + dm_{II})} \right)$$

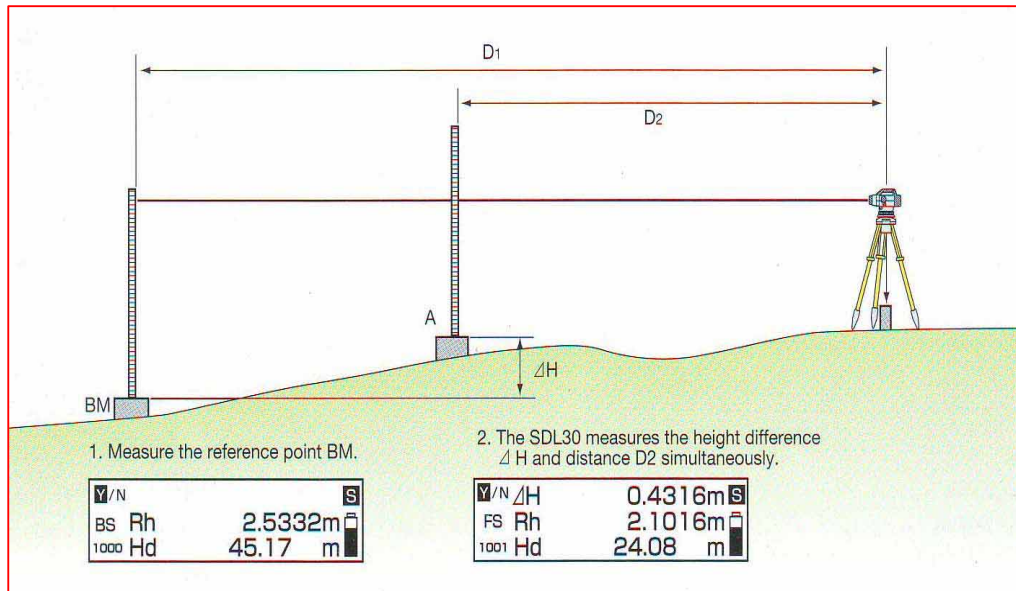
Koreksi Kgb = -Kgb.

- a. Eliminasi kesalahan sistematis karena kondisi alam. Eliminasi kesalahan sistematis karena kondisi alam dapat dikoreksi dengan membuat jarak belakang dan jarak muka hampir sama.
- b. Jumlah slag pengukuran harus genap. Peluang untuk meng-koreksi kesalahan di slag ganjil dan genap lebih besar. Pembagian kesalahan setiap slag lebih rata.
- c. Cara meng-koreksi kesalahan acak (random error):
  - Dilapangan kita peroleh bacaan BA, BT, BB pada setiap slag (misalnya n = genap.
  - Dari lapangan kita peroleh jarak belakang
  - x jarak muka.

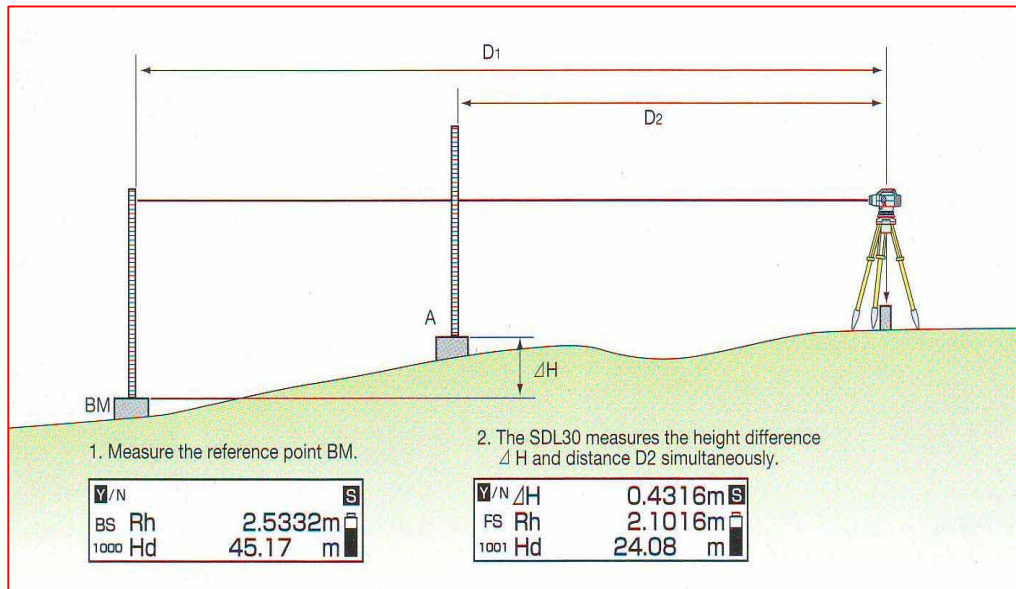


Gambar 79. Pengukuran sipat datar rambu ganda

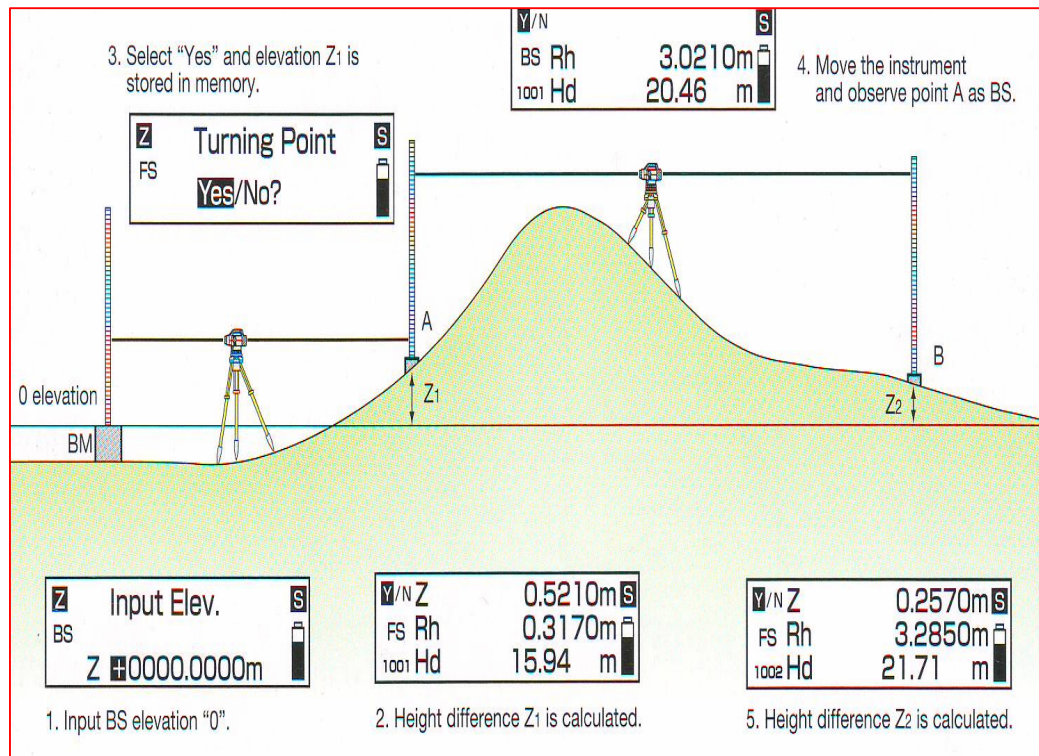




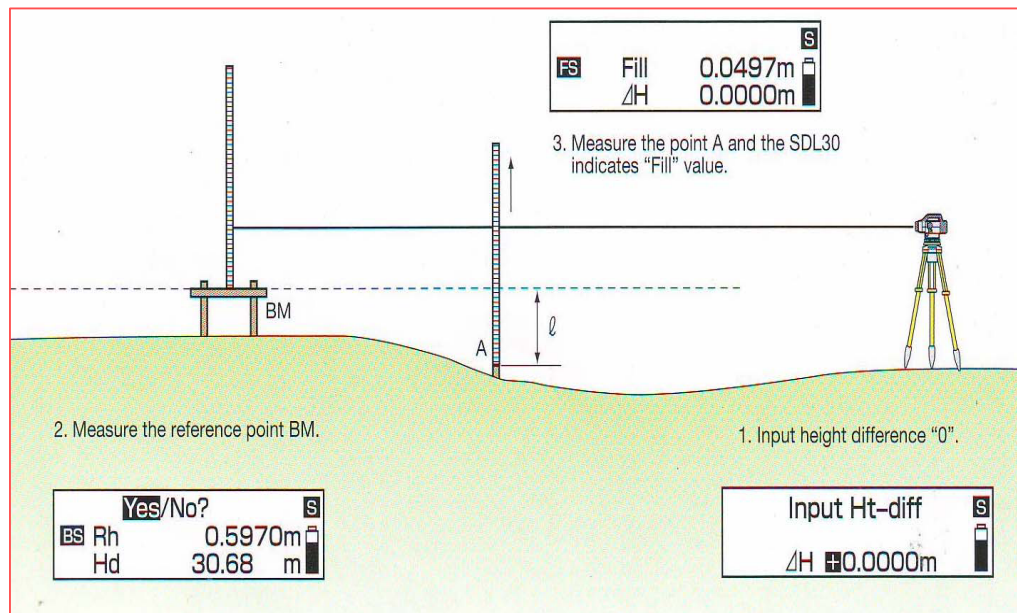
Gambar 80. Pengukuran sipat datar di luar slag rambu



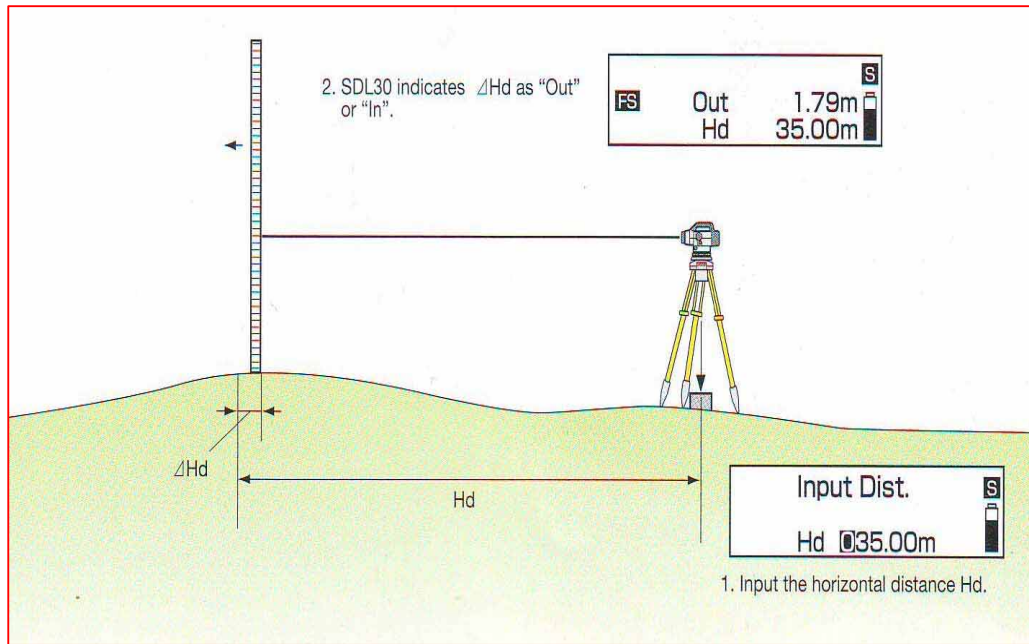
Gambar 80. Pengukuran sipat datar di luar slag rambu



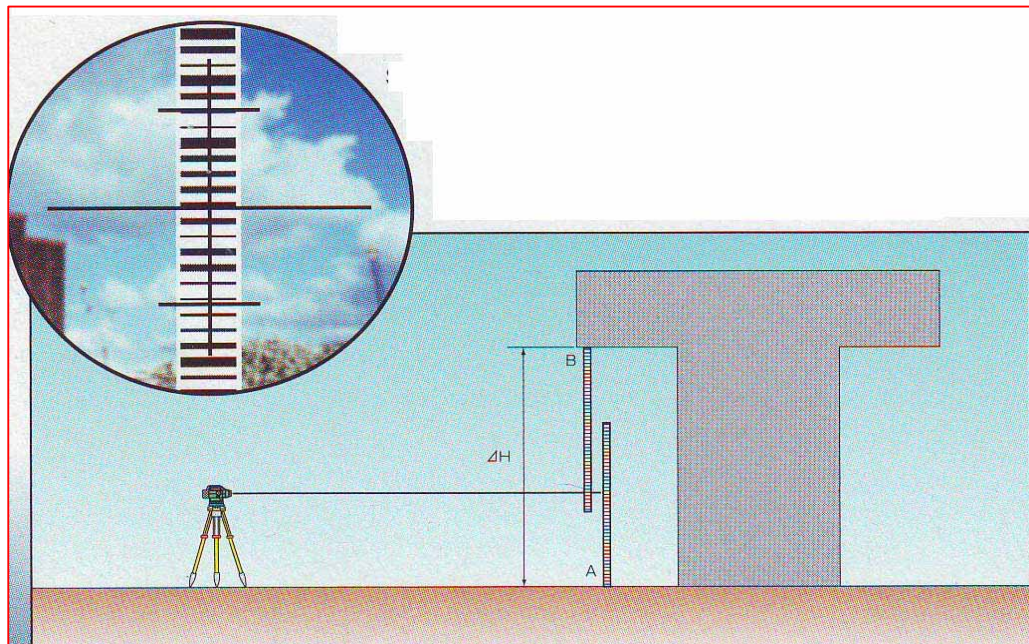
Gambar 81. Pengukuran sipat datar dua rambu



Gambar 82. Pengukuran sipat datar menurun



Gambar 83. Pengukuran sipat datar menaik



Gambar 84. Pengukuran sipat datar tinggi bangunan

#### 4.4 Pengolahan data sifat datar kerangka dasar vertikal

Hasil yang diperoleh dari praktek pengukuran sipat datar dan pengolahan data lapangan adalah tinggi pada titik-titik (patok-patok) yang diukur untuk keperluan penggambaran dalam pemetaan.

Perhitungan meliputi :

- Mengoreksi hasil ukuran
- Mereduksi hasil ukuran, misalnya mereduksi jarak miring menjadi jarak mendatar dan lain-lain
- Menghitung azimuth pengamatan matahari
- Menghitung koordinat dan ketinggian setiap titik.

Langkah-langkah dalam pengolahan data adalah sebagai berikut:

1. Menuliskan nilai BA, BT, BB, jarak belakang dan jarak muka.
2. Mencari nilai kesalahan garis bidik.
3. Menghitung BT koreksi ( $BT_k$ ) di setiap slag.
4. Menghitung beda tinggi ( $\Delta H$ ) di setiap slag dari bacaan benang tengah koreksi belakang dan muka.

Beda tinggi awal suatu slag diperoleh melalui pengurangan benang tengah belakang koreksi dengan benang tengah muka koreksi. Beda tinggi

setiap slag harus memenuhi syarat beda tinggi sama dengan nol jika jalur pengukur berawal dan berakhir pada titik yang sama. Penjumlahan beda tinggi awal setiap slag merupakan kesalahan acak beda tinggi yang harus dikoreksikan kepada setiap slag berdasarkan bobot tertentu.

5. Menghitung jarak ( $\sum d$ ) setiap slag dengan menjumlahkan jarak belakang dan jarak muka.
6. Menghitung total jarak ( $\sum (\sum d)$ ) jalur pengukuran dengan menjumlahkan semua jarak slag.
7. Menghitung bobot koreksi setiap slag dengan membagi jarak slag dengan total jarak pengukuran.

Sebagai bobot koreksi kita menggunakan jarak setiap slag yang merupakan penjumlahan jarak muka dan belakang. Total bobot adalah jumlah jarak semua slag. Koreksi tinggi setiap slag dengan demikian diperoleh melalui negatif kesalahan acak beda tinggi dikalikan dengan jarak slag tersebut dan dibagi dengan total jarak seluruh slag.

8. Menghitung tinggi titik-titik pengukuran ( $T_i$ ) dengan cara menjumlahkan tinggi titik sebelumnya dengan tinggi titik koreksi yang hasilnya akan sama dengan nol.

9. Jika tidak sama dengan nol maka pengolahan data harus diulangi dan diidentifikasi kembali letak kesalahannya. Jika tinggi titik awal diketahui, maka tinggi titik-titik koreksif diperoleh dengan cara menjumlahkan tinggi titik awal terhadap beda tinggi koreksi slag secara berurutan.

**Rumus-rumus dalam pengukuran kerangka dasar vertikal :**

$$BT_{bk} = BT_b - (K_{gb}.db)$$

$$BT_{mk} = BT_m - (K_{gb}.dm)$$

$$\Delta H = BT_{bk} - BT_{mk}$$

$$\sum d = db + dm$$

$$\text{Bobot} = \frac{\sum d}{\sum(\sum d)}$$

$$\Delta H_k = \Delta H - (\sum \Delta H \cdot \text{bobot})$$

$$T_i = T_i \text{ awal} + \Delta H$$

Dimana :

BT<sub>b</sub> = Benang Tengah Belakang

BT<sub>m</sub> = Benang Tengah Muka

BT<sub>bk</sub> = Benang Tengah Belakang

BT<sub>mk</sub> = Benang Tengah Muka

ΔH = Beda Tinggi

ΔH<sub>k</sub> = Beda tinggi koreksi

∑d = Total jarak per-slag

∑(∑d) = Total Jarak dari penjumlahan ∑d

dm = Jarak muka

db = Jarak belakang

Bobot = Koreksi slag dengan membagi jarak slag dengan total jarak pengukuran

T<sub>i</sub> = Tinggi titik-titik pengukuran.

#### 4.5 Penggambaran sipat datar kerangka dasar vertikal

Penggambaran (pemetaan) dapat dilakukan dalam bentuk konvensional (manual) dan digital.

Dengan penggambaran konvensional (manual), harus terlebih dahulu menentukan luas cakupan daerah yang akan dipetakan, kemudian dibandingkan dengan luas lembaran yang tersedia. Apakah itu A0, A1, A2 dan sebagainya. Dalam hal ini untuk tugas praktikum Ilmu Ukur Tanah, direferensikan kertas yang digunakan adalah berukuran A2, A1 dan A0. Setelah diperoleh berupa perbandingan luas cakupan wilayah di lapangan dengan di ukuran kertas yang ada, kemudian tentukan skala dari peta yang akan digambarkan.

Dengan penggambaran digital, skala bukan menjadi masalah tetapi yang dipentingkan adalah masalah koordinat titik-titik dan penggunaan koordinat itu untuk mengintegrasikan berbagai macam peta/gambar yang akan ditetapkan.

Penggambaran digital lebih menguntungkan karena pada skala berapa pun peta/gambar digital dapat dikeluarkan tidak bergantung pada skala serta revisi data dari peta/ gambar digital lebih mudah dibandingkan dengan peta/ gambar konvensional. Konsep yang pertama kali mendekati untuk penyajian peta/

gambar digital adalah konsep **CAD (Computer Aided Design)** atau suatu database grafis yang menyimpan koordinat-koordinat kemudian disajikan dalam bentuk grafis, kemudian dikenal pula istilah **GIS (Geographical Information System)** yaitu suatu sistem yang mampu mengaitkan database dengan database atributnya yang sesuai.

Peta-peta/ gambar dalam bentuk digital dapat disajikan dalam bentuk **hard copy** atau cetakan print out dari hasil-hasil file komputer, **soft copy** atau dalam bentuk file serta dalam bentuk penyajian peta/ gambar digital di layar komputer.

Keuntungan-keuntungan dari penyajian gambar dalam bentuk digital adalah:

1. Proses pembuatannya relatif cepat.
2. Murah dan akurasi tinggi.
3. Tidak dibatasi skala dalam penyajiannya.
4. Jika perlu melakukan revisi mudah dilakukan dan tidak perlu mengeluarkan banyak biaya.
5. Dapat melakukan analisis spasial (keruangan) secara mudah.

Unsur-unsur yang harus ada dalam penggambaran hasil pengukuran dan pemetaan adalah :

#### **Legenda**

Yaitu suatu informasi berupa huruf, simbol dan gambar yang menjelaskan

mengenai isi gambar. Legenda memiliki ruang di luar muka peta dan dibatasi oleh garis yang membentuk kotak-kotak.

Tanda-tanda atau simbol-simbol yang digunakan adalah untuk menyatakan bangunan-bangunan yang ada di atas bumi seperti jalan raya, kereta api, sungai, selokan, rawa atau kampung. Juga untuk bermacam-macam keadaan dan tanam-tanaman misalnya ladang, padang rumput, atau alang-alang, perkebunan seperti: karet, kopi, kelapa, untuk tiap macam pohon diberi tanda khusus.

Untuk dapat membayangkan tinggi rendahnya permukaan bumi, maka digunakan garis-garis tinggi atau *tranches* atau kontur yang menghubungkan titik-titik yang tingginya sama di atas permukaan bumi.

#### **Muka peta**

Yaitu ruang yang digunakan untuk menyajikan informasi bentuk permukaan bumi baik informasi vertikal maupun horizontal. Muka peta sebaiknya memiliki ukuran panjang dan lebar yang proporsional agar memenuhi unsur estetik.

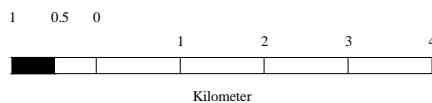
#### **Skala peta**

Yaitu simbol yang menggambarkan perbandingan jarak di atas peta dengan jarak sesungguhnya di lapangan. Skala

peta terdiri dari: skala numeris, skala perbandingan, dan skala grafis.

Skala numeris yaitu skala yang menyatakan perbandingan perkecilan yang ditulis dengan angka, misalnya: skala 1 : 25.000 atau skala 1 : 50.000.

Skala grafis yaitu skala yang digunakan untuk menyatakan panjang garis di peta dan jarak yang diwakilinya di lapangan melalui informasi grafis.



Skala grafis memiliki kelebihan dibandingkan dengan skala numeris dan skala perbandingan karena tidak dipengaruhi oleh muai kerut bahan dan perubahan ukuran penyajian peta.

#### **Orientasi arah utara**

Yaitu simbol berupa panah yang biasanya mengarah ke arah sumbu Y positif muka peta dan menunjukkan orientasi arah utara. Orientasi arah utara ini dapat terdiri dari: arah utara geodetik, arah utara magnetis, dan arah utara grid koordinat proyeksi. Skala peta grafis biasanya selalu disajikan untuk melengkapi skala numeris atau skala perbandingan untuk mengantisipasi adanya

pembesaran dan perkecilan peta serta muai susut bahan peta.

#### **Sumber gambar yang dipetakan**

Untuk mengetahui secara terperinci proses dan prosedur pembuatan peta. Sumber peta akan memberikan tingkat akurasi dan kualitas peta yang dibuat.

