



Iskandar Muda Purwaamijaya

Teknik Survei dan Pemetaan

JILID 3

untuk
Sekolah Menengah Kejuruan



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



TEKNIK SURVEI DAN PEMETAAN JILID 3

untuk SMK

Iskandar Muda P.

Iskandar Muda

TEKNIK SURVEI DAN PEMETAAN

JILID 3

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 3

Untuk SMK

Penulis : Iskandar Muda

Perancang Kulit : TIM

Ukuran Buku : 18,2 x 25,7 cm

MUD MUDA, Iskandar.
t Teknik Survei dan Pemetaan Jilid 3 untuk SMK oleh
Iskandar Muda ---- Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah
Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan
Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
x, 175 hlm
Daftar Pustaka : Lampiran. A
Glosarium : Lampiran. B
Daftar Tabel : Lampiran. C
Daftar Gambar : Lampiran. D
ISBN : 978-979-060-151-2
ISBN : 978-979-060-154-3

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 kehadirat 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, pada tahun 2008, telah melaksanakan penulisan pembelian hak cipta buku teks pelajaran ini dari penulis untuk disebarluaskan kepada masyarakat melalui *website* bagi siswa SMK.

Buku teks pelajaran ini telah melalui proses penilaian oleh Badan Standar Nasional Pendidikan sebagai buku teks pelajaran untuk SMK yang memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 12 tahun 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 di seluruh Indonesia.

Buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional tersebut, 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 ditayangkannya *soft copy* ini akan lebih memudahkan bagi masyarakat untuk mengaksesnya sehingga peserta didik dan pendidik di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri dapat memanfaatkan sumber belajar ini.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Selanjutnya, 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,
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 S₁ Pendidikan Teknik Sipil dan D₃ 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.

Bandung, 26 Juni 2008

Penulis,

Dr.Ir.H.Iskandar Muda Purwaamijaya, MT

NIP. 131 930 250

DAFTAR ISI

JILID 1

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

1. Pengantar Survei dan Pemetaan	1
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
2. Macam-Macam Kesalahan dan Cara Mengatasinya	25
2.1. Kesalahan-Kesalahan pada Survei dan Pemetaan	25
2.2. Kesalahan Sistematis	46
2.3. Kesalahan Acak	50
2.4. Kesalahan Besar	50
3. Pengukuran Kerangka Dasar Vertikal	60
3.1. Pengertian	60
3.2. Pengukuran Sipat Datar Optis	60
3.3. Pengukuran Trigonometris	78
3.4. Pengukuran Barometris	81
4. Pengukuran Sipat Datar Kerangka Dasar Vertikal	90
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

9. Cara Pengikatan ke Belakang Metode Cassini	233	13. Garis Kontur, Sifat dan Interpolasinya	378
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
10. Pengukuran Poligon Kerangka Dasar Horizontal	252	14. Perhitungan Galian dan Timbunan	408
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
11. Pengukuran Luas	306	15. Pemetaan Digital	435
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
JILID 3			
12. Pengukuran Titik-titik Detail Metode Tachymetri	337		
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		

16. Sistem Informasi Geografis	469
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
Lampiran	
Daftar Pustaka	A
Glosarium	B
Daftar Tabel	C
Daftar Gambar	D

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"> a. Memahami pengertian proyeksi peta, aturan kuadran dan sistem koordinat b. Memahami jenis-jenis proyeksi peta dan aplikasinya c. Memahami aturan kuadran geometrik dan trigonometrik d. Memahami sistem koordinat ruang dan bidang e. Memahami orientasi survei dan pemetaan serta aturan kuadran geometrik 	Membuat Proyeksi peta berdasarkan aturan kuadran dan sisten koordinat
6	Macam besaran sudut	<ul style="list-style-type: none"> a. Mengetahui macam besaran sudut b. Memahami besaran sudut dari lapangan c. Dapat melakukan konversi besaran sudut d. Memahami besaran sudut untuk pengolahan data 	Mengaplikasikan besaran sudut dilapangan untuk pengolahan data.
7	Jarak, azimuth dan pengikatan kemuka	<ul style="list-style-type: none"> a. Memahami pengertian jarak pada survey dan pemetaan b. Memahami azimuth dan sudut jurusan c. Memahami tujuan pengikatan ke muka d. Mempersiapkan peralatan, bahan dan prosedur pengikatan ke muka e. Memahami pengolahan data pengikatan ke muka f. Memahami penggambaran pengikatan ke muka 	Mengukur jarak baik dengan alat sederhana maupun dengan pengikatan ke muka.
8	Cara pengikatan ke belakang metode collins	<ul style="list-style-type: none"> a. Tujuan Pengikatan ke Belakang Metode Collins b. Peralatan, Bahan dan Prosedur Pengikatan ke Belakang Metode Collins c. Pengolahan Data Pengikatan ke Belakang Metoda Collins d. Penggambaran Pengikatan ke Belakang Metode Collins 	Mencari koordinat dengan metode Collins.
9	Cara pengikatan ke belakang metode Cassini	<ul style="list-style-type: none"> a. Memahami tujuan pengikatan ke belakang metode cassini b. Mempersiapkan peralatan, bahan dan prosedur pengikatan ke belakang metode cassini c. Memahami pengolahan data pengikatan ke belakang metoda cassini d. Memahami penggambaran pengikatan ke belakang metode cassini 	Mencari koordinat dengan metode Cassini.

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

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

12. Pengukuran Titik-titik Detail Metode Tachymetri

12.1. Tujuan pengukuran titik-titik detail metode tachymetri

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 titik-titik detail yang tersebar di permukaan bumi yang menggambarkan situasi daerah pengukuran.

Pengukuran titik-titik detail dilakukan sesudah pengukuran kerangka dasar vertikal dan pengukuran kerangka dasar horizontal dilakukan. Pengukuran titik-titik detail mempunyai orde ketelitian lebih rendah dibandingkan orde pengukuran kerangka dasar.

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

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

Metode offset menggunakan peralatan sederhana, seperti pita ukur, jalon, meja ukur, mistar, busur derajat, dan lain sebagainya. Metode tachymetri menggunakan peralatan dengan teknologi lensa optis dan elektronis digital. Pengukuran metode tachymetri mempunyai keunggulan dalam hal ketepatan dan kecepatan dibandingkan metode offset. Pengukuran titik-titik detail metode tachymetri ini relatif cepat dan mudah karena yang diperoleh dari lapangan adalah pembacaan rambu, sudut horizontal (azimuth magnetis), sudut vertikal (zenith atau inklinasi) dan tinggi alat. Hasil yang diperoleh dari pengukuran tachymetri adalah posisi planimetris X, Y, dan ketinggian Z.

12.1.1 Sejarah Tachymetri

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

Stadia berasal dari kata Yunani untuk satuan panjang yang asal-mulanya

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

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

Peralatan stasiun kota yang baru, menggabungkan theodolite, EDM, dan kemampuan mencatat-menghitung hingga reduksi jarak lereng secara otomatis dan sudut vertikal. Yang dihasilkan adalah pembacaan jarak horizontal dan selisih elevasi, bahkan koordinat. Jadi peralatan baru tadi dapat memperkecil regu lapangan dan mengambil alih banyak proyek tachymetri. Namun demikian, prinsip pengukuran tachymetri dan metodenya memberikan konsepsi-konsepsi dasar dan sangat mungkin dipakai terus menerus.

12.1.2 Pengenalan Tachymetri

Pengukuran titik-titik detail dengan metode Tachymetri ini adalah cara yang paling banyak digunakan dalam praktek, terutama untuk pemetaan daerah yang luas dan untuk detail-detail yang bentuknya tidak beraturan. Untuk dapat memetakan dengan

cara ini diperlukan alat yang dapat mengukur arah dan sekaligus mengukur jarak, yaitu Teodolite Kompas atau BTM (Boussole Tranche Montage). Pada alat-alat tersebut arah-arah garis di lapangan diukur dengan jarum kompas sedangkan untuk jarak digunakan benang silang diafragma pengukur jarak yang terdapat pada teropongnya. Salah satu theodolite kompas yang banyak digunakan misalnya theodolite WILD TO.

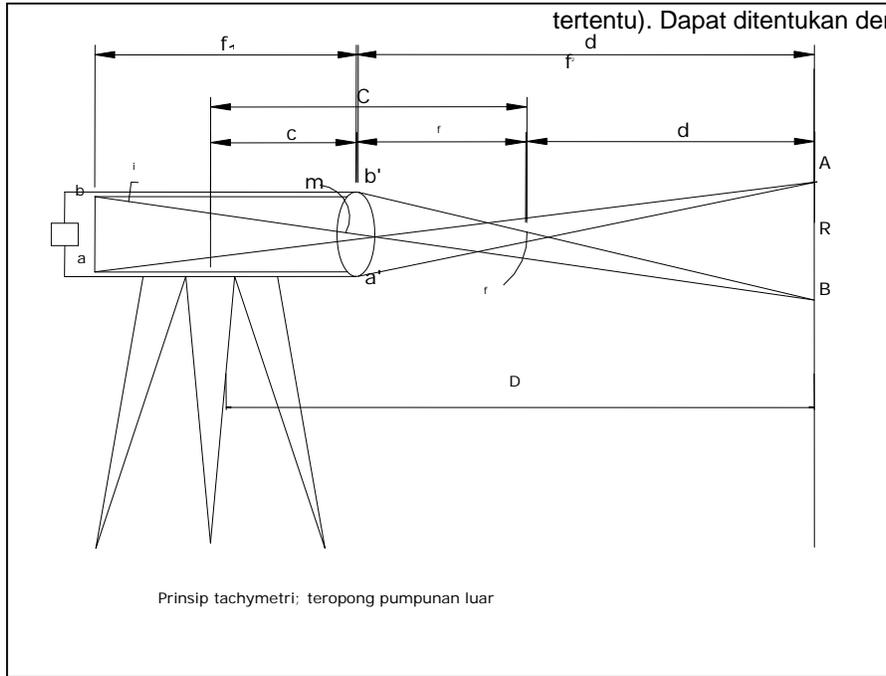
Tergantung dengan jaraknya, dengan cara ini titik-titik detail dapat diukur dari titik kerangka dasar atau dari titik-titik penolong yang diikatkan pada titik kerangka dasar.

12.1.3 Pengukuran tachymetri untuk titik bidik horizontal

Selain benang silang tengah, diafragma transit atau theodolite untuk tachymetri mempunyai dua benang horizontal tambahan yang ditempatkan sama jauh dari tengah (gambar 22). Interval antara benang – benang stadia itu pada kebanyakan instrumen memberikan perpotongan vertikal 1 ft pada rambu yang dipasang sejauh 100 ft (1 m pada jarak 100 m). Jadi jarak ke rambu yang dibagi secara desimal dalam feet, persepuluhan dan perseratusan dapat langsung dibaca sampai foot terdekat. Ini sudah cukup seksama untuk menentukan detail-detail fotografi, seperti; sungai, jembatan, dan jalan yang akan digambar pada peta dengan skala lebih kecil daripada

1 in = 100 ft, dan kadang-kadang untuk skala lebih besar misalnya; 1 in = 50 ft.

tertentu). Dapat ditentukan dengan



Gambar 321. Prinsip tachymetri

Metode tachymetri didasarkan pada prinsip bahwa pada segitiga-segitiga sebangun, sisi yang sepihak adalah sebanding. Pada gambar 321, yang menggambarkan teropong pumpunan-luar, berkas sinar dari titik A dan B melewati pusat lensa membentuk sepasang segitiga sebangun AmB dan amb. Dimana ; AB = R adalah perpotongan rambu (*internal stadia*) dan ab adalah selang antara benang-benang stadia.

Simbol-simbol baku yang dipakai dalam pengukuran tachymetri :

pumpunan pada objek yang jauh dan mengukur jarak antara pusat lensa objektif (sebenarnya adalah titik simpul dengan diafragma), (jarak pumpun = *focal length*).

f_1 = jarak bayangan atau jarak dari pusat (titik simpul) lensa obyektif ke bidang benang silang sewaktu teropong terpumpun pada suatu titik tertentu.

f_2 = jarak obyek atau jarak dari pusat (titik simpul) dengan titik tertentu sewaktu teropong terpumpun pada suatu titik itu. Bila f_2 tak terhingga atau amat besar, maka $f_1 = f$.

- i. = selang antara benang – benang Stadia.
- f/i = faktor pengkali, biasanya 100 (stadia interval factor).
- c = jarak dari pusat instrumen (sumbu I) ke pusat lensa obyektif. Harga c sedikit beragam sewaktu lensa obyektif bergerak masuk atau keluar untuk pembidikan berbeda, tetapi biasa dianggap tetapan.
- $C = c + f$. C disebut tetapan stadia, walaupun sedikit berubah karena c
- d = jarak dari titik pumpun di depan teropong ke rambu.
- $D = C + d$ = jarak dari pusat instrumen ke permukaan rambu

Dari gambar 321, didapat :

$$\frac{d}{f} = \frac{R}{i} \quad \text{atau} \quad d = R \frac{f}{i}$$

$$\text{dan} \quad D = R \frac{f}{i} + C$$

Benang-benang silang jarak optis tetap pada transit, theodolite, alat sipat datar dan dengan cermat diatur letaknya oleh pabrik instrumennya agar faktor pengkali f/i . Sama dengan 100. Tetapan stadia C berkisar dari kira-kira 0,75 sampai 1,25 ft untuk teropong-teropong pumpunan luar yang berbeda, tetapi biasanya dianggap sama dengan 1 ft. Satu-satunya variabel di ruas kanan persamaan adalah R yaitu perpotongan R

adalah 4,27 ft, jarak dari instrumen ke rambu adalah $427 + 1 = 428$ ft.

Yang telah dijelaskan adalah teropong pumpunan luar jenis lama, karena dengan gambar sederhana dapat ditunjukkan hubungan-hubungan yang benar. Lensa obyektif teropong pumpunan dalam (jenis yang dipakai sekarang pada instrumen ukur tanah) mempunyai kedudukan terpasang tetap sedangkan lensa pumpunan negatif dapat digerakkan antara lensa obyektif dan bidang benang silang untuk mengubah arah berkas sinar. Hasilnya, tetapan stadia menjadi demikian kecil sehingga dapat dianggap nol.

Benang stadia yang menghilang dulu dipakai pada beberapa instrumen lama untuk menghindari kekacauan dengan benang tengah horizontal. Diafragma dari kaca yang modern dibuat dengan garis-garis stadia pendek dan benang tenaga yang penuh (gambar 2) memberikan hasil yang sama secara lebih berhasil guna.

Faktor pengkali harus ditentukan pada pertama kali instrumen yang dipakai, walaupun harga tepatnya dari pabrik yang ditempel di sebelah dalam kotak pembawa tak akan berubah kecuali benang silang, diafragma, atau lensa-lensa diganti atau diatur pada model-model lama.

Untuk menentukan faktor pengkali, perpotongan rambu R dibaca untuk bidikan horizontal berjarak diketahui sebesar D .

Kemudian, pada bentuk lain persamaan faktor pengali adalah $f/i. = (D-C)/R$.

Sebagai contoh:

Pada jarak 300,0 ft interval rambu terbaca 3,01. Harga-harga untuk f dan c terukur sebesar 0,65 dan 0,45 ft berturut-turut; karenanya, $C = 1,1$ ft. Kemudian $f/i. = (300,0 - 1,1)/3,01 = 99,3$. Ketelitian dalam menentukan $f/i.$ Meningkat dengan mengambil harga pukul rata dari beberapa garis yang jarak terukurnya berkisar dari $\pm 100-500$ ft dengan kenaikan tiap kali 100 ft.

12.1.4 Pengukuran tachymetri untuk bidikan miring

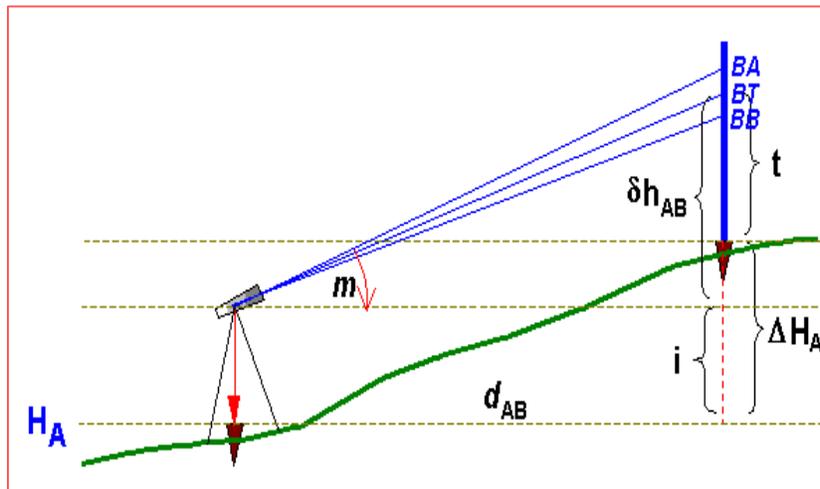
Kebanyakan pengukuran tachymetri adalah dengan garis bidik miring karena adanya keragaman topografi, tetapi perpotongan benang stadia dibaca pada rambu tegak lurus dan jarak miring direduksi menjadi jarak horizontal dan jarak vertikal.

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 α . 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)

$m =$ sudut miring.

$$\text{Beda tinggi} = D \text{ HAB} = 50' (BA - BB) \cdot \sin 2m + i - t; t = BT$$

$$\text{Jarak datar} = d_{AB} = 100' (BA - BB) \cos 2m$$



Gambar 322. Sipat datar optis luas

Tabel-tabel, diagram, mistar hitung khusus, dan kalkulator elektronik telah dipakai oleh para juru ukur untuk memperoleh penyelesaiannya. Dalam Apendiks E memuat jarak-jarak horizontal dan vertikal untuk perpotongan rambu 1 ft dan sudut-sudut vertikal dari 0 sampai 16°, 74° sampai 90°, dan 90° sampai 106° untuk pembacaan-pembacaan dari zenit).

Sebuah tabel tak dikenal harus selalu diselidiki dengan memasukkan harga-harga di dalamnya yang akan memberikan hasil yang telah diketahui. Sebagai contoh; sudut-sudut 1, 10 dan 15° dapat dipakai untuk mengecek hasil-hasil memakai tabel. Misalnya sebuah sudut vertikal 15°00' (sudut zenit 75°), perpotongan rambu 1,00 ft dan tetapan stadia 1ft, diperoleh hasil-hasil sebagai berikut.

Dari tabel E-1:

$$H = 93,30 \times 1,00 + 1 = 94,3 \text{ atau } 94 \text{ ft}$$

Contoh :

untuk sudut sebesar 4°16', elevasi M adalah 268,2 ft ; t.i. = EM = 5,6; perpotongan rambu AB = R = 5,28 ft; sudut vertikal a ke titik D 5,6 ft pada rambu adalah +4°16'; dan C = 1 ft. Hitunglah jarak H, beda elevasi V dan elevasi titik O.

Penyelesaian :

Untuk sudut 14°16'(sudut zenith 85°44') dan perpotongan rambu 1 ft, jarak-jarak

horizontal dan vertikal berturut-turut adalah 99,45 dan 7,42 ft. Selanjutnya...

$$H = (99,45 \times 5,28) + 1 = 526 \text{ ft}$$

$$V = (7,42 \times 5,28) - 0,08 = 39,18 + 0,08 = 39,3 \text{ ft}$$

Elevasi titik O adalah

$$\begin{aligned} \text{Elevasi O} &= 268,2 + 5,6 + 39,3 - 5,6 \\ &= 307,5 \text{ ft} \end{aligned}$$

Rumus lengkap untuk menentukan selisih elevasi antara M dan O adalah

$$\text{Elev}_O - \text{elev}_M = \text{t.i.} + V - \text{pembacaan rambu}$$

Keuntungan bidikan dengan pembacaan sebesar t.i agar terbaca sudut vertikal, sudah jelas. Karena pembacaan rambu dan t.i berlawanan tanda, bila harga mutlaknya sama akan saling menghilangkan dan dapat dihapuskan dari hitungan elevasi. Jika t.i tak dapat terlihat karena terhalang, sembarang pembacaan rambu dapat dibidik dan persamaan sebelumnya dapat dipakai. Memasang benang silang tengah pada tanda satu foot penuh sedikit di atas atau di bawah t.i menyederhanakan hitungannya.

Penentuan beda elevasi dengan tachymetri dapat dibandingkan dengan sipat datar memanjang t.i. sesuai bidikan plus, dan pembacaan rambu sesuai bidikan minus. Padanya ditindihkan sebuah jarak vertikal yang dapat plus atau minus, tandanya tergantung pada sudut kemiringan. Pada bidikan-bidikan penting ke arah titik-titik dan patok-patok kontrol, galat-galat instrumental akan dikurangi dengan prosedur lapangan

yang baik menggunakan prinsip timbal balik yaitu, membaca sudut-sudut vertikal dengan kedudukan teropong biasa dan luar biasa.

Pembacaan langsung pada rambu dengan garis bidik horizontal (seperti pada sipat datar), bukan sudut vertikal, dikerjakan bila keadaan memungkinkan untuk menyederhanakan reduksi catatan-catatan. Tinjauan pada suatu tabel menunjukkan bahwa untuk sudut-sudut vertikal di bawah kira-kira 4° , selisih antara jarak mirng dan jarak horizontal dapat diabaikan kecuali pada bidikan jauh (dimana galat pembacaan jarak juga lebih besar).

Dengan demikian teropong boleh miring beberapa derajat untuk pembacaan jarak optis setelah membuat bidikan depan yang datar untuk memperoleh sudut vertikal.

12.1.5 Rambu tachymetri

Berbagai jenis tanda dipakai pada rambu tachymetri tetapi semua mempunyai bentuk-bentuk geometrik yang menyolok dirancang agar jelas pada jarak jauh. Kebanyakan rambu tachymetri telah dibagi menjadi feet dan persepuluhan (perseratusan diperoleh dengan interpolasi), tetapi pembagian skala sistem metrik sedang menjadi makin umum. Warna-warna berbeda membantu membedakan angka-angka dan pembagian skala.

Rambu-rambu tachymetri biasa berbentuk satu batang, lipatan atau potongan-potongan dengan panjang 10 atau 12 ft. kalau dibuat lebih panjang dapat meningkatkan jarak bidik tetapi makin berat dan sulit ditangani. Seringkali bagian bawah satu atau dua dari rambu 12 ft akan terhalang oleh rumput atau semak, tinggal sepanjang hanya 10 ft yang kelihatan. Panjang bidikan maksimum dengan demikian adalah kira-kira 1000 ft. Pada bidikan yang lebih jauh, setengah interval (perpotongan antara benang tengah dengan benang stadia atas atau bawah) dapat dibaca dan dilipatgandakan untuk dipakai dalam persamaan reduksi tachymetri yang baku. Bila ada benang perempatan antara benang tengah dengan benang stadia atas, secara teoritis dapat ditaksir jarak sejauh hampir 4000 ft. Pada bidikan pendek, mungkin sampai 200 ft, rambu sipat datar biasa seperti jenis philania sudah cukup memuaskan.

12.1.6 Busur Beaman

Busur beaman adalah sebuah alat yang ditempatkan pada beberapa transit dan alidade untuk memudahkan hitungan-hitungan tachymetri. Alat ini dapat merupakan bagian dari lingkaran vertikal atau sebuah piringan tersendiri. Skala-skala H dan V busur itu dibagi dalam persen. Skala V menunjukkan selisih elevasi tiap 100 f jarak lereng, sedangkn skala H

memberikan koreksi tiap 100 ft untuk dikurangkan dari jarak tachymetri. Karena V berbanding lurus dengan $\frac{1}{2} \sin 2\alpha$ dan koreksi untuk H tergantung pada $\sin^2 \alpha$, selang-selang pembagian skala makin rapat bila sudut vertikal meningkat. Oleh karena itu nonius tidak dapat dipakai disini, dan pembacaan tepat hanya dapat dilakukan dengan memasang busur pada pembacaan angka bulat.

Penunjuk skala V (indeks) terpasang agar terbaca 50 (mungkin 30 atau 100 pada beberapa instrumen) bila teropong horizontal untuk menghindari harga-harga minus. Pembacaan lebih besar dari pada 50 diperoleh untuk bidikan-bidikan di atas horizon, lebih kecil dari 50 di bawahnya. Ilmu hitung yang diperlukan dalam pemakaian busur beaman disederhanakan dengan memasang skala V pada sebuah angka bulat dan membiarkan benang silang tengah terletak di tempat dekat t.i. Skala H Kemudian umumnya tak akan terbaca pada angka bulat dan harga-harganya harus diinterpolasi. Ini penting karena hitungannya tetap sederhana.

Elevasi sebuah titik B yang dibidik dengan transit terpasang di titik A didapat dengan rumus :

$$\text{Elev } B = \text{elev } A + t.i. + (\text{pembacaan busur} - 50) (\text{perpotongan rambu}) - \text{pembacaan rambu dengan benang tengah}$$

Instrumen-instrumen lain mempunyai busur serupa disebut lingkaran stadia dengan skala V yang sama, tetapi skala H tidak memberikan koreksi presentase melainkan sebuah pengali (multiplier)

12.1.7 Tachymetri swa-reduksi

Tachymetri swa-reduksi dan alidade telah dikembangkan dimana garis-garis lengkung stadia nampak bergerak memisah atau saling mendekat sewaktu teropong diberi elevasi atau junam. Sebenarnya garis-garis itu digoreskan pada sebuah piringan kaca yang berputar mengelilingi sebuah rambu (terletak di luar teropong) sewaktu teropong dibidikkan ke sasaran.

Pada gambar dibawah garis-garis atas dan bawah (dua garis luar) melengkung untuk menyesuaikan dengan keragaman dalam fungsi trigonometri $\cos^2 \alpha$ dan dipakai untuk pengukuran jarak. Dua garis dalam menentukan selisih elevasi dan melengkung untuk menggambarkan fungsi $\sin \alpha \cos \alpha$. Sebuah garis vertikal, tanda silang tengah, dan garis-garis stadia pendek merupakan tanda pada piringan gelas kedua yang terpasang tetap, terumpun serentak dengan garis-garis lengkung.

Sebuah tetapan faktor pengali 100 dipakai untuk jarak horizontal. Faktor 20, 50, atau 100 diterapkan pada pengukuran beda tinggi. Harganya tergantung pada sudut

lereng dan ditunjukkan oleh garis-garis pendek ditempatkan antara kurva-kurva elevasi.

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

Sebuah rambu topo khusus yang berkaki dapat dipanjangkan dengan angka nol terpasang pada t.i. biasanya dianjurkan untuk dipakai agar instrumen tachymetri sepenuhnya swa-baca.

12.1.8 Prosedur Lapangan

Prosedur yang benar menghemat waktu dan mengurangi sejumlah kesalahan dalam semua pekerjaan ukur tanah.

Prosedur ini menyebabkan pemegang instrumen dapat membuat sibuk sekaligus dua atau tiga petugas rambu di tanah terbuka di mana titik-titik yang akan ditetapkan lokasinya terpisah jauh. Urutan yang sama dapat dipakai bila menggunakan busur Beaman, tetapi pada langkah 4 skala V ditepatkan pada sebuah angka bulat, dan

pada langkah 7 pembacaan-pembacaan skala-H dan skala-V dicatat.

Sewaktu membaca jarak optis setelah benang bawah ditempatkan pada sebuah tanda foot bulat, benang tengah tidak tepat pada t.i. atau pembagian skala terbaca untuk sudut vertikal. Ini biasanya tidak menyebabkan galat yang berarti dalam proses reduksi kecuali pada bidikan-bidikan panjang dan sudut-sudut vertikal curam. Bila rambu tidak tegak lurus tentu saja akan menyebabkan galat-galat yang berarti dan untuk mengatasi masalah ini dipakai nivo rambu.

Urutan pembacaan yang paling sesuai untuk pekerjaan tachymetri yang melibatkan sudut vertikal adalah sebagai berikut :

- a. Bagi dua rambu dengan benang vertikal.
- b. Dengan benang tengah kira-kira t.i. letakkan benang bawah pada tanda sebuah foot bulat, atau desimeter pada rambu metrik.
- c. Baca benang atas, dan di luar kepala kurangkan pembacaan benang bawah untuk memperoleh perpotongan rambu, catat perpotongan rambu.
- d. Gerakan benang tengah ke t.i. dengan memakai sekrup penggerak halus vertikal.
- e. Perintahkan pemegang rambu untuk pindah titik ke berikutnya dengan tenggara yang benar.

- f. Baca dan catatlah sudut horizontalnya.
Baca dan catatlah sudut vertikalnya.

12.1.9 Poligon Tachymetri

Dalam poligon transit-optis, jarak, sudut horizontal dan sudut vertikal diukur pada setiap titik. Reduksi catatan sewaktu pengukuran berjalan menghasilkan elevasi untuk dibawa dari patok ke patok. Harga jarak optis rata-rata dan selisih elevasi diperoleh dari bidikan depan dan belakang pada tiap garis. Pengecekan elevasi harus diadakan dengan jalan kembali ke titik awal atau titik tetap duga didekatnya untuk poligon terbuka. Walaupun tidak seteliti poligon dengan pita, sebuah regu yang terdiri atas tiga anggota seorang pemegang instrumen, pencatat, dan petugas rambu merupakan kebiasaan. Seorang petugas rambu dapat mempercepat pekerjaan bila banyak detail tersebar luas.

Sudut-sudut horizontal juga harus dicek kesalahan penutupnya. Bila ada kesalahan penutup sudut harus diratakan, ΔY dan ΔX dihitung dan keseksamaan poligon dicek.

12.1.10 Topografi

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

daripada pencatatan pengukuran dan pembuatan sketsa oleh pencatat.

12.1.11 Sipat Datar Tachymetri

Metode tachymetri dapat dipakai untuk sipat datar trigonometris. TI (tinggi instrumen di atas datum) ditentukan dengan membidik pada stasiun yang diketahui elevasinya, atau dengan memasang instrumen pada titik semacam itu dan mengukur tinggi sumbu II di atasnya dengan rambu tachymetri. Selanjutnya elevasi titik sembarang dapat dicari dengan hitungan dari perpotongan rambu dan sudut vertikal. Jika dikehendaki dapat dilakukan untai sipat datar untuk menetapkan dan mengecek elevasi dua titik atau lebih.

12.1.12 Keseksamaan (*Precision*)

Sebuah perbandingan galat (*ratio or error*) 1/300 sampai 1/500 dapat diperoleh untuk poligon transit-optis yang dilaksanakan dengan kecermatan biasa dan pembacaan baik bidikan depan dan bidikan belakang. Ketelitian dapat lebih baik jika bidikan-bidikan pendek pada poligon panjang dengan prosedur-prosedur khusus. Galat-galat dalam pekerjaan tachymetri biasanya bukan karena sudut-sudut tidak benar tetapi karena pembacaan rambu yang kurang benar. Galat 1 menit pada pembacaan rambu sebuah sudut vertikal tidak memberikan pengaruh yang berarti pada jarak horizontal. Galat 1 menit tadi

menyebabkan selisih elevasi kurang dari 0,1 ft pada bidikan 300 ft untuk sudut-sudut vertikal ukuran biasa.

Bila jarak optis ditentukan sampai foot terdekat (kasus umum), sudut-sudut horizontal ke titik-titik topografi hanya perlu dibaca sampai batas 5 atau 6 menit untuk memperoleh kesaksamaan yang sebanding pada bidikan 300 ft. Jarak optis yang diberikan sampai foot terdekat dianggap benar sampai batas kira-kira $\frac{1}{2}$ ft. Dengan galat jarak memanjang $\frac{1}{2}$ ft itu, arahnya dapat menyimpang sebesar 5 menit (mudah dihitung dengan 1 menit = 0.00029). Bila dipakai transit Amerika, karenanya sudut-sudut dapat dibaca tanpa nonius, hanya dengan mengira kedudukan penunjuk nonius.

Ketelitian sipat datar trigonometris dengan jarak optis tergantung pada panjang bidikan dan ukuran sudut vertikal yang diperlukan.

12.1.13 Sumber-sumber galat dalam pekerjaan tachymetri

Galat-galat yang terjadi pada pekerjaan dengan transit dan theodolitee, juga terjadi pada pekerjaan tachymetri.

Sumber-sumber galat adalah :

- a. Galat-galat instrumental
 - Benang tachymetri yang jaraknya tidak benar.
 - Galat indeks.
 - Pembagian skala rambu yang tidak benar.

- Garis bidik transit tidak sejajar garis arah nivo teropong.

b. Galat-galat pribadi

- Rambu tak dipegang tegak (hindari dengan pemakaian nivo rambu).
- Salah pembacaan rambu karena bidikan jauh.
- Kelalaian mendatarkan untuk pembacaan busur vertikal.

Kebanyakan galat dalam pekerjaan tachymetri dapat dihilangkan dengan:

- a. Menggunakan instrumen dengan benar
- b. Membatasi panjang bidikan
- c. Memakai rambu dan nivo yang baik
- d. Mengambil harga rata-rata pembacaan dalam arah ke depan dan ke belakang.

Galat garis bidik tidak dapat dibetulkan dengan prosedur lapangan instrumen harus diatur.

12.1.14 Kesalahan – kesalahan besar

Beberapa kesalahan yang biasa terjadi dalam pekerjaan tachymetri adalah :

- a. Galat indeks diterapkan dengan tanda yang salah.
- b. Kekacauan tanda plus dan minus pada sudut-sudut vertikal.
- c. Kesalahan aritmetik dalam menghitung perpotongan rambu.
- d. Pemakaian faktor pengali yang tidak benar.
- e. Mengayunkan rambu (rambu harus selalu dipegang tegak lurus).

12.1.15 Pengukuran untuk pembuatan peta topografi cara tachymetri

Salah satu unsur penting pada peta topografi adalah unsur ketinggian yang biasanya disajikan dalam bentuk garis kontur. Menggunakan pengukuran cara tachymetry, selain diperoleh unsur jarak, juga diperoleh beda tinggi. Bila theodolite yang digunakan untuk pengukuran cara tachymetry juga dilengkapi dengan kompas, maka sekaligus bisa dilakukan pengukuran untuk pengukuran detil topografi dan pengukuran untuk pembuatan kerangka peta pembantu pada pengukuran dengan kawasan yang luas secara efektif dan efisien.

- a. Alat ukur yang digunakan pada pengukuran untuk pembuatan peta topografi cara tachymetry menggunakan theodolite berkompas adalah: theodolite berkompas lengkap dengan statif dan unting-unting, rambu ukur yang dilengkapi dengan nivo kotak dan pita ukur untuk mengukur tinggi alat.
- b. Data yang harus diamati dari tempat berdiri alat ke titik bidik menggunakan peralatan ini meliputi: azimuth magnet, benang atas, tengah dan bawah pada rambu yang berdiri di atas titik bidik, sudut miring, dan tinggi alat ukur di atas titik tempat berdiri alat.

- c. Keseluruhan data ini dicatat dalam satu buku ukur.

12.1.16 Tata cara pengukuran detail cara tachymetri menggunakan theodolite berkompas

Pengukuran detil 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 m.

- a. Tempatkan alat ukur di atas titik kerangka dasar atau titik kerangka penolong dan atur sehingga alat siap untuk pengukuran, ukur dan catat tinggi alat di atas titik ini.
- b. Dirikan rambu di atas titik bidik dan tegakkan rambu dengan bantuan nivo kotak.
- c. Arahkan teropong ke rambu ukur sehingga bayangan tegak garis diafragma berimpit dengan garis tengah rambu. Kemudian kencangkan kunci gerakan mendatar teropong.
- d. Kendorkan kunci jarum magnet sehingga jarum bergerak bebas. Setelah jarum setimbang tidak bergerak, baca dan catat azimuth magnetis dari tempat alat ke titik bidik.

- e. Kencangkan kunci gerakan tegak teropong, kemudian baca bacaan benang tengah, atas dan bawah serta catat dalam buku ukur. Bila memungkinkan, atur bacaan benang tengah pada rambu di titik bidik setinggi alat, sehingga beda tinggi yang diperoleh sudah merupakan beda tinggi antara titik kerangka tempat berdiri alat dan titik detil yang dibidik.
- f. Titik detil yang harus diukur meliputi semua titik alam maupun buatan manusia yang mempengaruhi bentuk topografi peta daerah pengukuran.

12.1.17 Kesalahan pengukuran cara tachymetri dengan theodolite berkompas Kesalahan alat, misalnya:

1. Jarum kompas tidak benar-benar lurus
2. Jarum kompas tidak dapat bergerak bebas pada prosnya. Garis bidik tidak tegak lurus sumbu mendatar (salah kolimasi).
3. Garis skala $0^\circ - 180^\circ$ atau $180^\circ - 0^\circ$ tidak sejajar garis bidik.
4. Letak teropong eksentris.
5. Poros penyangga magnet tidak sepusat dengan skala lingkaran mendatar.

a. Kesalahan pengukur, misalnya:

1. Pengaturan alat tidak sempurna (*temporary adjustment*).
2. Salah taksir dalam pemacaan
3. Salah catat, dll. nya.

b. Kesalahan akibat faktor alam, misalnya:

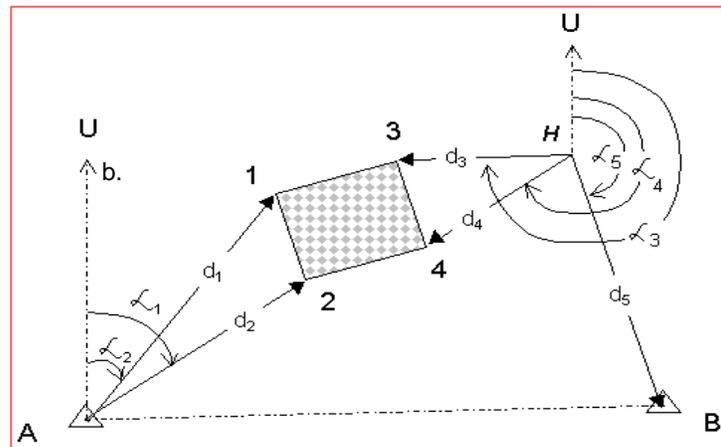
1. Deklinasi magnet.
2. Refraksi lokal.

12.1.18 Pengukuran Tachymetri Untuk Pembuatan Peta Topografi Cara Polar.

Posisi horizontal dan vertikal titik detil diperoleh dari pengukuran cara polar langsung diikatkan ke titik kerangka dasar pemetaan atau titik (kerangka) penolong yang juga diikatkan langsung dengan cara polar ke titik kerangka dasar pemetaan.

Unsur yang diukur:

- a. Azimuth magnetis titik ikat ke titik detail
- b. Bacaan benang atas, tengah, dan bawah
- c. Sudut miring, dan
- d. Tinggi alat di atas titik ikat.

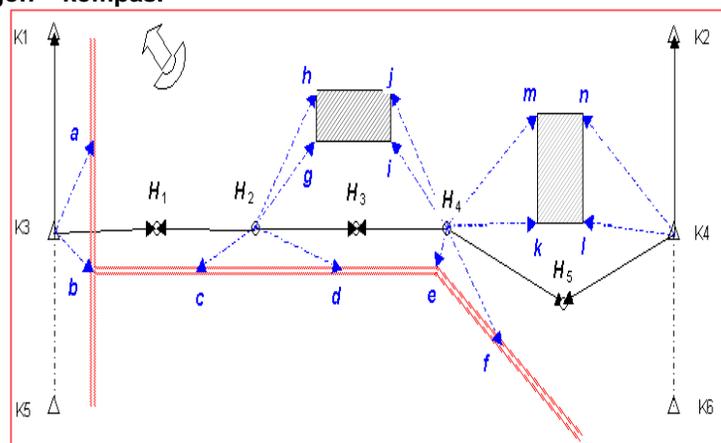


Gambar 323. Pengukuran sipat datar luas

A dan B adalah titik kerangka dasar pemetaan,
 H adalah titik penolong,
 1, 2 ... adalah titik detail,
 Um adalah arah utara magnet di tempat pengukuran.

Berdasar skema pada gambar, maka:
 a. Titik 1 dan 2 diukur dan diikatkan langsung dari titik kerangka dasar A,
 b. Titik H, diukur dan diikatkan langsung dari titik kerangka dasar B,
 c. Titik 3 dan 4 diukur dan diikatkan langsung dari titik penolong H.

12.1.19 Pengukuran tachymetri untuk pembuatan peta topografi cara poligon kompas.



Gambar 324. Tripod pengukuran vertikal

Letak titik kerangka dasar pemetaan berjauhan, sehingga diperlukan titik penolong yang banyak. Titik-titik penolong ini diukur dengan cara poligon kompas yang titik awal dan titik akhirnya adalah titik kerangka dasar pemetaan. Unsur jarak dan beda tinggi titik-titik penolong ini diukur dengan menggunakan cara tachymetri.

Posisi horizontal dan vertikal titik detil diukur dengan cara polar dari titik-titik penolong.

Berdasarkan skema pada gambar, maka:

- Titik K1, K3, K5, K2, K4 dan K6 adalah titik-titik kerangka dasar pemetaan,
- Titik H1, H2, H3, H4 dan H5 adalah titik-titik penolong
- Titik a, b, c, ... adalah titik detil.

Pengukuran poligon kompas K3, H1, H2, **H₃**, **H₄**, **H₅**, **K₄** dilakukan untuk memperoleh posisi horizontal dan vertikal titik-titik penolong, sehingga ada dua hitungan:

- Hitungan poligon dan
- Hitungan beda tinggi.

12.1.20 Tata cara pengukuran poligon kompas:

- Pengukuran koreksi Boussole di titik **K₃** dan **K₄**,
- Pengukuran cara melompat (*spring station*) **K₃**, **H₂**, **H₄** dan **K₄**.
- Pada setiap titik pengukuran dilakukan pengukuran:

- Azimuth,
- Bacaan benang tengah, atas dan bawah,
- Sudut miring, dan
- Tinggi alat.

12.1.21 Tata cara hitungan dan penggambaran poligon kompas:

- Hitung koreksi Boussole di K3 = AzG. K31 - AzM K31
- Hitung koreksi Boussole di K4 = AzG. K42 - AzM K42
- Koreksi Boussole C = Rerata koreksi boussole di K3 dan K4
- Hitung jarak dan azimuth geografis setiap sisi poligon.
- Hitung koordinat H1, ... H5 dengan cara BOWDITH atau TRANSIT.
- Plot poligon berdasarkan koordinat definitif.

12.2 Peralatan, bahan dan prosedur pengukuran titik titik detail metode tachymetri

12.2.1 Peralatan yang dibutuhkan :

- Pesawat Theodolite

Alat pengukur Theodolitee dapat mengukur sudut-sudut yang mendatar dan tegak. Alat pengukur sudut theodolitee dibagi dalam 3 bagian yaitu :

 - Bagian bawah, terdiri atas tiga sekrup penyetel SK yang

menyangga suatu tabung dan pelat yang berbentuk lingkaran. Pada tepi lingkaran ini dibuat skala lms yang dinamakan limbis.

- b. Bagian tengah, terdiri atas suatu sumbu yang dimasukkan kedalam tabung bagian bawah. Sumbu ini sumbu tegak atau sumbu kesatu S1. Diatas sumbu S1 diletakkan lagi suatu pelat yang berbentuk lingkaran dan mempunyai jari-jari kurang dari jari-jari pelat bagian bawah. Pada dua tempat di tepi lingkaran di buat pembaca nomor yang berbentuk alat pembaca nonius.

Diatas nonius ini ditempatkan dua kaki yang penyangga sumbu mendatar.

Suatu nivo diletakkan di atas pelat nonius untuk membuat sumbu kesatu tegak lurus.

- c. Bagian atas, terdiri dari sumbu mendatar atau sumbu kedua yang diletakkan diatas kaki penyangga sumbu kedua S2. Pada sumbu kedua ditempatkan suatu teropong tp yang mempunyai difragma dan dengan demikian mempunyai garis bidik gb. Pada sumbu kedua diletakkan pelat yang berbentuk lingkaran dilengkapi dengan skala lingkaran tegak ini ditempatkkan dua nonius pada kaki penyangga sumbu kedua.

Jika dilihat dari cara pengukuran dan konstruksinya, bentuk alat ukur Theodolitee di bagi dalam dua jenis, yaitu

- a. *Theodolitee reiterasi*, yaitu jenis theodolitee yang pelat lingkaran skala mendatar dijadikan satu dengan tabung yang letaknya diatas tiga sekerup. Pelat nonius dan pelat skala mendatar dapat diletakkan menjadi satu dengan sekerup kl, sedangkan pergeseran kecil dari nonius terhadap skala lingkaran, dapat digunakan sekerup fl. Dua sekerup kl dan fl merupakan satu pasang ; sekerup fl dapat menggerakkan pelat nonius bila sekerup kl telah dikeraskan.

- b. *Theodolitee repetisi*, yaitu jenis theodolitee yang pelatnya dengan skala lingkaran mendatar ditempatkan sedemikian rupa sehingga pelat dapat berputar sendiri dengan tabung pada sekerup penyetel sebagai sumbu putar. Perbedaan jenis repetisi dengan reiterasi adalah jenis repetisi memiliki sekerup k2 dan f2 yang berguna pada penukuran sudut mendatar dengan cara repetisi.

Selain menggunakan Theodolite, pengukuran titik-titik detail metode tachymetri dapat menggunakan Topcond



Gambar 325. Theodolite Topcon

2. 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 326. Statif

3. 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 327. Unting-unting

4. 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 pada waktu lain.



Gambar 328. Jalon di atas patok

5. Pita ukur (meteran)

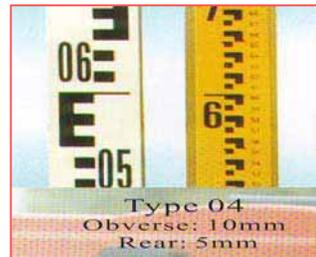
Rambu ukur dapat terbuat dari kayu, campuran aluminium yang diberi skala pembacaan. Ukuran lebarnya ± 4 cm, panjang antara 3m-5m pembacaan dilengkapi dengan angka dari meter, desimeter, sentimeter, dan milimeter.



Gambar 329. Pita ukur

6. Rambu Ukur

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



Gambar 330. Rambu ukur

7. Payung

Payung ini berfungsi 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 331. Payung

12.2.2 Bahan yang Digunakan :

1. Formulir ukur

Formulir pengukuran digunakan untuk mencatat kondisi di lapangandan hasil perhitungan-perhitungan/ pengukuran di lapangan. (terlampir)



Gambar 332. Formulir Ukur

2. Peta wilayah studi

Peta digunakan agar mengetahui di daerah mana akan melakukan pengukuran.

3. Cat dan kuas

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 333. Cat dan Kuas

4. Alat tulis

Alat tulis digunakan untuk mencatat hasil pengukuran di lapangan.

- Benang

Benang berfungsi sebagai:

- a. menentukan garis lurus
- b. menentukan garis datar
- c. menentukan pasangan yang lurus
- d. mekuruskan plesteran
- e. menggantung unting-unting



Gambar 334. Benang

- Paku

Paku terbuat dari baja (besi) dengan ukuran ± 10 mm. Digunakan sebagai tanda apabila cat mudah hilang dan patok kayu tidak dapat digunakan, dikarenakan rute (jalan) yang digunakan terbuat dari aspal.

12.2.3 Formulir Pengukuran

Formulir pengukuran digunakan untuk mencatat kondisi di lapangan dan hasil perhitungan-perhitungan/ pengukuran di lapangan. (terlampir)

12.2.4 Prosedur pengukuran :

Pengukuran metode tachymetri menggunakan alat theodolite, baik yang bekerja secara optis maupun elektronik digital yang sering dinamakan dengan Total Station. Alat theodolite didirikan di atas patok yang telah diketahui koordinat dan ketinggiannya hasil pengukuran kerangka dasar. Patok tersebut mewakili titik-titik ikat pengukuran.

Rambu ukur atau target diletakkan di atas titik-titik detail yang akan disajikan di atas

peta. Titik-titik detail dapat berupa unsur alam atau unsur buatan manusia. Unsur alam misalnya adalah perubahan slope (kemiringan) tanah yang dijadikan titik-titik tinggi (spot heights) sebagai acuan untuk penarikan dan interpolasi garis kontur. Unsur buatan manusia misalnya adalah pojok-pojok bangunan.

a. Urutan pengaturan serta pemakaian :

1. Dengan menggunakan patok-patok yang telah ada yang digunakan pada pengukuran sipat datar dan pengukuran poligon, dirikan alat theodolite pada titik (patok) sebagai titik ikat pada awal pengukuran (patok pertama).
2. Ketengahkan gelembung nivo dengan prinsip pergerakan 2 sekrup kaki kiap ke dalam dan keluar saja dan satu sekrup kaki kiap ke kanan atau ke kiri saja.
3. Pada posisi teropong biasa diarahkan teropong titik detail satu yang telah didirikan rambu ukur di atas target tersebut, kemudian baca benang atas, benang tengah, dan benang bawah dari rambu ukur pada titik detail satu dengan bantuan sekrup kasar dan halus pergerakan vertikal.
4. Bacalah sudut horizontal yang menunjukkan azimuth magnetis dari titik detail satu dan baca pula sudut vertikal berupa sudut miring atau sudut zenith pada titik detail tersebut. Jika sudut vertikal yang dibaca relatif kecil antara $0^\circ - 5^\circ$ maka dapat dipastikan sudut tersebut adalah sudut inklinasi (miring) dan jika berada di sekitar sudut 90° maka dapat dipastikan sudut tersebut adalah sudut zenith. Setelah terbaca semua data tersebut kemudian kita pindahkan rambu ukur ke titik detail berikutnya dan lakukan hal yang sama seperti diatas. Dalam membuat titik detail buatlah sebanyak-banyaknya sedemikian rupa sehingga informasi dari lapangan baik planimetris maupun ketinggian dapat disajikan secara lengkap di atas peta.
5. Pindahkan alat theodolite ke titik ikat berikutnya, selanjutnya lakukan pengukuran tachymetri ke titik-titik detail lainnya.
6. Selanjutnya pengolahan data tachymetri dipindahkan dengan pengolahan data pengukuran sipat datar dan pengukuran polygon sedemikian rupa sehingga diperoleh koordinat dan tinggi titik-titik detail.
7. Pengukuran tachymetri selesai. Hasil yang diperoleh dari prakek pengukuran tachymetri di lapangan adalah koordinat planimetris X,Y, dan ketinggian Z titik-titik detail yang

diukur sebagai situasi daerah pengukuran untuk keperluan penggambaran titik detail dan garis-garis kontur dalam pemetaan.

b. Pembacaan sudut mendatar :

1. Terlebih dahulu kunci boussole atau pengencang magnet kita lepaskan, kemudian akan terlihat skala pembacaan bergerak; sementara bergerak kita tunggu sampai skala pembacaan diam, kemudian kita kunci lagi.
2. pembacaan bersifat koinidensi dengan mempergunakan tromol mikrometer.

c. Keterangan:

1. Pada pembacaan sudut miring perlu diperhatikan tanda positif atau negatif, sebab tidak setiap angka mempunyai tanda positif atau negatif.
2. Pada pembacaan sudut miring di dekat 0° (0^{gr}) perlu diperhatikan tanda positif atau negatif, sebab tandanya tidak terlihat, sehingga meragukan sipembaca.
3. Perlu diperhatikan sistim pembacaan dari pos alat ukur tanah tersebut:
 - Sistim centesimal (grade).
 - Sistim sexagesimal (derajat).
4. Perlu diperhatikan, bahwa pembacaan skala tromol untuk

pembacaan satuan menit atau satuan centigrade per kolom, atau ada yang mempunyai harga 2 menit (2^c) per kolom.