#### **Tim pengukuran yang membuat peta**

Untuk mengetahui penanggung jawab pengukuran di lapangan dan penyajiannya di atas kertas. Personel yang disajikan akan memberikan informasi mengenai kualifikasi personel yang terlibat.

#### **Instalasi dan simbol**

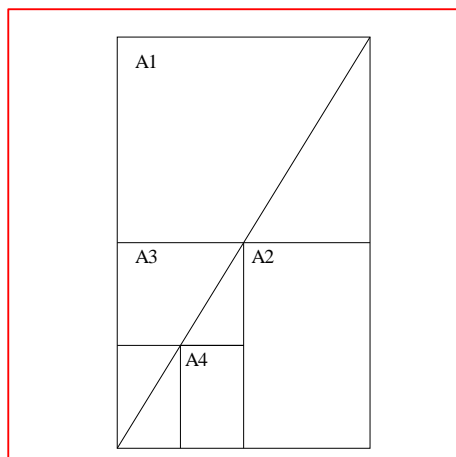
Instalasi dan simbol yang memberikan pekerjaan dan melaksanakan pekerjaan pengukuran dan pembuatan peta. Instalasi dan simbol instalasi ini akan memberikan informasi mengenai karakteristik tema yang biasanya diperlukan bagi instalasi yang bersangkutan.

Ukuran kertas untuk penggambaran hasil pengukuran dan pemetaan terdiri dari :

**Tabel 4. Ukuran kertas untuk penggambaran hasil pengukuran dan pemetaan**

Ukuran Kertas	Panjang (milimeter)	Lebar (milimeter)
A0	1189	841
A1	841	594
A2	594	420
A3	420	297
A4	297	210
A5	210	148

Ukuran kertas yang digunakan untuk pencetakan peta biasanya Seri A. Dasar ukuran adalah A0 yang luasnya setara dengan 1 meter persegi. Setiap angka setelah huruf A menyatakan setengah ukuran dari angka sebelumnya. Jadi, A1 adalah setengah A0, A2 adalah seperempat dari A0 dan A3 adalah seperdelapan dari A0. Perhitungan yang lebih besar dari SA0 adalah 2A0 atau dua kali ukuran A0.



**Gambar 85. Pembagian kertas seri A**

Penggambaran sipat datar kerangka dasar vertikal akan menyajikan unsur unsur: jarak mendatar antara titik-titik penggambaran, tinggi titik-titik dan garis hubung antara satu titik ikat dengan titik ikat yang lain. Penggambaran secara manual pada sipat datar kerangka dasar vertikal memiliki karakteristik, yaitu : skala jarak mendatar kurang dari skala tinggi, karena jangkauan jarak mendatar memiliki ukuran yang signifikan berbeda dengan jangkauan tingginya.

Peralatan yang harus disiapkan untuk menggambar sipat datar kerangka dasar vertikal meliputi :

1. Lembaran kertas milimeter dengan ukuran tertentu.
2. Penggaris 2 buah (segitiga atau lurus).
3. Pensil.
4. Penghapus.
5. Tinta.

Prosedur penggambaran untuk sipat datar kerangka dasar vertikal secara manual, sebagai berikut :

1. Menghitung kumulatif jarak horizontal pengukuran sipat datar kerangka dasar vertikal.
2. Menghitung range beda tinggi pengukuran sipat datar kerangka dasar vertikal.
3. Menentukan ukuran kertas yang akan dipakai.



4. Membuat tata letak peta, meliputi muka peta dan ruang legenda.
5. Menghitung panjang dan lebar muka.
6. Menetapkan skala jarak horizontal dengan membuat perbandingan panjang muka peta dengan kumulatif jarak horizontal dalam satuan yang sama. Jika hasil perbandingan tidak menghasilkan nilai yang bulat, maka nilai skala dibulatkan ke atas dan memiliki nilai kelipatan tertentu.
7. membuat skala beda tinggi dengan membuat perbandingan lebar muka peta dengan range beda tinggi dalam satuan yang sama. Jika hasil perbandingan tidak menghasilkan nilai yang bulat, maka nilai skala dibulatkan ke atas dan memiliki nilai kelipatan tertentu.
8. Membuat sumbu mendatar dan tegak yang titik pusatnya memiliki jarak tertentu terhadap batas muka peta, menggunakan pensil.
9. Menggambarkan titik-titik yang merupakan posisi tinggi hasil pengukuran dengan jarak-jarak tertentu serta menghubungkan titik-titik tersebut, menggunakan pensil.
10. Membuat keterangan- keterangan nilai tinggi dan jarak di dalam muka peta serta melengkapi informasi legenda, membuat skala, orientasi pengukuran, sumber peta, tim pengukuran, nama instansi dan simbolnya, menggunakan pensil.
11. Menjiplak draft penggambaran ke atas bahan yang transparan menggunakan tinta.

Untuk penggambaran sipat datar kerangka dasar vertikal secara digital dapat menggunakan perangkat lunak *lotus*, *excell* atau *AutoCad*. Penggambaran dengan masing-masing perangkat lunak yang berbeda akan memberikan hasil keluaran yang berbeda pula. Untuk penggambaran menggunakan *lotus* atau *excell* yang harus diperhatikan

adalah penggambaran grafik dengan metode *scatter*, agar gambar yang diperoleh pada arah tertentu (terutama sumbu horizontal) memiliki interval sesuai dengan yang diinginkan, tidak memiliki interval yang sama. Penggambaran dengan *AutoCad* walaupun lebih sulit akan menghasilkan keluaran yang lebih sempurna dan sesuai dengan format yang diinginkan.

### Contoh Hasil Pengukuran Sipat Datar Kerangka Vertikal :

Dari lapangan didapat ;

#### HASIL PENGOLAHAN DATA

Diketahui, sipat datar Kerangka Dasar Vertikal (KDV) tertutup dengan 8 slag, titik 1 merupakan titik awal dengan ketinggian +905 meter MSL.

- Titik 1 : BTb = 0,891 ; BTm = 1,675 ; db = 11 ; dm = 14
- Titik 2 : BTb = 1,417 ; BTm = 1,385 ; db = 13 ; dm = 13
- Titik 3 : BTb = 1,406 ; BTm = 1,438 ; db = 12 ; dm = 12
- Titik 4 : BTb = 1,491 ; BTm = 0,625 ; db = 15 ; dm = 31
- Titik 5 : BTb = 2,275 ; BTm = 1,387 ; db = 29 ; dm = 26
- Titik 6 : BTb = 1,795 ; BTm = 0,418 ; db = 13 ; dm = 14
- Titik 7 : BTb = 0,863 ; BTm = 1,801 ; db = 8 ; dm = 7
- Titik 8 : BTb = 0,753 ; BTm = 2,155 ; db = 8 ; dm = 12

#### TITIK 1

**Diketahui :** BTb = 0,891  
 BTm = 1,675  
 db = 11 , dm = 14  
 Kgb = -0,00116  
 $\Sigma(\Sigma d) = 238$   
 $\Sigma\Delta H = 0,02380$

#### **Jawab :**

1. BTbk = BTb - (Kgb . db)  
 = 0,891 - (-0,00116.11)  
 = 0.90376
2. BTmk = BTm-(Kgb.dm)  
 = 1,675-(-0,00116.14)  
 = 1,69124
3.  $\Delta H$  = BTbk-BTmk  
 = 0.90376 - 1,69124  
 = - 0,78748

$$4. \Sigma d = db+dm \\ = 14+11 \\ = 25$$

$$5. \text{Bobot} = \frac{\Sigma d}{\Sigma(\Sigma d)} \\ = \frac{25}{238}$$

$$= 0,10504$$

$$6. \Delta H_k = \Delta H - (\Sigma\Delta H \cdot \text{bobot}) \\ = -0,78748 - (0,02380 \cdot 0,10504)$$

$$= -0,78998$$

$$7. T_i = 905$$

**TITIK 2**

**Diketahui :**

$$\begin{aligned} BT_b &= 1,147 \\ BT_m &= 1,385 \\ db &= 13, \quad dm = 13 \\ K_{gb} &= -0,00116 \\ \Sigma(\Sigma d) &= 238 \\ \Sigma \Delta H &= 0,02380 \end{aligned}$$

**Jawab :**

$$\begin{aligned} 8. \quad BT_{bk} &= BT_b - (K_{gb} \cdot db) \\ &= 1,147 - (-0,00116 \cdot 13) \\ &= 1,43208 \\ 9. \quad BT_{mk} &= BT_m - (K_{gb} \cdot dm) \\ &= 1,385 - (-0,00116 \cdot 13) \\ &= 1,69124 \\ 10. \quad \Delta H &= BT_{bk} - BT_{mk} \\ &= 1,43208 - 1,69124 \\ &= -0,78748 \\ 11. \quad \Sigma d &= db + dm \\ &= 13 + 13 \\ &= 26 \\ 12. \quad \text{Bobot} &= \frac{\Sigma d}{\Sigma(\Sigma d)} \\ &= \frac{26}{238} \\ &= 0,10924 \\ 13. \quad \Delta H_k &= \Delta H - (\Sigma \Delta H \cdot \text{bobot}) \\ &= -0,78748 - (0,02380 \cdot 0,10924) \\ &= 0,02940 \\ 14. \quad T_i &= T_{i_1} + \Delta H_{k_1} \\ &= 905 - 0,02940 \\ &= 904,21002 \end{aligned}$$

**TITIK 3**

**Diketahui :**

$$\begin{aligned} BT_b &= 1,406 \\ BT_m &= 1,438 ; \\ db &= 12, \quad dm = 12 \\ K_{gb} &= -0,00116 \\ \Sigma(\Sigma d) &= 238 \\ \Sigma \Delta H &= 0,02380 \end{aligned}$$

**Jawab :**

$$\begin{aligned} 15. \quad BT_{bk} &= BT_b - (K_{gb} \cdot db) \\ &= 1,406 - (-0,00116 \cdot 12) \\ &= 1,41992 \\ 16. \quad BT_{mk} &= BT_m - (K_{gb} \cdot dm) \\ &= 1,438 - (-0,00116 \cdot 12) \\ &= 1,45192 \\ 17. \quad \Delta H &= BT_{bk} - BT_{mk} \\ &= 1,41992 - 1,45192 \\ &= -0,03200 \\ 18. \quad \Sigma d &= db + dm \\ &= 12 + 12 \\ &= 24 \\ 19. \quad \text{Bobot} &= \frac{\Sigma d}{\Sigma(\Sigma d)} \\ &= \frac{24}{238} \\ &= 0,10084 \\ 20. \quad \Delta H_k &= \Delta H - (\Sigma \Delta H \cdot \text{bobot}) \\ &= -0,03200 - (0,02380 \cdot 0,10084) \\ &= -0,03440 \\ 21. \quad T_i &= T_{i_2} + \Delta H_{k_2} \\ &= 904,21002 - 0,03440 \\ &= 904,23942 \end{aligned}$$

**TITIK 4**

**Diketahui :** BTb=1,491  
 BTm=0,625  
 db=15 , dm=31  
 Kgb=-0,00116  
 $\Sigma(\Sigma d)= 238$   
 $\Sigma\Delta H=0,02380$

**Jawab :**

22. BTbk = BTb-(Kgb.db)  
 = 1,491-(-0,00116.15)  
 = 1,50840

23. BTmk = BTm-(Kgb.dm)  
 = 0,625-(-0,00116.31)  
 = 0,66096

24.  $\Delta H$  = BTbk-BTmk  
 = 1,50840-0,66096  
 = 0,84744

25.  $\Sigma d$  = db+dm  
 = 15 +31  
 = 46

26. Bobot =  $\frac{\Sigma d}{\Sigma(\Sigma d)}$   
 =  $\frac{46}{238}$   
 = 0,19328

27.  $\Delta Hk$  =  $\Delta H-(\Sigma\Delta H.bobot)$   
 = 0,84744-(0,02380 .0,19328)  
 = 0,84284

28. Ti =  $Ti_3+\Delta Hk_4$   
 = 904,23942+0,84284  
 = 904,20502

**TITIK 5**

**Diketahui :** BTb=2,275  
 BTm=1,387  
 db=29 , dm=26  
 Kgb=-0,00116  
 $\Sigma(\Sigma d)= 238$   
 $\Sigma\Delta H=0,02380$

**Jawab :**

29. BTbk = BTb-(Kgb.db)  
 = 2,275-(-0,00116.29)  
 = 2,30864

30. BTmk = BTm-(Kgb.dm)  
 = 1,387-(-0,00116.26)  
 = 1,41716

31.  $\Delta H$  = BTbk-BTmk  
 = 2,30864-1,41716  
 = 0,89148

32.  $\Sigma d$  = db+dm  
 = 29+26  
 = 55

33. Bobot =  $\frac{\Sigma d}{\Sigma(\Sigma d)}$   
 =  $\frac{55}{238}$   
 = 0,23109

34.  $\Delta Hk$  =  $\Delta H-(\Sigma\Delta H.bobot)$   
 = 0,89148-(0,02380 .0,23109)  
 = 0,88598

35. Ti =  $Ti_4+\Delta Hk_5$   
 = 904,20502+0,88598  
 = 905,04786

**TITIK 6**

**Diketahui :**

$$\begin{aligned} BTb &= 1,795 \\ BTm &= 0,418 \\ db &= 13, \quad dm = 14 \\ Kgb &= -0,00116 \\ \Sigma(\Sigma d) &= 238 \\ \Sigma \Delta H &= 0,02380 \end{aligned}$$

**Jawab :**

$$\begin{aligned} 36. \text{ BTbk} &= BTb - (Kgb \cdot db) \\ &= 1,795 - (-0,00116 \cdot 13) \\ &= 1,81008 \\ 37. \text{ BTmk} &= BTm - (Kgb \cdot dm) \\ &= 0,418 - (-0,00116 \cdot 14) \\ &= 0,43424 \\ 38. \Delta H &= \text{BTbk} - \text{BTmk} \\ &= 1,81008 - 0,43424 \\ &= 1,37584 \\ 39. \Sigma d &= db + dm \\ &= 13 + 14 \\ &= 27 \\ 40. \text{ Bobot} &= \frac{\Sigma d}{\Sigma(\Sigma d)} \\ &= \frac{27}{238} \\ &= 0,11345 \\ 41. \Delta H_k &= \Delta H - (\Sigma \Delta H \cdot \text{bobot}) \\ &= 1,37584 - (0,02380 \cdot 0,11345) \\ &= 1,37314 \\ 42. T_i &= T_{i_5} + \Delta H_{k_6} \\ &= 905,04786 + 1,37314 \\ &= 905,93384 \end{aligned}$$

**TITIK 7**

**Diketahui :**

$$\begin{aligned} BTb &= 0,863 \\ BTm &= 1,801 \\ db &= 8, \quad dm = 7 \\ Kgb &= -0,00116 \\ \Sigma(\Sigma d) &= 238 \\ \Sigma \Delta H &= 0,02380 \end{aligned}$$

**Jawab :**

$$\begin{aligned} 43. \text{ BTbk} &= BTb - (Kgb \cdot db) \\ &= 0,863 - (-0,00116 \cdot 8) \\ &= 0,87228 \\ 44. \text{ BTmk} &= BTm - (Kgb \cdot dm) \\ &= 1,801 - (-0,00116 \cdot 7) \\ &= 1,80912 \\ 45. \Delta H &= \text{BTbk} - \text{BTmk} \\ &= 0,87228 - 1,80912 \\ &= -0,93684 \\ 46. \Sigma d &= db + dm \\ &= 8 + 7 \\ &= 15 \\ 47. \text{ Bobot} &= \frac{\Sigma d}{\Sigma(\Sigma d)} \\ &= \frac{15}{238} \\ &= 0,06303 \\ 48. \Delta H_k &= \Delta H - (\Sigma \Delta H \cdot \text{bobot}) \\ &= -0,93684 - (0,02380 \cdot 0,06303) \\ &= -0,93834 \\ 49. T_i &= T_{i_6} + \Delta H_{k_7} \\ &= 905,93384 + (-0,93834) \\ &= 907,30698 \end{aligned}$$

**TITIK 8**

**Diketahui :** BTb=0,793  
 BTm=2,155  
 db=8 , dm=12  
 Kgb=-0,00116  
 $\Sigma(\Sigma d)= 238$   
 $\Sigma\Delta H=0,02380$

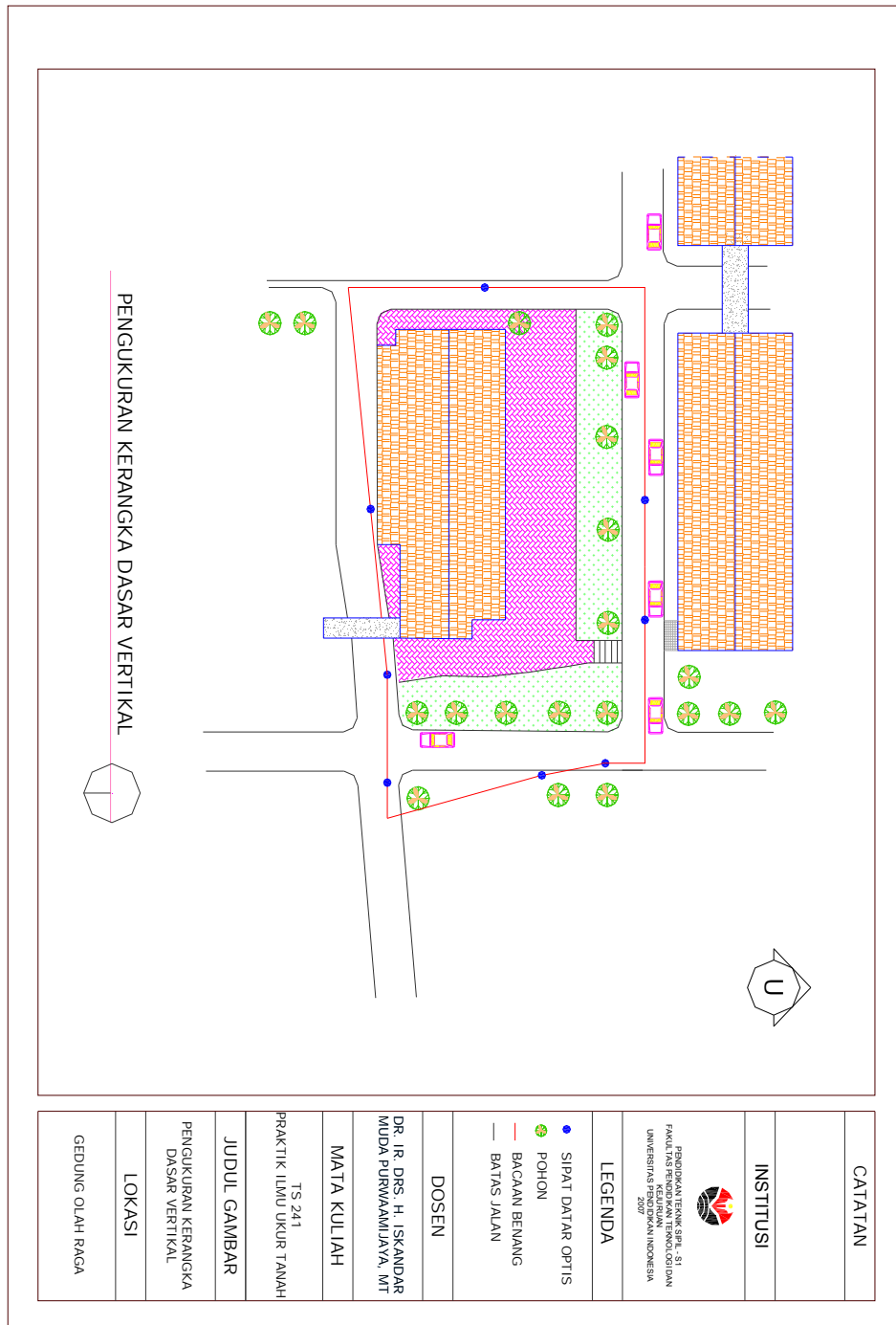
**Jawab :**

50. BTbk = BTb-(Kgb.db)  
 = 0,793-(-0,00116.8)  
 = 0,80228
51. BTmk = BTm-(Kgb.dm)  
 = 2,155 -(-0,00116.12)  
 = 2,16892
52.  $\Delta H$  = BTbk-BTmk  
 = 0,80228 - 2,16892  
 = -1,36664
53.  $\Sigma d$  = db+dm  
 = 8+12  
 = 20
54. Bobot =  $\frac{\Sigma d}{\Sigma(\Sigma d)}$   
 =  $\frac{20}{238}$   
 = 0,08403
55.  $\Delta H_k$  =  $\Delta H-(\Sigma\Delta H.bobot)$   
 = -1,36664-(0,02380.  
 0,08403)  
 = -1,36864
56. Ti =  $Ti_7+\Delta H_k_8$   
 = 907,30698+(-1,36864)  
 = 906,3686



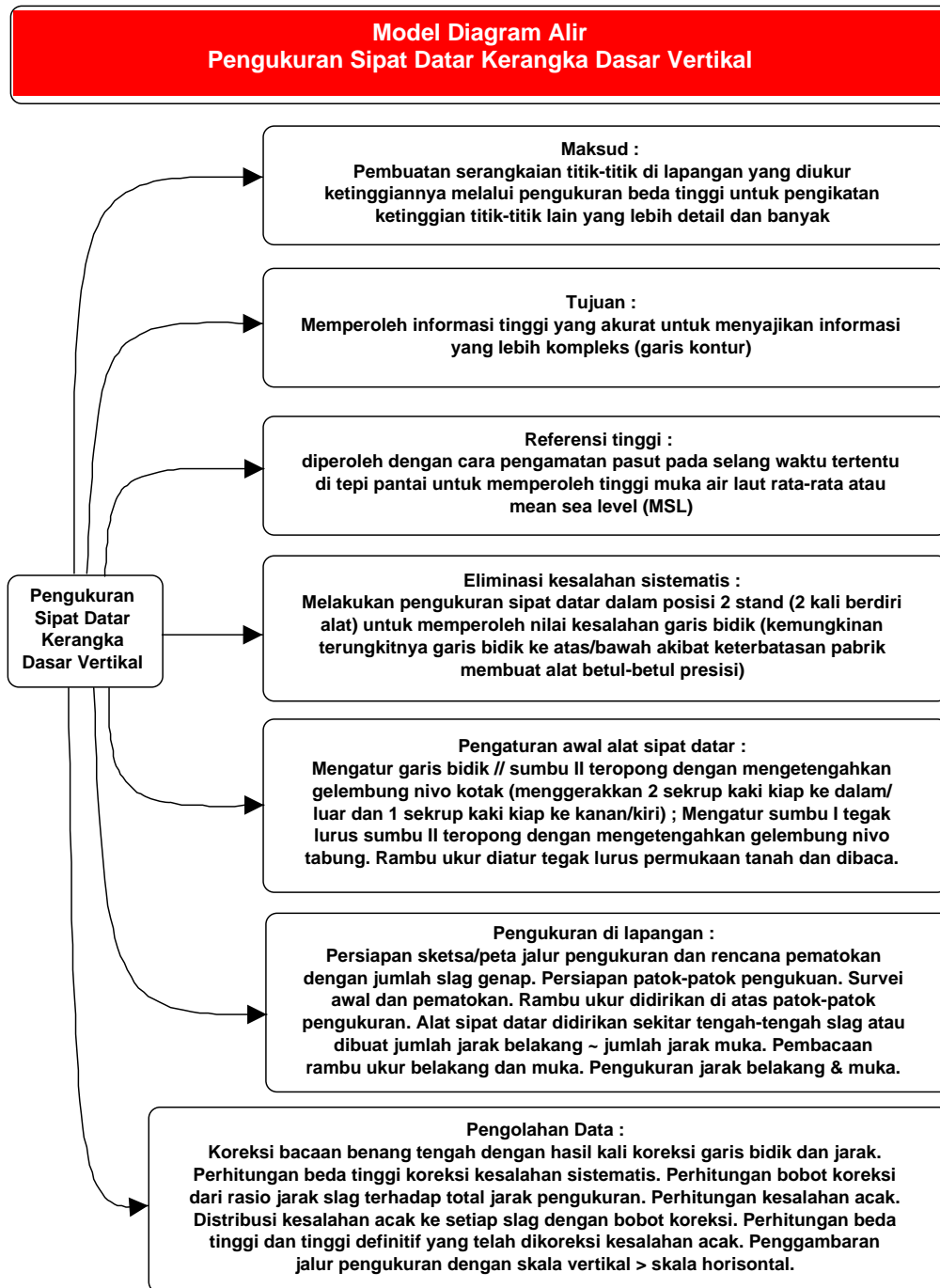






CATATAN
INSTITUSI
<p>PONDOK TIRIK, GOR. 01 KEMBARAN, KABUPATEN SURABAYA, INDONESIA 2007</p>
LEGENDA
<ul style="list-style-type: none"> <li>● SIPAT DATAR OPTIS</li> <li>● POHON</li> <li>— BACAAN BENANG</li> <li>— BATAS JALAN</li> </ul>
DOSEN
DR. IR. DRS. H. ISKANDAR MUDA PURWAMAJAYA, MT
MATA KULIAH
TS 241
PRAKTIK ILMU UKUR TANAH
JUDUL GAMBAR
PENGUKURAN KERANGKA DASAR VERTIKAL
LOKASI
GEDUNG OLAH RAGA

Gambar 86. Pengukuran kerangka dasar vertikal



Gambar 87. Diagram alir pengukuran sipat datar kerangka dasar vertikal

## Rangkuman

Berdasarkan uraian materi bab 4 mengenai pengukuran sipat datar kerangka dasar vertikal, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengukuran menggunakan sipat datar optis adalah pengukuran tinggi garis bidik alat sipat datar di lapangan melalui rambu ukur.
2. Pengukuran sipat datar kerangka dasar vertikal maksudnya adalah pembuatan serangkaian titik-titik di lapangan yang diukur ketinggiannya melalui pengukuran beda tinggi untuk pengikatan ketinggian titik-titik lain yang lebih detail dan banyak.
3. Tujuan pengukuran sipat datar kerangka dasar vertikal adalah untuk memperoleh informasi tinggi yang relatif akurat di lapangan sedemikian rupa sehingga informasi tinggi pada daerah yang tercakup layak untuk diolah sebagai informasi yang layak kompleks.
4. Bagian utama pada *Alat sipat datar optis adalah*
  - a. Teropong untuk membidik rambu (menggunakan garis bidik) dan memperbesar bayangan rambu.
  - b. Nivo tabung berfungsi mengatur agar garis bidik mendatar.
  - c. Kiap (leveling head/base plate), digunakan untuk menegakan sumbu kesatu (sumbu tegak) teropong.
  - d. Sekrup pengunci (untuk mengunci gerakan teropong kekanan/ kiri).
  - e. Lensa okuler (untuk memperjelas benang).
  - f. Lensa objektif/ diafragma (untuk memperjelas benda/ objek).
  - g. Sekrup penggerak halus (untuk membidik sasaran).
  - h. Vizir (untuk mencari/ membidik kasar objek).
  - i. Statif (tripod) berfungsi untuk menyangga ketiga bagian tersebut di atas.
5. Peralatan yang digunakan pada pengukuran sipat datar optis adalah :
  - a. alat sipat datar optis.
  - b. rambu ukur 2 buah.
  - c. statif.
  - d. unting-unting.
  - e. patok.
  - f. pita ukur
  - g. payung.

## Soal Latihan

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini !

1. Jelaskan peralatan dan bahan-bahan apa sajakah yang digunakan pada pengukuran sipat datar kerangka dasar vertikal!
2. Jelaskan bagaimana prosedur pengukuran sipat datar kerangka dasar vertikal !
3. Apa sajakah keuntungan-keuntungan dari penggambaran dalam bentuk digital !
4. Jelaskan bagaimana prosedur pengolahan data pada pengukuran sipat datar kerangka dasar vertikal !
5. Diketahui pengukuran sipat datar dengan 4 slag (A, B, C dan D) dan tinggi titik  $T_{i (awal)} = + 777$  meter HSL.

$$\text{Slag : 1 ( A -B) } BT_b = 1,568$$

$$BT_m = 1,658$$

$$\text{Slag : 2 ( B -C) } BT_b = 1,775$$

$$BT_m = 1,886$$

$$\text{Slag : 3 ( C -D) } BT_b = 1,675$$

$$BT_m = 1,558$$

$$\text{Slag : 4 ( D -A) } BT_b = 1,890$$

$$BT_m = 1,780$$

$$\text{Slag : 1 } d_b = 25,08$$

$$d_m = 25,5$$

$$\text{Slag : 1 } d_b = 32,5$$

$$d_m = 34,5$$

$$\text{Slag : 1 } d_b = 27,5$$

$$d_m = 26,95$$

$$\text{Slag : 1 } d_b = 26,5$$

$$d_m = 25,55$$

## 5. Sistem Koordinat, Proyeksi Peta, dan Aturan Kuadran

### 5.1. Proyeksi peta

Proyeksi peta adalah teknik-teknik yang digunakan untuk menggambarkan sebagian atau keseluruhan permukaan tiga dimensi yang secara kasaran berbentuk bola ke permukaan datar dua dimensi dengan distorsi sesedikit mungkin. Dalam proyeksi peta diupayakan sistem yang memberikan hubungan antara posisi titik-titik di muka bumi dan di peta.

Bentuk bumi bukanlah bola tetapi lebih menyerupai ellips 3 dimensi atau ellipsoid. Istilah ini sinonim dengan istilah spheroid yang digunakan untuk menyatakan bentuk bumi. Karena bumi tidak uniform, maka digunakan istilah geoid untuk menyatakan bentuk bumi yang menyerupai ellipsoid tetapi dengan bentuk muka yang sangat tidak beraturan.

Untuk menghindari kompleksitas model matematik geoid, maka dipilih model ellipsoid terbaik pada daerah pemetaan, yaitu yang penyimpangannya terkecil terhadap geoid. WGS-84 (World Geodetic System) dan GRS-1980 (Geodetic Reference System) adalah ellipsoid terbaik untuk keseluruhan geoid. Penyimpangan terbesar antara geoid dengan ellipsoid WGS-84 adalah 60 m di atas dan 100 m di bawahnya. Bila ukuran sumbu panjang

ellipsoid WGS-84 adalah 6.378.137 m dengan kegepengan 1/298.257, maka rasio penyimpangan terbesar ini adalah 1/100.000. Indonesia, seperti halnya negara lainnya, menggunakan ukuran ellipsoid ini untuk pengukuran dan pemetaan di Indonesia. WGS-84 "diatur, diimpitkan" sedemikian rupa diperoleh penyimpangan terkecil di kawasan Nusantara RI. Titik impit WGS-84 dengan geoid di Indonesia dikenal sebagai datum Padang (datum geodesi relatif) yang digunakan sebagai titik reference dalam pemetaan nasional. Sebelumnya juga dikenal datum Genuk di daerah sekitar Semarang. Untuk pemetaan yang dibuat Belanda, menggunakan ER yang sama yaitu WGS-84. Sejak 1995 pemetaan nasional di Indonesia menggunakan datum geodesi absolut DGN-95. Dalam sistem datum absolut ini, pusat ER berimpit dengan pusat masa bumi.

Sistem proyeksi peta dibuat untuk mereduksi sekecil mungkin distorsi tersebut dengan:

- Membagi daerah yang dipetakan menjadi bagian-bagian yang tidak terlalu luas, dan
- Menggunakan bidang peta berupa bidang datar atau bidang yang dapat didatarkan tanpa mengalami distorsi seperti bidang kerucut dan bidang silinder.

Tujuan Sistem Proyeksi Peta dibuat dan dipilih untuk:

- Menyatakan posisi titik-titik pada permukaan bumi ke dalam sistem koordinat bidang datar yang nantinya bisa digunakan untuk perhitungan jarak dan arah antar titik.
- Menyajikan secara grafis titik-titik pada permukaan bumi ke dalam sistem koordinat bidang datar yang selanjutnya bisa digunakan untuk membantu studi dan pengambilan keputusan berkaitan dengan topografi, iklim, vegetasi, hunian dan lain-lainnya yang umumnya berkaitan dengan ruang yang luas.

Cara proyeksi peta bisa dipilih sebagai:

- Proyeksi langsung (direct projection): yaitu dari ellipsoid langsung ke bidang proyeksi.
- Proyeksi tidak langsung (double projection): yaitu proyeksi yang dilakukan menggunakan "bidang" antara, ellipsoid ke bola dan dari bola ke bidang proyeksi.

Pemilihan sistem proyeksi peta ditentukan berdasarkan pada:

- Ciri-ciri tertentu atau asli yang ingin dipertahankan sesuai dengan tujuan pembuatan / pemakaian peta.
- Ukuran dan bentuk daerah yang akan dipetakan.
- Letak daerah yang akan dipetakan.

### **Pembagian Sistem Proyeksi Peta**

Secara garis besar sistem proyeksi peta bisa dikelompokkan berdasarkan pertimbangan ekstrinsik dan intrinsik.

#### *Pertimbangan Ekstrinsik*

Bidang proyeksi yang digunakan:

- Proyeksi azimutal / zenital: Bidang proyeksi bidang datar.
- Proyeksi kerucut: Bidang proyeksi bidang selimut kerucut.
- Proyeksi silinder: Bidang proyeksi bidang selimut silinder.

Persinggungan bidang proyeksi dengan bola bumi:

- Proyeksi Tangen: Bidang proyeksi bersinggungan dengan bola bumi.
- Proyeksi Secant: Bidang Proyeksi berpotongan dengan bola bumi.
- Proyeksi "Polysuperficial": Banyak bidang proyeksi.

Posisi sumbu simetri bidang proyeksi terhadap sumbu bumi:

- Proyeksi Normal: Sumbu simetri bidang proyeksi berimpit dengan sumbu bola bumi.
- Proyeksi Miring: Sumbu simetri bidang proyeksi miring terhadap sumbu bola bumi.

- Proyeksi Transversal: Sumbu simetri bidang proyeksi  $\perp$  terhadap sumbu bola bumi.

#### *Pertimbangan Intrinsik*

Sifat asli yang dipertahankan:

- Proyeksi Ekuivalen: Luas daerah dipertahankan, yaitu luas pada peta setelah disesuaikan dengan skala peta = luas di asli pada muka bumi.
- Proyeksi Konform: Bentuk daerah dipertahankan, sehingga sudut-sudut pada peta dipertahankan sama dengan sudut-sudut di muka bumi.
- Proyeksi Ekuidistan: Jarak antar titik di peta setelah disesuaikan dengan skala peta sama dengan jarak asli di muka bumi.

Cara penurunan peta:

- Proyeksi Geometris: Proyeksi perspektif atau proyeksi sentral.

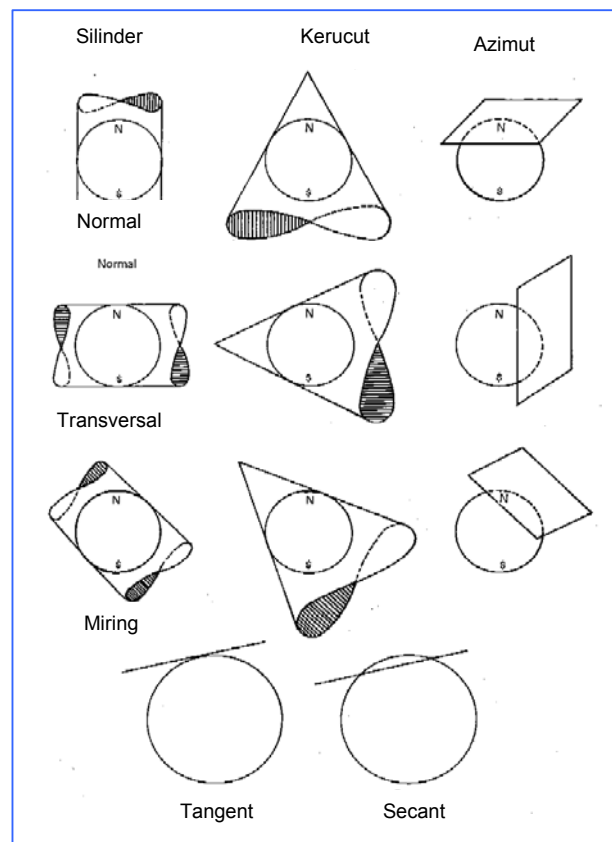
- Proyeksi Matematis: Semuanya diperoleh dengan hitungan matematis.
- Proyeksi Semi Geometris: Sebagian peta diperoleh dengan cara proyeksi dan sebagian lainnya diperoleh dengan cara matematis.

Pertimbangan dalam pemilihan proyeksi peta untuk pembuatan peta skala besar adalah:

- Distorsi pada peta berada pada batas-batas kesalahan grafis.
- Sebanyak mungkin lembar peta yang bisa digabungkan.
- Perhitungan plotting setiap lembar sesederhana mungkin.
- Plotting manual bisa dibuat dengan cara semudah-mudahnya.
- Menggunakan titik-titik kontrol sehingga posisinya segera bisa diplot.

**Tabel 7. Kelas proyeksi peta**

	KELAS			
<b>Pertimbangan EKSTRINSIK</b>	1. <i>Bid. Proyeksi</i>	Bid. Datar	Bid. Kerucut	Bid. Silinder
	2. <i>Persinggungan</i>	Tangent	Secant	Polysuperficial
	3. <i>Posisi</i>	Normal	Oblique/Miring	Transversal
<b>Pertimbangan INTRINSIK</b>	4. <i>Sifat</i>	Ekuidistan	Ekuivalen	Konform
	5. <i>Generasi</i>	Geometris	Matematis	Semi Geometris



Gambar 88. Jenis bidang proyeksi dan kedudukannya terhadap bidang datum

Bidang datum dan bidang proyeksi:

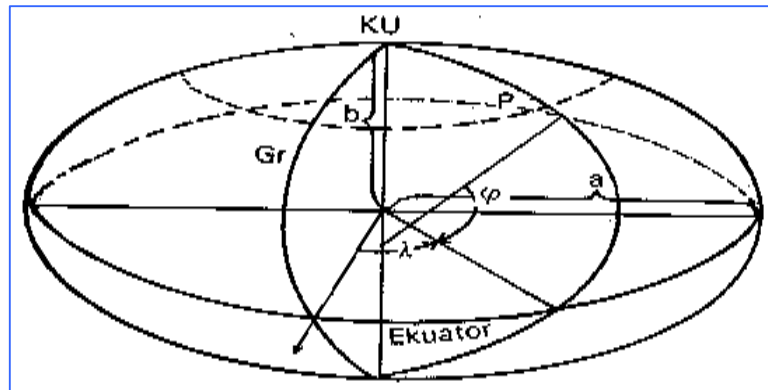
- Bidang datum adalah bidang yang akan digunakan untuk memproyeksikan titik-titik yang diketahui koordinatnya ( $j, l$ ).
- Bidang proyeksi adalah bidang yang akan digunakan untuk memproyeksikan titik-titik yang diketahui koordinatnya ( $X, Y$ ).

Elipsoid:

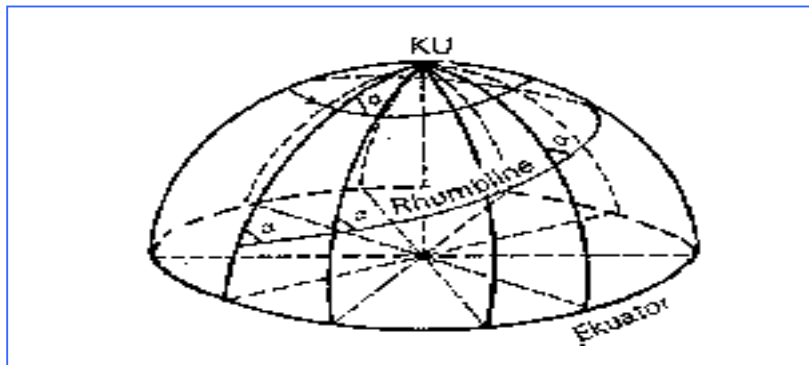
- Sumbu panjang ( $a$ ) dan sumbu pendek ( $b$ ).

- Kegepangan (flattening) -  $f = (a - b)/b$ , (Gambar dapat dilihat pada Gambar 89).
- Garis geodesic adalah kurva terpendek yang menghubungkan dua titik pada permukaan elipsoid.
- Garis Orthodrome adalah proyeksi garis geodesic pada bidang proyeksi. (Dapat dilihat pada Gambar 91).
- Garis Loxodrome (Rhumbline) adalah garis (kurva) yang menghubungkan titik-titik dengan azimuth  $\alpha$  yang tetap. (Dapat dilihat pada Gambar 90).

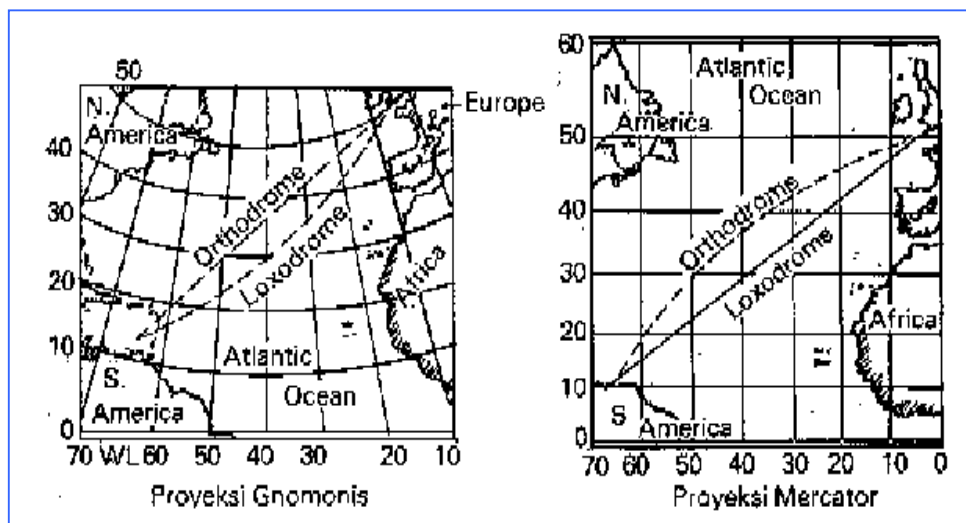




Gambar 89. Geometri ellipsoid



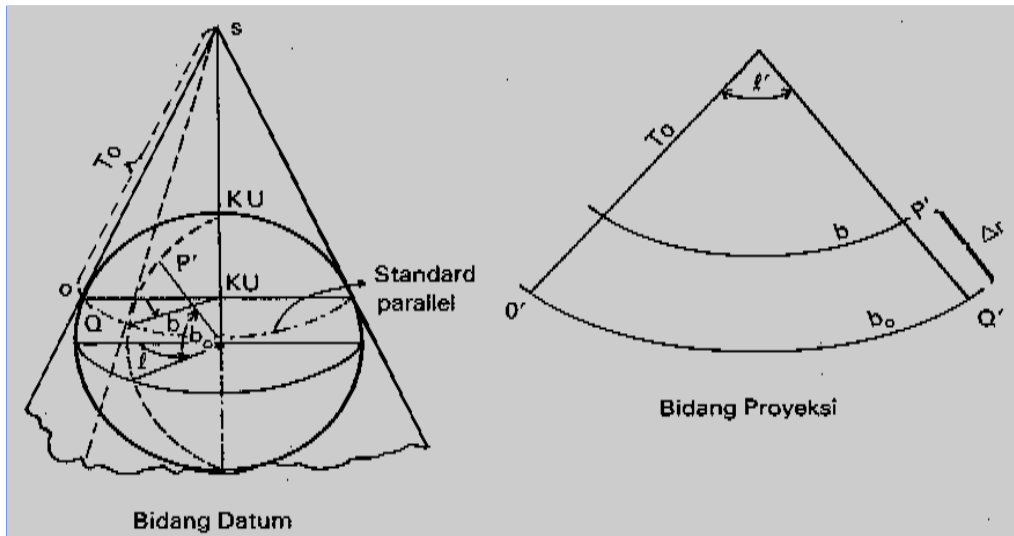
Gambar 90. Rhumbline atau loxodrome menghubungkan titik-titik



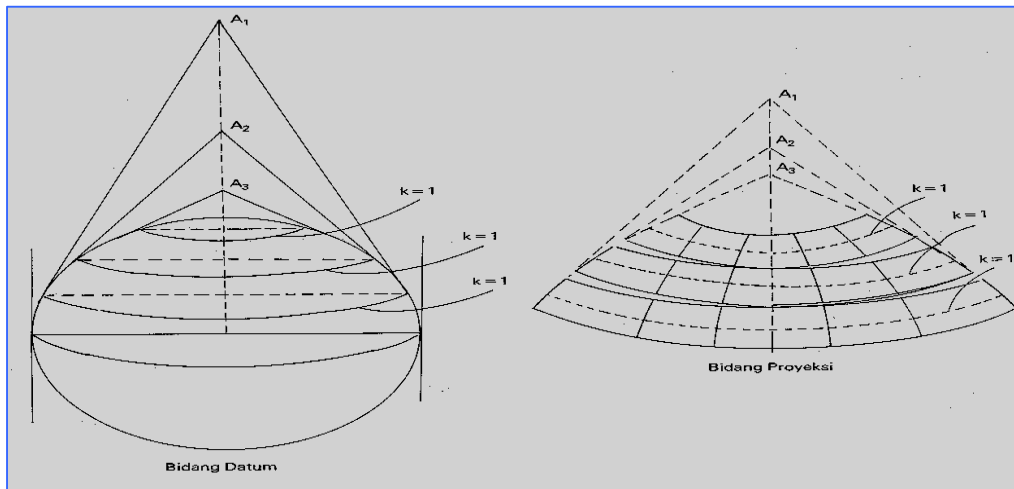
Gambar 91. Oorthodrome dan loxodrome pada proyeksi gnomonis dan proyeksi mercator