5. Sistim pembacaan lingkaran vertikal ada 2 macam yaitu:
 - Sistim sudut zenith.
 - Sistim sudut miring.
6. Sudut miring yang harganya negatif, pembacaan dilakukan dari kanan ke kiri, sedangkan untuk harga positif pembacaan dari kiri ke kanan.
7. Perlu diyakinkan harga sudut miring positif atau negatif.

d. Pembacaan Rambu

1. Untuk pembacaan jarak, benang atas kita tempatkan di 1 m atau 2 m pada satuan meter dari rambu. Kemudian baca benang bawah dan tengah.
2. Untuk pembacaan sudut miring, arahkan benang tengah dari teropong ke tinggi alatnya, sebelum pembacaan dilakukan, gelembung nivo vertikal harus diketengahkan dahulu.
(Tinggi alat harus diukur dan dicatat).

12.2.5 Penurunan Rumus Titik Detail Tachymetri

Secara umum rumus yang digunakan dalam tachymetri adalah sebagai berikut :

$$1. \quad BA' - BT \Rightarrow \cos i = \frac{BA' - BT}{BA - BT}$$

$$(BA - BT) \cdot \cos i = BA' - BT$$

$$BA' = (BA - BT) \cdot \cos i + BT$$

$$2. \quad BT - BB' \Rightarrow \cos i = \frac{BT - BB'}{BT - BB}$$

$$(BT - BB) \cdot \cos i = BT - BB'$$

$$BB' = BT - (BT - BB) \cdot \cos i$$

$$3. \quad BA' = (BA - BT) \cdot \cos i + BT$$

$$BB' = BT - (BT - BB) \cdot \cos i$$

$$(BA' - BB') = (BA - BT + BT - BB) \cdot \cos i$$

$$= (BA - BB) \cdot \cos i$$

$$4. \quad d_{ABx} = d_{AB} \cdot \cos i \cdot 100$$

$$d_{ABx} = (BA - BB) \cdot \cos i \cdot \cos i \cdot 100$$

$$d_{ABx} = (BA - BB) \cdot \cos^2 i \cdot 100$$

$$5. \quad d_{ABx} = d_{AB} \cdot \cos i \cdot 100$$

$$d_{ABx} = (BA - BB) \cdot \cos i \cdot \cos i \cdot 100$$

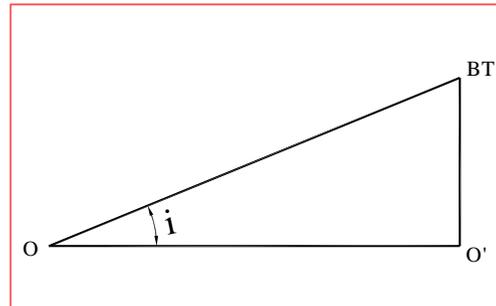
$$d_{ABx} = (BA - BB) \cdot \cos^2 i \cdot 100$$

6. Catatan :

X_A dan Y_A = Hasil pengolahan data polygon.

d_{ABx} = Hasil pengolahan data tachymetry.

α_{AB} = Hasil pembacaan sudut horizontal (azimuth) theodolite



Gambar 335. Segitiga O BT O'

$$7. \quad \sin i = \frac{O'B}{d_{AB}} = \frac{O'B}{d_{AB}} = d_{AB} \cdot \sin i$$

$$8. \quad \Delta H_{AB} = \text{Tinggi alat} + O'B - BT$$

$$\Delta H_{AB} = \text{Tinggi alat} + d_{AB} \cdot \sin i - BT$$

$$\rightarrow \text{Tinggi alat} + (BA - BB) \cdot \cos i \cdot \sin i$$

$$100 - BT$$

$$\Delta H_{AB} = \text{Tinggi alat} + (BA - BB) \cdot \sin 2i$$

$$\cdot \frac{1}{2} 100 - BT$$

$$\Delta H_{AB} = \text{Tinggi alat} + (BA - BB) \cdot \sin 2i$$

$$50 - BT$$

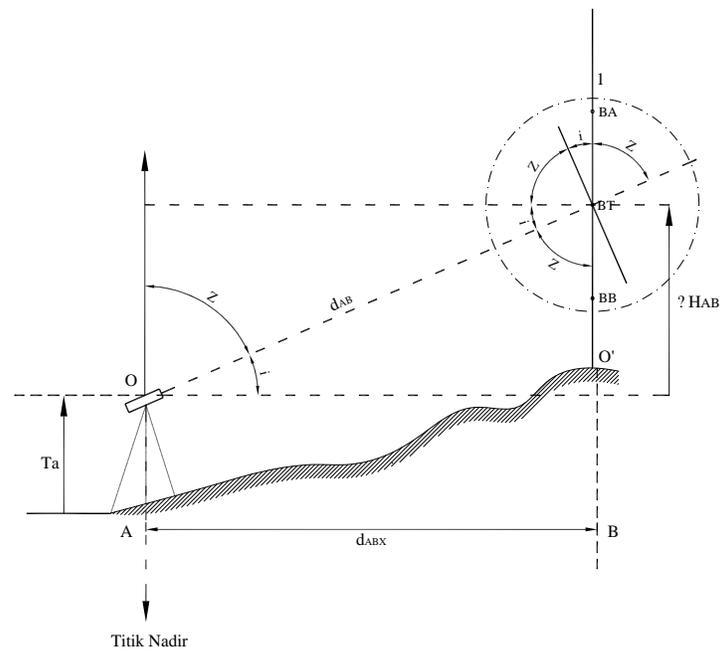
Jadi :

$$TB = \text{Tinggi alat} + \Delta H_{AB}$$

Catatan :

Tinggi alat = Hasil pengolahan data sipat datar

ΔH_{AB} = Hasil pengolahan data Tachymetri



Gambar 336. Pengukuran titik detail tachymetri

12. 3. Pengolahan Data Pengukuran Tachymetri

Data yang diambil dari lapangan semakin banyak semakin baik. Data yang diperoleh di tempat alat berdiri meliputi azimuth magnetis, sudut vertikal inklinasi (miring) atau zenith dan tinggi alat. Data yang diperoleh dari tempat berdiri rambu atau target adalah bacaan benang diafragma (benang atas, benang tengah, dan benang bawah) atau jarak langsung. Pada alat theodolite dengan fasilitas total station koordinat dan ketinggian tinggi titik-titik detail dapat langsung diperoleh dan direkam ke dalam memori penyimpanan.

Data yang diperoleh dari lapangan harus diolah untuk menghilangkan kesalahan sistematis dan acak yang terjadi serta membuang kesalahan besar yang mungkin timbul. Pengolahan data sipat datar kerangka dasar vertical dan polygon kerangka dasar horizontal dapat diolah secara manual dengan bantuan mesin hitung atau secara tabelaris menggunakan bantuan computer.

12. 4. Penggambaran hasil pengukuran tachymetri

Sebelum hasil praktek pengukuran digunakan untuk keperluan pembuatan peta (penggambaran) maka data dari lapangan diolah terlebih dahulu. Dari hasil pengukuran Tachymetri diperoleh data mentah yang harus diolah sesuai dengan metoda pengukuran yang dilakukan.

Data yang telah diolah kemudian disajikan di atas kertas (2 dimensi) dalam bentuk peta yang disebut sebagai pekerjaan pemetaan yang menghasilkan informasi spasial (keruangan) berupa peta.

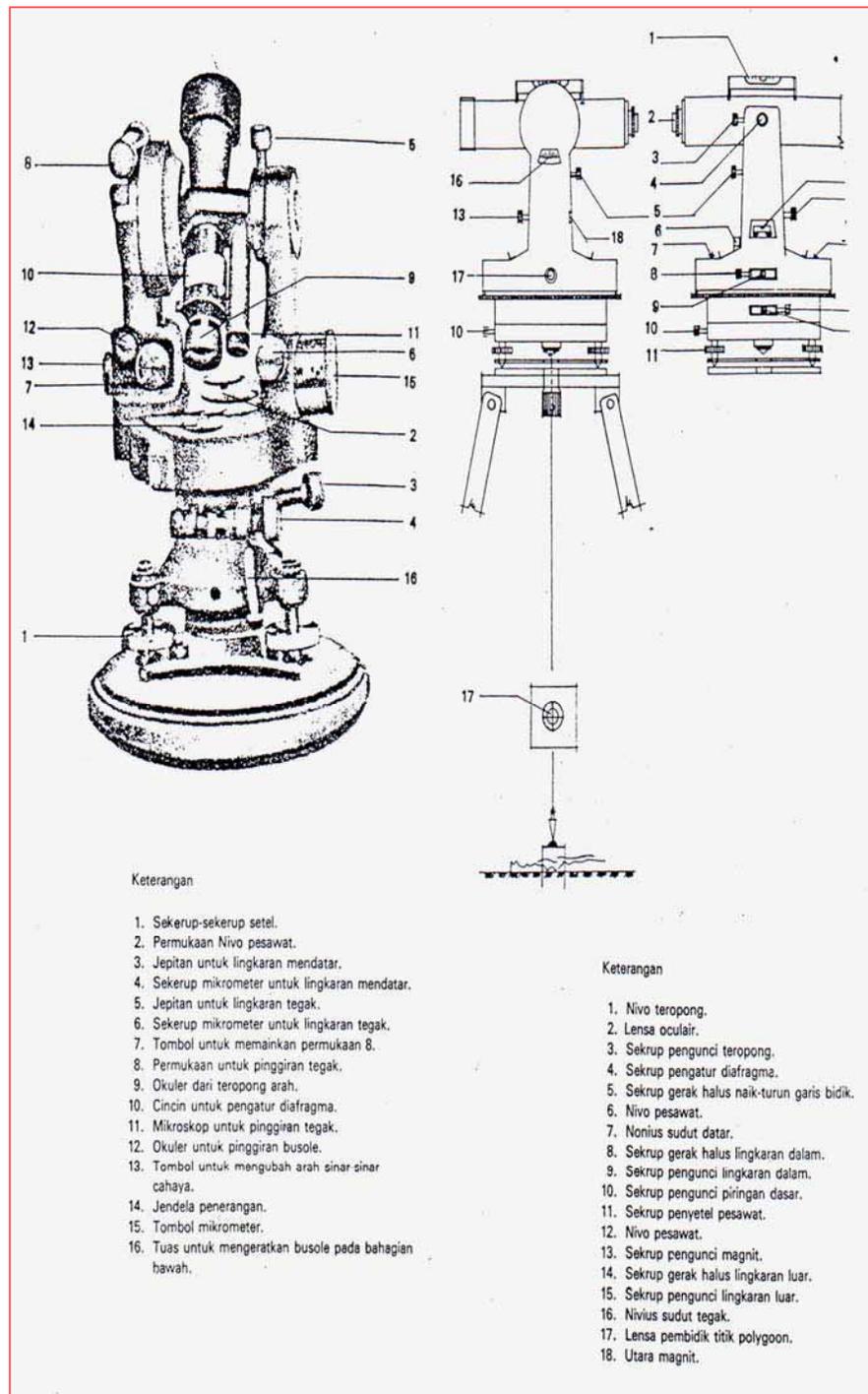
Penggambaran hasil pengukuran tachymetri hampir sama dengan penggambaran pengukuran sipat datar kerangka dasar vertikal dan penggambaran pengukuran poligon kerangka dasar horizontal.

Informasi yang diperoleh dari pengolahan data sipat datar kerangka dasar vertical adalah tinggi definitif titik-titik ikat, sedangkan informasi yang diperoleh dari pengolahan data kerangka dasar horizontal adalah koordinat titik-titik ikat. Titik awal dan akhir pengukuran juga diberikan sebagai kontrol vertikal dan horizontal.

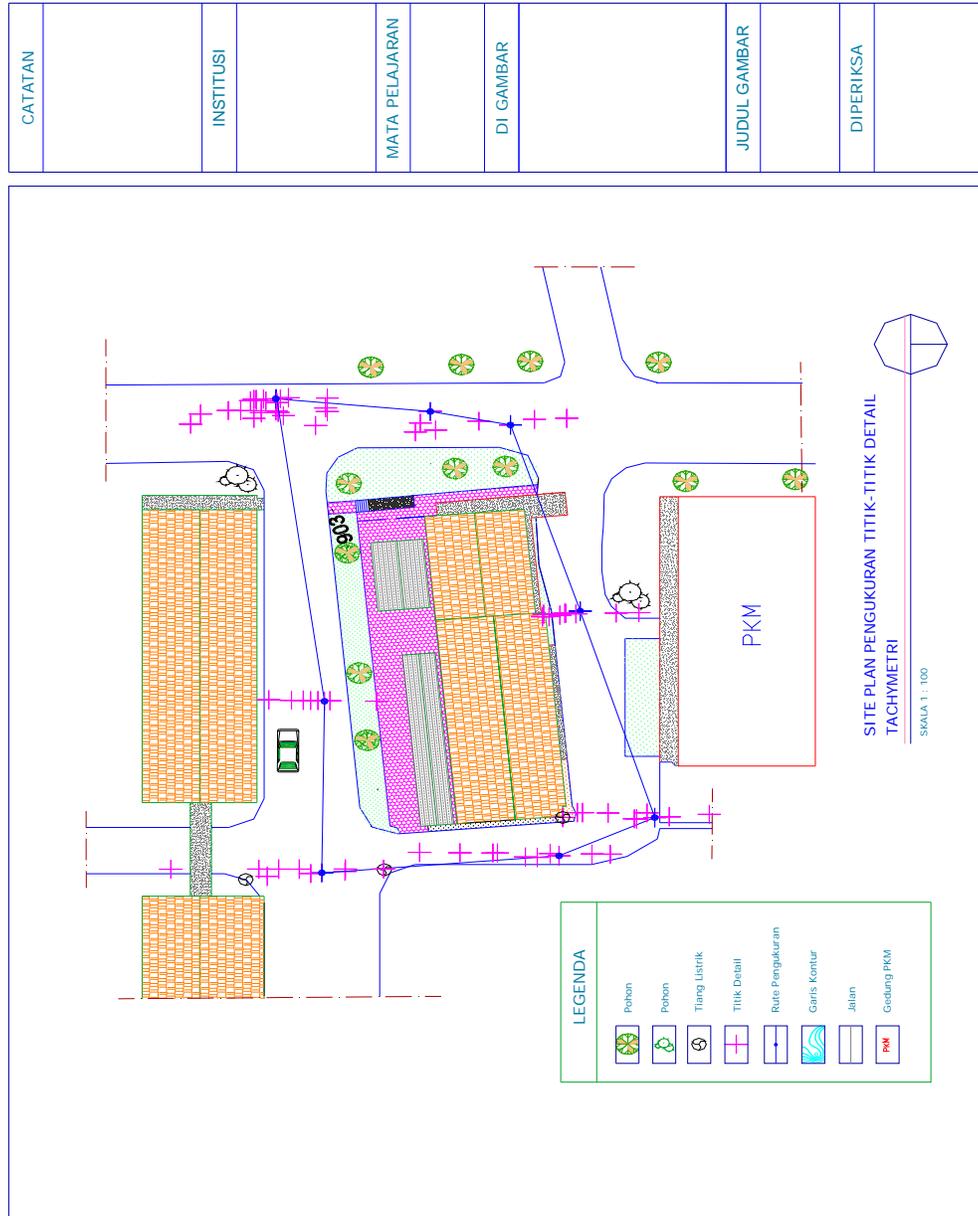
Titik kontrol vertikal dan horizontal dapat diperoleh dengan cara:

- a. Penentuan *benchmark* yang ada dari lapangan hasil pengukuran sebelumnya.
- b. Hasil pengamatan diatas peta, untuk koordinat dari hasil interpolasi grid-grid peta.

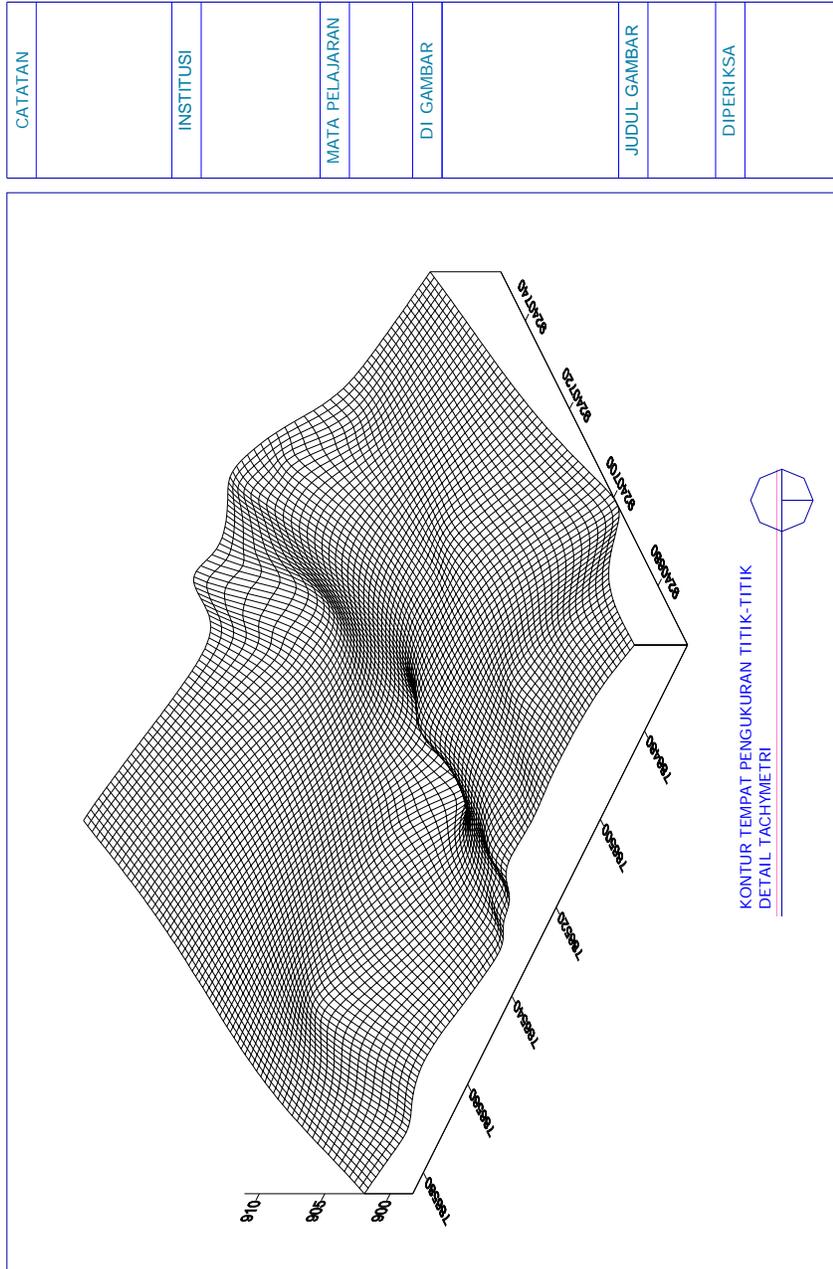
Sedangkan untuk tinggi definitif diperoleh dari hasil interpolasi garis-garis kontur yang ada diatas peta. Koordinat definitif kemudian dibuat gambarnya baik secara manual maupun digital menggunakan komputer sehingga dapat diperoleh informasi luas wilayah pengukuran. Tinggi titik-titik ikat digambar pada arah memanjang sehingga dapat diperoleh turun naiknya permukaan tanah sepanjang jalur pengukuran.



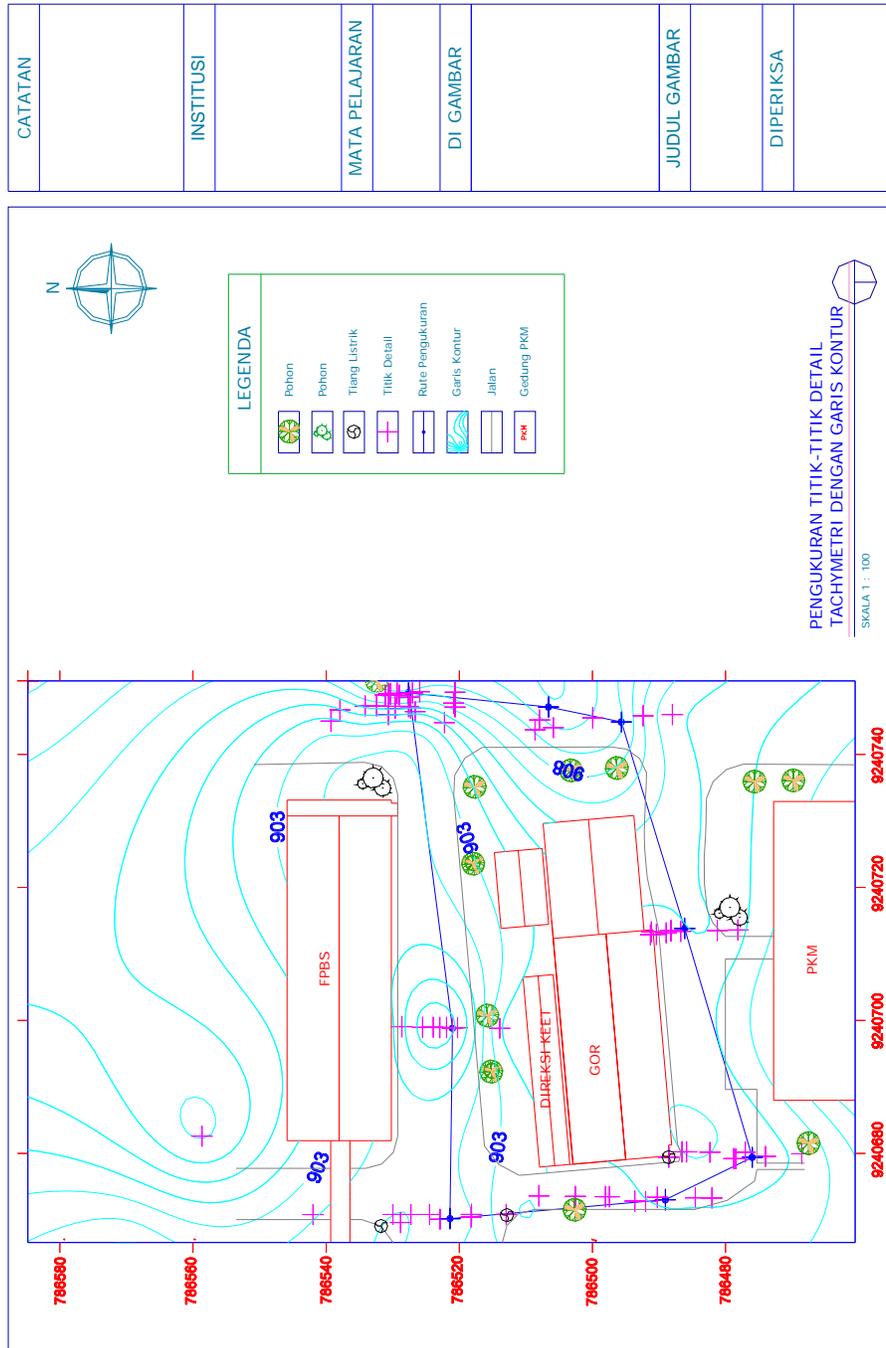
Gambar 337.Theodolitee O BT O'



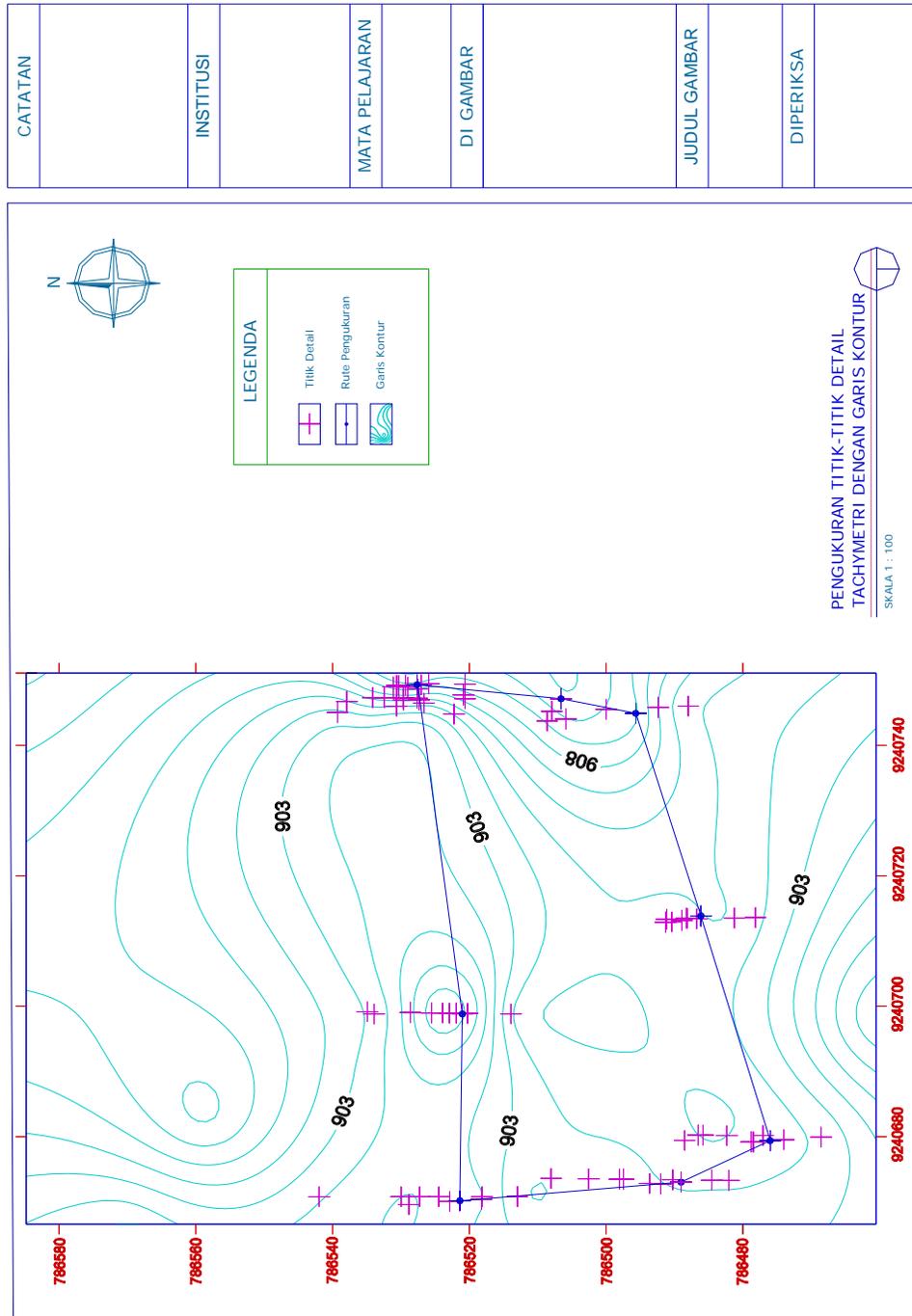
Gambar 338. siteplan pengukuran titik-titik detail Tachymetri



Gambar 339. Kontur tempat pengukuran titik detail tachymetri



Gambar 340. Pengukuran titik detail tachymetri dengan garis kontur 1



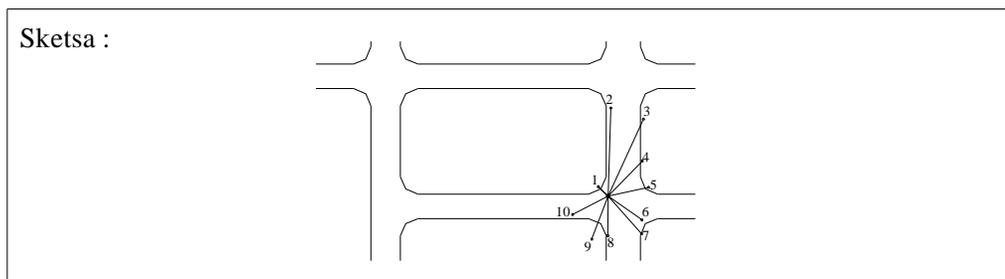
Gambar 341. Pengukuran titik detail tachymetri dengan garis kontur 2

Tabel 31. Formulir pengukuran titik detail posisi 1

PENGUKURAN SITUASI DETAIL

Laboratorium Ilmu Ukur Tanah Jurusan Teknik Bangunan			No.Lembar	dari
Pengukuran		Tachymetri	Cuaca	Mendung
Lokasi		Gedung Olah Raga	Alat Ukur	T.O Wild 138402
Diukur Oleh	Kelompok 8	Tanggal	Instruktur	

Titik Ukur		Tinggi Alat/Patok	Bacaan Sudut o ' "		Jarak (m)		Benang		Beda Tinggi		Tinggi Atas Laut (m)	Ket
			Horizontal	Vertikal	Miring	Datar	Tengah	Atas Bawah	+	-		
Dari	Ke											
1	1	1.42	313°34'	92°22'			1.314	1.336				
								1.292				
	2		44°14'	92°00'20"			1.1285	1.3				
								0.957				
	3		2°30'	87°			1.234	1.72				
								0.748				
	4		13°12'	87°			1.307	1.472				
								1.142				
	5		20°54'	86°30'			1.2565	1.35				
								1.163				
	6		132°40'	98°12'			0.6795	0.719				
								0.64				
	7		152°59'	96°18'			0.609	0.7				
								0.518				
	8		190°47'	96°18'			0.0865	0.97				
								0.76				
	9		212°3'	92°16'			1.16	1.22				
								1.1				
	10		252°7'	92°18'			1.245	1.345				
								1.145				

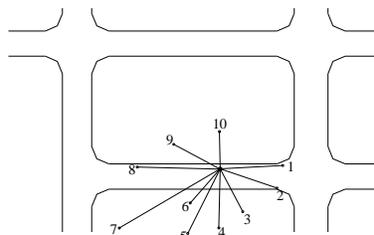


Tabel 32. Formulir pengukuran titik detail posisi 2

PENGUKURAN SITUASI DETAIL					
Laboratorium Ilmu Ukur Tanah Jurusan Teknik Bangunan				No.Lembar	dari
Pengukuran		Tachymetri		Cuaca	Mendung
Lokasi		Gedung Olah Raga		Alat Ukur	T.O Wild 138402
Diukur Oleh	Kelompok 8	Tanggal		Instruktur	

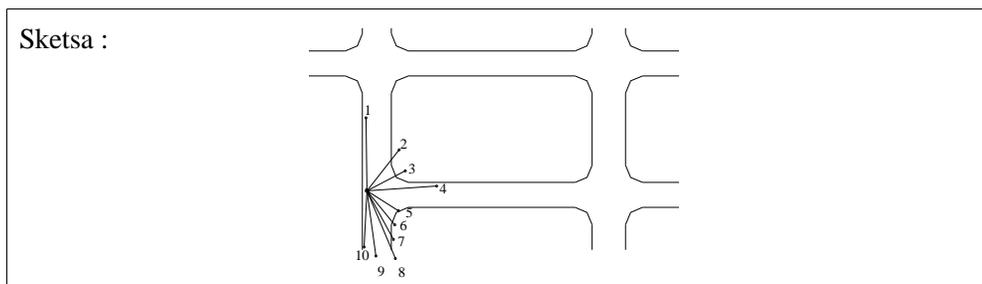
Titik Ukur	Tinggi Alat/Patok	Bacaan Sudut		Jarak (m)		Benang		Beda Tinggi		Tinggi Atas Laut (m)	Ket
		Horizontal	Vertikal	Miring	Datar	Tengah	Atas	Bawah	+		
Dari 2	Ke 1	1.30	71°4'	93°3'			0.597	0.658			
								0.535			
	2		91°30'	93°4'			0.484	0.55			
								0.418			
	3		134°9'	90°33'			1.006	1.056			
								0.955			
	4		172°45'	90°35'			1.5	1.1			
								1			
	5		212°30'	92°15'			0.634	0.688			
								0.58			
	6		242°56'	91°8'			0.915	0.98			
								0.85			
	7		245°5'	91°20'			0.938	1.035			
								0.84			
	8		272°56'	91°20'			1.223	1.266			
								1.18			
	9		291°9'	88°19'			1.12	1.16			
								1.08			
	10		1°43'	91°18'			1.111	1.126			
								1.095			

Sketsa :



Tabel 33. Formulir pengukuran titik detail posisi 3

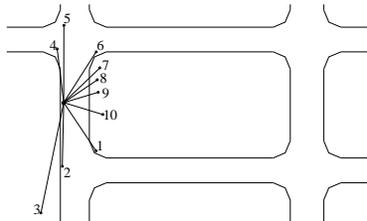
PENGUKURAN SITUASI DETAIL												
Laboratorium Ilmu Ukur Tanah Jurusan Teknik Bangunan								No.Lembar		dari		
Pengukuran			Tachymetri					Cuaca		Mendung		
Lokasi			Gedung Olah Raga					Alat Ukur		T.O Wild 138402		
Diukur Oleh		Kelompok 8		Tanggal				Instruktur				
Titik Ukur	Tinggi Alat/Patok	Bacaan Sudut o ' "		Jarak (m)		Benang		Beda Tinggi		Tinggi Atas Laut (m)	Ket	
		Horizontal	Vertikal	Miring	Datar	Tengah	Atas Bawah	+	-			
Dari	Ke											
3	1	1.28	84°47'	92°80'			0.75	0.8				
								0.7				
	2		140°23'	94°8'			0.753	0.78				
								0.725				
	3		150°55'	94°8'			0.688	0.725				
								0.65				
	4		194°37'	94°5'			0.547	0.625				
								0.522				
	5		221°36'	91°28'			0.51	0.61				
								0.41				
	6		234°51'	89°2'			1.29	1.38				
								1.2				
	7		244°9'	89°2'			0.839	0.908				
								0.77				
	8		262°17'	89°2'			1.117	1.203				
								1.03				
	9		282°57'	88°19'			1.808	1.85				
								1.765				
	10		44°57'	88°19'			1.499	1.95				
								1.048				



Tabel 34. Formulir pengukuran titik detail posisi 4

PENGUKURAN SITUASI DETAIL												
Laboratorium Ilmu Ukur Tanah Jurusan Teknik Bangunan							No.Lembar		dari			
Pengukuran			Tachymetri				Cuaca		Mendung			
Lokasi			Gedung Olah Raga				Alat Ukur		T.O Wild 138402			
Diukur Oleh		Kelompok 8		Tanggal				Instruktur				
Titik Ukur		Tinggi Alat/Patok	Bacaan Sudut		Jarak (m)		Benang		Beda Tinggi		Tinggi Atas Laut (m)	Ket
			Horizontal	Vertikal	Miring	Datar	Tengah	Atas	+	-		
Dari	Ke											
4	1	1.25	150°2'	93°8'			0.853	0.905				
								0.805				
	2		172°49'	92°18'			0.56	0.608				
								0.502				
	3		204°29'	92°12'			0.843	0.878				
								0.808				
	4		340°	92°12'			2.145	2.18				
								2.11				
	5		342°14'	89°18'			1.437	1.514				
								1.36				
	6		354°27'	89°19'			1.288	1.39				
								1.185				
	7		1°3'	89°19'			1.565	1.645				
								1.485				
	8		12°29'	89°18'			1.051	1.092				
								1.01				
	9		41°31'	89°19'			1.22	1.35				
								1.09				
	10		91°43'	89°18'			1.401	1.413				
								1.388				

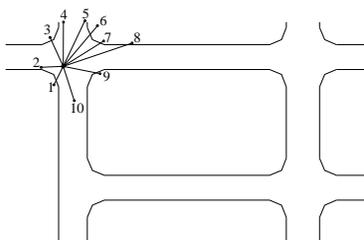
Sketsa :



Tabel 35. Formulir pengukuran titik detail posisi 5

PENGUKURAN SITUASI DETAIL												
Laboratorium Ilmu Ukur Tanah Jurusan Teknik Bangunan								No.Lembar		dari		
Pengukuran			Tachymetri					Cuaca		Mendung		
Lokasi			Gedung Olah Raga					Alat Ukur		T.O Wild 138402		
Diukur Oleh		Kelompok 8		Tanggal				Instruktur				
Titik Ukur	Tinggi Alat/Patok	Bacaan Sudut		Jarak (m)		Benang		Beda Tinggi		Tinggi Atas Laut (m)	Ket	
		Horizontal	Vertikal	Miring	Datar	Tengah	Atas Bawah	+	-			
5	1	1.30	190°24'	94°17'			0.810	0.86				
								0.76				
	2		241°49'	94°15'			1.263	1.55				
								0.975				
	3		341°51'	94°25'			0.85	0.876				
								0.823				
	4		3°8'	94°25'			0.528	0.57				
								0.485				
	5		20°20'	90°5'			0.9	0.98				
								0.82				
	6		32°44'	90°5'			0.692	0.763				
								0.62				
	7		60°37'	90°5'			0.881	0.938				
								0.823				
	8		70°18'	90°3'			0.925	0.51				
								0.34				
	9		91°7'	90°4'			1.005	1.15				
								0.86				
	10		113°16'	90°7'			1.442	1.468				
								1.416				

Sketsa :

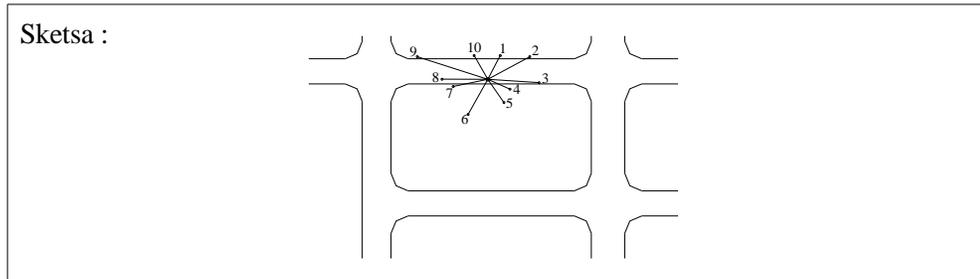


Tabel 36. Formulir pengukuran titik detail posisi 6

PENGUKURAN SITUASI DETAIL

Laboratorium Ilmu Ukur Tanah Jurusan Teknik Bangunan				No.Lembar	dari
Pengukuran		Tachymetri		Cuaca	Mendung
Lokasi		Gedung Olah Raga		Alat Ukur	T.O Wild 138402
Diukur Oleh	Kelompok 8	Tanggal		Instruktur	

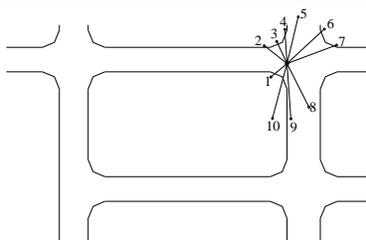
Titik Ukur		Tinggi Alat/Patok	Bacaan Sudut o ' "		Jarak (m)		Benang		Beda Tinggi		Tinggi Atas Laut (m)	Ket
			Horizontal	Vertikal	Miring	Datar	Tengah	Atas Bawah	+	-		
Dari	Ke											
6	1	1.30	90°1'	90°1'			1.07	1.105				
								1.034				
	2		121°12'	90°2'			1.24	1.34				
								1.14				
	3		133°9'	89°6'			1.39	1.495				
								1.285				
	4		142°54'	89°6'			1.077	1.15				
								1.003				
	5		221°31'	89°9'			1.205	1.255				
								1.155				
	6		351°52'	89°10'			1.222	1.262				
								1.182				
	7		304°42'	89°10'			1.405	1.138				
								1.672				
	8		312°42'	89°17'			1.84	1.898				
								1.782				
	9		300°2'	89°18'			1.51	1.555				
								1.465				
	10		322°20'	89°15'			1.554	1.586				
								1.5225				



Tabel 37. Formulir pengukuran titik detail posisi 7

PENGUKURAN SITUASI DETAIL												
Laboratorium Ilmu Ukur Tanah Jurusan Teknik Bangunan							No.Lembar		dari			
Pengukuran			Tachymetri				Cuaca		Mendung			
Lokasi			Gedung Olah Raga				Alat Ukur		T.O Wild 138402			
Diukur Oleh		Kelompok 8		Tanggal		Instruktur						
Titik Ukur	Tinggi Alat/Patok	Bacaan Sudut		Jarak (m)		Benang		Beda Tinggi		Tinggi Atas Laut (m)	Ket	
		Horizontal	Vertikal	Miring	Datar	Tengah	Atas	+	-			
Dari	Ke											
7	1	1.30	260°36'	89°19'			0.697	0.723				
								0.67				
	2		321°36'	96°8'			0.59	0.625				
								0.555				
	3		331°36'	92°19'			0.653	0.705				
								0.6				
	4		342°15'	92°20'			0.734	0.782				
								0.685				
	5		11°9'	91°12'			0.387	0.437				
								0.337				
	6		31°52'	91°12'			0.467	0.515				
								0.418				
	7		54°15'	91°0'			0.815	0.85				
								0.78				
	8		112°18'	91°0'			1.45	1.482				
								1.418				
	9		180°14'	91°0'			1.609	1.652				
								1.565				
	10		194°19'	93°2'			1.727	1.769				
								1.685				

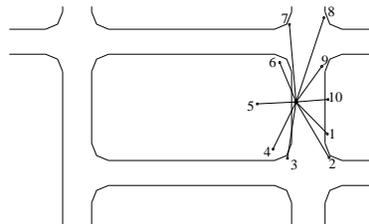
Sketsa :

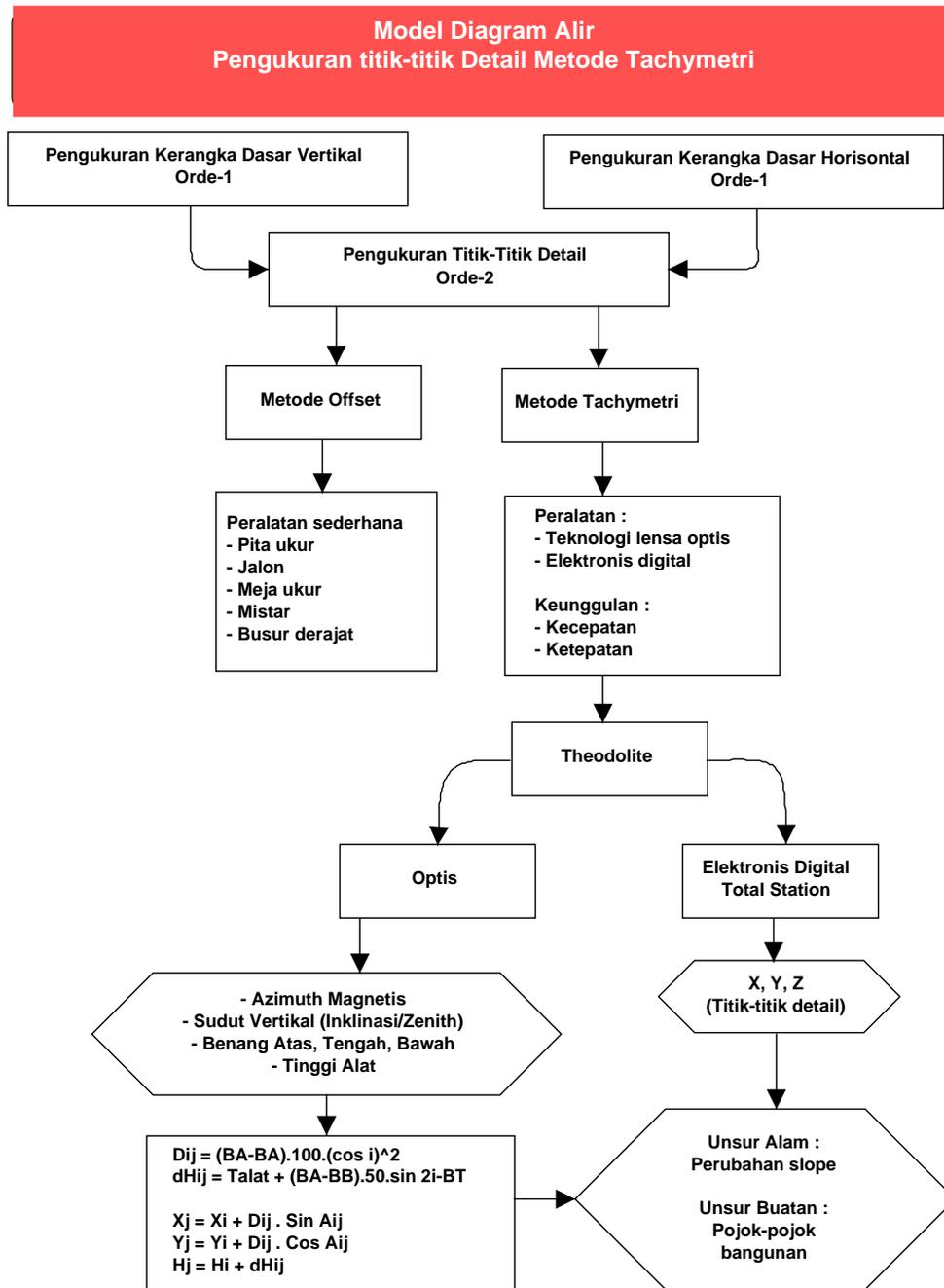


Tabel 38. Formulir pengukuran titik detail posisi 8

PENGUKURAN SITUASI DETAIL												
Laboratorium Ilmu Ukur Tanah Jurusan Teknik Bangunan								No.Lembar		dari		
Pengukuran			Tachymetri					Cuaca		Mendung		
Lokasi			Gedung Olah Raga					Alat Ukur		T.O Wild 138402		
Diukur Oleh		Kelompok 8		Tanggal				Instruktur				
Titik Ukur		Tinggi Alat/Patok	Bacaan Sudut		Jarak (m)		Benang		Beda Tinggi		Tinggi Atas Laut (m)	Ket
			Horizontal	Vertikal	Miring	Datar	Tengah	Atas	+	-		
Dari	Ke											
8	1	1.31	351°7'	89°14'			1.371	1.33				
								1.213				
	2		30°5'	89°16'			0.879	0.946				
								0.811				
	3		40°37'	89°16'			1.125	1.17				
								1.08				
	4		60°23'	89°16'			1.328	1.363				
								1.293				
	5		94°44'	91°16'			1.599	1.632				
								1.565				
	6		141°56'	91°16'			1.975	2.02				
								1.93				
	7		162°19'	91°25'			2.219	2.305				
								2.132				
	8		183°23'	96°28'			1.268	1.363				
								1.173				
	9		194°10'	96°29'			1.031	1.082				
								0.98				
	10		203°48'	96°29'			1.796	1.826				
								1.765				

Sketsa :





Gambar 342. Diagram alir Pengukuran titik-titik detail metode tachymetri

Rangkuman

Berdasarkan uraian materi bab 12 mengenai pengukuran titik detail (tachymetri), maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. 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 titik-titik detail yang tersebar di permukaan bumi yang menggambarkan situasi daerah pengukuran.
2. Pengukuran titik-titik detail dilakukan sesudah pengukuran kerangka dasar vertikal dan pengukuran kerangka dasar horizontal dilakukan. Pengukuran titik-titik detail mempunyai orde ketelitian lebih rendah dibandingkan orde pengukuran kerangka dasar.
3. Pengukuran titik-titik detail dengan metode tachymetri pada dasarnya dilakukan dengan menggunakan peralatan dengan teknologi lensa optis dan elektronis digital. Pengukuran titik-titik detail dengan metode Tachymetri ini adalah cara yang paling banyak digunakan dalam praktek, terutama untuk pemetaan daerah yang luas dan untuk detail-detail yang bentuknya tidak beraturan.
4. Pengukuran titik-titik detail metode tachymetri ini relatif cepat dan mudah karena yang diperoleh dari lapangan adalah pembacaan rambu, sudut horizontal (azimuth magnetis), sudut vertikal (zenith atau inklinasi) dan tinggi alat. Hasil yang diperoleh dari pengukuran tachymetri adalah posisi planimetris X, Y, dan ketinggian Z.
5. Metode tachymetri didasarkan pada prinsip bahwa pada segitiga-segitiga sebangun, sisi yang sepihak adalah sebanding.
6. Penentuan beda elevasi dengan tachymetri dapat dibandingkan dengan sipat datar memanjang t.i. sesuai bidikan plus, dan pembacaan rambu sesuai bidikan minus.
7. Menggunakan pengukuran cara tachymetry, selain diperoleh unsur jarak, juga diperoleh beda tinggi.
8. Pengukuran metode tachymetri menggunakan alat theodolite, baik yang bekerja secara optis maupun elektronis digital yang sering dinamakan dengan Total Station.
9. Penggambaran hasil pengukuran tachymetri dapat dengan manual ataupun dengan komputerisasi (AutoCAD).
10. Data yang diambil dari lapangan semakin banyak semakin baik.