**Proyeksi Polyeder**

Sistem proyeksi kerucut, normal, tangen dan konform



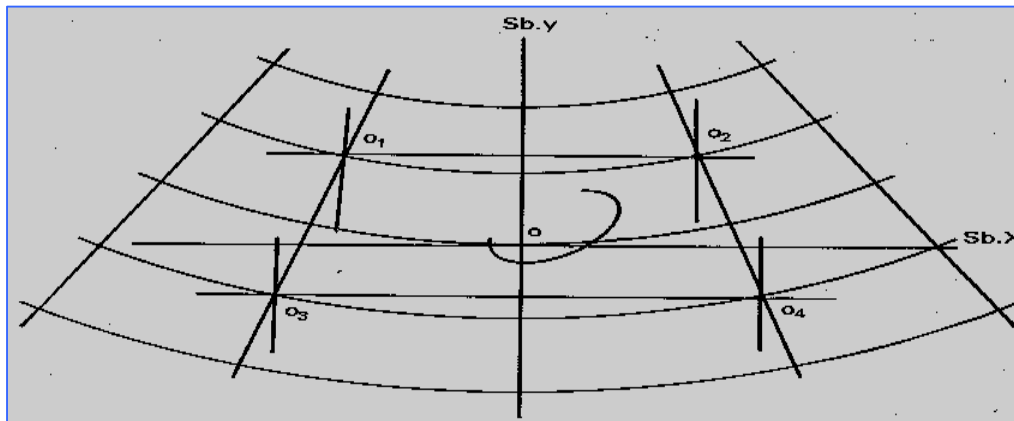
Gambar 92. Proyeksi kerucut: bidang datum dan bidang proyeksi



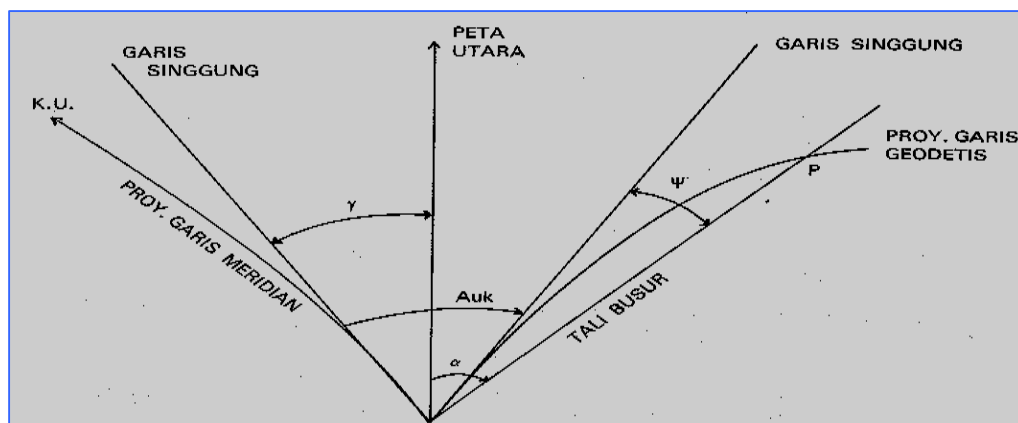
Gambar 93. Proyeksi polyeder: bidang datum dan bidang proyeksi

Proyeksi ini digunakan untuk daerah  $20^\circ \times 20^\circ$  (37 km x 37 km), sehingga bisa memperkecil distorsi. Bumi dibagi dalam jalur-jalur yang dibatasi oleh dua garis paralel dengan lintang sebesar  $20^\circ$  atau tiap jalur selebar  $20^\circ$  diproyeksikan pada kerucut tersendiri. Bidang kerucut menyinggung pada garis paralel tengah yang merupakan paralel baku -  $k = 1$ .

Meridian tergambar sebagai garis lurus yang konvergen ke arah kutub, ke arah KU untuk daerah di sebelah utara ekuator dan ke arah KS untuk daerah di selatan ekuator. Paralel-paralel tergambar sebagai lingkaran konsentris. Untuk jarak-jarak kurang dari 30 km, koreksi jurusan kecil sekali sehingga bisa diabaikan. Konvergensi meridian di tepi bagian derajat di wilayah Indonesia maksimum  $1,75^\circ$ .



Gambar 94. Lembar proyeksi peta polyeder di bagian lintang utara dan lintang selatan



Gambar 95. Konvergensi meridian pada proyeksi polyeder

Secara praktis, pada kawasan  $20^\circ \times 20^\circ$ , jarak hasil ukuran di muka bumi dan jarak lurus di bidang proyeksi mendekati sama atau bisa dianggap sama.

Proyeksi polyeder di Indonesia digunakan untuk pemetaan topografi dengan cakupan:  $94^\circ 40' \text{ BT} - 141^\circ \text{ BT}$ , yang dibagi sama tiap  $20^\circ$  atau menjadi 139 bagian,  $11^\circ \text{ LS} - 6^\circ \text{ LU}$ , yang dibagi tiap  $20^\circ$  atau menjadi 51 bagian. Penomoran dari barat ke timur: 1, 2, 3, ..., 139, dan penomoran dari LU ke LS: I, II, III, ..., LI.

#### Penerapan Proyeksi Polyeder di Indonesia

Sistem penomoran bagian derajat proyeksi polyeder

Peta dengan proyeksi polyeder dibuat di Indonesia sejak sebelum perang dunia II, meliputi peta-peta di pulau Jawa, Bali dan Sulawesi.

Wilayah Indonesia dengan  $94^\circ 40' \text{ BT} - 141^\circ \text{ BT}$  dan  $6^\circ \text{ LU} - 11^\circ \text{ LS}$  dibagi dalam  $139 \times 51$  bagian derajat, masing-masing  $20^\circ \times 20^\circ$ .

Tergantung pada skala peta, tiap lembar bisa dibagi lagi dalam bagian yang lebih kecil.

Cara menghitung pojok lembar peta proyeksi polyeder

Setiap bagian derajat mempunyai sistem koordinat masing-masing. Sumbu X berimpit dengan meridian tengah dan sumbu Y tegak

lurus sumbu X di titik tengah bagian derajatnya. Sehingga titik tengah setiap bagian derajat mempunyai koordinat O.

Koordinat titik-titik lain seperti titik triangulasi dan titik pojok lembar peta dihitung dari titik pusat bagian derajat masing-masing bagian derajat. Koordinat titik-titik sudut (titik pojok) geografis lembar peta dihitung berdasarkan skala peta, misal 1 : 100.000, 1 : 50.000, 1 : 25.000 dan 1 : 5.000.

Pada skala 1 : 50.000, satu bagian derajat proyeksi polyeder ( $20^\circ \times 20^\circ$ ) tergambar dalam 4 lembar peta dengan penomoran lembar A, B, C dan D. Sumbu Y adalah meridian tengah dan sumbu X adalah garis tegak lurus sumbu Y yang melalui perpotongan meridian tengah dan paralel tengah. Setiap lembar peta mempunyai sistem sumbu koordinat yang melalui titik tengah lembar dan sejajar sumbu (X,Y) dari sistem koordinat bagian derajat.

Keuntungan dan kerugian sistem proyeksi polyeder

Keuntungan proyeksi polyeder: karena perubahan jarak dan sudut pada satu bagian derajat  $20^\circ \times 20^\circ$ , sekitar 37 km x 37 km bisa diabaikan, maka proyeksi ini baik untuk digunakan pada pemetaan teknis skala besar.

Kerugian proyeksi polyeder:

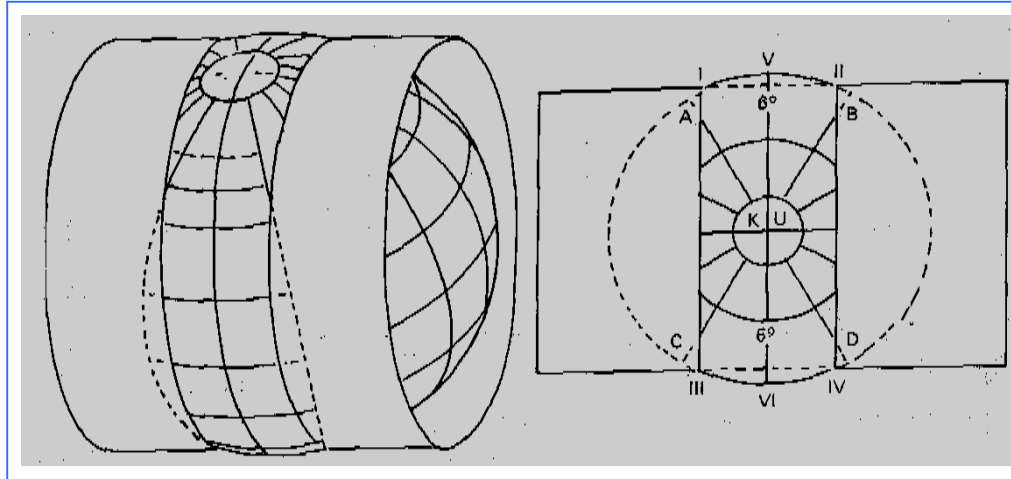
- Untuk pemetaan daerah luas harus sering pindah bagian derajat, memerlukan transformasi koordinat.
- Grid kurang praktis karena dinyatakan dalam kilometer fiktif.
- Tidak praktis untuk peta skala kecil dengan cakupan luas.
- Kesalahan arah maksimum 15 m untuk jarak 15 km.

- Bidang silinder memotong bola bumi pada dua buah meridian yang disebut meridian standar dengan faktor skala 1.
- Lebar zone  $6^\circ$  dihitung dari  $180^\circ$  BB dengan nomor zone 1 hingga ke  $180^\circ$  BT dengan nomor zone 60. Tiap zone mempunyai meridian tengah sendiri.
- Perbesaran di meridian tengah = 0,9996.
- Batas paralel tepi atas dan tepi bawah adalah  $84^\circ$  LU dan  $80^\circ$  LS.

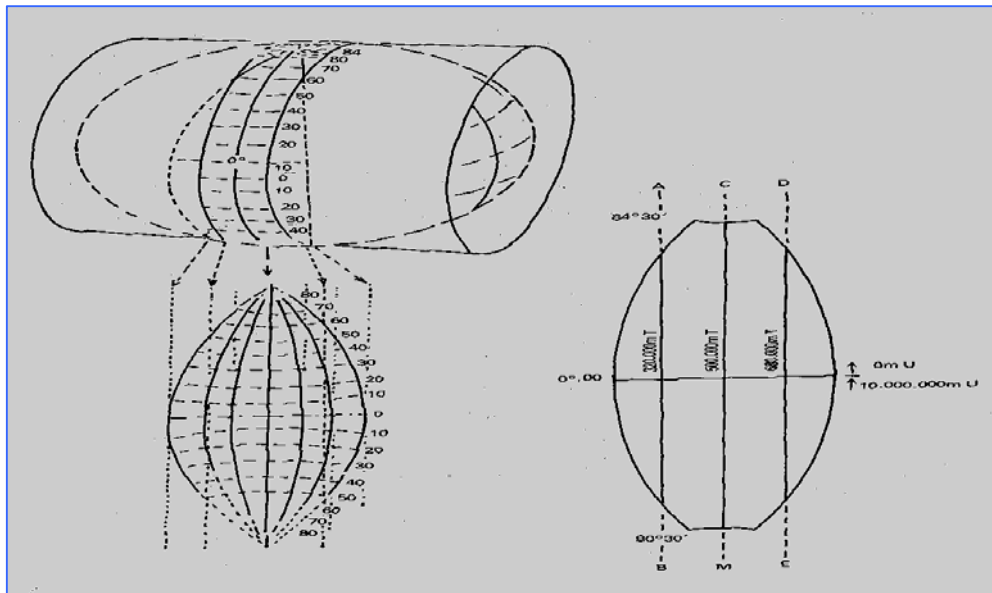
### Proyeksi Universal Traverse Mercator (UTM)

UTM merupakan sistem proyeksi silinder, konform, secant, transversal. Dengan ketentuan sebagai berikut:

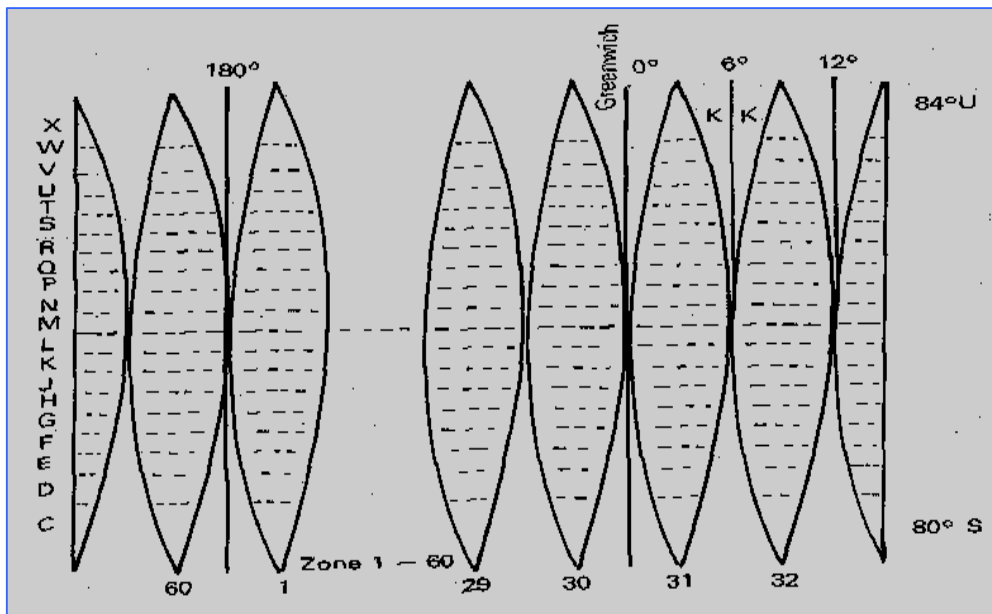
Pada Gambar 96 berikut ditunjukkan perpotongan silinder terhadap bola bumi dan gambar XYZ menunjukkan penggambaran proyeksi dari bidang datum ke bidang proyeksi.



Gambar 96. Kedudukan bidang proyeksi silinder terhadap bola bumi pada proyeksi UTM



Gambar 97. Proyeksi dari bidang datum ke bidang proyeksi



Gambar 98. Pembagian zone global pada proyeksi UTM

Pada kedua gambar tersebut, ekuator tergambar sebagai garis lurus dan meridian-meridian tergambar sedikit melengkung. Karena proyeksi UTM bersifat konform, maka paralel-paralel juga tergambar agak melengkung sehingga perpotongannya dengan meridian membentuk sudut siku. Ekuator tergambar sebagai garis lurus dan dipotong tegak lurus oleh proyeksi meridian tengah yang juga terproyeksi sebagai garis lurus melalui titik V dan VI. Kedua garis ini digunakan sebagai sumbu sistem koordinat (X,Y) proyeksi pada setiap zone.

Sistem grid pada proyeksi UTM terdiri dari garis lurus yang sejajar meridian tengah. Lingkaran tempat perpotongan silinder dengan bola bumi tergambar sebagai garis lurus. Pada daerah I, V, II dan III, VI, IV gambar proyeksi mengalami pengecilan, sedangkan pada daerah IA, IIB, IIIC dan IVD mengalami perbesaran.

Garis tebal dan garis putus-putus pada gambar menunjukkan proyeksi lingkaran-lingkaran melalui I, II, III dan IV yang tidak mengalami distorsi setelah proyeksi.

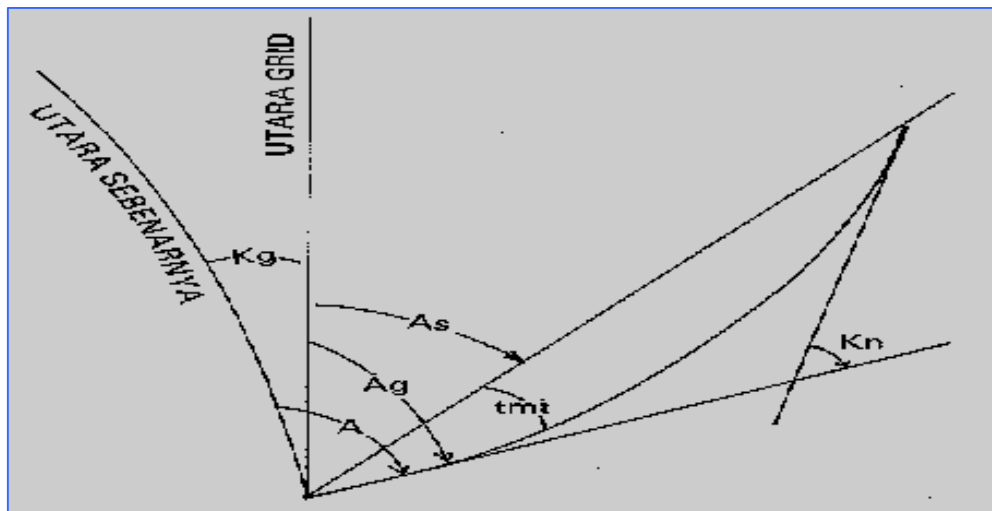
### Konvergensi Meridian

Ukuran lembar peta dan cara menghitung titik sudut lembar peta UTM

Susunan sistem koordinat

Ukuran satu lembar bagian derajat adalah  $6^\circ$  arah meridian  $8^\circ$  arah paralel ( $6^\circ \times 8^\circ$ ) atau sekitar (665 km x 885 km).

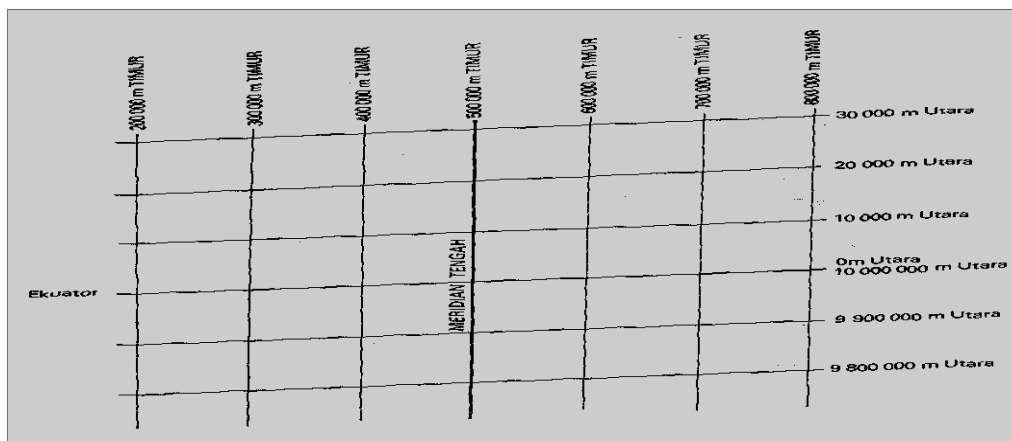
Pusat koordinat tiap bagian lembar derajat adalah perpotongan meridian tengah dengan "paralel" tengah. Absis dan ordinat semu di (0,0) adalah + 500.000 m, dan + 0 m untuk wilayah di sebelah utara ekuator atau +10.000.000 m untuk wilayah di sebelah selatan ekuator.



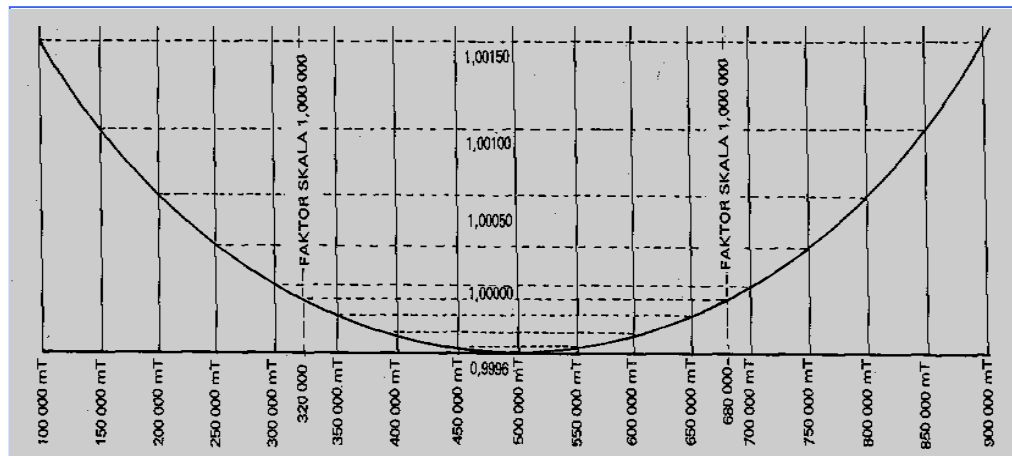
Gambar 99. Konvergensi meridian pada proyeksi UTM

Gambar 99 dan 100 menunjukkan sistem koordinat dan faktor skala pada setiap lembar peta. Perhatikan pada absis antara 320.000 m – 500.000 m dan 680.000 m – 500.000 m terjadi pengecilan faktor skala dari 1 ke 0,9996. Sedangkan pada selang diluar kedua daerah ini terjadi perbesaran faktor skala.

Misalnya, pada tepi zone atau sekitar 300 km di sebelah barat dan timur meridian tengah, untuk jarak 1.000 m pada meridian tengah akan tergambar 1.000.070 x 1.000 m = 1.000.070.000 m, atau terjadi distorsi sekitar 70 cm / 1 000 m.



Gambar 100. Sistem koordinat proyeksi peta UTM



Gambar 101. Grafik faktor skala proyeksi peta UTM



**Lembar Peta UTM Global**

Penomoran setiap lembar bujur  $6^\circ$  dari  $180^\circ$  BB –  $180^\circ$  BT menggunakan angka Arab 1 – 60.

Penomoran setiap lembar arah paralel  $80^\circ$  LS –  $84^\circ$  LU menggunakan huruf latin besar dimulai dengan huruf C dan berakhir huruf X dengan tidak menggunakan huruf I dan O. Selang seragam setiap  $8^\circ$  mulai  $80^\circ$  LS –  $72^\circ$  LU atau C – W.

Menggunakan cara penomoran seperti itu, secara global pada proyeksi UTM, wilayah Indonesia di mulai pada zone 46 dengan meridian sentral  $93^\circ$  BT dan berakhir pada zone 54 dengan meridian sentral  $141^\circ$  BT, serta 4 satuan arah lintang, yaitu L, M, N dan P dimulai dari  $15^\circ$  LS –  $10^\circ$  LU.