Soal Latihan

Jawblah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini !

1. Apa yang dimaksud dengan pengukuran Tachymetri ?
2. Jelaskan tujuan pengukuran titik-titik detail metode tachymetri!
3. Sebutkan perbedaan dari pengukuran tachymetri untuk titik bidik horizontal dengan pengukuran tachymetri untuk bidikan miring?
4. Sebutkan peralatan apa saja yang dibutuhkan dalam pengukuran titik-titik detail metode tachymetri! Jelaskan!
5. Diketahui : $X_a = 100,64$; $Y_a = 100,46$; $T_a = +800$

Target	Tinggi Alat	Benang Atas	Benang Tengah	Benang Bawah	Azimuth α_A	Inklinasi I
B	1.54	1.654	1.543	1.432	47°47'47"	01°01'01"
C	1.52	1.726	1.585	1.444	100°27'57"	02°02'02"
D	1.55	1.744	1.663	1.583	179°09'09"	-1°01'01"
E	1.58	1.932	1.745	1.558	269°36'36"	-2°02'02"
F	1.52	1.832	1.738	1.644	358°23'24"	-3°02'01"

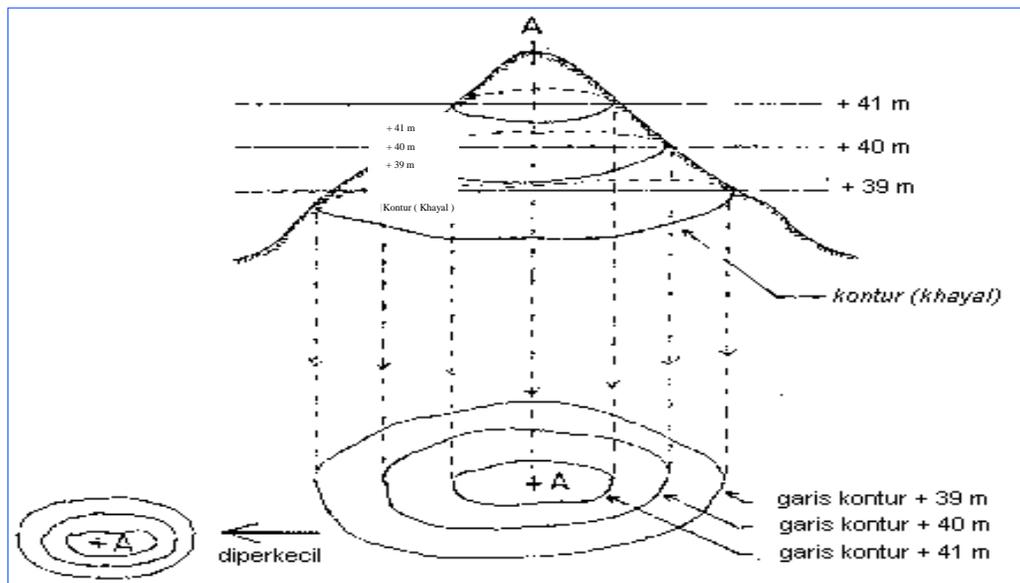
Ditanyakan : Koordinat dan Tinggi titik B, C, D, E, dan F ?

13. Garis Kontur, Sifat dan Interpolasinya

13.1 Pengertian garis kontur

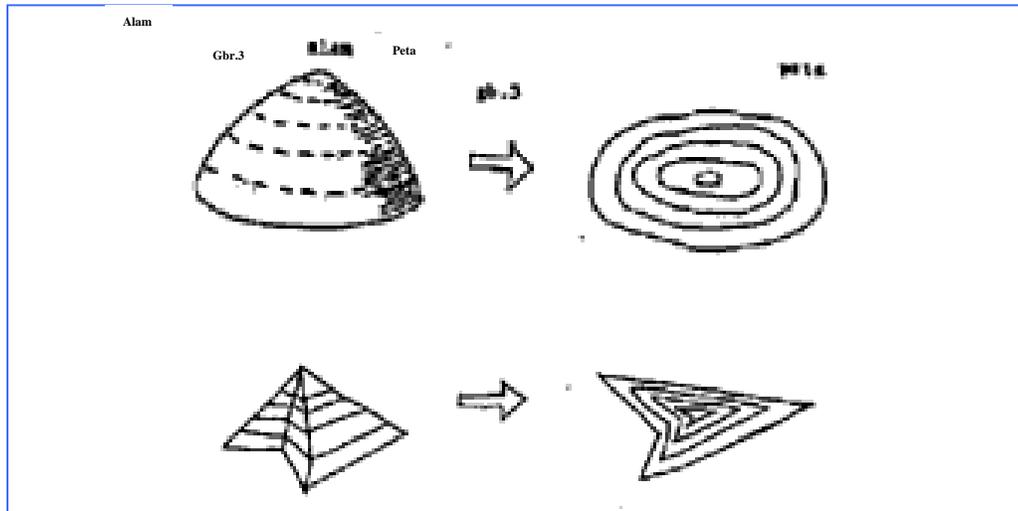
Garis kontur adalah garis khayal dilapangan yang menghubungkan titik dengan ketinggian yang sama atau garis kontur adalah garis kontinu diatas peta yang memperlihatkan titik-titik diatas peta dengan ketinggian yang sama. Nama lain garis kontur adalah garis tranches, garis tinggi dan garis tinggi horizontal. Garis kontur + 25 m, artinya garis kontur ini menghubungkan titik-titik yang mempunyai ketinggian sama + 25 m terhadap tinggi tertentu. Garis kontur disajikan di atas peta untuk memperlihatkan naik turunnya keadaan permukaan tanah.

Aplikasi lebih lanjut dari garis kontur adalah untuk memberikan informasi slope (kemiringan tanah rata-rata), irisan profil memanjang atau melintang permukaan tanah terhadap jalur proyek (bangunan) dan perhitungan galian serta timbunan (cut and fill) permukaan tanah asli terhadap ketinggian vertikal garis atau bangunan. Garis kontur dapat dibentuk dengan membuat proyeksi tegak garis-garis perpotongan bidang mendatar dengan permukaan bumi ke bidang mendatar peta. Karena peta umumnya dibuat dengan skala tertentu, maka untuk garis kontur ini juga akan mengalami pengecilan sesuai skala peta.



Gambar 343. Pembentukan garis kontur dengan membuat proyeksi tegak garis perpotongan bidang mendatar dengan permukaan bumi.

Garis-garis kontur merupakan cara yang baik. Cara lain untuk melukiskan bentuk permukaan tanah dan ketinggian pada peta, karena memberikan ketelitian yang lebih banyak dilakukan untuk melukiskan bentuk permukaan tanah yaitu dengan cara hachures dan shading. Bentuk garis kontur dalam 3 dimensi



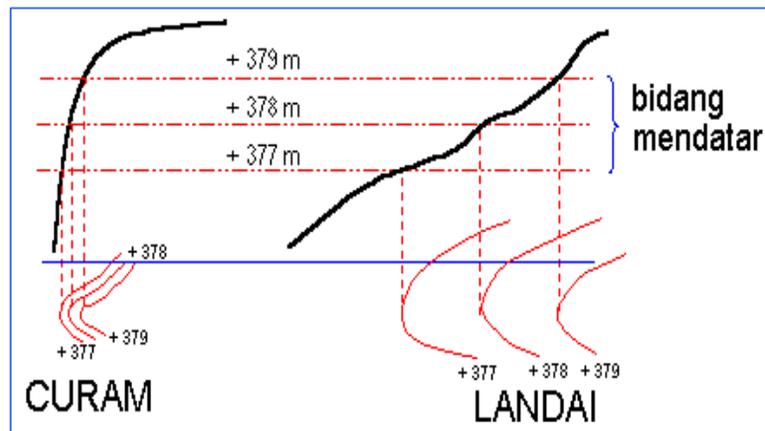
Gambar 344. Penggambaran kontur

13.2 Sifat garis kontur

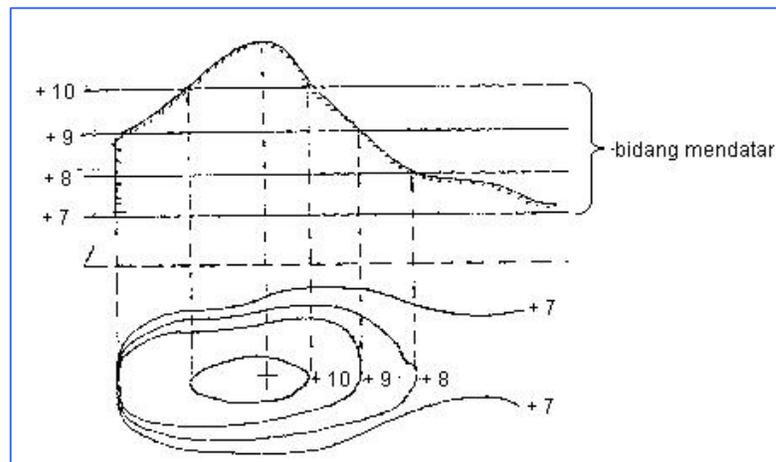
Garis kontur memiliki sifat sebagai berikut :

- a. Berbentuk kurva tertutup.
- b. Tidak bercabang.
- c. Tidak berpotongan.
- d. Menjorok ke arah hulu jika melewati sungai.
- e. Menjorok ke arah jalan menurun jika melewati permukaan jalan.
- f. Tidak tergambar jika melewati bangunan.
- g. Garis kontur yang rapat menunjukkan keadaan permukaan tanah yang terjal.
- h. Garis kontur yang jarang menunjukkan keadaan permukaan yang landai
- i. Penyajian interval garis kontur tergantung pada skala peta yang disajikan, jika datar maka interval garis kontur tergantung pada skala peta yang disajikan, jika datar maka interval garis kontur adalah $1/1000$ dikalikan dengan nilai skala peta , jika berbukit maka interval garis kontur adalah $1/500$ dikalikan dengan nilai skala peta dan jika bergunung maka interval garis

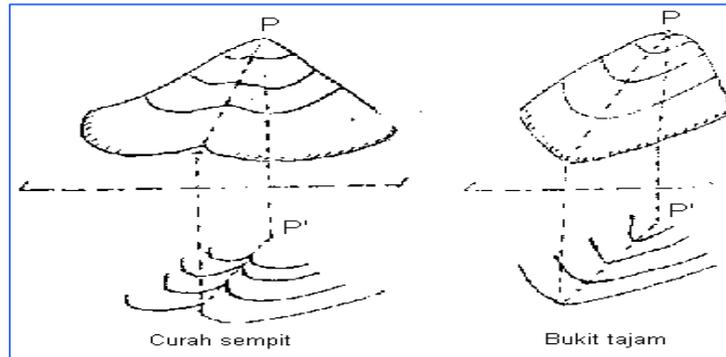
- kontur adalah 1/200 dikalikan dengan nilai skala peta.
- j. Penyajian indeks garis kontur pada daerah datar adalah setiap selisih 3 garis kontur, pada daerah berbukit setiap selisih 4 garis kontur sedangkan pada daerah bergunung setiap selisih 5 garis kontur.
- k. Satu garis kontur mewakili satu ketinggian tertentu..
- l. Garis kontur berharga lebih rendah mengelilingi garis kontur yang lebih tinggi.
- m. Rangkaian garis kontur yang berbentuk huruf "U" menandakan punggung gunung.
- n. Rangkaian garis kontur yang berbentuk huruf "V" menandakan suatu lembah/jurang



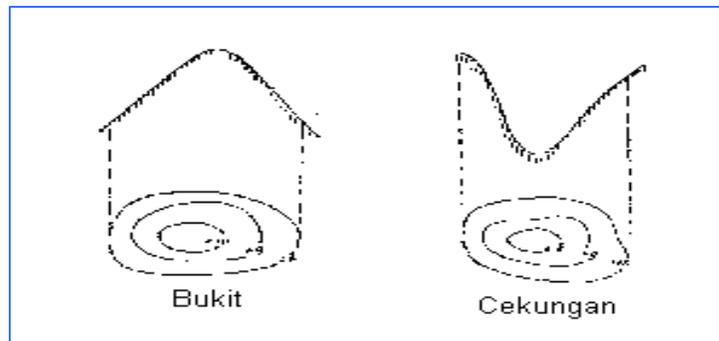
Gambar 345. Kerapatan garis kontur pada daerah curam dan daerah landai



Gambar 346. Garis kontur pada daerah sangat curam.



Gambar 347. Garis kontur pada curah dan punggung bukit.



Gambar 348. Garis kontur pada bukit dan cekung

13.3 Interval kontur dan indeks kontur

Interval kontur adalah jarak tegak antara dua garis kontur yang berdekatan dan merupakan jarak antara dua bidang mendatar yang berdekatan. Pada suatu peta tofografi interval kontur dibuat sama, berbanding terbalik dengan skala peta. Semakin besar skala peta, jadi semakin banyak informasi yang tersajikan, interval kontur semakin kecil. Indeks kontur adalah garis kontur yang penyajiannya ditonjolkan setiap kelipatan interval kontur tertentu.

Rumus untuk menentukan interval kontur pada suatu peta tofografi adalah :

$i = (25 / \text{jumlah cm dalam 1 km}) \text{ meter}$, atau
 $i = n \log n \tan \alpha$, dengan $n = (0.01 s + 1)^{1/2}$ meter.

Atau :

$$i = \left(\frac{25}{\text{jumlah cm dalam 1 km}} \right) \text{ meter}$$

$$i = n \cdot \log n \cdot \tan \alpha$$

$$\text{dimana : } n = \sqrt{0.01S + 1}$$

α = kemiringan rata – rata daerah yang dipetakan

S = Angka skala

Tabel 39. Bentuk muka tanah dan interval kontur.

Skala	Bentuk Muka Tanah	Interval Kontur
1 : 1000 dan Lebih besar	Datar	0.2 - 0.5 m
	Bergelombang	0.5 - 1.0 m
	Berbukit	1.0 - 2.0 m
1 : 1 000 s / d 1 : 10 000	Datar	0.5 - 1.5 m
	Bergelombang	1.0 - 2.0 m
	Berbukit	2.0 - 3.0 m
1 : 10 000 dan	Datar	1.0 - 3.0 m
	Bergelombang	2.0 - 5.0 m
lebih kecil	Berbukit	5.0 - 10.0 m
	Bergunung	0.0 - 50.0 m

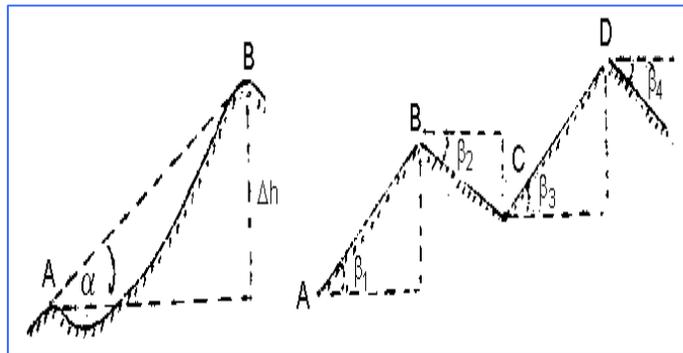
13.4 Kemiringan tanah dan kontur gradient

Kemiringan tanah α adalah sudut miring antara dua titik.

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{Dh_{AB}}{s_{AB}} \right)$$

Dimana : α = Kemiringan tanah

$$\alpha = \text{arc tan} - \frac{\Delta h}{S}$$



Gambar 349. Kemiringan tanah dan kontur gradient

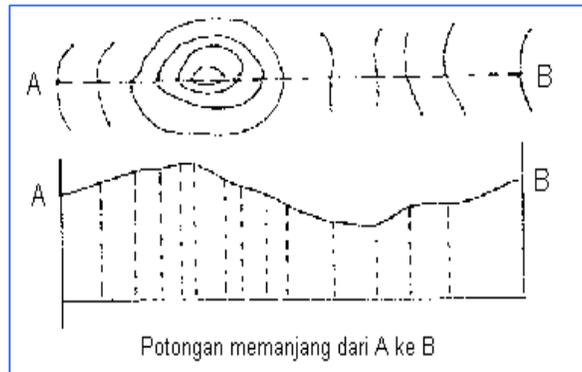
Pada gambar diatas titik-titik A, B, C, dan D harus dipilih untuk menggambarkan garis kontur. Dengan demikian kita dapat menginterpolasi secara linear ketinggian titik-titik detail yang diukur. Kontur gradient β adalah sudut antara permukaan tanah dan bidang mendatar

13.5 Kegunaan garis kontur

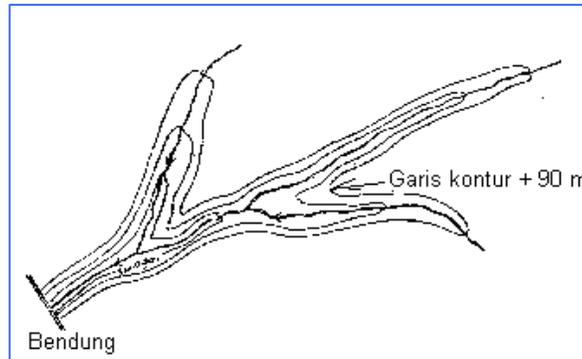
Selain menunjukkan bentuk ketinggian permukaan tanah, garis kontur juga dapat digunakan untuk:

- Menentukan profil tanah (profil memanjang, longitudinal sections) antara dua tempat. (Gambar 350)
- Menghitung luas daerah genangan dan volume suatu bendungan (gambar 351)

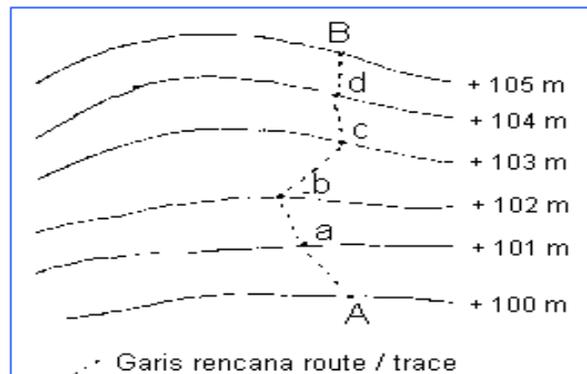
- c. Menentukan route/trace suatu jalan atau saluran yang mempunyai kemiringan tertentu (gambar 352)
- d. Menentukan kemungkinan dua titik di lahan sama tinggi dan saling terlihat (gambar 353.)



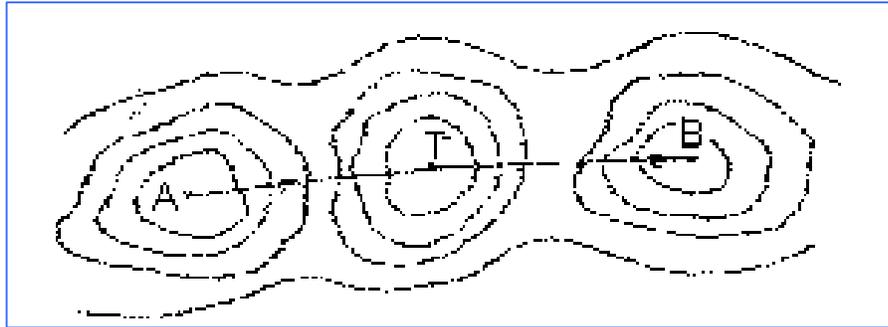
Gambar 350. Potongan memanjang dari potongan garis kontur



Gambar 351. Bentuk, luas dan volume daerah genangan berdasarkan garis kontur.



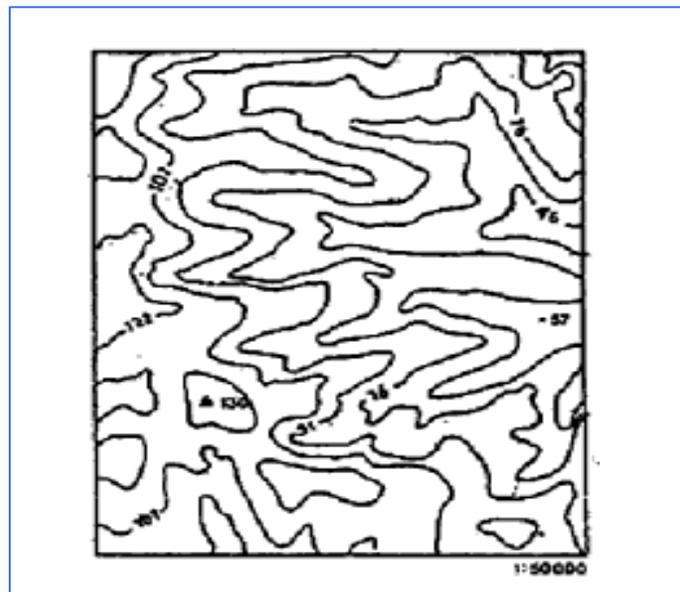
Gambar 352. Rute dengan kelandaian tertentu



Gambar 353. Titik dengan ketinggian sama berdasarkan garis kontur.

13.6 Penentuan dan pengukuran titik detail untuk pembuatan garis kontur

- Dalam batas ketelitian teknis tertentu, kerapatan titik detail ditentukan oleh skala peta dan ketelitian (*interval*) kontur yang diinginkan.
- Pengukuran titik-titik detail untuk penarikan garis kontur suatu peta dapat dilakukan secara langsung dan tidak langsung.
- Semakin rapat titik detail yang diamati, maka semakin teliti informasi yang tersajikan dalam peta.

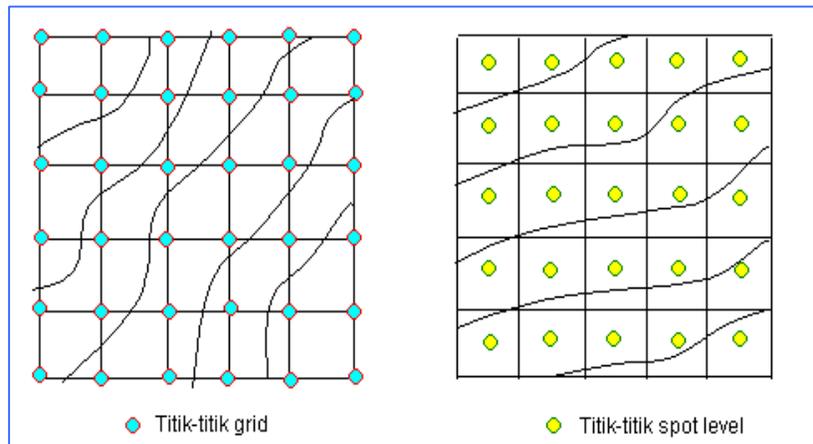


Gambar 354. Garis kontur dan titik ketinggian.

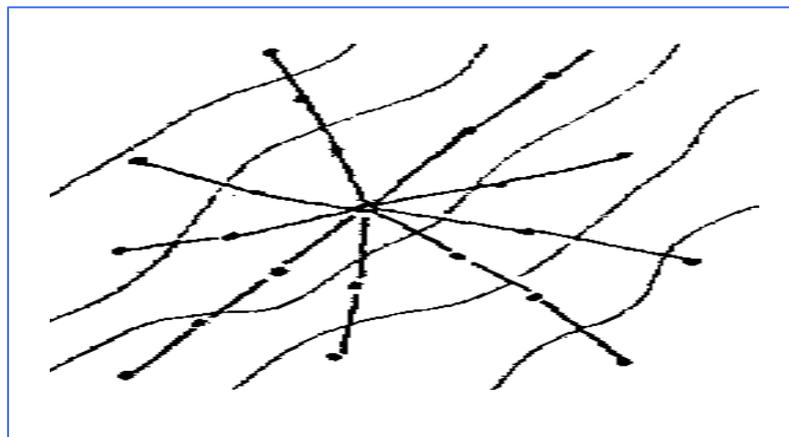
a. Pengukuran tidak langsung

Titik-titik detail yang tidak harus sama tinggi, dipilih mengikuti pola tertentu yaitu: pola kotak-kotak (spot level) dan profil (grid) dan pola radial. Dengan pola-pola tersebut garis kontur dapat dibuat dengan cara interpolasi dan pengukuran titik-titik detailnya dapat

dilakukan dengan cara tachymetry pada semua medan dan dapat pula menggunakan sipat datar memanjang ataupun sipat datar profil pada daerah yang relatif datar. Pola radial digunakan untuk pemetaan topografi pada daerah yang luas dan permukaan tanahnya tidak beraturan.



Gambar 355. Pengukuran kontur pola spot level dan pola grid.