Lembar peta UTM skala 1 : 250.000 di Indonesia

- Ukuran 1 lembar peta skala 1 : 250.000 adalah  $1\frac{1}{2}^\circ \times 1^\circ$ . Sehingga untuk satu bagian derajat  $6^\circ \times 8^\circ$  terbagi dalam  $4 \times 8 = 32$  lembar.
- Angka Arab 1 - 31 untuk penomoran bagian lembar setiap  $1\frac{1}{2}^\circ$  pada arah  $94\frac{1}{2}^\circ$  BT –  $141^\circ$  BT.
- Angka Romawi I – XVII untuk penomoran bagian lembar setiap  $1^\circ$  pada arah  $6^\circ$  LU –  $11^\circ$  LS.

Lembar peta UTM skala 1 : 100.000 di Indonesia

- Ukuran 1 lembar peta skala 1 : 100.000 adalah  $30^\circ \times 30^\circ$ .
- Satu lembar peta skala 1 : 250.000 dibagi menjadi 6 bagian lembar peta skala 1 : 100.000.
- Angka Arab 1 – 94 untuk penomoran bagian lembar setiap  $30^\circ$  pada arah  $94^\circ$  BT –  $141^\circ$  BT.
- Angka Arab 1 - 36 untuk penomoran bagian lembar setiap  $30^\circ$  pada arah  $6^\circ$  LU –  $12^\circ$  LS.

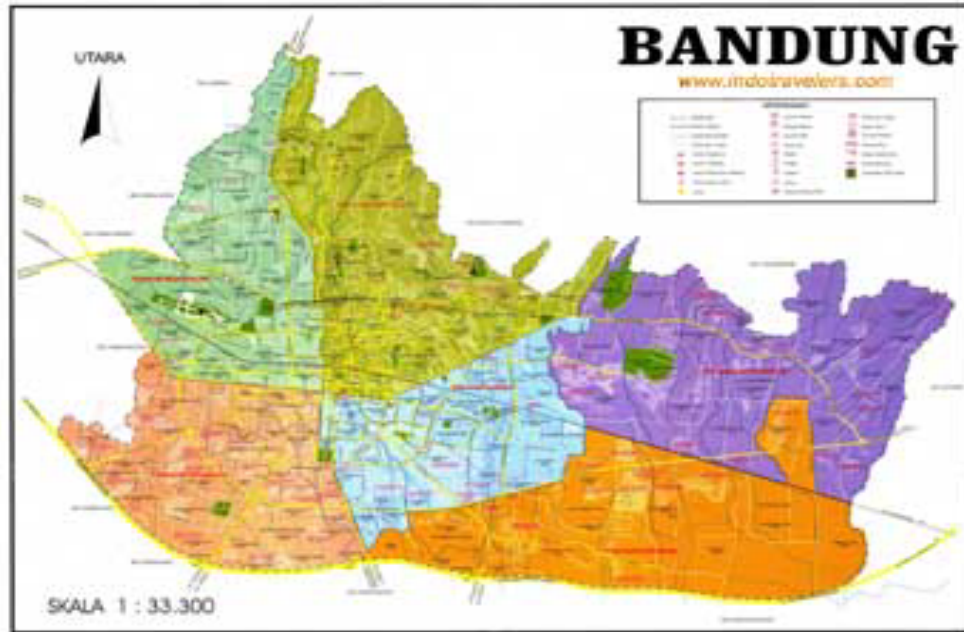
Lembar peta UTM skala 1 : 50.000 di Indonesia

- Ukuran 1 lembar peta skala 1 : 50.000 adalah  $15^\circ \times 15^\circ$ .
- Satu lembar peta skala 1 : 100.000 dibagi menjadi 4 bagian lembar peta skala 1 : 50.000.
- Penomoran menggunakan angka Romawi I, II, III dan IV dimulai dari pojok kanan atas searah jarum jam.

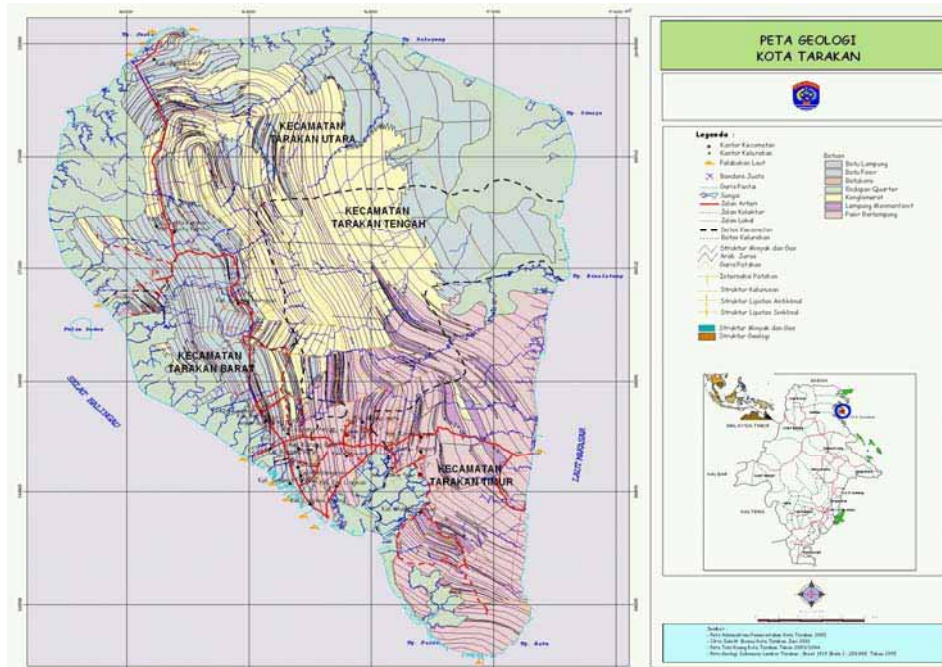
Lembar peta UTM skala 1 : 25.000 di Indonesia

- Ukuran 1 lembar peta skala 1 : 25.000 adalah  $7\frac{1}{2}^\circ \times 7\frac{1}{2}^\circ$ .
- Satu lembar peta skala 1 : 50.000 dibagi menjadi 4 bagian lembar peta skala 1 : 25.000.
- Penomoran menggunakan huruf latin kecil a, b, c dan d dimulai dari pojok kanan atas searah jarum jam.

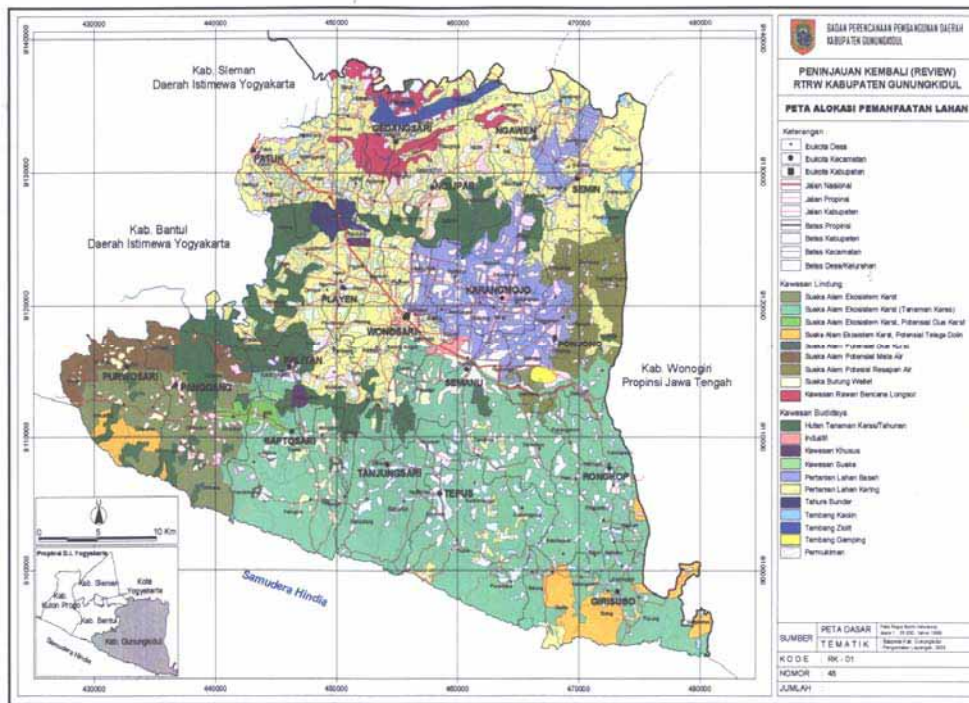
1. Peta-peta khusus



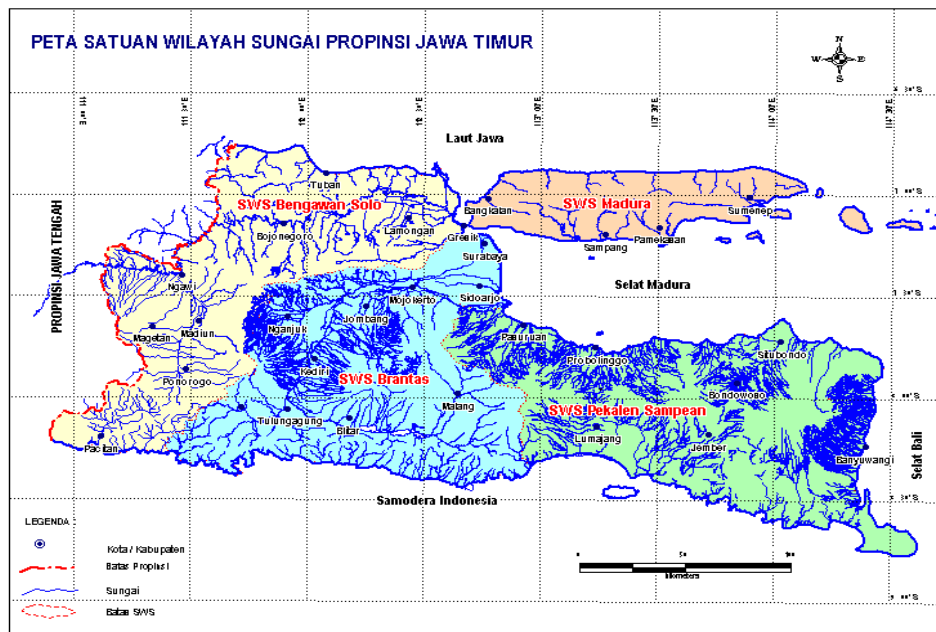
Gambar 102. Peta kota Bandung



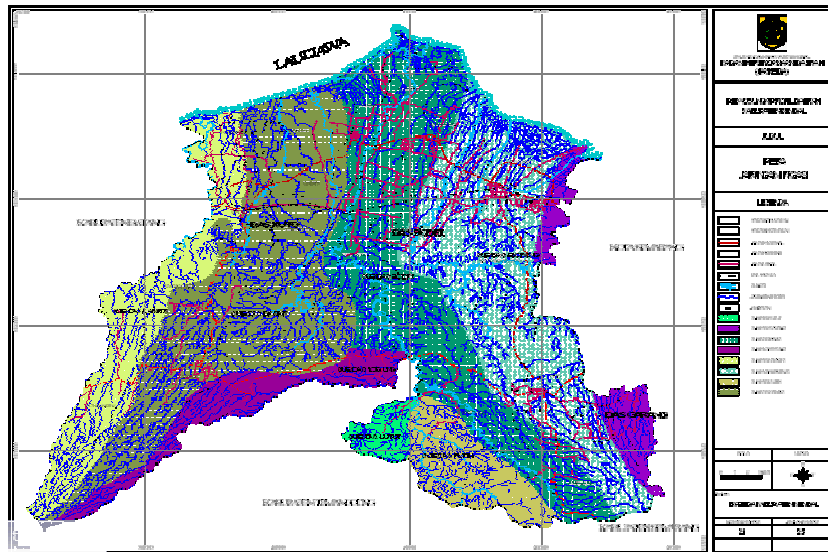
Gambar 103. Peta Geologi



Gambar 104. Peta statistik



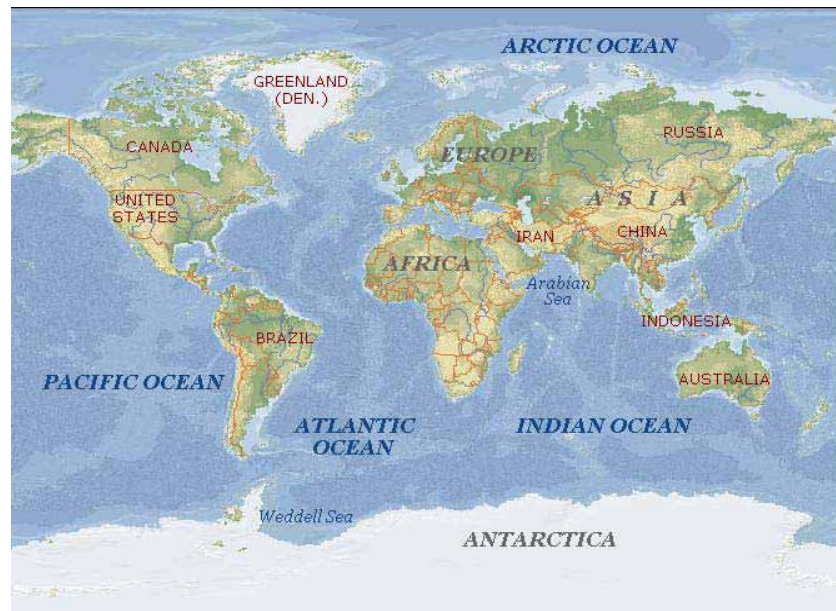
Gambar 105. Peta sungai



Gambar 106. Peta jaringan

## 2. Peta Dunia

Peta dunia skalanya lebih kecil dari 1 : 1.000.000 yang berisikan pulau dan benua.



Gambar 107. Peta dunia

### Kebaikan Proyeksi UTM

- Proyeksi simetris selebar  $6^\circ$  untuk setiap zone.
- Transformasi koordinat dari zone ke zone dapat dikerjakan dengan rumus yang sama untuk setiap zone di seluruh dunia.
- Distorsi berkisar antara - 40 cm/ 1.000 m dan 70 cm/ 1.000 m.

### Proyeksi TM-3°

Sistem proyeksi peta TM-3° adalah sistem proyeksi Universal Transverse Mercator dengan ketentuan faktor skala di meridian sentral = 0,9999 dan lebar zone =  $3^\circ$ . Sistem proyeksi ini, sejak tahun 1997 digunakan oleh bekas Badan Pertanahan Nasional (BPN) sebagai sistem koordinat nasional menggunakan datum absolut DGN-95.

Ketentuan sistem proyeksi peta TM-3° :

- Proyeksi: TM dengan lebar zone  $3^\circ$ .
- Sumbu pertama (Y): Meridian sentral dari setiap zone.
- Sumbu kedua (X) : Ekuator.
- Satuan : Meter.
- Absis semu (T) : 200.000 meter + X.
- Ordinat semu (U) : 1.500.000 meter + Y.
- Faktor skala pada meridian sentral : 0,9999.

## 5.2. Aturan kuadran

Koordinat proyeksi peta dapat didekati dengan aturan diatas atau ditetapkan oleh surveyor secara pendekatan lokal jika belum tersedia Benchmark disekitar lokasi pengukuran. Sistem kuadran yang digunakan pada pengukuran dan pemetaan berbeda dengan sistem koordinat matematis (trigonometri). Sistem kuadran matematis bertambah besar ke arah berlawanan jarum jam. Alasan dari aturan kuadran ilmu ukur tanah yang searah jarum jam adalah karena peralatan pengukuran sudut menggunakan bantuan magnet bumi yang nilainya bertambah besar searah jarum jam.

Sistem kuadran koordinat geometrik berbeda dengan kuadran trigonometrik karena alat-alat Ilmu Ukur Tanah arahnya dari utara dan searah jarum jam.

Untuk menentukan suatu titik terhadap titik yang lainnya dipergunakan sistem koordinat. Sistem koordinat yang dipergunakan adalah koordinat siku-siku (kartesian) dan koordinat polar.

Menurut teori, sudut jurusan adalah sudut yang dimulai dari arah utara geografis, maka arah utara diambil sebagai suatu salib sumbu. Pada waktu kaki bergerak OP:

Berhimpit dengan sb, yang positif  $\alpha = 90$

Berhimpit dengan sb, yang positif  $\alpha = 180$

Berhimpit dengan sb, yang positif  $\alpha = 270$

Berhimpit dengan sb, yang positif  $\alpha = 360$

Dengan demikian kaki yang bergerak OP melalui daerah-daerah 0-90, 90-180, 180-270, 270-300, dimana daerah-daerah tersebut disebut dengan:

Kuadran I : 0 – 90

Kuadran II : 90 – 180

Kuadran III : 180 – 270

Kuadran IV : 270 – 360

Dan kuadran berputar dengan jalannya jarum jam. Disamping ini digambar garis AB yang di sebelah kiri AB dan di sebelah kanan  $\alpha_{ba}$ . Kedua arah BA dan AB mempunyai arah yang berlawanan, dengan memperpanjang AB, maka didapat pula  $\alpha_{ab}$  dan  $\alpha_{ba}$ , pada sebelah kanan dapat ditentukan hubungan antar  $\alpha_{ab}$  dan  $\alpha_{ba}$  karena terbukti bahwa:

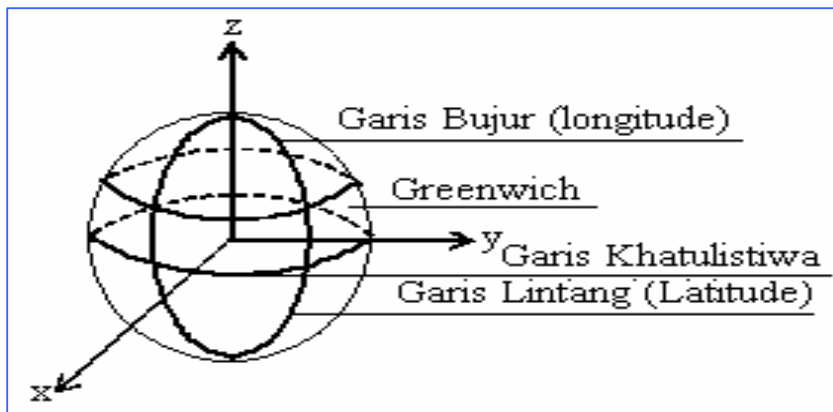
$$\alpha_{ba} = \alpha_{ab} + 180^0$$

Dengan uraian di atas tentang sudut jurusan, maka didapat dua sifat yang penting dari jurusan tersebut:

- I.  $0 < \alpha < 360^0$  (sudut jurusan terletak antara  $0^0 - 360^0$ ).
- II.  $\alpha_{ab} - \alpha_{ba} = 180^0$  (dua sudut jurusan dari dua arah yang berlawanan berselisih  $180^0$ ).

### 5.3. Sistem koordinat

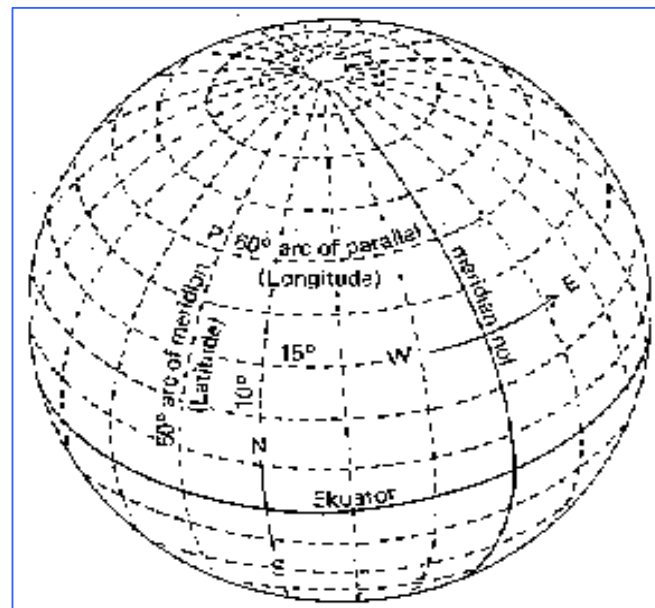
Sistem koordinat permukaan bumi keseluruhan menggunakan sistem koordinat geografik (Geodetik) yang diukur dengan menggunakan derajat (degree) garis-garis lingkaran yang menghubungkan kutub utara ke kutub selatan dikenal dengan nama garis bujur (longitude) atau garis-garis meridian. Nilai nol derajat garis meridian melalui kota Greenwich di kota Inggris. Adalah 0 derajat sampai dengan 180 derajat Bujur Barat. Nilai garis meridian dari Greenwich ke arah timur dikenal dengan nama bujur timur yang besarnya adalah 0 derajat sampai dengan 180 derajat Bujur Timur. Garis-garis lingkaran yang tegak lurus terhadap garis meridian dikenal dengan nama garis lintang (latitude). Nilai nol derajat garis lintang memotong di tengah garis meridian yang menghubungkan kutub utara dengan kutub selatan dikenal dengan nama garis ekuator atau garis katulistiwa. Nilai garis lintang dari ekuator ke kutub utara dikenal dengan istilah lintang utara yang besarnya dari 0 derajat sampai dengan 90 derajat Lintang Utara. Nilai garis lintang dari ekuator ke kutub Selatan dikenal dengan istilah Lintang Selatan yang besarnya dari 0 derajat sampai dengan 90 derajat Lintang Selatan.



Gambar 108. Sistem koordinat geografis

Beberapa ketentuan yang berhubungan dengan pemodelan bumi sebagai spheroid adalah:

- Meridian dan meridian utama.
- Paralel dan paralel NOL atau ekuator.
- Bujur (longitude -  $j$ ), bujur barat ( $0^\circ - 180^\circ$  BB) dan bujur timur ( $0^\circ - 180^\circ$  BT).
- Lintang (latitude -  $l$ ), lintang utara ( $0^\circ - 90^\circ$  LU) dan lintang selatan ( $0^\circ - 90^\circ$  LS).



Gambar 109. Bumi sebagai spheroid

Pengukuran tempat titik – titik

- Menggunakan garis lurus  
Apabila titik – titik tersebut terdapat pada satu garis lurus, dengan titik dasar O dimana sebelah kanan dari titik nol bertanda positif dan sebelah kiri dari titik nol bertanda negatif.
- Menggunakan sumbu koordinat  
Apabila terdapat dua titik tidak pada satu garis lurus, dengan titik O sebagai pusat dari perpotongan garis mendatar X (Absis) dan garis tegak lurus Y (Ordinat). Dimana pada sumbu X kesebelah kanan dari titik O bertanda positif dan sebelah kiri dari titik O bertanda negatif. Pada sumbu Y kearah utara dari titik O bertanda positif dan kearah selatan dari titik O bertanda negatif.  
Untuk menentukan jarak  $d_{ab}$  dapat menggunakan Teorema Phytagoras:

$$d_{ab} = \sqrt{(X_b - X_a)^2 + (Y_b - Y_a)^2}$$

#### 5.4. Menentukan Sudut Jurusan

Seperti telah dijelaskan sebelumnya sudut jurusan adalah sudut yang dibentuk dari arah utara geografis kemudian diputar searah jarum jam dan berhenti pada garis yang telah ditentukan.

Meskipun membagi kuadran pada ilmu ukur sudut dan pada ilmu geodesi, yaitu pada

Ilmu Ukur Sudut dari kanan ke kiri dan pada Ilmu Geodesi dari kiri ke kanan tapi daerah kuadran pada dua ilmu itu menyatakan daerah yang sama ialah:

$$\text{Kuadran I} : 0^{\circ} - 90^{\circ}$$

$$\text{Kuadran II} : 90^{\circ} - 180^{\circ}$$

$$\text{Kuadran III} : 180^{\circ} - 270^{\circ}$$

$$\text{Kuadran IV} : 270^{\circ} - 360^{\circ}$$

Segala suatu yang telah dipelajari pada Ilmu Ukur Sudut mengenai Sinus, Cosinus, dan Tangen berfungsi dengan penuh pada Ilmu Geodesi.

Tabel 8. Aturan kuadran trigonometris

Kuadran	I	II	III	IV
Trigonometris				
Sin $\alpha$	+	+	-	-
Cos $\alpha$	+	-	-	+
Tan $\alpha$	+	-	+	-

Untuk menentukan besarnya atau lebih tepat di kuadran manakah sudut jurusan  $\alpha$  di letakkan, digunakan rumus:

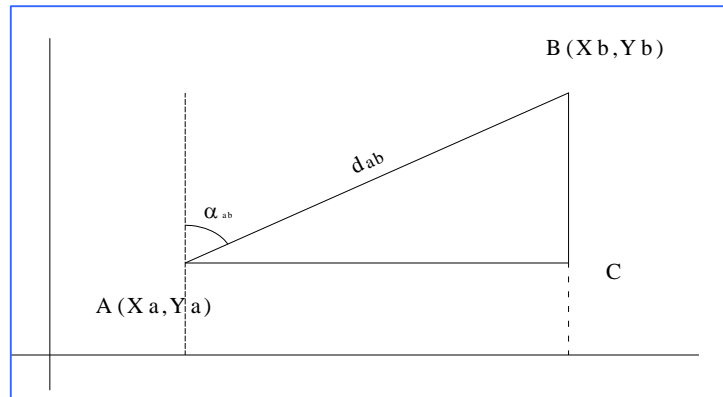
$$\text{tg } \alpha_{ab} = \frac{X_b - X_a}{Y_b - Y_a}$$

Dasar-dasar perhitungan ini adalah geometri analitik yaitu goniometri-trigonometri adalah sebagai berikut :

$$\text{Sin } \alpha = \frac{x}{r}; \text{ Cos } \alpha = \frac{y}{r}; \text{ Tgn } \alpha = \frac{x}{y}$$

$$\text{Tg } \alpha_{ab} = \frac{X_b - X_a}{Y_b - Y_a}$$





Gambar 110. Sudut jurusan

Dari gambar di atas dapat dicari jarak  $d_{ab}$  menggunakan aturan sinus dan cosinus :

$$\cos \alpha_{ab} = \frac{Y}{r} = \frac{Y_b - Y_a}{d_{ab}}$$

$$d_{ab} = \frac{Y_b - Y_a}{\cos \alpha_{ab}}$$

$$\sin \alpha_{ab} = \frac{X}{r} = \frac{X_b - X_a}{d_{ab}}$$

$$d_{ab} = \frac{X_b - X_a}{\sin \alpha_{ab}}$$

Untuk menentukan luas pengukuran dengan menggunakan sistem koordinat : "Metode Sarus"

**Metode Sarus**

Apabila terdapat beberapa variabel X dan Y. Misalnya  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  dan  $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n$ . Maka kedua variabel tersebut dikali silang kemudian dibagi 2.

$$\frac{(X_1 \cdot Y_2 + X_2 \cdot Y_3 + X_3 \cdot Y_1) - (Y_1 \cdot X_2 + Y_2 \cdot X_3 + Y_3 \cdot X_1)}{2}$$

**ATURAN KUADRAN GEOMETRIS**

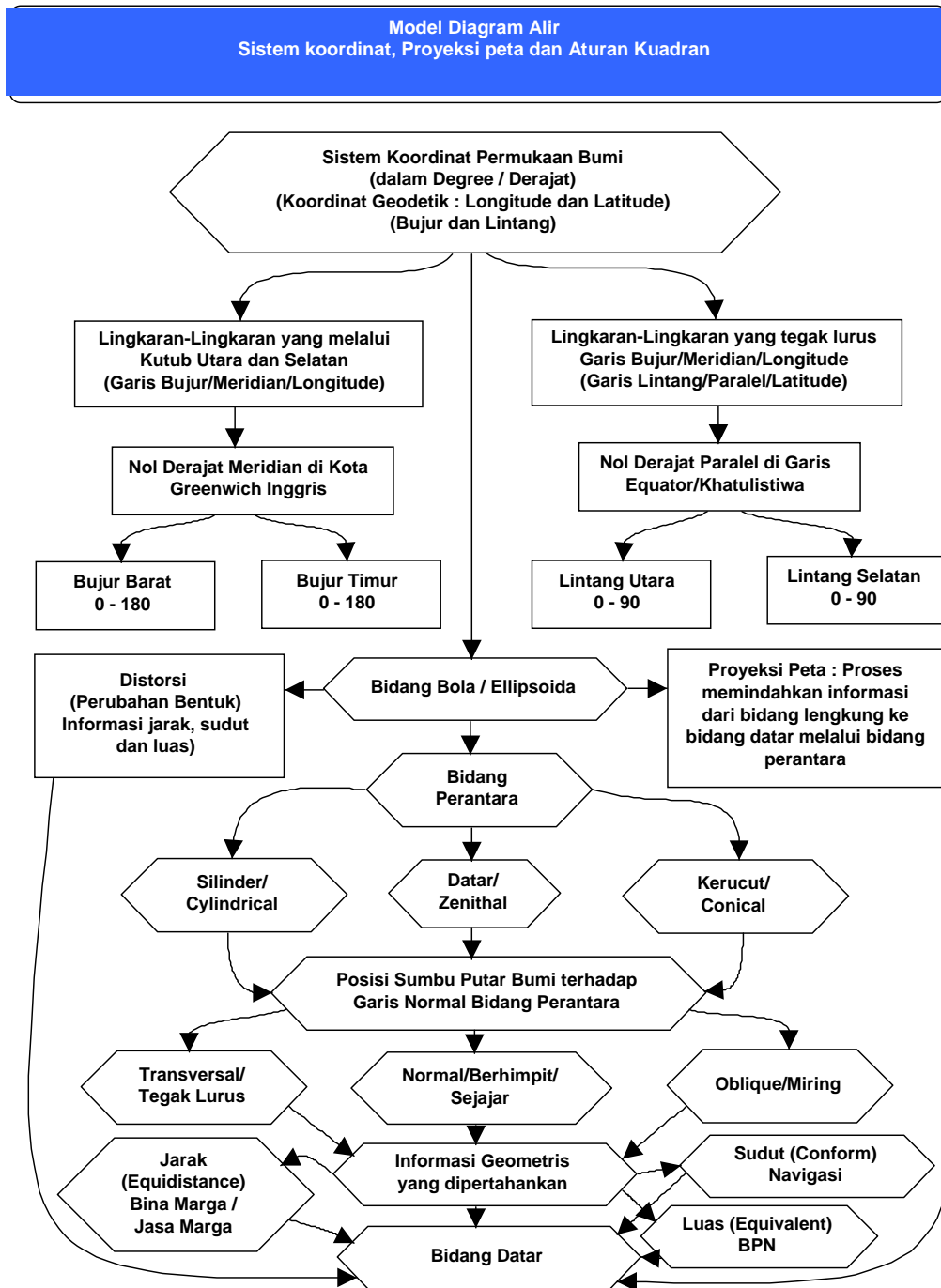
	y	
KUADRAN IV		KUADRAN I
(X-, Y+)		(X+, Y+)
360 - $\alpha$		$\alpha$ - $\alpha$
		x
180 + $\alpha$		180 - $\alpha$
(X-, Y-)		(X+, Y-)
KUADRAN III		KUADRAN II

Gambar 111. Aturan kuadran geometris

**ATURAN KUADRAN TRIGONOMETRI**

	y	
KUADRAN II		KUADRAN I
(X-, Y+)		(X+, Y+)
180 - $\alpha$		$\alpha$ - $\alpha$
		x
180 + $\alpha$		360 - $\alpha$
(X-, Y-)		(X+, Y-)
KUADRAN III		KUADRAN IV

Gambar 112. Aturan kuadran trigonometris



Gambar 113. Diagram alir sistem koordinat, proyeksi peta dan aturan kuadran

## Rangkuman

Berdasarkan uraian materi bab 5 mengenai sistem koordinat, proyeksi peta, dan aturan kuadran, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Proyeksi peta adalah teknik-teknik yang digunakan untuk menggambarkan sebagian atau keseluruhan permukaan tiga dimensi yang secara kasaran berbentuk bola ke permukaan datar dua dimensi dengan distorsi sesedikit mungkin.
2. Sistem proyeksi peta dibuat untuk mereduksi sekecil mungkin distorsi. Tujuan Sistem Proyeksi Peta dibuat dan dipilih untuk menyatakan dan menyajikan secara grafis posisi titik-titik pada permukaan bumi ke dalam sistem koordinat bidang datar.
3. Cara proyeksi peta dapat dilakukan dengan cara proyeksi langsung (direct projection) dan proyeksi tidak langsung (double projection). Secara garis besar sistem proyeksi peta bisa dikelompokkan berdasarkan pertimbangan ekstrinsik dan intrinsik.
4. Bidang datum adalah bidang yang akan digunakan untuk memproyeksikan titik-titik yang diketahui koordinatnya  $(j, l)$ . Sedangkan bidang proyeksi adalah bidang yang akan digunakan untuk memproyeksikan titik-titik yang diketahui koordinatnya  $(X, Y)$ .
5. UTM merupakan sistem proyeksi silinder, konform, secant, transversal.
6. Sistem proyeksi peta  $TM-3^\circ$  adalah sistem proyeksi Universal Transverse Mercator dengan ketentuan faktor skala di meridian sentral = 0,9999 dan lebar zone =  $3^\circ$ .
7. Sudut jurusan adalah sudut yang dimulai dari arah utara geografis, maka arah utara diambil sebagai suatu salib sumbu.
8. Meskipun membagi kuadran pada ilmu ukur sudut dan pada ilmu geodesi berjalan berlawanan, ialah pada Ilmu Ukur Sudut dari kanan ke kiri dan pada Ilmu Geodesi dari kiri ke kanan tapi daerah kuadran pada dua ilmu itu menyatakan daerah yang sama. Oleh karena itu, alat-alat Ilmu Ukur Tanah arahnya dari utara dan searah jarum jam.
9. Untuk menentukan luas pengukuran dengan menggunakan sistem koordinat dapat menggunakan metode Sarus. Metode Sarus dapat digunakan apabila terdapat beberapa variabel  $X$  dan  $Y$ . Misalnya  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  dan  $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n$ . Maka kedua variabel tersebut dikali silang kemudian dibagi 2.

## Soal Latihan

**Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini!**

1. Jelaskan pengertian dan tujuan proyeksi peta ?
2. Apa yang dimaksud dengan bidang datum dan bidang proyeksi ?
3. Keuntungan dan kerugian apa saja pada sistem proyeksi polyeder ?
4. Jelaskan apa yang dimaksud dengan sistem proyeksi peta TM-3°, serta ketentuan-ketentuannya ?
5. Jelaskan mengapa aturan kuadran Ilmu Ukur Tanah searah jarum jam ?
6. Sebutkan ketentuan-ketentuan yang berhubungan dengan permodelan bumi sebagai spheroid ?
7. Apa yang dimaksud dengan sudut jurusan ?

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (1983). Ukur Tanah 2. Jurusan Teknik Sipil PEDC. Bandung
- Barus, B dan U.S. Wiradisastra. 2000. Sistem Informasi dan Geografis. Bogor.
- Budiono, M. dan kawan-kawan. 1999. Ilmu Ukur Tanah. Angkasa. Bandung.
- Darmaji, A. 2006. Aplikasi Pemetaan Digital dan Rekayasa Teknik Sipil dengan Autocad Development. ITB. Bandung.
- Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. 1999. Kurikulum Sekolah Menengah Kejuruan. Depdikbud. Jakarta.
- Departemen Pendidikan Nasional RI. 2003. Standar Kompetensi Nasional Bidang SURVEYING. Bagian Proyek Sistem Pengembangan. Jakarta.
- Gayo, Yusuf., dan kawan-kawan. 2005. Pengukuran Topografi dan Teknik Pemetaan. PT. Pradjna Paramita. Jakarta.
- Gumilar, I. 2003. Penggunaan Computer Aided Design (CAD) pada Biro Arsitek. Jurusan Pendidikan Teknik Bangunan FPTK UPI. Bandung.
- Gunarta, I.G.W.S. dan A.B. Sailendra. 2003. Penanganan Masalah Jalan Tembus Hutan secara Terintegrasi : Kajian terhadap Kebutuhan Kelembagaan Stakeholders. Jurnal Litbang Jalan Volume 20 No.3 Oktober. Departemen Pekerjaan Umum. Bandung.
- Gunarso, P. dan kawan-kawan. 2004. Modul Pelatihan SIG. Pemkab Malinau
- Hasanudin, M. dan kawan-kawan. 2004. Survai dengan GPS. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Hendriatiningsih, S. 1990. Engineering Survey. Teknik geodesi FPTS ITB. Bandung.
- Hayati, S. 2003. Aplikasi Geographical Information System untuk Zonasi Kesesuaian Lahan Perumahan di Kabupaten Bandung. Lembaga Penelitian UPI. Bandung.
- Jurusan Pendidikan Teknik Bangunan. 2005. Struktur Kurikulum Program Studi Pendidikan Teknik Sipil FPTK UPI. Jurusan Diktekbang FPTK UPI. Bandung.
- Kusminingrum, N. dan G. Gunawan. 2003. Evaluasi dan Strategi Pengendalian Pencemaran Udara di Kota-Kota Besar di Indonesia. Jurnal Litbang Jalan Volume 20 No.1 Departemen Pekerjaan Umum. Bandung.
- Lanallyawati. 2004. Pengkajian Pengelolaan Lingkungan Jalan di Kawasan Hutan Lindung (Bedugul Bali). Jurnal Litbang Jalan Volume 21 No.2 Juli. Departemen Pekerjaan Umum. Bandung.
- Marina, R. 2002. Aplikasi Geographical Information System untuk Evaluasi Kemampuan Lahan di Kabupaten Sumedang.
- Masri, RM. 2007. Kajian Perubahan Lingkungan Zona Buruk untuk Perumahan. SPS IPB. Bogor.
- Mira, S. 1988. Poligon. Teknik Geodesi FTSP ITB. Bandung.

- Mira, S. R.M. 1988. Ukuran Tinggi Teliti. Teknik Geodesi FTSP ITB. Bandung.
- Melani, D. 2004. Aplikasi Geographical Information System untuk Zonasi Kesesuaian Lahan Perumahan di Kabupaten Sumedang. Jurusan Pendidikan Teknik Bangunan FPTK UPI. Bandung.
- Mulyani, S.Y.R dan Lanalyawati. 2004. Kajian Kebijakan dalam Pengelolaan Lingkungan Jalan di Kawasan Sensitif. Jurnal Litbang Jalan Volume 21 No.1 Maret. Departemen Pekerjaan Umum. Bandung.
- Parhasta, E. 2002. Tutorial Arcview SIG Informatika. Bandung.
- Purwaamijaya, I.M. 2006. Ilmu Ukur Tanah untuk Teknik Sipil. FPTK UPI. Bandung.
- Purwaamijaya, I.M. 2005a. Analisis Kemampuan Lahan di Kecamatan-Kecamatan yang Dilalui Jalan Soekarno-Hatta di Kota Bandung Jawa Barat. Jurnal Permukiman ISSN : 0215-0778 Volume 21 No.3 Desember 2005. Departemen Pekerjaan Umum. Badan Penelitian dan Pengembangan. Bandung.
- Purwaamijaya, I.M. 2005b. Analisis Kemampuan Lahan sebagai Acuan Penyimpangan Gejala Konversi Lahan Sawah Beririgasi Menjadi Lahan Perumahan di Koridor Jalan Soekarno-Hatta Kota Bandung. Jurnal Informasi Teknik ISSN : 0215-1928 No.28 – 2005. Departemen Pekerjaan Umum. Badan Penelitian dan Pengembangan. Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Air. Balai Irigasi. Bekasi.
- Purwaamijaya, I.M. 2005c. Pola Perubahan Lingkungan yang Disebabkan oleh Prasarana dan Sarana Jalan (Studi Kasus : Jalan Soekarno-Hatta di Kota Bandung Jawa Barat). Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Purworaharjo,U. 1986. Ilmu Ukur Tanah Seri A Pengukuran Tinggi. Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Bandung.
- Purworaharjo,U. 1986. Ilmu Ukur Tanah Seri B Pengukuran Horisontal. Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Bandung.
- Purworaharjo,U. 1986. Ilmu Ukur Tanah Seri C Pemetaan Topografi. Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Bandung.
- Purworaharjo,U. 1982. Hitung proyeksi Geodesi (Proyeksi Peta). Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Bandung.
- Staf Ukur Tanah. 1982. Petunjuk Penggunaan Planimeter. Pusat Pengembangan Penataran Guru Teknologi. Bandung.
- Supratman, A.. 2002. Geometrik Jalan Raya. FPTK IKIP. Bandung.
- Supratman, A.,dan I.M Purwaamijaya. 1992. Pengukuran Horizontal. Bandung.: FPTK IKIP.
- Supratman, A.,dan I.M Purwaamijaya. (1992). Modul Ilmu Ukur Tanah. FPTK IKIP. Bandung.
- Susanto dan kawan-kawan. (1994). Modul : Pemandangan Tanah Mekanis. FPTK IKIP. Bandung.
- Wongsotjitro. 1980. Ilmu Ukur Tanah. Kanisius .Yogyakarta.
- Yulianto, W. 2004. Aplikasi AUTOCAD 2002 untuk Pemetaan dan SIG. Gramedia. Jakarta.

## GLOSARIUM

<b>Absis</b>	:	Posisi titik yang diproyeksikan terhadap sumbu X yang arahnya horizontal pada bidang datar.
<b>Analog</b>	:	Sistem penyajian peta secara manual.
<b>Astronomis</b>	:	Ilmu yang mempelajari posisi relatif benda-benda langit terhadap benda-benda langit lainnya.
<b>Automatic level</b>	:	Sipat datar optis yang mirip dengan tipe kekar tetapi dilengkapi dengan alat kompensator untuk membuat garis bidik mendatar dengan sendirinya.
<b>Azimuth</b>	:	Sudut yang dibentuk dari garis arah utara terhadap garis arah suatu titik yang besarnya diukur searah jarum jam.
<b>Barometri</b>	:	Alat atau metode untuk mengukur tekanan udara yang diaplikasikan untuk menghitung beda tinggi antara beberapa titik di atas permukaan bumi yang berkategori gunung (slope $\geq$ 40 %).
<b>Benchmark</b>	:	Titik ikat di lapangan yang ditandai oleh patok yang dibuat dari beton dan besi dan telah diketahui koordinatnya hasil pengukuran sebelumnya.
<b>Bowditch</b>	:	Metode koreksi absis dan ordinat pada pengukuran polygon yang bobotnya adalah perbandingan antara jarak resultante terhadap total jarak resultante.
<b>BPN</b>	:	Badan Pertanahan Nasional (Kantor Agraria / Pertanahan).
<b>CAD</b>	:	Computer Aided Design. Penyajian gambar secara digital menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak komputer.
<b>Cassini</b>	:	Metode pengikatan ke belakang (alat berdiri di atas titik yang ingin diketahui koordinatnya) yang menggunakan bantuan 2 titik penolong dan dua buah lingkaran.
<b>Collins</b>	:	Metode pengikatan ke belakang (alat berdiri di atas titik yang ingin diketahui koordinatnya) yang menggunakan bantuan 1 titik penolong dan satu buah lingkaran.
<b>Coordinate Set</b>	:	Pengaturan koordinat peta analog agar sesuai dengan koordinat pada sistem koordinat peta digital yang titik-titik ikat acuannya adalah titik-titik di peta analog yang memiliki nilai-nilai koordinat.
<b>Cosinus</b>	:	Besar sudut yang dihitung dari perbandingan sisi datar terhadap sisi miring.
<b>Cross hair</b>	:	Benang silang diafragma yang tampak pada lensa objektif teropong sebagai acuan untuk membaca ketinggian garis bidik pada rambu ukur.
<b>Cross Section</b>	:	Profil melintang. Penampang pada arah lebar yang menggambarkan turun naiknya permukaan suatu bentuk objek.
<b>Datum</b>	:	Titik perpotongan antara ellipsoid referensi dengan geoid (datum relatif). Pusat ellipsoid referensi berimpit dengan pusat bumi ( <i>datum absolut</i> ).
<b>Digital</b>	:	Sistem penyajian informasi (grafis atau teks) secara biner elektronik.