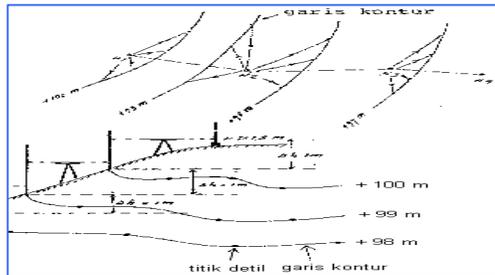


Gambar 356. Pengukuran kontur pola radial.

b. Pengukuran langsung

Titik detail dicari yang mempunyai ketinggian yang sama dan ditentukan posisinya dalam peta dan diukur pada ketinggian tertentu. cara pengukurannya bisa menggunakan cara tachymetry, atau kombinasi antara sipat datar memanjang dan pengukuran polygon.

Cara pengukuran langsung lebih sulit dibanding dengan cara tidak langsung, namun ada jenis kebutuhan tertentu yang harus menggunakan cara pengukuran kontur cara langsung, misalnya pengukuran dan pemasangan tanda batas daerah genangan.



Gambar 357. Pengukuran kontur cara langsung

13.7 Interpolasi garis kontur

Penarikan garis kontur berdasarkan perolehan posisi titik-titik tinggi (spots height) maka akan semakin mudah dan halus penarikan garis konturnya.

Penarikan garis kontur diperoleh dengan cara perhitungan interpolasi, pada

pengukuran garis kontur cara langsung, garis-garis kontur merupakan garis penghubung titik-titik yang diamati dengan ketinggian yang sama, sedangkan pada pengukuran garis kontur cara tidak langsung umumnya titik-titik detail itu pada titik sembarang tidak sama.

Bila titik-titik detail yang diperoleh belum mewujudkan titik-titik dengan ketinggian yang sama, posisi titik dengan ketinggian tertentu dicari, berada diantara 2 titik tinggi tersebut dan diperoleh dengan prinsip perhitungan 2 buah segitiga sebangun.

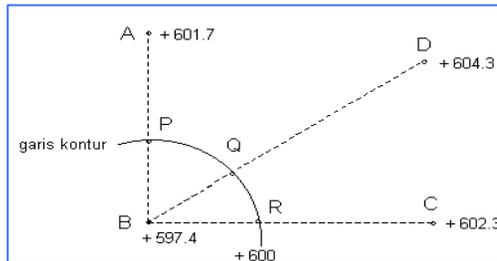
Data yang harus dimiliki untuk melakukan interpolasi garis kontur adalah jarak antara 2 titik tinggi di atas peta, tinggi definitif kedua titik tinggi dan titik garis kontur yang akan ditarik. Hasil perhitungan interpolasi ini adalah posisi titik garis kontur yang melewati garis hubung antara 2 titik tinggi.

Posisi ini berupa jarak garis kontur terhadap posisi titik pertama atau kedua. Titik hasil interpolasi tersebut kemudian kita hubungkan untuk membentuk garis kontur yang kita inginkan. maka perlu dilakukan interpolasi linear untuk mendapatkan titik-titik yang sama tinggi. Interpolasi linear bisa dilakukan dengan cara : taksiran, hitungan dan grafis.

a. Cara taksiran (visual)

Titik-titik dengan ketinggian yang sama, sedangkan pada pengukuran dan

diinterpretasikan langsung diantara titik-titik yang diketahui ketinggiannya.



Gambar 358. Interpolasi kontur cara taksiran

b. Cara hitungan (Numeris)

Cara ini pada dasarnya juga menggunakan dua titik yang diketahui posisi dan ketinggiannya, hitungan interpolasinya dikerjakan secara numeris (eksak) menggunakan perbandingan linear.

c. Cara grafis

Cara grafis dilakukan dengan bantuan garis-garis sejajar yang dibuat pada kertas transparan (kalkir atau kodatrace). Garis-garis sejajar dibuat dengan interval yang sama disesuaikan dengan tinggi garis kontur yang akan dicari.

13.8 Perhitungan garis kontur

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

Luas yang dikelilingi oleh masing-masing garis kontur diukur luasnya dengan

planimeter dengan interval h . Volume total ΣV dapat dihitung.

Rumus umum :

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

atau

$$\Sigma V = \frac{h}{3} \left[A_0 + A_N + 2 \sum_{r=0}^{\frac{n-1}{2}} A_r + \sum_{r=1}^{r=N} (A_{r-1} \cdot A_r)^{\frac{1}{2}} \right] \dots (ii)$$

atau

$$\Sigma V = \frac{h}{2} \left[A_0 + A_N + 2 \sum_{r=0}^{\frac{n-1}{2}} A_r \right] \dots (iii)$$

- ❖ Rumus (i) disebut rumus prisma dan digunakan apabila $n = \text{genap}$
- ❖ Rumus (ii) disebut rumus piramida dan digunakan apabila $n = \text{ganjil}$
- ❖ Rumus (iii) disebut rumus rata-rata awal dan akhir dan digunakan apabila $n = \text{ganjil}$

13.9 Prinsip dasar penentuan volume

Dalam pengerjaan teknik sipil, antara lain diperlukan perhitungan volume tanah, baik untuk pekerjaan galian maupun pekerjaan timbunan. Dibawah ini secara singkat diuraikan prinsip dasar yang digunakan untuk bentuk-bentuk tanah yang sederhana. Pada dasarnya volume tanah dihitung

dengan cara menjumlahkan volume setiap bagian yang dibatasi oleh dua bidang.

Pada gambar bidang dimaksud merupakan bidang mendatar. Banyak metode yang dapat digunakan untuk menghitung volume. Disini hanya akan diberikan metode menggunakan rumus prisma dan rumus piramida.

Prisma adalah suatu benda yang dibatasi oleh dua bidang sejajar pada bagian-bagian atas dan bawahnya serta dibatasi oleh beberapa bidang datar disekelilingnya. Apabila bidang-bidang datar disekelilingnya sesuai dengan sisi bidang atas atau bawah disebut piramida.

Volume prisma :

$$V_R = \frac{h}{6}(A_0 + 4A_m + A_1) \dots \dots \dots (iv)$$

Volume piramida:

$$V_R = \frac{h}{3}(A_0 + \sqrt{A_0 A_1} + A_1) \dots \dots \dots (V)$$

Didalam peta topografi, garis-garis batas bidang datar A_0 , A_m dan A_1 ditunjukkan oleh garis-garis kontur sedangkan h merupakan interval konturnya. Jadi apabila h dibuat kecil, garis kontur ditarik dari data-data ketinggian tanah yang cukup rapat serta pengukuran luas bidang-bidang yang dibatasi oleh garis kontur diukur hingga v mendekati volume sebenarnya.

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

$$v_r = \frac{h}{2}(A_0 + A_1) \dots \dots \dots (vi)$$

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

Volume tanah yang digali didalam daerah ABCD yang dibatasi oleh permukaan tanah asli dan bidang permukaan rencana (dasar saluran), dapat dihitung dengan rumus:

$$\sum V = \frac{h}{2} \{ (A_0 + A_1) + (A_1 + A_2) \}$$

$$\sum V = \frac{2h}{6} (A_0 + 4A_1 + A_2)$$

$$\sum V = \frac{h}{3} \{ (A_0 + \sqrt{A_0 \cdot A_1} + A_1) + (A_1 + \sqrt{A_1 \cdot A_2} + A_2) \}$$

Keterangan :

H : jarak antara dua profil yang berdekatan.

A_i : diukur dengan planimeter atau dihitung dengan cara koordinat.

13.10 Perubahan letak garis kontur di tepi pantai

Cara perhitungan tersebut di atas sedang digunakan oleh GSI (Geography Survey Institute Jepang, di Thailand) untuk ukuran yang sangat kasar. Tetapi, kalau dilihat secara detail, ada beberapa masalah perhitungan, seperti :

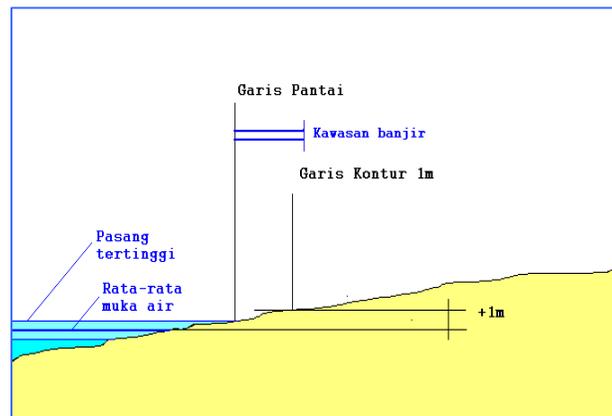
- Di daerah yang akan hilang akibat kenaikan muka air laut sebesar T meter,

kehilangan dihitung sebagai jumlah nilai yang sekarang berada. Kehilangannya bukan hanya di daerah antara batas pantai dan garis kontur 1m sekarang, tetapi antara batas pantai sekarang dan garis kontur $1+T$ meter (contoh di Makassar 1.64 m).

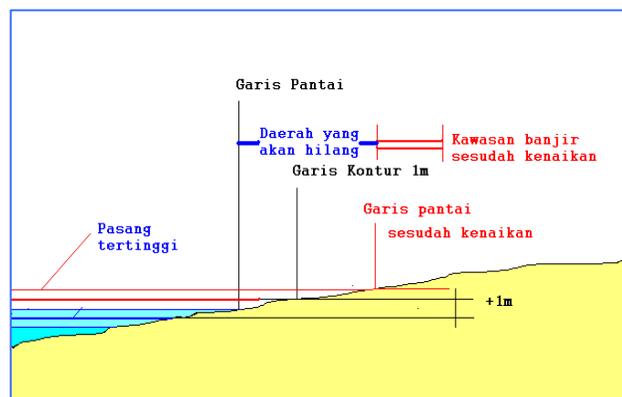
- b. Di daerah yang akan lebih sering terkena banjir dari pada kondisi sekarang, kehilangan bisa diukur berdasarkan data yang terdapat melalui

penyelidikan lapangan mengenai kehilangan akibat pasang laut dan banjir.

Jika tinggi tanah yang sekarang kena banjir berada di antara batas pantai dan tinggi B m, maka daerah yang akan kena banjir terletak di daerah antara garis kontur $1+T$ m dan garis kontur $1+T+B$ m sekarang. Di daerah sini, kehilangan akan terjadi secara sebagian dari nilai total, yang dihitung terkait tinggi tanah setempat.



Gambar 359. Letak garis pantai dan garis kontur 1m



Gambar 360. Perubahan garis pantai dan garis kontur sesudah kenaikan muka air laut

13.11 Bentuk-bentuk lembah dan pegunungan dalam garis kontur

Jalan menuju puncak umumnya berada di atas punggung (lihat garis titik-titik sedangkan disisinya terdapat lembah umumnya berisi sungai (lihat garis gelap).

Plateau

Daerah dataran tinggi yang luas

Col

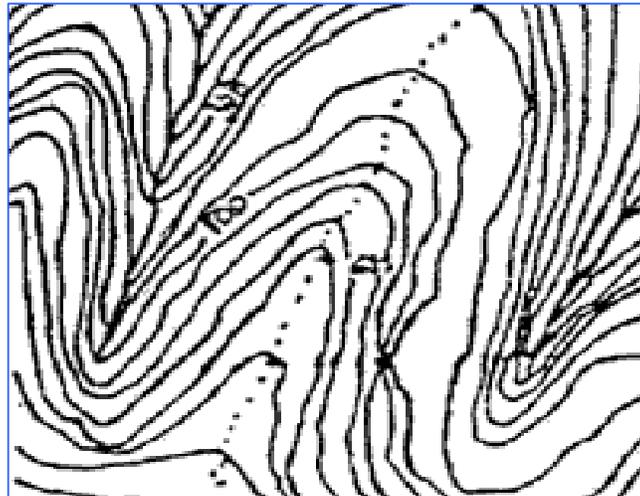
Daerah rendah antara dua buah ketinggian.

Saddle

Hampir sama dengan col, tetapi daerah rendahnya luas dan ketinggian yang mengapit tidak terlalu tinggi.

Pass

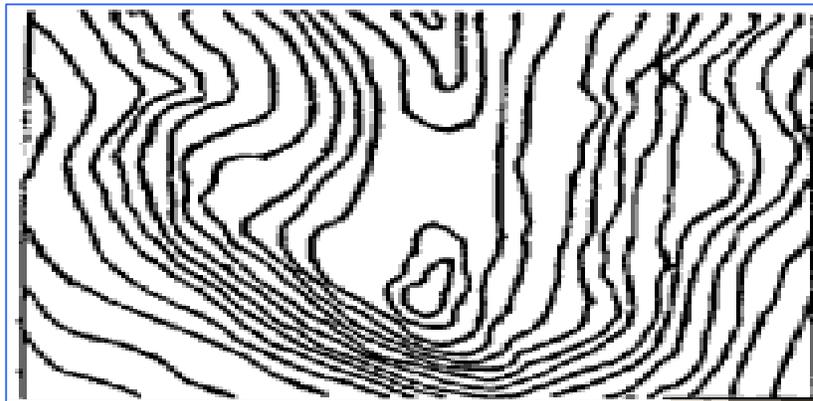
Celah memanjang yang membelah suatu daerah ketinggian.



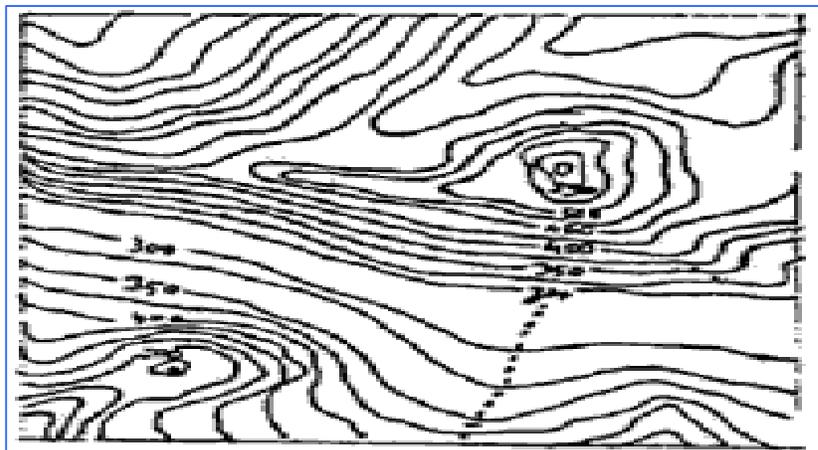
gambar 361. Garis kontur lembah, punggung dan perbukitan yang memanjang.



Gambar 362. Plateau.



Gambar 363. Saddle



Gambar 364. Pass

13.12 Cara menentukan posisi, cross bearing dan metode penggambaran

1. Hitung deviasi pada peta:

$$A = B + (C \times D)$$

Keterangan :

A = deklinasi magnetis pada saat tertentu

B = deklinasi pada tahun pembuatan peta

C = selisih tahun pembuatan.

D = variasi magnetis.

Contoh:

Diketahui bahwa:

- Deklinasi magnetis tahun 1943 (pada saat peta dibuat) adalah: $0^{\circ} 30'$ (=B).

- Variasi magnet pertahun: $2'$ (=D)

Pertanyaan:

Berapa deviasi bila pada peta tersebut digunakan pada tahun 1988 (=A)

Perhitungannya:

$$\begin{aligned} A &= B + (C \times D) \\ &= 0^{\circ} 30' + \{(88-43) \times 2'\} \\ &= 0^{\circ} 30' + 90' \\ &= 120' \\ &= 2^{\circ} 0' \end{aligned}$$

2. Mengukur sudut

- Mengukur dari peta : Sudut peta – deviasi (jika deviasi ke Timur) = sudut
Sudut peta + deviasi kompas. (jika deviasi ke Barat)=sudut kompas
- Mengukur dari kompas: deviasi timur
sudut kompas + deviasi = sudut peta.

Deviasi Barat sudut kompas - sudut = sudut peta.

- Setelah mengukur utara kompas, sesuaikan garis bujur dengan utara kompas kurang lebih deviasi.

4. Membuat cross bearing

- Hitung sudut dari dua kenampakan alam atau lebih yang dapat kita kenali di alam dan di peta.
- Buat garis sudut dengan menghitung deviasi sehingga menjadi sudut peta pada kertas transparan
- Letakkan di atas peta sesuai dengan kedudukannya.
- Tumpuklah.

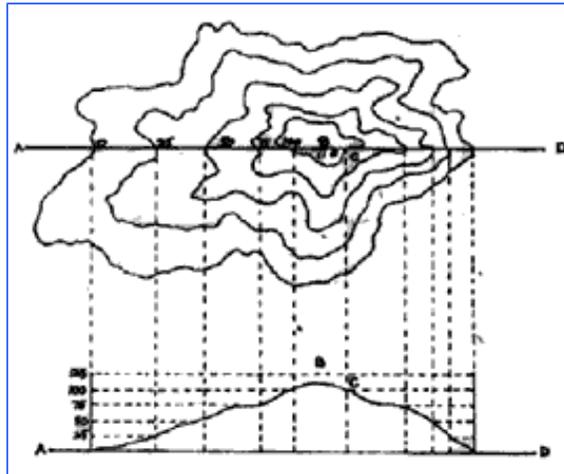
5. Merencanakan rute

- Pilihlah jalur perjalanan yang mudah dengan memperhatikan sistem kontur.
- Bayangkan kemiringan lereng dengan memperhatikan kerapatan kontur (makin rapat makin terjal).
- Hitung jarak datar (perhatikan kemiringan lereng).
- Hitung waktu tempuh dengan prinsip :
 - jalan datar 1 jam untuk kemiringan lebih 4 km
 - kemiringan 1 jam tiap kenaikan 100m

Metode penggambaran:

- Tarik garis transis yang dikehendaki diatas peta, bisa berupa garis lurus maupun mengikuti rute perjalanan.
- Beri tanda (huruf atau angka) pada titik awal dan akhir.

3. Buat grafik pada milimeter blok. untuk sumbu x dipakai skala horizontal dan sumbu y skala vertikal.
4. Ukur pada peta jarak sebenarnya (jarak pada peta x angka penyebut skala peta) dan ketinggian (beda tinggi) pada jarak yang diukur tadi.
5. Pindahkan setiap angka beda tinggi dan jarak sebenarnya tadi sebanyak-banyaknya pada grafik.
6. Hubungkan setiap titik pada grafik (lihat gambar).



gambar 365. menggambar penampang.

13.13 Pengenalan surfer

Surfer adalah salah satu perangkat lunak yang digunakan untuk pembuatan peta kontur dan pemodelan tiga dimensi yang berdasarkan pada grid. Perangkat lunak ini melakukan plotting data tabular XYZ tak beraturan menjadi lembar titik-titik segi empat (grid) yang beraturan. Grid adalah serangkaian garis vertikal dan horisontal yang dalam Surfer berbentuk segi empat dan digunakan sebagai dasar pembentuk kontur dan surface tiga dimensi. Garis

vertikal dan horisontal ini memiliki titik-titik perpotongan. Pada titik perpotongan ini disimpan nilai Z yang berupa titik ketinggian atau kedalaman. Gridding merupakan proses pembentukan rangkaian nilai Z yang teratur dari sebuah data XYZ. Hasil dari proses gridding ini adalah file grid yang tersimpan pada file .grd.

1. Sistem operasi dan perangkat keras

Surfer tidak mensyaratkan perangkat keras ataupun sistem operasi yang tinggi. Oleh karena itu surfer relatif mudah dalam aplikasinya. Surfer bekerja pada sistem operasi Windows 9x dan Windows NT.

Berikut adalah spesifikasi minimal untuk aplikasi Surfer:

- Tersedia ruang untuk program minimal 4 MB.
- Menggunakan sistem operasi Windows 9.x atau Windows NT.
- RAM minimal 4 MB.
- Monitor VGA atau SVGA.

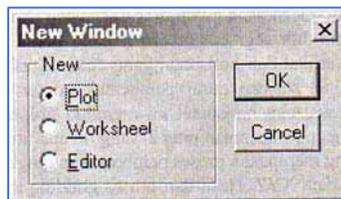
2. Pemasangan program surfer (instal)

- Masukkan master program Surfer pada CD ROM atau media lain. Buka melalui eksplorer dan klik double pada Setup.
- Surfer menanyakan lokasi pemasangan. Jawab drive yang diinginkan. Jawab pertanyaan selanjutnya dengan Yes.

3. Lembar Kerja Surfer

Lembar kerja Surfer terdiri dari tiga bagian, yaitu:

- Surface plot,
- Worksheet,
- Editor.



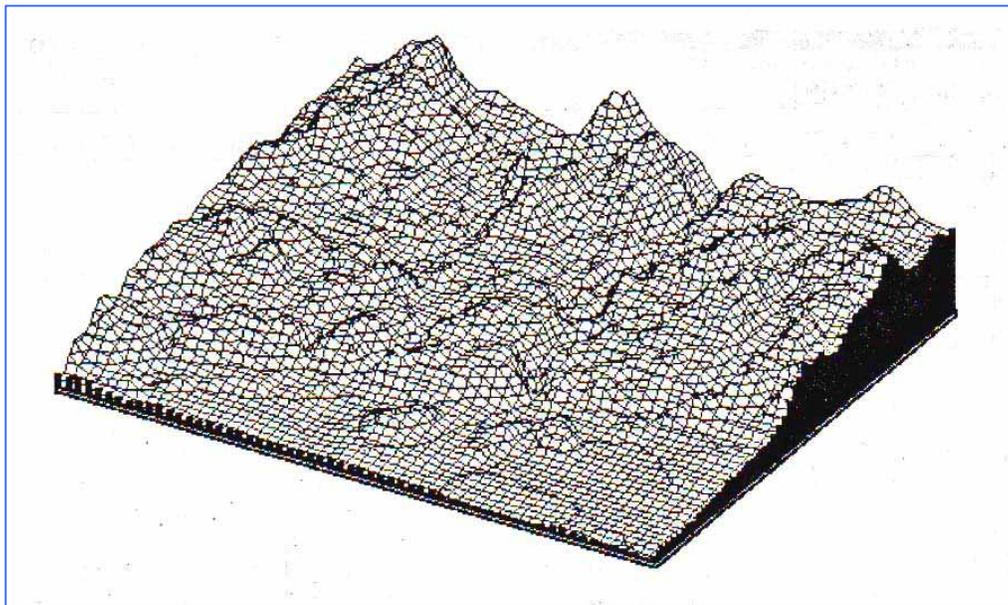
Gambar 366. Kotak dialog persiapan Surfer

Untuk memulai salah satu lembar kerja tersebut dapat dilakukan menggunakan menu File - New. Surfer akan menampilkan kotak dialog berikut:

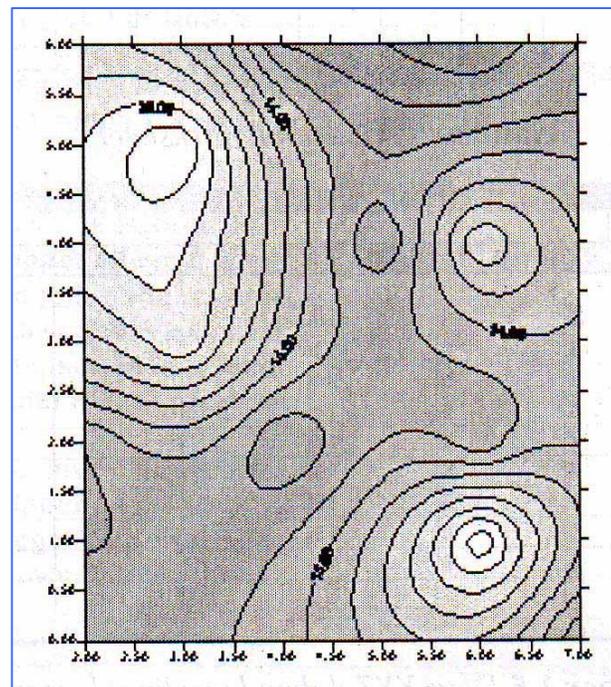
3.1 Surface plot

Surface plot adalah lembar kerja yang digunakan untuk membuat peta atau file grid. Pada saat awal dibuka, lembar kerja ini berada pada kondisi yang masih kosong. Pada lembar plot ini peta dibentuk dan diolah untuk selanjutnya disajikan. Lembar plot digunakan untuk mengolah dan membentuk peta dalam dua dimensional, seperti peta kontur, dan peta tiga dimensional seperti bentukan muka tiga dimensi.

Lembar plot ini menyerupai lembar layout di mana operator melakukan pengaturan ukuran, teks, posisi obyek, garis, dan berbagai properti lain. Pada lembar ini pula diatur ukuran kertas kerja yang nanti akan digunakan sebagai media pencetakan peta.