<b>Digitizer</b>	:	Alat yang digunakan untuk mengubah peta-peta analog menjadi peta-peta digital dengan menelusuri detail-detail peta satu persatu.
<b>Distorsi</b>	:	Perubahan bentuk atau perubahan informasi geometrik yang disajikan pada bidang lengkung (bola/ellipsoidal) terhadap bentuk atau informasi geometrik yang disajikan pada bidang datar.
<b>DGN</b>	:	Datum Geodesi Nasional, datum sistem koordinat nasional.
<b>Dumpy level</b>	:	Sipat datar optis tipe kekar, sumbu tegak menjadi satu dengan teropong.
<b>Ellipsoid</b>	:	Bentuk 3 dimensi dari ellips yang diputar pada sumbu pendeknya dan merupakan bentuk matematis bumi. <i>Spheroid</i> persamaan kata ellipsoid.
<b>Equator</b>	:	Garis khatulistiwa yaitu garis yang membagi bumi bagian utara dan bumi bagian selatan sama besar.
<b>Flattening</b>	:	Kegepengan. Nilai yang diperoleh dari pembagian selisih radius terpendek dengan radius terpanjang ellipsoida terhadap radius terpendek.
<b>Fokus</b>	:	Ketajaman penampakan objek pada teropong dan dapat diatur dengan tombol fokus.
<b>Fotogrametri</b>	:	Ilmu pengetahuan dan teknologi yang mempelajari mengenai geometris foto-foto udara yang diperoleh dari pemotretan menggunakan pesawat terbang.
<b>Geodesi</b>	:	Ilmu pengetahuan dan teknologi yang mempelajari dan menyajikan informasi bentuk permukaan bumi dengan memperhatikan kelengkungan bumi.
<b>Geodesic</b>	:	Kurva terpendek yang menghubungkan dua titik pada permukaan ellipsoida.
<b>Geoid</b>	:	Bentuk tidak beraturan yang mewakili permukaan air laut di bumi dan memiliki energi potensial yang sama.
<b>Geometri</b>	:	Ilmu yang mempelajari bentuk matematis di atas permukaan bumi.
<b>Gradien</b>	:	Besarnya nilai perbandingan sisi muka terhadap sisi samping yang membentuk sudut tegak lurus ( $90^\circ$ )
<b>Grafis</b>	:	Penyajian hasil pengukuran dengan gambar.
<b>Greenwich</b>	:	Kota di Inggris yang dilewati oleh garis meridian (longitude/bujur) $0^\circ$ .
<b>Grid</b>	:	Bentuk empat persegi panjang yang merupakan referensi posisi absis dan ordinat yang diletakkan di muka peta yang panjang dan lebarnya bergantung pada unit posisi X dan Y yang ditetapkan oleh pembuat peta berdasarkan kaidah kartografi (pemetaan).
<b>Hexagesimal</b>	:	Sistem besaran sudut yang menyajikan sudut dengan sebutan derajat, menit, second. Satu putaran = $360^\circ$ . $1^\circ=60'$ . $1'=60''$ .
<b>Higragrum</b>	:	Hg, air raksa yang dipakai sebagai cairan penunjuk nilai tekanan udara pada alat barometer.
<b>Horisontal</b>	:	Garis atau bidang yang tegak lurus terhadap garis atau bidang yang menjauhi pusat bumi.
<b>Indeks</b>	:	Garis kontur yang penyajiannya lebih tebal atau lebih ditonjolkan dibandingkan garis-garis kontur lain setiap ketinggian tertentu.



<b>Interpolasi</b>	:	Metode perhitungan ketinggian suatu titik di antara dua titik yang dihubungkan oleh garis lurus.
<b>Intersection</b>	:	Nama lain dari pengikatan ke muka, yaitu pengukuran titik tunggal dari dua buah titik yang telah diketahui koordinatnya dengan menempatkan alat theodolite di atas titik-titik yang telah diketahui koordinatnya.
<b>Galat</b>	:	Selisih antara nilai pengamatan dengan nilai sesungguhnya.
<b>GIS</b>	:	<i>Geographical Information System</i> . Suatu sistem informasi yang mampu mengaitkan database grafis dengan data base tekstualnya yang sesuai.
<b>GPS</b>	:	<i>Global Positioning System</i> . Sistem penentuan posisi global menggunakan satelit buatan Angkatan Laut Amerika Serikat.
<b>Gravitasi</b>	:	Gaya tarik bumi yang mengarah ke pusat bumi dengan nilai $\pm 9,8 \text{ m}^2/\text{detik}$ .
<b>GRS-1980</b>	:	<i>Geodetic Reference System</i> tahun 1984, adalah ellipsoid terbaik yang memiliki penyimpangan terkecil terhadap geoid (lihat istilah geoid).
<b>Hardcopy</b>	:	Dokumentasi peta-peta digital dalam bentuk lembaran-lembaran peta yang dicetak dengan printer atau plotter.
<b>Hardware</b>	:	Perangkat keras computer yang terdiri CPU ( <i>Central Processing Unit</i> ), keyboard (papan ketik), printer, mouse.
<b>Informasi</b>	:	Sesuatu yang memiliki makna atau manfaat.
<b>Inklinasi</b>	:	Sudut vertical yang dibentuk dari garis bidik (dinamakan juga sudut miring).
<b>Interpolasi</b>	:	Suatu rumusan untuk mencari ketinggian suatu titik yang diapit oleh dua titik lain dengan konsep segitiga sebangun.
<b>Jalon</b>	:	Batang besi seperti lembing berwarna merah dan putih dengan panjang $\pm 1,5$ meter sebagai target bidikan arah horizontal.
<b>Jurusan</b>	:	Sudut yang dihitung dari selisih absis dan ordinat dengan acuan sudut nolnya arah sumbu Y positif searah jarum jam.
<b>Kalibrasi</b>	:	Suatu prosedur untuk mengeliminasi kesalahan sistematis pada peralatan pengukuran dengan menyetel ulang komponen-komponen dalam peralatan.
<b>Kartesian</b>	:	Sistem koordinat siku-siku.
<b>Kompas</b>	:	Alat yang digunakan untuk menunjukkan arah suatu garis terhadap utara magnet yang dipengaruhi magnet bumi.
<b>Kontrol</b>	:	Upaya mengendalikan data hasil pengukuran di lapangan agar memenuhi syarat geometrik tertentu sehingga kesalahan hasil pengukuran di lapangan dapat memenuhi syarat yang ditetapkan dan kesalahan-kesalahan acaknya telah dikoreksi.
<b>Kontur</b>	:	Garis khayal di permukaan bumi yang menghubungkan titik-titik dengan ketinggian yang sama dari permukaan air laut rata-rata (MSL). Garis di atas peta yang menghubungkan titik-titik dengan ketinggian yang sama dari permukaan air laut rata-rata dan kerapatannya bergantung pada ukuran lembar penyajian (skala peta).
<b>Konvergensi</b>	:	Serangkaian garis searah yang menuju suatu titik pertemuan.
<b>Konversi</b>	:	Proses mengubah suatu besaran (sudut/jarak) dari suatu sistem menjadi sistem yang lain.
<b>Koordinat</b>	:	Posisi titik yang dihitung dari posisi nol sumbu X dan posisi nol sumbu Y.

<b>Koreksi</b>	:	Nilai yang dijumlahkan terhadap nilai pengamatan sehingga diperoleh nilai yang dianggap benar. Nilai koreksi = - kesalahan.
<b>Kuadran</b>	:	Ruang-ruang yang membagi sudut satu putaran menjadi 4 ruang yang pusat pembagiannya adalah titik 0.
<b>Kuadrilateral</b>	:	Bentuk segiempat dan diagonalnya yang diukur sudut-sudut dan jarak-jaraknya untuk menentukan koordinat titik di lapangan.
<b>Latitude</b>	:	Nama lain garis parallel. Garis-garis khayal yang tegak lurus garis meridian dan melingkari bumi. Paralel nol berada di equator atau garis khatulistiwa.
<b>Leveling head</b>	:	Bagian yang terdiri dari tribach dan trivet, disebut juga kiap.
<b>Logaritma</b>	:	Nilai yang diperoleh dari kebalikan fungsi pangkat.
<b>Longitude</b>	:	Nama lain garis meridian. Garis-garis khayal di permukaan bumi yang menghubungkan kutub utara dan kutub selatan bumi. Meridian nol berada di Kota Greenwich, Inggris.
<b>Long Section</b>	:	Profil memanjang. Penampang pada arah memanjang yang menggambarkan turun naiknya permukaan suatu bentuk objek.
<b>Loxodrome</b>	:	Nama lain adalah <i>Rhumbline</i> . Garis (kurva) yang menghubungkan titik-titik dengan azimuth yang tetap.
<b>Mapinfo</b>	:	<i>Desktop Mapping Software</i> . Perangkat lunak yang digunakan untuk pembuatan peta digital berinformasi yang dibuat dengan spesifikasi teknis perangkat keras untuk pemakai tunggal dan dibuat oleh perusahaan <i>Mapinfo Corporation</i> yang berdomisili di Kota New York Amerika Serikat.
<b>MSL</b>	:	Mean Sea Level (permukaan air laut rata-rata yang diamati selama periode tertentu di pinggir pantai). Sebagai acuan titik nol pengukuran tinggi di darat.
<b>Mistar</b>	:	Papan penggaris berukuran 3 meter yang dapat dilipat dua sebagai target pembacaan diafragma teropong untuk mengukur tinggi garis bidik (benang atas, benang tengah, benang bawah).
<b>Meridian</b>	:	Garis-garis khayal di permukaan bumi yang menghubungkan kutub utara dan kutub selatan bumi. Meridian nol berada di Kota <i>Greenwich</i> , Inggris.
<b>Nivo</b>	:	Gelembung udara dan cairan yang berada pada tempat berbentuk bola atau silinder sebagai penunjuk bahwa teropong sipat datar atau theodolite telah sejajar dengan bidang yang memiliki energi potensial yang sama.
<b>Normal</b>	:	Proyeksi peta yang sumbu putar buminya berimpit dengan garis normal bidang perantara (datar, kerucut, silinder).
<b>Oblique</b>	:	Proyeksi peta yang sumbu putar buminya membentuk sudut tajam ( $< 90^\circ$ ) dengan garis normal bidang perantara (datar, kerucut, silinder).
<b>Offset</b>	:	Metode pengukuran menggunakan alat-alat sederhana (prisma, pita ukur, jalon).
<b>Ordinat</b>	:	Posisi titik yang diproyeksikan terhadap sumbu Y yang arahnya vertical pada bidang datar.
<b>Orientasi</b>	:	Pengukuran untuk mengetahui posisi absolute dan posisi relative Objek-objek di atas permukaan bumi.
<b>Orthodrome</b>	:	Proyeksi garis geodesic pada bidang proyeksi.
<b>Overlay</b>	:	Suatu fungsi pada analisis pemetaan digital dan GIS yang Menumpangtindihkan tema-tema dengan jenis pengelompokan yang berbeda.

<b>Pantograph</b>	: Alat yang digunakan untuk memperbesar atau memperkecil objek gambar.
<b>Paralel</b>	: Garis-garis khayal yang tegak lurus garis meridian dan melingkari bumi. Paralel nol berada di equator atau garis khatulistiwa.
<b>Pegas</b>	: Gulungan kawat berbentuk spiral yang dapat memanjang dan memendek karena gaya tekan atau tarik yang digunakan pada alat sipat datar.
<b>Pesawat</b>	: Istilah untuk alat ukur optis waterpass atau theodolite.
<b>Phytagoras</b>	: Ilmuwan yang menemukan rumusan kuadrat garis terpanjang di suatu segitiga dengan salah satu sudutnya $90^\circ$ adalah sama dengan perjumlahan kuadrat 2 sisi yang lain.
<b>Planimeter</b>	: Alat untuk menghitung koordinat secara konvensional.
<b>Planimetris</b>	: Bidang datar (2 dimensi) yang dinyatakan dalam sumbu X dan Y
<b>Point Set</b>	: Pengaturan koordinat peta analog agar sesuai dengan koordinat pada sistem koordinat peta digital yang titik-titik ikat acuannya adalah titik-titik di peta analog yang identik dengan titik-titik di peta digital yang telah ada.
<b>Polar</b>	: Sistem koordinat kutub (sudut dan jarak).
<b>Polyeder</b>	: Sistem proyeksi dengan bidang perantara kerucut, sumbu putar bumi berimpit dengan garis normal kerucut, informasi geometric yang dipertahankan sama adalah sudut (conform) dan tangen.
<b>Polygon</b>	: Serangkaian garis-garis yang membentuk kurva terbuka atau Tertutup untuk menentukan koordinat titik-titik di atas permukaan bumi.
<b>Profil</b>	: Potongan gambaran turun dan naiknya permukaan tanah baik memanjang atau melintang.
<b>Proyeksi peta</b>	: Proses memindahkan informasi geometrik dari bidang lengkung (bola/ellipsoidal) ke bidang datar melalui bidang perantara (bidang datar, kerucut, silinder).
<b>Radian</b>	: Sistem besaran sudut yang menyajikan sudut satu putaran = $2\pi$ radian. $\pi = 22/7 = 3,14\dots\dots$
<b>RAM</b>	: <i>Random Acces Memory</i> . Bagian dalam komputer yang digunakan sebagai tempat menyimpan dan memroses fungsi-fungsi matematis untuk sementara waktu.
<b>Raster</b>	: Penyajian peta atau gambar secara digital menggunakan unit-unit terkecil berbentuk bujur sangkar. Ketelitian unit-unit terkecil dinamakan dengan resolusi.
<b>Remote Sensing</b>	: Penginderaan jauh. Pemetaan bentuk permukaan bumi menggunakan satelit buatan dengan ketinggian tertentu yang direkam secara digital dengan ukuran-ukuran kotak tertentu yang dinamakan <i>pixel</i> .
<b>Resiprocal</b>	: Salah satu metode pengukuran beda tinggi dengan menggunakan 2 alat sipat datar dan rambunya yang dipisahkan oleh halangan alam berupa sungai atau lembah dan dilakukan bolak-balik untuk meningkatkan ketelitian hasil pengukuran.
<b>Reversible level</b>	: Sipat datar optis tipe reversi yang teropongnya dapat diputar pada sumbu mekanis dan disangga oleh bagian tengah yang mempunyai sumbu tegak.
<b>Rotasi</b>	: Perubahan posisi suatu objek karena diputar pada suatu sumbu putar tertentu.

<b>Sarrus</b>	:	Orang yang menemukan rumusan perhitungan luas dengan nilai-nilai koordinat batas kurva.
<b>Scanner</b>	:	Alat yang mengubah gambar-gambar atau peta-peta analog menjadi gambar-gambar/peta-peta digital dengan cara mengkilas.
<b>Sentisimal</b>	:	Sistem besaran sudut yang menyajikan sudut dengan sebutan grid, centigrad, centigrad. Satu putaran = $400^g$ , $1^g=100^c$ , $1^c=100^{cc}$ .
<b>Simetris</b>	:	Bagian yang dibagi sama besar oleh suatu garis diagonal.
<b>Sinus</b>	:	Besar sudut yang dihitung dari perbandingan sisi muka terhadap sisi miring.
<b>Skala</b>	:	Nilai perbandingan besaran jarak atau luas di atas kertas terhadap jarak dan luas di lapangan.
<b>Softcopy</b>	:	Dokumentasi peta-peta digital dalam bentuk file-file digital.
<b>Software</b>	:	Perangkat lunak computer untuk berbagai macam kepentingan.
<b>Stadia</b>	:	Benang tipis berwarna hitam yang tampak di dalam teropong alat.
<b>Statif</b>	:	Kaki tiga untuk menyangga alat waterpass atau theodolite optis.
<b>Tachymetri</b>	:	Metode pengukuran titik-titik detail menggunakan alat theodolite yang diikatkan pada pengukuran kerangka dasar vertikal dan horisontal.
<b>Tangen</b>	:	Besar sudut yang dihitung dari perbandingan sisi muka terhadap sisi miring.
<b>Tilting level</b>	:	Sipat datar optis tipe jungkit yang sumbu tegak dan teropong dihubungkan dengan engsel dan sekrup pengungkit.
<b>TM-3</b>	:	Sistem proyeksi Universal Transverse Mercator dengan faktor skala di meridian sentral adalah 0,9999 dan lebar zone = $3^\circ$ .
<b>Topografi</b>	:	Peta yang menyajikan informasi di atas permukaan bumi baik unsur alam maupun unsur buatan manusia dengan skala sedang dan kecil.
<b>Total Station</b>	:	Alat ukur theodolite yang dilengkapi dengan perangkat elektronik untuk menentukan koordinat dan ketinggian titik detail secara otomatis digital menggunakan gelombang elektromagnetis.
<b>Trace</b>	:	Serangkaian garis yang merupakan garis tengah suatu bangunan (jalan, saluran, jalur lintasan).
<b>Transit</b>	:	Metode koreksi absis dan ordinat pada pengukuran polygon yang bobotnya adalah perbandingan antara jarak proyeksi pada sumbu X atau Y terhadap total jarak proyeksi pada sumbu X atau Y.
<b>Transversal</b>	:	Proyeksi peta yang sumbu putar buminya tegak lurus (membentuk sudut $90^\circ$ ) dengan garis normal bidang perantara (datar, kerucut, silinder).
<b>Triangulasi</b>	:	Serangkaian segitiga yang diukur sudut-sudutnya untuk menentukan koordinat titik-titik di lapangan.
<b>Triangulaterasi</b>	:	Serangkaian segitiga yang diukur sudut-sudut dan jarak-jaraknya di lapangan untuk menentukan koordinat titik-titik di lapangan.
<b>Tribach</b>	:	Penyangga sumbu kesatu dan teropong.
<b>Trigonometri</b>	:	Bagian dari ilmu matematika yang diaplikasikan untuk menghitung beda tinggi antara beberapa titik di atas permukaan bumi yang berkategori bermedan bukit ( $8\% \leq \text{slope} \leq 40\%$ ).
<b>Trilaterasi</b>	:	Serangkaian segitiga yang diukur jarak-jaraknya untuk menentukan koordinat titik-titik di lapangan.

- Trivet** : Bagian terbawah dari alat sipat datar dan theodolite yang dapat dikuncikan pada statif.
- Unting-unting** : Bentuk silinder-kerucut terbuat dari kuningan yang digantung di bawah alat waterpass atau theodolite sebagai penunjuk arah titik nadir atau pusat bumi yang mewakili titik patok.
- UTM** : Universal Transverse Mercator. Sistem proyeksi peta global yang memiliki lebar zona  $6^\circ$  sehingga jumlah zona UTM seluruh dunia adalah 60 zona. Bidang perantara yang digunakan adalah silinder dengan posisi transversal (sumbu putar bumi tegak lurus terhadap garis normal silinder), informasi geometrik yang dipertahankan sama adalah sudut (konform) dan secant.
- Vektor** : Penyajian peta atau gambar secara digital menggunakan garis, titik dan kurva. Ketelitian unit-unit terkecil dinamakan dengan resolusi.
- Vertikal** : Garis atau bidang yang menjauhi pusat bumi.  
**Visual** : Penglihatan kasat mata.  
**Waterpass** : Alat atau metode yang digunakan untuk mengukur tinggi garis bidik di atas permukaan bumi yang berkategori bermedan datar ( $\text{slope} \leq 8\%$ ).
- WGS-84** : *World Geodetic System* tahun 1984, adalah ellipsoid terbaik yang Memiliki penyimpangan terkecil terhadap geoid (lihat istilah geoid).
- Zenith** : Titik atau garis yang menjauhi pusat bumi dari permukaan bumi.  
**Zone** : Kurva yang dibatasi oleh batas-batas dengan kriteria tertentu.

## DAFTAR TABEL

No	Teks	Hal	No	Teks	Hal
1	Ketelitian posisi horizontal (x,y) titik triangulasi	14	30	Formulir pengukuran titik detail	366
2	Tingkat Ketelitian Pengukuran Sipat Datar	60	31	Formulir pengukuran titik detail posisi 1	367
3	Tingkat Ketelitian Pengukuran Sipat Datar	95	32	Formulir pengukuran titik detail posisi 2	368
4	Ukuran kertas untuk penggambaran hasil pengukuran dan pemetaan	107	33	Formulir pengukuran titik detail posisi 3	369
5	Formulir pengukuran sipat datar	114	34	Formulir pengukuran titik detail posisi 4	370
6	Formulir pengukuran sipat datar	115	35	Formulir pengukuran titik detail posisi 5	371
7	Kelas proyeksi peta	122	36	Formulir pengukuran titik detail posisi 6	372
8	Aturan kuadran trigonometris	139	37	Formulir pengukuran titik detail posisi 7	373
9	Cara Sentisimal ke cara seksagesimal	147	38	Formulir pengukuran titik detail posisi 8	374
10	Cara Sentisimal ke cara radian	148	39	Bentuk muka tanah dan interval kontur.	382
11	Cara seksagesimal ke cara radian	149	40	Tabel perhitungan galian dan timbunan	422
12	Cara radian ke cara sentisimal	150	41	Daftar load factor dan procentage swell dan berat dari berbagai bahan	424
13	Cara seksagesimal ke cara radian	151	42	Daftar load factor dan procentage swell dan berat dari berbagai bahan	425
14	Buku lapangan untuk pengukuran sudut dengan repitisi.	183	43	Keunggulan dan kekurangan pemetaan digital dengan konvensional	435
15	Metode perhitungan perbedaan sudut ganda dan perbedaan observasi	183	44	Contoh keterangan warna gambar	458
16	Arti dari perbedaan sudut ganda dan perbedaan observasi.	184	45	Keterangan koordinat	458
17	Buku lapangan sudut vertikal.	184	46	Kelebihan dan kekurangan pekerjaan GIS dengan manual/pemetaan Digital	470
18	Daftar Logaritma	200	47	Pendigitasian Konvensional di banding pendigitasian GPS	486
19	Hitungan dengan cara logaritma	204	48	Beberapa fungsi tetangga sederhana	497
20	Hitungan cara logaritma	225	49	Perbandingan Bentuk Data Raster dan Vektor	499
21	Ukuran Kertas Seri A	276			
22	Bacaan sudut	280			
23	Jarak	280			
24	Formulir pengukuran poligon 1	296			
25	Formulir pengukuran poligon 2	297			
26	Formulir pengukuran poligon 3	298			
27	Contoh perhitungan garis bujur ganda	312			
28	format daftar planimeter tipe 1	319			
29	format daftar planimeter tipe 2	319			

**DAFTAR GAMBAR**

No	Teks	Hal	No	Teks	Hal
1	Anggapan bumi	2	37	Kesalahan Skala Nol Rambu	42
2	Elipsoidal bumi	3	38	Bukan rambu standar	43
3	Aplikasi pekerjaan pemetaan pada bidang teknik sipil	6	39	Sipat Datar di Suatu Slag	47
4	Staking out	6	40	Rambu miring	54
5	Pengukuran sipat datar optis	7	41	Kelengkungan bumi	55
6	Alat sipat datar	9	42	Kelengkungan bumi	55
7	Pita ukur	9	43	Refraksi atmosfer	56
8	Rambu ukur	9	44	Model diagram alir teori kesalahan	57
9	Statif	9	45	Pengukuran sipat datar optis	61
10	Barometris	10	46	Keterangan pengukuran sipat datar	63
11	Pengukuran Trigonometris	10	47	Cara tinggi garis bidik	63
12	Pengukuran poligon	12	48	Cara kedua pesawat di tengah-tengah	65
13	Jaring-jaring segitiga	15	49	Keterangan cara ketiga	65
14	Pengukuran pengikatan ke muka	16	50	Cotok pengukuran resiprokal	67
15	Pengukuran collins	17	51	Sipat datar tipe jungkit	67
16	Pengukuran cassini	18	52	Contoh pengukuran resiprokal	68
17	Macam – macam sextant	18	53	Dumpy level	72
18	Alat pembuat sudut siku cermin	19	54	Tipe reversi	73
19	Prisma bauernfiend	19	55	Dua macam tilting level	74
20	Jalon	19	56	Bagian-bagian dari tilting level	75
21	Pita ukur	19	57	Instrumen sipat datar otomatis	76
22	Pengukuran titik detail tachymetri	21	58	Bagian-bagian dari sipat datar otomatis	76
23	Diagram alir pengantar survei dan pemetaan	22	59	Rambu ukur	78
24	Kesalahan pembacaan rambu	26	60	Contoh pengukuran trigonometris	79
25	Pengukuran sipat datar	27	61	Gambar koreksi trigonometris	80
26	Prosedur Pemindahan Rambu	27	62	Bagian-bagian barometer	81
27	Kesalahan Kemiringan Rambu	28	63	Barometer	82
28	Pengaruh kelengkungan bumi	29	64	Pengukuran tunggal	84
29	Kesalahan kasar sipat datar	30	65	Pengukuran simultan	85
30	Kesalahan Sumbu Vertikal	31	66	Model diagram alir pengukuran kerangka dasar vertikal	87
31	Pengaruh kesalahan kompas theodolite	36	67	Proses pengukuran	91
32	Sket perjalanan	37	68	Arah pengukuran	91
33	Gambar Kesalahan Hasil Survei	37	69	Alat sipat datar	92
34	Kesalahan karena penurunan alat	39	70	Rambu ukur	92
35	Pembacaan pada rambu I	40	71	Cara menggunakan rambu ukur di lapangan	93
36	Pembacaan pada rambu II	41	72	Statif	93
			73	Unting-unting	93
			74	Patok kayu dan beton/ besi	94
			75	Pita ukur	94
			76	Payung	94

Lampiran : D

No	Teks	Hal	No	Teks	Hal
77	Cat dan kuas	95	104	Peta statistik	134
78	Pengukuran sipat datar	98	105	Peta sungai	134
79	Pengukuran sipat datar rambu ganda	99	106	Peta jaringan	135
80	Pengukuran sipat datar di luar slag rambu	100	107	Peta dunia	135
81	Pengukuran sipat datar dua rambu	101	108	Sistem koordinat geografis	138
82	Pengukuran sipat datar menurun	101	109	Bumi sebagai spheroid.	138
83	Pengukuran sipat datar menaik	102	110	Sudut jurusan	140
84	Pengukuran sipat datar tinggi bangunan	102	111	Aturan kuadran geometris	140
85	Pembagian kertas seri A	107	112	Aturan kuadran trigonometris	140
86	Pengukuran kerangka dasar vertikal	116	113	Model diagram alir sistem koordinat proyeksi peta dan aturan kuadran	141
87	Diagram alir pengukuran sipat datar kerangka dasar vertikal	117	114	Pembacaan derajat	155
88	Jenis bidang proyeksi dan kedudukannya terhadap bidang datum	123	115	Pembacaan grade	155
89	Geometri elipsoid.	124	116	Pembacaan menit	155
90	Rhumblin atau loxodrome menghubungkan titik-titik	124	117	Pembacaan centigrade	155
91	Oorthodrome dan loxodrome pada proyeksi gnomonis dan proyeksi mercator.	124	118	Sudut jurusan	156
92	Proyeksi kerucut: bidang datum dan bidang proyeksi.	125	119	Sudut miring	156
93	Proyeksi polyeder: bidang datum dan bidang proyeksi.	125	120	Cara pembacaan sudut mendatar dan sudut miring	156
94	Lembar proyeksi peta polyeder di bagian lintang utara dan lintang selatan	126	121	Arah sudut zenith (sudut miring).	157
95	Konvergensi meridian pada proyeksi polyeder.	126	122	Theodolite T0 Wild	158
96	Kedudukan bidang proyeksi silinder terhadap bola bumi pada proyeksi UTM	128	123	Theodolite	159
97	Proyeksi dari bidang datum ke bidang proyeksi.	129	124	Metode untuk menentukan arah titik A.	160
98	Pembagian zone global pada proyeksi UTM.	129	125	Metode untuk menentukan arah titik A dan titik B.	160
99	Konvergensi meridian pada proyeksi UTM	130	126	Theodolite (tipe sumbu ganda)	162
100	Sistem koordinat proyeksi peta UTM.	131	127	Theodolite (tipe sumbu tunggal)	162
101	Grafik faktor skala proyeksi peta UTM	131	128	Sistem lensa teleskop	162
102	Peta kota Bandung	133	129	Penyimpangan kromatik	164
103	Peta Geologi	133	130	Penyimpangan speris	164
			131	Diafragma (benang silang)	164
			132	Tipe benang silang	164
			133	Pembidik Ramsden	165
			134	Teleskop pengfokus dalam	165
			135	Niveau tabung batangan	166
			136	Niveau tabung bundar.	166
			137	Hubungan antara gerakan gelembung dan inklinasi.	167
			138	Berbagai macam lingkaran graduasi.	168
			139	Vernir langsung.	168
			140	Pembacaan vernir langsung	168
			141	Pembacaan vernir mundur 20,7.	168



Lampiran : D

No	Teks	Hal	No	Teks	Hal
142	Pembacaan berbagai macam vernir.	169	176	Pengikatan ke muka	202
143	Sistem optis theodolite untuk mikrometer skala.	169	177	Pengikatan ke muka	203
144	Pembacaan mikrometer skala	169	178	Model Diagram Alir Jarak, Azimuth dan Pengikatan Ke Muka	205
145	Sistem optis mikrometer tipe berhimpit.	170	179	Kondisi alam yang dapat dilakukan cara pengikatan ke muka	208
146	Contoh pembacaan mikrometer tipe berhimpit.	170	180	Kondisi alam yang dapat dilakukan cara pengikatan ke belakang	208
147	Sistem optis theodolite dengan pembacaan tipe berhimpit	170	181	Pengikatan ke muka	209
148	Alat penyipat datar speris.	171	182	Pengikatan ke belakang	209
149	Alat penyipat datar dengan sentral bulat.	171	183	Tampak atas permukaan bumi	210
150	Unting-unting	172	184	Pengukuran yang terpisah sungai	210
151	Alat penegak optis	172	185	Alat Theodolite	211
152	Kesalahan sumbu kolimasi.	172	186	Rambu ukur	212
153	Kesalahan sumbu horizontal	174	187	Statif	212
154	Kesalahan sumbu vertikal.	174	188	Unting-unting	212
155	Kesalahan eksentris.	175	189	Contoh lokasi pengukuran	212
156	Kesalahan luar.	175	190	Penentuan titik A,B,C dan P	213
157	Penyetelan sekrup-sekrup penyipat datar	176	191	Pemasangan Theodolite di titik P	213
158	Penyetelan benang silang (Inklinasi).	177	192	Penentuan sudut mendatar	213
159	Penyetelan benang silang (Penyetelan garis longitudinal).	177	193	Pemasangan statif	214
160	Penyetelan sumbu horizontal.	178	194	Pengaturan pembidikan theodolite	214
161	Pengukuran sudut tunggal.	179	195	Penentuan titik penolong Collins	215
162	Metode arah	182	196	Besar sudut $\alpha$ dan $\beta$	216
163	Metode sudut.	183	197	Garis bantu metode Collins	217
164	Koreksi otomatis untuk sudut elevasi	183	198	Penentuan koordinat H dari titik A	217
165	Metode pengukuran sudut vertikal (1).	185	199	Menentukan sudut $\alpha$ ah	217
166	Metode observasi sudut vertikal (2).	185	200	Menentukan rumus dah	218
167	Metode observasi sudut vertikal (3).	185	201	Penentuan koordinat H dari titik B	218
168	Diagram alir macam sistem besaran sudut	186	202	Menentukan sudut $\alpha$ bh	218
169	Pengukuran Jarak	189	203	Menentukan rumus dbh	219
170	Lokasi Patok	190	204	Penentuan koordinat P dari titik A	219
171	Spedometer	191	205	Menentukan sudut $\alpha$ ap	219
172	Pembagian kuadran azimuth	193	206	Menentukan sudut $\gamma$	219
173	Azimuth Matahari	196	207	Menentukan rumus dap	220
174	Pengikatan Kemuka	198	208	Penentuan koordinat P dari titik B	220
175	Pengikatan ke muka	199			

## Lampiran : D

No	Teks	Hal	No	Teks	Hal
209	Menentukan sudut $\alpha$	220	240	Penentuan titik P	248
210	Menentukan rumus dbp	220	241	Model diagram alir cara pengikatan ke belakang metode cassini	249
211	Cara Pengikatan ke belakang metode Collins	222	242	Poligon terbuka	255
212	Menentukan besar sudut $\alpha$ dan $\beta$	228	243	Poligon tertutup	255
213	Menentukan koordinat titik penolong Collins	228	244	Poligon bercabang	255
214	Menentukan titik P	228	245	Poligon kombinasi	256
215	Menentukan koordinat titik A,B dan C pada kertas grafik	229	246	Poligon terbuka tanpa ikatan	256
216	Garis yang dibentuk sudut $\alpha$ dan $\beta$	229	247	Poligon Terbuka Salah Satu Ujung terikat Azimuth	257
217	Pemasangan transparansi pada kertas grafik	229	248	Poligon Terbuka Salah Satu Ujung Terikat Koordinat	257
218	Model diagram alir cara pengikatan ke belakang metode collins	230	249	Poligon Terbuka Salah Satu Ujung Terikat Azimuth dan Koordinat	258
219	Pengukuran di daerah tebing	233	250	Poligon Terbuka Kedua Ujung Terikat Azimuth	259
220	Pengukuran di daerah jurang	233	251	Poligon terbuka, salah satu ujung terikat azimuth sedangkan sudut lainnya terikat koordinat	259
221	Pengukuran terpisah jurang	234	252	Poligon Terbuka Kedua Ujung Terikat Koordinat	260
222	Pengikatan ke belakang metode Collins	235	253	Poligon Terbuka Salah Satu Ujung Terikat Koordinat dan Azimuth Sedangkan Yang Lain Hanya Terikat Azimuth	261
223	Pengikatan ke belakang metode Cassini	235	254	Poligon Terbuka Salah Satu Ujung Terikat Azimuth dan Koordinat Sedangkan Ujung Lain Hanya Terikat Koordinat	262
224	Theodolite	236	255	Poligon Terbuka Kedua Ujung Terikat Azimuth dan Koordinat	263
225	Rambu ukur	236	256	Poligon Tertutup	263
226	Statif	236	257	Topcon Total Station-233N	265
227	Unting-unting	237	258	Statif	265
228	Pengukuran sudut $\alpha$ dan $\beta$ di lapangan.	238	259	Unting-Unting	266
229	Lingkaran yang menghubungkan titik A, B, R dan P.	238	260	Patok Beton atau Besi	266
230	Lingkaran yang menghubungkan titik B, C, S dan P.	239	261	Rambu Ukur	267
231	Cara pengikatan ke belakang metode Cassini	239	262	Payung	267
232	Menentukan dar	240	263	Pita Ukur	267
233	Menentukan $\alpha$ ar	240	264	Formulir dan alat tulis	268
234	Menentukan das	241	265	Benang	268
235	Menentukan $\alpha$ as	241	266	Nivo Kotak	269
236	Penentuan koordinat titik A, B dan C.	248	267	Nivo tabung	269
237	Menentukan sudut $90^\circ - \alpha$ dan $90^\circ - \beta$	248	268	Nivo tabung	269
238	Penentuan titik R dan S	248	269	Jalon Di Atas Patok	271
239	Penarikan garis dari titik R ke S	248			

## Lampiran : D

No	Teks	Hal	No	Teks	Hal
270	Penempatan Rambu Ukur	271	301	Pembagian luas yang sama dengan garis lurus sejajar salah satu segitiga	327
271	Penempatan Unting-Unting	272	302	Pembagian luas yang sama dengan garis lurus melalui sudut puncak segitiga	328
272	Pembagian Kertas Seri A	276	303	Pembagian dengan perbandingan a : b : c	328
273	Skala Grafis	277	304	Pembagian dengan perbandingan m : n oleh suatu garis lurus melalui salah satu sudut segiempat	328
274	Situasi titik-titik KDH poligon tertutup metode transit	299	305	Pembagian dengan garis lurus sejajar dengan trapesium	328
275	Situasi titik-titik KDH poligon tertutup metode bowdith	300	306	Pembagian suatu poligon	329
276	Situasi lapangan metode transit	301	307	Penentuan garis batas	330
277	Situasi lapangan metode Bowditch	302	308	Perubahan segi empat menjadi trapesium	330
278	Model Diagram Alir kerangka dasar horizontal metode poligon	303	309	Pengurangan jumlah sisi polygon tanpa merubah luas	330
279	Metode diagonal dan tegak lurus	307	310	Perubahan garis batas yang berliku-liku menjadi garis lurus	331
280	Metode trapesium	308	311	Perubahan garis batas lengkung menjadi garis lurus	331
281	Offset dengan interval tidak tetap	309	312	Posisi start yang harus di klik	331
282	Offset sentral	309	313	Start – all Program – autocad 2000	331
283	Metoda simpson	309	314	Worksheet autocad 2000	332
284	Metoda 3/8 simpson	310	315	Open file	332
285	Garis bujur ganda pada poligon metode koordinat tegak lurus	311	316	Open file	332
286	Metode koordinat tegak lurus	312	317	Gambar penampang yang akan dihitung Luasnya	332
287	Metode kisi-kisi	313	318	Klik poin untuk menghitung luas	333
288	Metode lajur	313	319	Klik poin untuk menghitung luas	333
289	Planimeter fixed index model	314	320	Diagram alir perhitungan luas	334
290	Sliding bar mode dengan skrup penghalus	315	321	Prinsip tachymetri	339
291	Sliding bar mode tanpa skrup penghalus	316	322	Sipat datar optis luas	341
292	Pembacaan noneus model 1 dan 2	317	323	Pengukuran sipat datar luas	350
293	Bacaan roda pengukur	318	324	Tripod pengukuran vertikal	350
294	Penempatan planimeter	321	325	Theodolite Topcon	353
295	Gambar kerja	321	326	Statif	353
296	Gambar pengukuran peta dengan planimeter liding bar model yang tidak dilengkapi zero setting (pole weight/diluar kutub)	322	327	Unting-unting	353
297	Hasil bacaan positif	323	328	Jalon di atas patok	354
298	Hasil bacaan negatif	324	329	Pita ukur	354
299	Pengukuran luas peta pole weight (pemberat kutup) di dalam peta	325	330	Rambu ukur	354
300	Pengukuran luas peta pole weight dalam peta	327	331	Payung	354
			332	Formulir Ukur	354

Lampiran : D

No	Teks	Hal	No	Teks	Hal
333	Cat dan Kuas	355	359	Letak garis pantai dan garis kontur 1m	389
334	Benang	355	360	Perubahan garis pantai dan garis kontur sesudah kenaikan muka air laut.	389
335	Segitiga O BT O'	358	361	Garis kontur lembah, punggung dan perbukitan yang memanjang.	390
336	Pengukuran titik detail tachymetri	359	362	Plateau	391
337	Theodolit T0 wild	361	363	Saddle	391
338	Siteplan pengukuran titik detail tachymetri	362	364	Pass	391
339	Kontur tempat pengukuran titik detail tachymetri	363	365	Menggambar penampang	393
340	Pengukuran titik detail tachymetri dengan garis kontur 1	364	366	Kotak dialog persiapan Surfer	394
341	Pengukuran titik detail tachymetri dengan garis kontur 2	365	367	Peta tiga dimensi	395
342	Diagram alir Pengukuran titik-titik detail metode tachymetri	375	368	Peta kontur dalam bentuk dua dimensi.	395
343	Pembentukan garis kontur dengan membuat proyeksi tegak garis perpotongan bidang mendatar dengan permukaan bumi.	378	369	Lembar worksheet.	396
344	Penggambaran kontur	379	370	Data XYZ dalam koordinat kartesian	396
345	Kerapatan garis kontur pada daerah curam dan daerah landai	380	371	Data XYZ dalam koordinat decimal degrees.	397
346	Garis kontur pada daerah sangat curam.	380	372	Jendela editor menampilkan hasil perhitungan volume.	397
347	Garis kontur pada curah dan punggung bukit.	381	373	Jendela GS scripiter	398
348	Garis kontur pada bukit dan cekungan	381	374	Simbolisasi pada peta kontur dalam surfer.	399
349	Kemiringan tanah dan kontur gradient	382	375	Peta kontur dengan kontur interval I.	399
350	Potongan memanjang dari potongan garis kontur	383	376	Peta kontur dengan interval 3	400
351	Bentuk, luas dan volume daerah genangan berdasarkan garis kontur.	383	377	Gambar peta kontur dan model 3D.	401
352	Rute dengan kelandaian tertentu.	383	378	Overlay peta kontur dengan model 3D	401
353	Titik ketinggian sama berdasarkan garis kontur	384	379	Base map foto udara.	402
354	Garis kontur dan titik ketinggian	384	380	Alur garis besar pekerjaan pada surfer.	402
355	Pengukuran kontur pola spot level dan pola grid.	385	381	Lembar plot surfer.	403
356	Pengukuran kontur pola radial.	385	382	Obyek melalui digitasi.	404
357	Pengukuran kontur cara langsung	386	383	Model diagram alir garis kontur, sifat dan interpolasinya	405
358	Interpolasi kontur cara taksiran	387	384	Sipat datar melintang	410
			385	Tongkat sounding	410
			387	Potongan tipikal jalan	411
			388	Contoh penampang galian dan timbunan	412
			389	Meteran gulung	413
			390	Pesawat theodolit	413
			391	Jalon	413

## Lampiran : D

No	Teks	Hal	No	Teks	Hal
392	Rambu ukur	413	421	Hasil Foto Udara yang dilakukan di daerah Nangroe Aceh Darussalam yang dilakukan pasca Tsunami, untuk keperluan Infrastruktur Rehabilitasi dan Konstruksi	445
393	Stake out pada bidang datar	413	422	Contoh Hasil pemetaan Digital Menggunakan AutoCAD	453
394	Stake out pada bidang yang berbeda ketinggian	414	423	Contoh : Hasil pemetaan Digital Menggunakan AutoCAD	453
395	Stake out beberapa titik sekaligus	414	424	Hasil pemetaan Digital Menggunakan AutoCAD	454
396	Volume cara potongan melintang rata-rata	415	425	Hasil pemetaan Digital Menggunakan AutoCAD	454
397	Volume cara jarak rata-rata	415	426	Tampilan auto cad	455
398	Volume cara prisma	416	427	Current pointing device	456
399	Volume cara piramida kotak	416	428	Grid untuk pengujian digitizer	457
400	Volume cara dasar sama bujur sangkar	416	429	Grid untuk peta skala 1:25.000.	459
401	Volume cara dasar sama – segitiga	416	430	Bingkai peta dan grid UTM per 1000 m	460
402	volume cara kontur	417	431	Digitasi jalan arteri dan jalan lokal, (a) peta asli, (b) hasil digitasi jalan, kotak kecil adalah vertex (tampil saat objek terpilih).	461
403	Penampang melintang jalan ragam 1	421	432	Perbesaran dan perkecilan	462
404	Penampang melintang jalan ragam 2	421	433	Model Digram Alir Pemetaan Digital	466
405	Penampang melintang jalan ragam 3	422	434	Contoh : Penggunaan Komputer dalam Pembuatan Peta	470
406	Penampang trapesium	425	435	Contoh : Penggunaan Komputer dalam Pembuatan Peta	470
407	Penampang timbunan	426	436	Komputer sebagai fasilitas pembuat peta	471
408	Koordinat luas penampang	426	437	Foto udara suatu kawasan	471
409	Volume trapesium	427	438	Contoh : Peta udara Daerah Propinsi Aceh	471
410	Penampang galian	428	439	Data grafis mempunyai tiga elemen : titik (node), garis (arc) dan luasan (poligon)	472
411	Penampang timbunan	429	440	Peta pemuktahiran pasca bencana tsunami	472
412	Penampang galian dan timbunan	430	441	Komponen utama SIG	474
413	Penampang melintang galian dan timbunan	431	442	Perangkat keras	474
414	Diagram alir perhitungan galian dan timbunan	432	443	Perangkat keras keyboard	475
415	Perangkat keras	436	444	Perangkat keras CPU	475
416	Perangkat keras Scanner	436	445	Perangkat keras Scanner	475
417	Peta lokasi	441			
418	Beberapa hasil pemetaan digital, yang dilakukan oleh Bakosurtanal	442			
419	Salah satu alat yang dipakai dalam GPS type NJ 13	443			
420	Hasil Foto Udara yang dilakukan di daerah Nangroe Aceh Darussalam yang dilakukan pasca Tsunami, untuk keperluan Infrastruktur Rehabilitasi dan Konstruksi	444			

Lampiran : D

No	Teks	Hal	No	Teks	Hal
446	Perangkat keras monitor	475	466	Peta Vegetasi Indonesia (Tahun 2004)	492
447	Perangkat keras mouse	475	467	Peta perubahan penutupan lahan pulau Kalimantan	492
448	Peta arahan pengembangan komoditas pertanian kabupaten Ketapang, Kalimantan Barat	478	468	Peta infrastruktur di daerah Nangreo Aceh Darussalam	494
449	Peta Citra radar Tanjung Perak, Surabaya	478	469	Garis interpolasi hasil program Surfer	505
450	Peta hasil foto udara daerah Nangroe Aceh Darussalam Pasca Tsunami	479	470	Garis kontur hasil interpolasi	505
451	NPS360 for robotic Total Station	479	471	Interpolasi Kontur cara taksiran	506
452	NK10 Set Holder dan Prisma Canister	479	472	Mapinfo GIS	507
453	NK12 Set Holder dan Prisma	479	473	Model Diagram Alir Sistem Informasi Geografis	508
454	NK19 Set	479			
455	GPS type NL 10	480			
456	GPS type NL 14 fixed adapter	480			
457	GPS type NJ 10 with optical plummet	480			
458	GPS type NK 12 Croth single prism Holder Offset : 0 mm	480			
459	GPS type CPH 1 A Leica Single Prism Holder Offset : 0 mm	480			
460	Peta digitasi kota Bandung tentang perkiraan daerah rawan banjir	481			
461	Peta hasil analisa SPM (Suspended Particular Matter)	481			
462	Peta prakiraan awal musim kemarau tahun 2007 di daerah Jawa	481			
463	Peta kedalaman tanah efektif di daerah jawa barat Bandung	490			
464	Peta Curah hujan di daerah Jawa Barat-Bandung	490			
465	Peta Pemisahan Data vertikal dipakai untuk penunjukan kawasan hutan dan perairan Indonesia	491			

ISBN 978-979-060-151-2  
ISBN 978-979-060-152-9

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 45 Tahun 2008 tanggal 15 Agustus 2008 tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk digunakan dalam Proses Pembelajaran.

HET (Harga Eceran Tertinggi) Rp. 16.698,00