Gambar 367. Peta tiga dimensi

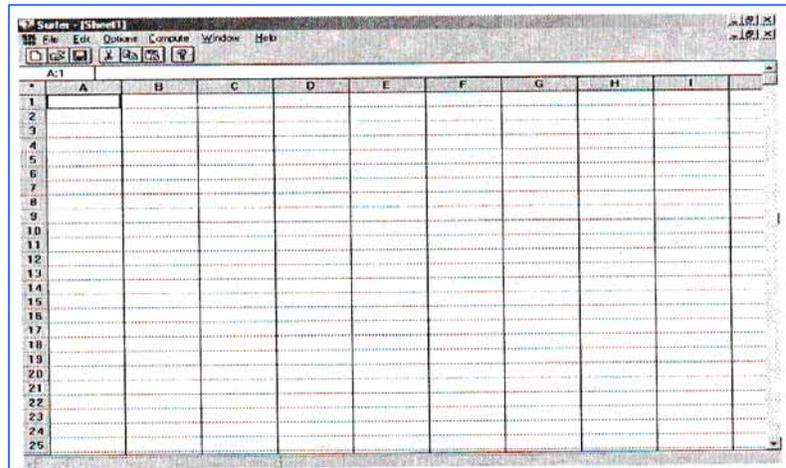


Gambar 368. Peta kontur dalam bentuk dua dimensi

3.2 Worksheet

Worksheet merupakan lembar kerja yang digunakan untuk melakukan input data XYZ. Data XYZ adalah modal utama dalam pembuatan peta pada surfer. Dari data XYZ ini dibentuk file grid yang selanjutnya diinterpolasikan menjadi peta-peta kontur atau peta tiga dimensi.

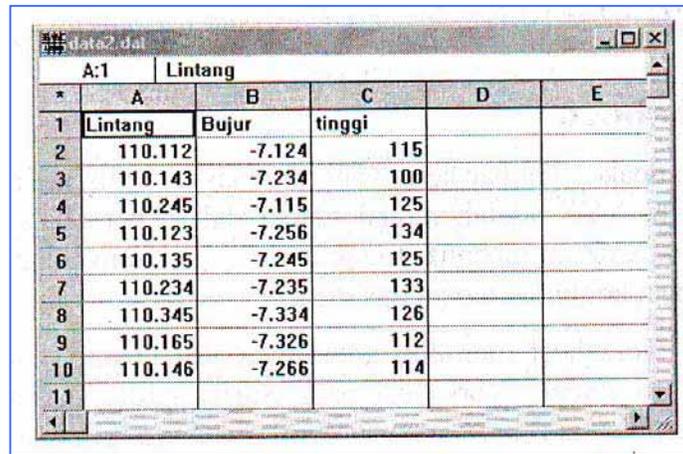
Lembar worksheet memiliki antarmuka yang hampir mirip dengan lembar kerja MS Excel. Worksheet pada Surfer terdiri dari sel-sel yang merupakan perpotongan baris dan kolom. Data yang dimasukkan dari worksheet ini akan disimpan dalam file .dat.



Gambar 369. Lembar worksheet.

	A	B	C	D	E	F
1	x	y	z			
2		5	3	10		
3		3	2	13		
4		5	5	20		
5		6	6	14		
6		2	4	17		
7		4	6	9		
8		8	3	15		
9		1	9	16		
10		9	7	17		
11						

Gambar 370. Data XYZ dalam koordinat kartesian.



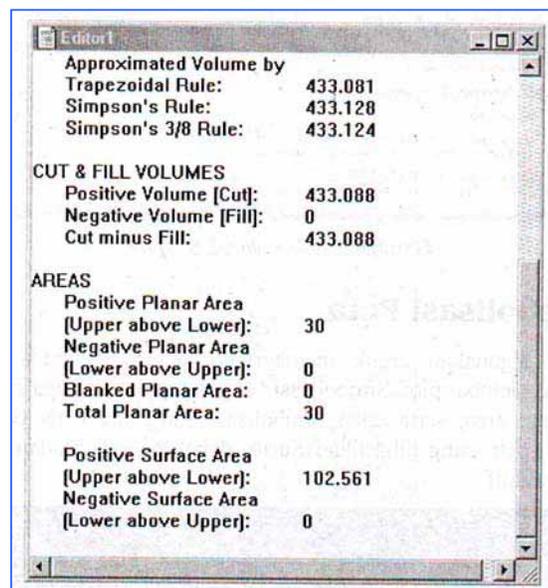
	A	B	C	D	E
1	Lintang	Bujur	tinggi		
2	110.112	-7.124	115		
3	110.143	-7.234	100		
4	110.245	-7.115	125		
5	110.123	-7.256	134		
6	110.135	-7.245	125		
7	110.234	-7.235	133		
8	110.345	-7.334	126		
9	110.165	-7.326	112		
10	110.146	-7.266	114		
11					

Gambar 371. Data XYZ dalam koordinat decimal degrees.

3.3 Editor

Jendela editor adalah tempat yang digunakan untuk membuat atau mengolah file teks ASCII. Teks yang dibuat dalam

jendela editor dapat dikopi dan ditempel dalam jendela plot. Kemampuan ini memungkinkan penggunaan sebuah kelompok teks yang sama untuk dipasangkan pada berbagai peta.



Approximated Volume by	
Trapezoidal Rule:	433.081
Simpson's Rule:	433.128
Simpson's 3/8 Rule:	433.124
CUT & FILL VOLUMES	
Positive Volume [Cut]:	433.088
Negative Volume [Fill]:	0
Cut minus Fill:	433.088
AREAS	
Positive Planar Area	
(Upper above Lower):	30
Negative Planar Area	
(Lower above Upper):	0
Blanked Planar Area:	0
Total Planar Area:	30
Positive Surface Area	
(Upper above Lower):	102.561
Negative Surface Area	
(Lower above Upper):	0

Gambar 372. Jendela editor menampilkan hasil perhitungan volume.

Jendela editor juga digunakan untuk menangkap hasil perhitungan volume. Sekelompok teks hasil perhitungan volume file grid akan ditampilkan dalam sebuah jendela editor. Jendela tersebut dapat disimpan menjadi sebuah file ASCII dengan ekstensi .txt.

4. GS Scripiter

GS Scripiter adalah makro yang dapat digunakan untuk membuat sistem otomatisasi dalam surfer. Dengan menggunakan GS Scripiter ini tugas-tugas yang dilakukan secara manual dapat diringkas menjadi sebuah makro. Makro dari GS Scripiter ini mirip dengan interpreter bahasa BASIC. Makro disimpan dalam ekstensi .bas.

5. Simbolisasi peta

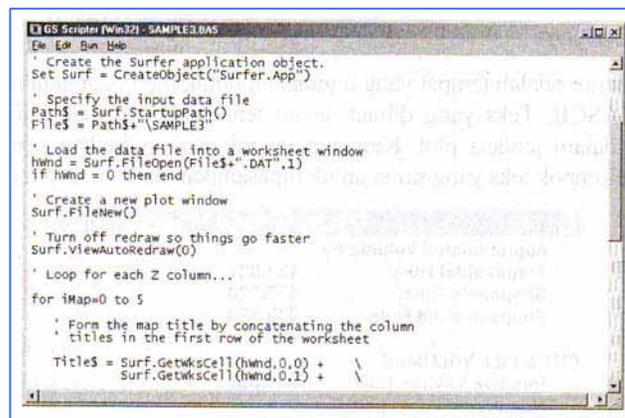
Simbolisasi digunakan untuk memberikan keterangan pada peta yang dibentuk pada lembar plot. Simbolisasi yang digunakan berupa simbol point, garis, ataupun area,

serta teks. Simbolisasi yang ada pada peta ini memungkinkan peta yang dihasilkan surfer dapat dengan mudah dibaca dan lebih komunikatif.

6. Editing peta kontur

Editing peta kontur dimaksudkan untuk mendapatkan bentuk peta kontur yang sesuai dengan syarat-syarat pemetaan tertentu ataupun sesuai dengan keinginan pembuat peta. Beberapa hal yang berkaitan dengan hal ini misalnya adalah penetapan nilai kontur interval (Interval Contour), labelling garis indeks, kerapatan label, pengubahan warna garis indeks, pengaturan blok warna kelas ketinggian lahan, dan lain-lain.

Gambar berikut adalah contoh penggunaan kontur interval yang berbeda dari sebuah peta kontur yang sama.

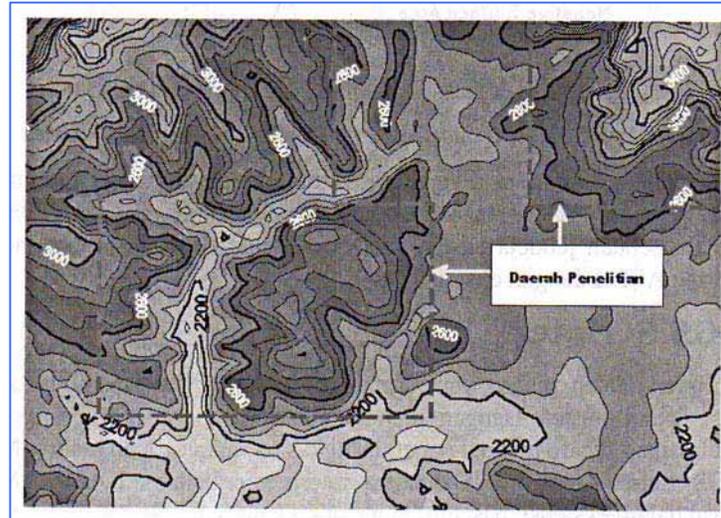


```

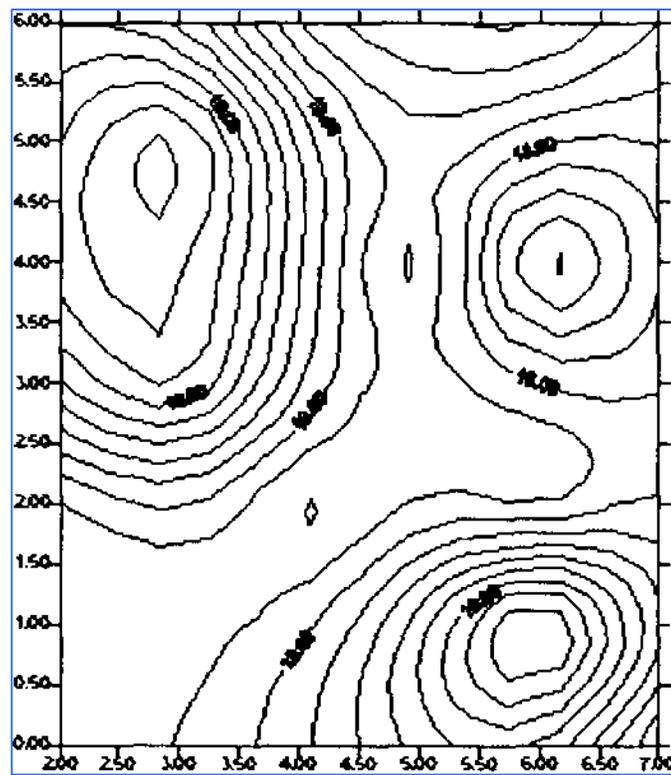
GS Scripiter (Win32) - SAMPLE3.BAS
File Edit Run Help
* Create the Surfer application object.
Set Surf = CreateObject("Surfer.App")
* Specify the input data file
Path$ = Surf.StartupPath()
File$ = Path$ + "\SAMPLE3"
* Load the data file into a worksheet window
hWnd = Surf.FileOpen(File$ + ".DAT", 1)
If hWnd = 0 then end
* Create a new plot window
Surf.FileNew()
* Turn off redraw so things go faster
Surf.ViewAutoRedraw(0)
* Loop for each Z column...
for iMap=0 to 5
  * Form the map title by concatenating the column
  * titles in the first row of the worksheet
  Title$ = Surf.GetWksCell(hWnd, 0, 0) + \
           Surf.GetWksCell(hWnd, 0, 1) + \

```

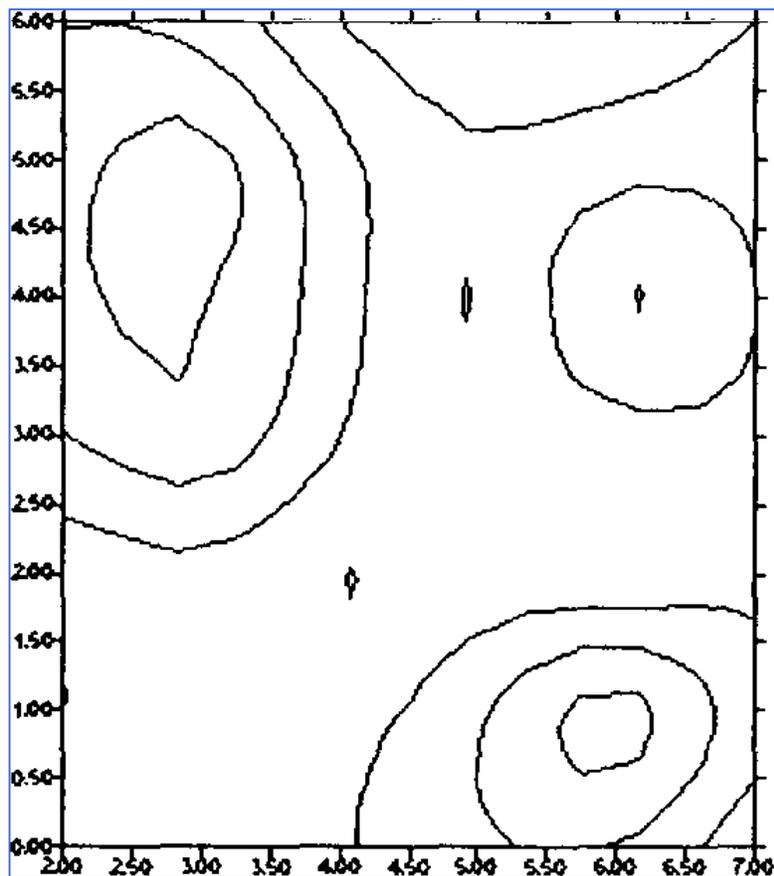
Gambar 373. Jendela GS scripiter.



Gambar 374. Simbolisasi pada peta kontur dalam surfer.



Gambar 375. Peta kontur dengan kontur interval 1.



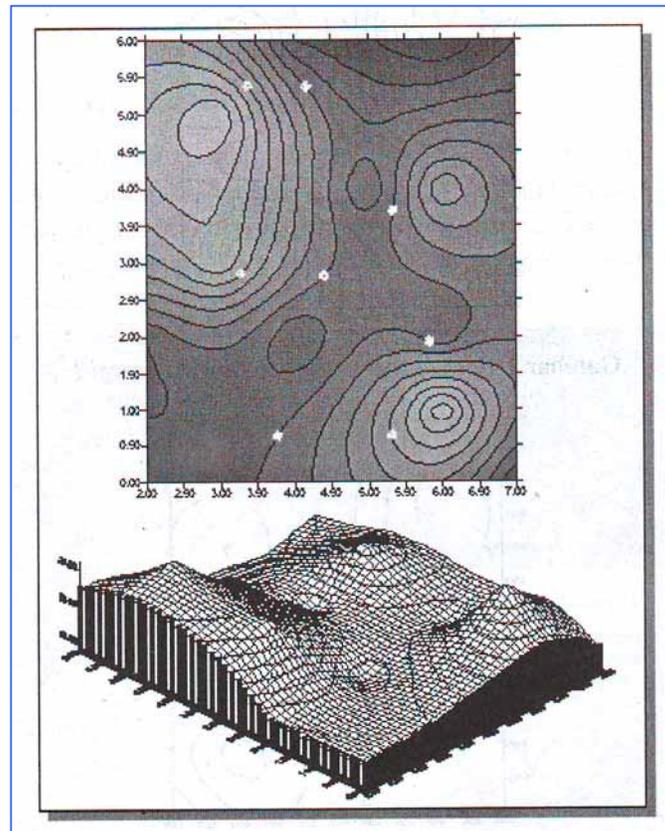
Gambar 376. Peta kontur dengan interval 3

Secara umum, pengaturan kontur interval mengikuti aturan berikut:

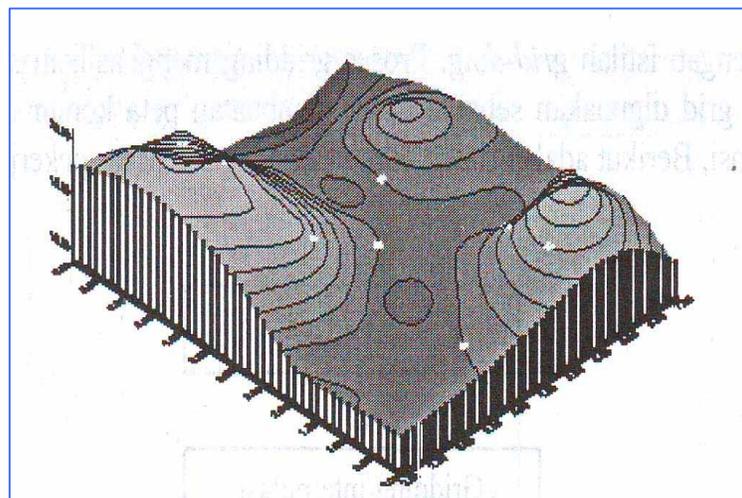
Kontur Interval = $1/2000 \times$ skala peta dasar
 Jadi jika menggunakan dasar dengan skala 1 : 50.000 maka seharusnya kontur interval peta adalah 25 meter. Beda tinggi antar garis kontur tersebut terpaut 25 meter. Seandainya peta dasar tersebut diperbesar menjadi skala 1: 25.000, maka kontur intervalnya pun juga harus diubah menjadi 12,5 meter.

7. Overlay peta kontur

Overlay peta kontur dimaksudkan adalah menampakkan sebuah peta kontur dengan sebuah data raster, atau sebuah peta kontur dengan model tiga dimensi. Overlay ini memudahkan analisis sebuah wilayah dalam kaitannya dengan kontur atau bentuk morfologi lahan setempat.



Gambar 377. Gambar peta kontur dan model 3D.

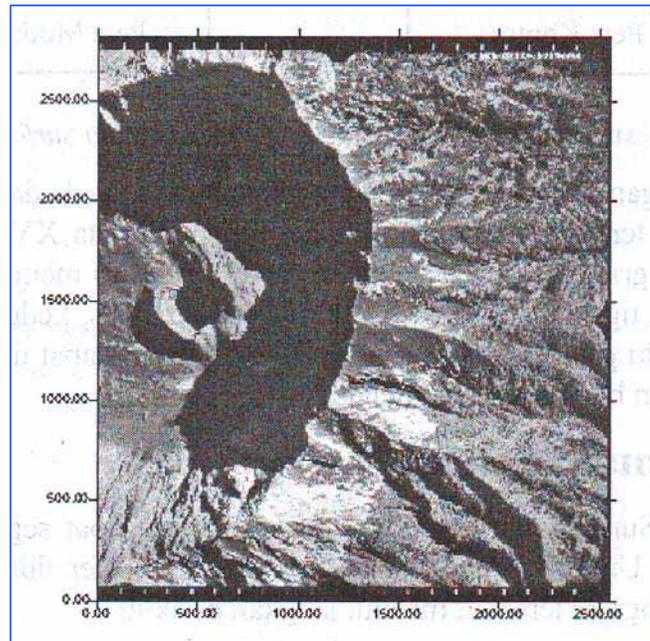


Gambar 378. Overlay peta kontur dengan model 3D.

8. Penggunaan peta dasar

Peta dasar yang digunakan pada Surfer dapat berasal dari peta-peta lain ataupun data citra seperti foto udara ataupun citra satelit. Peta dasar tersebut dinamakan Base Map.

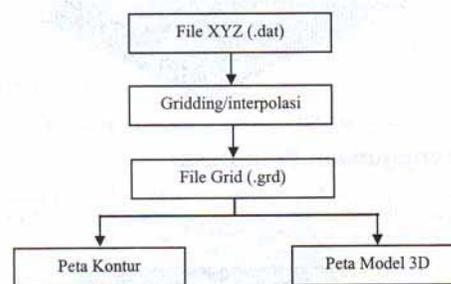
Proses kedua ini sering disebut dengan istilah grid-ding. Proses gridding menghasilkan sebuah file grid. File grid digunakan sebagai dasar pembuatan peta kontur dan model tiga dimensi. Berikut adalah diagram alur secara garis besar pekerjaan dalam Surfer.



Gambar 379. Base map foto udara

9. Alur Kerja surfer

Pembuatan peta kontur ataupun model tiga dimensi dalam Surfer diawali pembuatan data tabular XYZ. Dapat juga digunakan data DEM (Digital Elevation Models) sebagai pengganti data XYZ tersebut. Data XYZ selanjutnya diinterpolasikan dalam sebuah file grid.

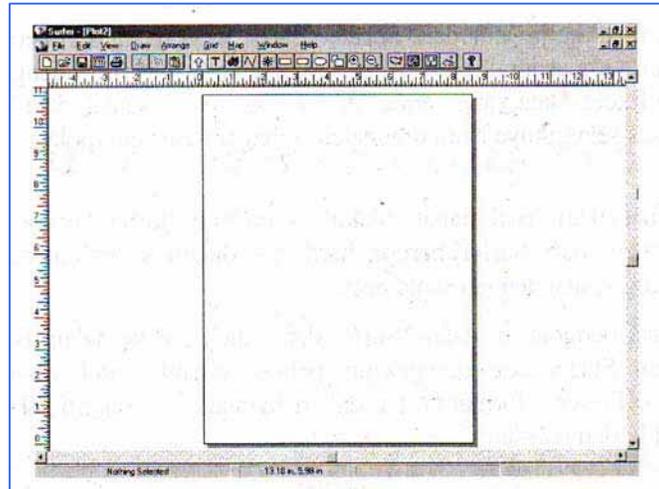


Gambar 380. Alur garis besar pekerjaan pada surfer.

Dan bagan di atas dapat diketahui bahwa sebuah data pengukuran lapangan akan terlebih dahulu dimasukkan menjadi data XYZ. Selanjutnya melalui proses gridding data tersebut dapat diinterpolasi menjadi peta kontur ataupun model tiga dimensional. Dalam proses analisis, kedua bentuk hasil interpolasi, yaitu peta kontur dan model tiga dimensi, dapat dianalisis secara terpisah ataupun bersama-sama melalui proses overlay.

Desktop di atas adalah antarmuka pertama kali saat masuk pada program Surfer. Pada saat masuk pertama kali, kita akan menemukan lembar plot kosong.

Obyek-obyek tertentu seperti lingkaran, segi empat, titik, dan berbagai simbol dapat dibuat secara langsung pada lembar plot tersebut. Digitasi secara langsung tersebut menggunakan fasilitas ikon-ikon yang tersedia pada baris toolbar (gambar 382).



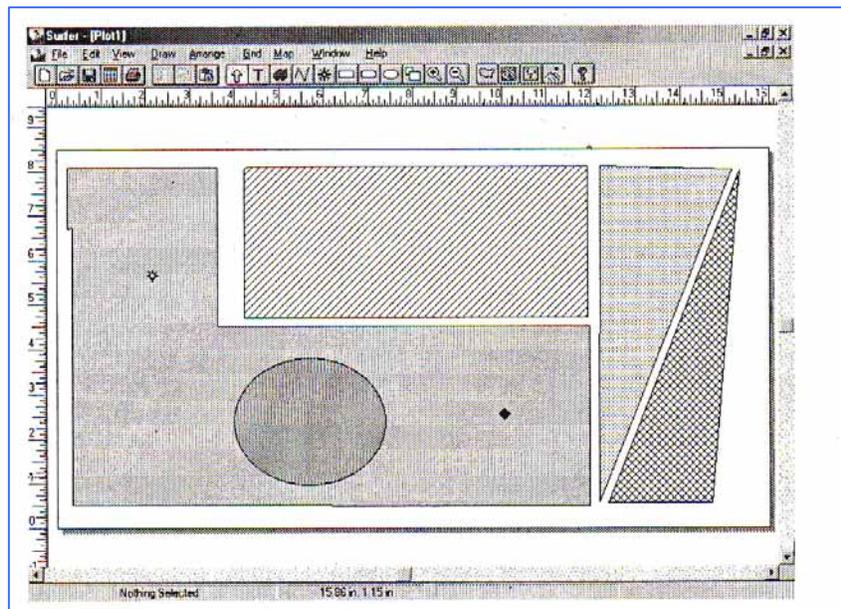
Gambar 381. Lembar plot surfer.

10. Memulai Surfer

Jika program surfer telah terpasang, maka surfer dapat segera digunakan untuk bekerja. Untuk memulai pekerjaan dengan surfer dilakukan dengan masuk pada program tersebut melalui langkah berikut:

- Klik start.
- Pilih program.
- Pilih Goden Software.
- Pilih Surfer 32.

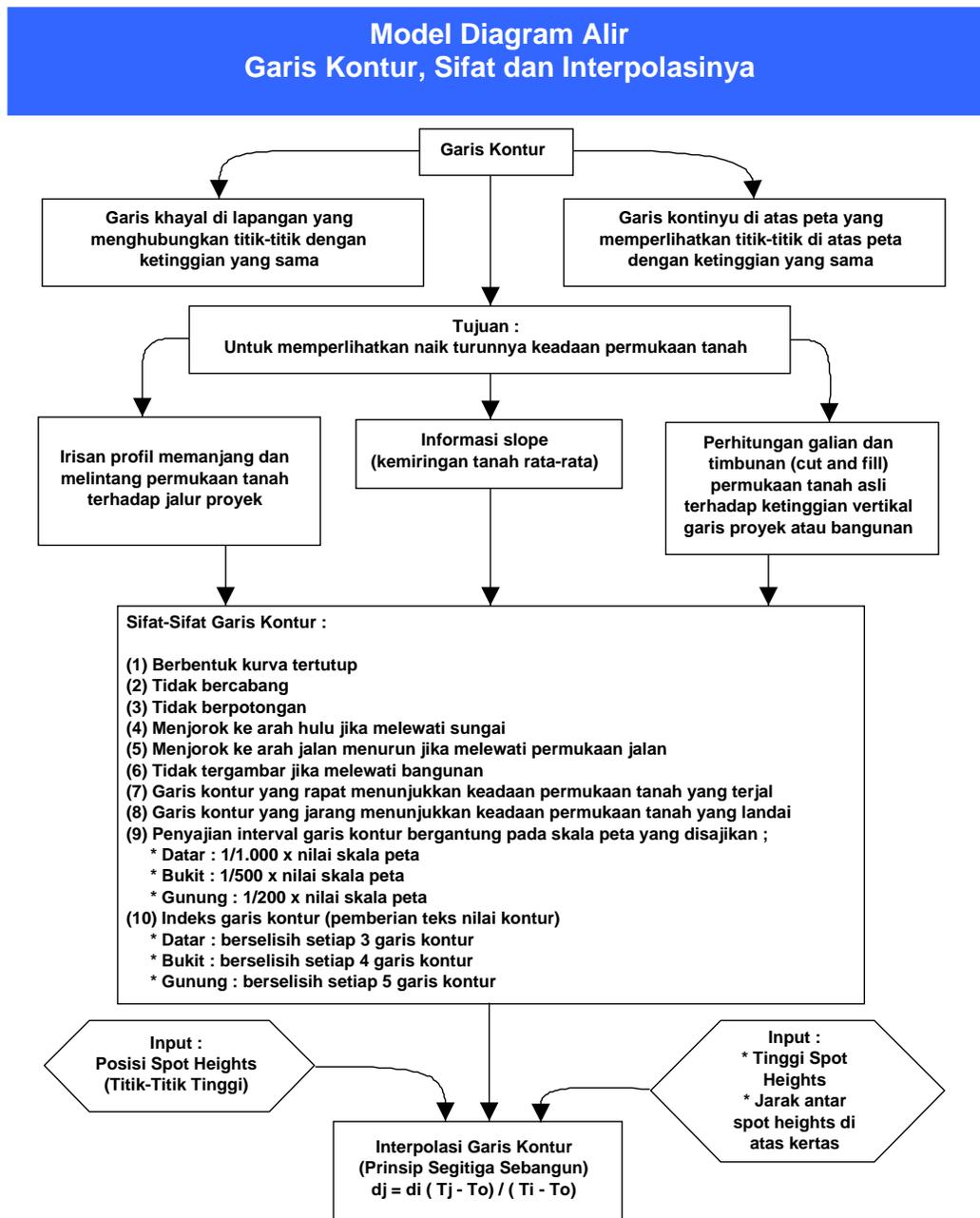
Lembar kerja lain dari surfer adalah worksheet. Lembar kerja ini merupakan tempat input data XYZ. Lembar kerja ini mirip dengan lembar kerja MS Excel. Data yang berasal dari worksheet ini adalah data XYZ yang pada proses selanjutnya akan digunakan sebagai dasar interpolasi pembuatan kontur.



Gambar 382. Obyek melalui digitasi

Pencetakan hasil dapat dilakukan melalui surfer secara langsung. Hasil cetakan dari surfer berupa hardcopy dalam sebuah kertas dengan ukuran yang sesuai dengan skala peta.

Hasil pengolahan dalam surfer dapat diekspor ke dalam bentuk atau format lain. Surfer akan mengekspor peta ke dalam bentuk vektor dengan format .DXF, serta format raster dalam banyak tipe seperti .JPG, .BMP, .GIF, .TIFF, dan lain-lain.



Gambar 383. Model diagram alir garis kontur, sifat dan interpolasinya

Rangkuman

Berdasarkan uraian materi bab 13 mengenai garis kontur, sifat, dan interpolasinya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Garis kontur adalah garis khayal yang menghubungkan titik – titik dengan ketinggian yang sama. Tujuan pembuatan garis kontur di atas peta adalah untuk memperlihatkan naik – turunnya keadaan permukaan tanah.
2. Aplikasi dari garis kontur adalah untuk memberikan informasi slope (kemiringan tanah rata-rata), irisan profil memanjang atau melintang permukaan tanah terhadap jalur proyek (bangunan) dan perhitungan galian serta timbunan (cut and fill).
3. Sifat – sifat garis kontur :
 - a. Berbentuk kurva tertutup, tidak bercabang dan tidak berpotongan.
 - b. Menjorok ke arah hulu jika melewati sungai, menjorok ke arah jalan menurun jika melewati permukaan jalan dan tidak tergambar jika melewati bangunan.
 - c. Garis kontur yang rapat menunjukkan keadaan permukaan tanah yang terjal, garis kontur yang jarang menunjukkan keadaan permukaan yang landai dan satu garis kontur mewakili satu ketinggian tertentu..
 - d. Penyajian interval garis kontur tergantung pada skala peta yang disajikan, jika datar maka interval garis kontur adalah 1/1000 dikalikan dengan nilai skala peta , jika berbukit maka interval garis kontur adalah 1/500 dikalikan dengan nilai skala peta dan jika bergunung maka interval garis kontur adalah 1/200 dikalikan dengan nilai skala peta.
 - e. Penyajian indeks garis kontur pada daerah datar adalah setiap selisih 3 garis kontur, pada daerah berbukit setiap selisih 4 garis kontur sedangkan pada daerah bergunung setiap selisih 5 garis kontur.
 - f. Rangkaian garis kontur yang berbentuk huruf "U" menandakan punggung gunung. Dan rangkaian garis kontur yang berbentuk huruf "V" menandakan suatu lembah/jurang.
4. Interval kontur adalah jarak tegak antara dua garis kontur yang berdekatan dan merupakan jarak antara dua bidang mendatar yang berdekatan. Interpolasi garis kontur menggunakan prinsip segitiga sebangun yaitu :
$$dj = di (Tj - To) / (Ti - To)$$

Soal latihan

Jawablah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini !

1. Apa yang dimaksud dengan garis kontur ?
2. Apa tujuan pembuatan garis kontur dan sebutkan aplikasi dari garis kontur ?
3. Sebutkan dan jelaskan sifat-sifat garis kontur?
4. Sebutkan dan lengkapi dengan gambar kegunaan garis kontur ?
5. Apa yang dimaksud dengan Interval kontur dan Indeks kontur?
6. Sebutkan bentuk muka tanah dengan interval konturnya ?
7. Apa yang dimaksud dengan interpolasi garis kontur?
8. Jelaskan bagaimana cara menginterpolasi garis kontur ?
9. Perangkat lunak yang digunakan untuk pembuatan peta kontur ?
10. Hal –hal apa saja yang perlu diperhatikan dalam pembuatan garis kontur ?

14. Perhitungan Galian Timbunan

Galian dan timbunan atau yang lebih dikenal oleh orang-orang lapangan adalah Cut and Fill dimana pekerjaan ini sangat penting baik pada pekerjaan pembuatan jalan, bendungan, bangunan, dan reklamasi.

Galian dan timbunan dapat diperoleh dari peta situasi yang dilengkapi dengan garis-garis kontur atau diperoleh langsung dari lapangan melalui pengukuran sipat datar profil melintang sepanjang koridor jalur proyek atau bangunan.

Galian dan timbunan dapat diperoleh dari peta situasi dengan metode penggambaran profil melintang sepanjang jalur proyek atau metode grid-grid (gridding) yang meninjau galian dan timbunan dari tampak atas dan menghitung selisih tinggi garis kontur terhadap ketinggian proyek ditempat perpotongan garis kontur dengan garis proyek.

Feet kubik, yard kubik dan meter kubik dipakai dalam hitungan pengukuran tanah, walaupun yard kubik adalah satuan yang paling umum dalam pekerjaan tanah $1\text{yd}^3 = 27\text{ft}^3$, $1\text{m}^3 = 35,315\text{ft}^3$. Namun biasanya di Indonesia di gunakan meter kubik sebagai satuan dalam menentukan jumlah volume.

Pada suatu proyek konstruksi, pekerjaan galian dan timbunan tanah (*cut and fill*) hampir tidak pernah dapat dihindarkan. Hal tersebut diakibatkan adanya perbedaan.

letak permukaan tanah asli dan permukaan tanah rencana yang disebabkan topografi daerah yang berbeda-beda.

Sekalipun permukaan tanah asli sama dengan permukaan tanah rencana, akan tetapi tanah asli tersebut belum tentu memenuhi syarat daya dukung tanah. Dalam hal ini galian dan timbunan perlu diperhitungkan secara seksama sehingga biaya pekerjaan konstruksi dapat dibuat lebih ekonomis.

14.1 Tujuan perhitungan galian dan timbunan

Mengingat pentingnya pekerjaan galian dan timbunan, apalagi untuk proyek berskala besar dapat berdampak langsung terhadap biaya total pekerjaan. Maka, perlu dilakukan perhitungan galian dan timbunan.

Adapun Tujuan lain dari perhitungan galian dan timbunan sebagai berikut :

1. Meminimalkan penggunaan volume galian dan timbunan pada tanah, sehingga pekerjaan pemindahan tanah dan pekerjaan stabilitas tanah dasar dapat dikurangi, waktu penyelesaian proyek dapat dipercepat, dan biaya pembangunan dapat se-efisien mungkin.

2. Untuk menentukan peralatan (alat-alat berat) yang digunakan pada pekerjaan galian maupun timbunan, dengan mempertimbangkan kemampuan daya operasional alat tersebut.

14.2 Galian dan timbunan

Galian dan timbunan berdimensi volume (meter kubik). Volume dapat diperoleh secara teoritis melalui perkalian luas dengan panjang. Galian dan timbunan untuk keperluan teknik sipil dan perencanaan diperoleh melalui perolehan luas rata-rata galian atau timbunan di dua buah profil melintang yang dikalikan dengan jarak mendatar antara kedua profil melintang tersebut.

Galian dan timbunan banyak digunakan untuk kepentingan pembuatan jalan raya, saluran irigasi, dan aplikasi lain, seperti pembangunan kavling untuk perumahan.

Teknologi pengukuran dan pemetaan yang digunakan saat ini sudah sangat demikian berkembang. Survei lapangan dapat diperoleh secara cepat dan tepat menggunakan peralatan *Total Station* atau GPS (*Global Positioning System*) dan diikuti oleh sistem perekaman data yang dapat langsung diolah oleh komputer dan dengan menggunakan berbagai macam perangkat lunak CAD dapat langsung disajikan

informasi grafis beserta luas dan nilai galian timbunannya.

14.3 Metode-metode perhitungan galian dan timbunan

Pengukuran volume langsung jarang dikerjakan dalam pengukuran tanah, karena sulit untuk menerapkannya dengan sebenarnya sebuah satuan terhadap material yang terlibat. Sebagai gantinya dilakukan pengukuran tidak langsung. Untuk memperolehnya dilakukan pengukuran garis dan luas yang mempunyai kaitan dengan volume yang diinginkan.

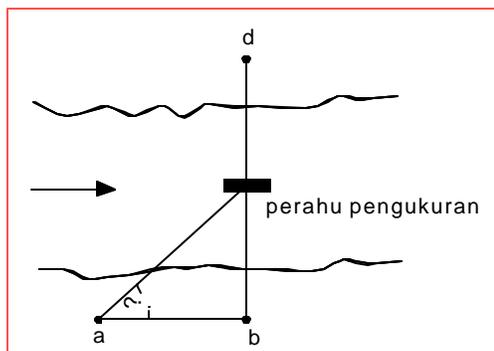
Namun sebelum membahas lebih lanjut marilah kita ketahui tentang apa yang dimaksud dengan tampang/penampang baik itu tampang memanjang, maupun tampang melintang serta kegunaannya.

Penampang merupakan gambar irisan tegak. Bila pada peta topografi bisa dilihat bentuk proyeksi tegak model bangunan, maka pada gambar penampang bisa dilihat model potongan tegak bangunan dalam arah memanjang ataupun melintang tegak lurus arah potongan memanjang.

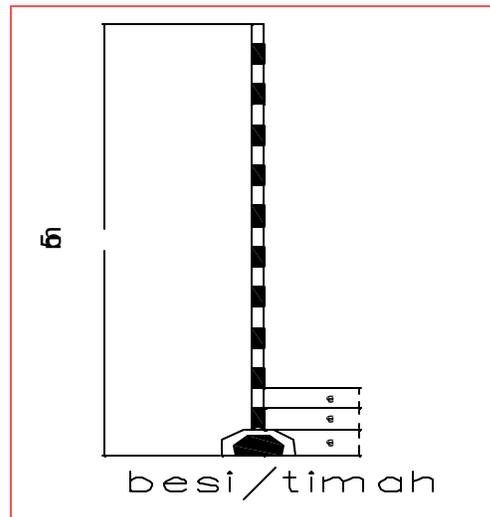
Bisa dipahami bahwa gambar penampang merupakan gambaran dua dimensi dengan elemen unsur jarak (datar) dan ketinggian. Unsur-unsur rupa bumi alamiah ataupun unsur-unsur buatan manusia yang ada dan yang akan dibuat disajikan dalam gambar

penampang. Pada gambar penampang dibuat dan disajikan rencana dan rancangan bangunan dalam arah tegak. Skala horizontal pada gambar penampang umumnya lebih kecil dibanding skala tegak.

Pengukuran penampang bisa dilakukan dengan mode teristris, fotografis ataupun ekstra teristris. Tergantung pada jenis pekerjaan dan kondisi medannya, pengukuran penampang bisa dilakukan dengan cara langsung ataupun tidak langsung menggunakan alat sipat datar, theodolite atau alat sounding untuk pengukuran pada daerah berair yang dalam.



Gambar 384. Sipat datar melintang



Gambar 385. Tongkat sounding

Penampang memanjang

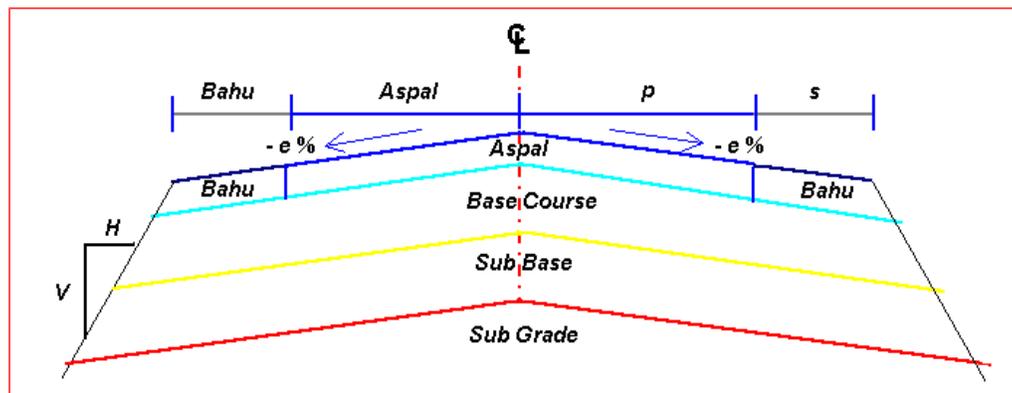
Penampang memanjang umumnya dikaitkan dengan rencana dan rancangan memanjang suatu rute jalan, rel, sungai atau saluran irigasi misalnya. Irisan tegak penampang memanjang mengikuti sumbu rute.

Pada rencana jalan, potongan memanjang umumnya bisa diukur langsung dengan cara sipat datar kecuali pada lokasi perpotongan dengan sungai, yaitu potongan memanjang jalan merupakan potongan melintang sungai.

Pada perencanaan sungai, potongan memanjang umumnya tidak diukur langsung tetapi diturunkan dari data ukuran potongan melintang.

Skala jarak horizontal gambar penampang memanjang mengikuti skala peta rencana rute sedangkan gambar skala tegak (ketinggian) dibuat pada skala 1 : 100 atau 1 : 200. Gambar potongan memanjang suatu rute umumnya digambar pada satu lembar bersamasama dengan peta.

ditambah daerah penguasaan bangunan atau hingga sejauh jarak tertentu di kanan dan kiri rute agar bentuk dan kandungan elemen rupa bumi cukup tersajikan untuk informasi perencanaan.



Gambar 386. Potongan tipikal jalan

Penampang melintang

Penampang melintang merupakan gambar irisan tegak arah tegak lurus potongan memanjang.

Gambar penampang melintang secara rinci menyajikan unsur alamiah dan unsur rancangan sehingga digunakan sebagai dasar hitungan kuantitas pekerjaan.

penampang melintang juga umum digunakan sebagai data penggambaran peta fotografi sepanjang rute.

Penampang melintang umumnya diukur selebar rencana melintang bangunan

Cara pengukuran penampang melintang bisa menggunakan alat sipat datar, theodolite atau menggunakan echo sounder untuk sounding pada tempat berair yang dalam.

Pada pengukuran potongan melintang sungai bisa dipahami bahwa sumbu sungai tidak selalu merupakan bagian terdalam sungai. Data lain yang harus disajikan pada potongan melintang sungai adalah ketinggian muka air terendah dan ketinggian muka air tertinggi atau banjir.

Pada perencanaan rute juga dikenal gambar penampang melintang baku - PMB (typical cross section), yaitu bakuan rancangan

melintang yang menunjukkan struktur rancangan arah melintang. PMB jalan misalnya, menunjukkan tebal struktur perkerasan jalan, cara penggalian dan penimbunan serta sarana drainase kanan/kiri jalan (side ditch) bila diperlukan. Tergantung dari jenis tanah maka akan ada beberapa tipe potongan normal.

Ketinggian sumbu pada permukaan tipe potongan normal adalah ketinggian rencana arah vertikal. Berdasarkan tipe potongan normal yang digunakan, dibuat gambar konstruksi melintang sehingga kelihatan bentuk gambar konstruksi selengkapya sesuai keadaan muka tanah setempat.

Gambar konstruksi pada potongan melintang ini harus dipatok di lapangan untuk dikerjakan dan digunakan sebagai dasar hitungan volume pekerjaan.

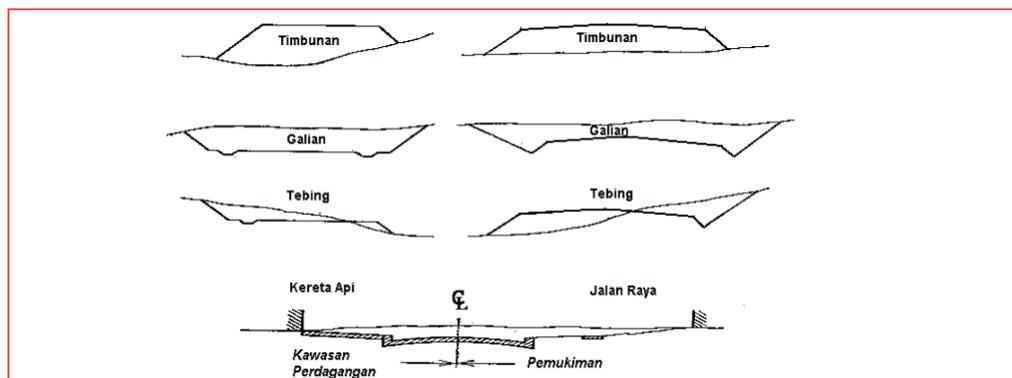
Dalam perhitungan Galian dan timbunan sebaiknya terlebih dahulu di buat rencana pekerjaan misalnya rencana pembuatan atau pengembangan jalan.

Pematokan dan prosedur pematokan (*staking out*)

Sebelum memulai perhitungan galian dan timbunan, pekerjaan diawali dengan pematokan (*stake out*). Pematokan bertujuan untuk menandai wilayah mana saja yang akan terkena galian dan timbunan, atau bagian-bagian di lapangan yang menjadi bakal proyek.

Pematokan untuk jalan dilakukan sepanjang sumbu alignment horizontal biasanya selalu setiap kelipatan jarak genap, misalnya setiap 100 m pada perencanaan pendahuluan, setiap 50 m pada *detailed design* dan tiap 25 m pada saat pelaksanaan konstruksi.

Pada bagian lurus, bila tidak ada halangan maka pematokan bisa dilakukan langsung dengan menarik meteran mendatar.



Gambar 387. Contoh penampang galian dan timbunan

Misal stasion awal proyek berada pada sta 12 + 357.50, maka patok pertama untuk pematokan tiap 50 meter adalah : sta 12 + 400.00 yang berjarak 42.50 meter dari sta 12 + 357.50.

Patok-patok berikutnya pada bagian lurus adalah sta 12 + 450.00, 12 + 500.00 dst.

Cara pematokan sepanjang bagian tangent dan sepanjang lengkung lingkaran biasa dilakukan menggunakan theodolite, pita ukur, jalon, patok dan atau paku untuk menandai dan membuat titik pengikatan patok stasion.

Prosedur pematokan:

1. Alat yang digunakan: sipat datar dengan sepasang rambu, pita ukur, mistar, kuas.



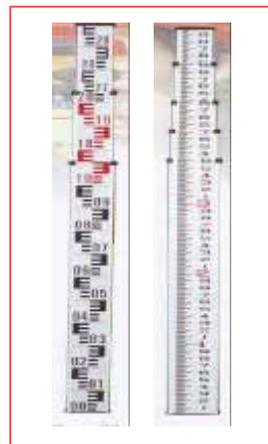
Gambar 389. Meteran gulung



Gambar 390. Pesawat theodolite EDM



Gambar 391. Jalon

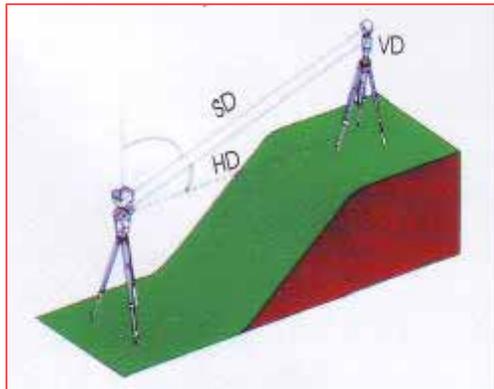


Gambar 392. Rambu ukur

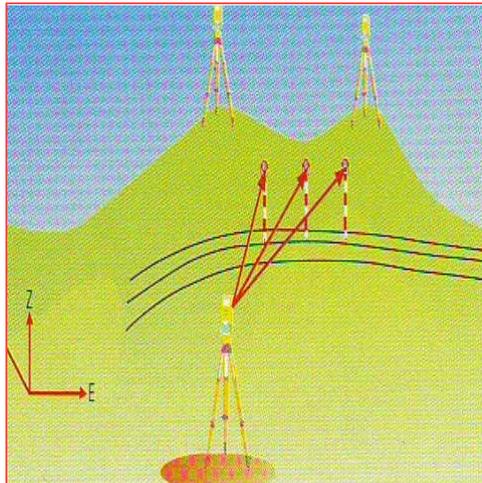
2. Dirikan sipat datar di lokasi pematokan dan bidikkan ke titik rujukan ketinggian.



Gambar 393. Stake out pada bidang datar



Gambar 394. Stake out pada bidang yang berbeda ketinggian



Gambar 395. Stake out beberapa titik sekaligus

3. Hitung ketinggian garis bidik dan hitung bacaan rambu pada suatu titik rencana.
4. Pasang tanda ketinggian pada patok pengikat sumbu di kanan dan kiri rute sesuai rencana.

Setelah pekerjaan stake out selesai, pekerjaan galian dan timbunan dapat dimulai dengan mengolah data yang

diperoleh dari lapangan untuk selanjutnya diolah.

Ada tiga sistem utama yang dipakai: metode tampang melintang, metode luas satuan atau lubang galian sumbang dan metode luas garis tinggi.

1. Metode tampang (iris) melintang (cross section method)

Metode tampang melintang dipakai hampir khusus untuk menghitung volume pada proyek-proyek konstruksi yang memanjang misalnya jalan raya, jalan baja, dan kanal (saluran).

Dalam prosedur ini, setelah sumbu diberi pancang, profil tanah yang disebut penampang melintang dibuat (tegak lurus pada sumbu, biasanya dengan selang 50 atau 100 ft. Pembuatan tampang melintang terdiri atas pengukuran elevasi-elevasi tanah dan jaraknya yang bersangkutan secara *orthogonal* kekiri dan kekanan sumbu, titik tinggi dan rendah, dan lokasi-lokasi dimana perubahan lereng terjadi untuk menentukan dengan teliti profil tanah. Pekerjaan ini dapat dilaksanakan di lapangan memakai sebuah alat sipat datar, rambu sipat datar dan pita ukur tanah.

a. Metode potongan melintang rata-rata

Luas potongan melintang A_1 dan A_2 pada kedua ujung diukur dan dengan menganggap bahwa perubahan luas potongan melintang antara kedua ujung itu

sebanding dengan jaraknya, luas A_1 dan A_2 tersebut dirata-rata. Akhirnya volume tanah dapat diperoleh dengan mengalikan luas rata-rata tersebut dengan jarak L dengan kedua ujung.

$$V = \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L$$

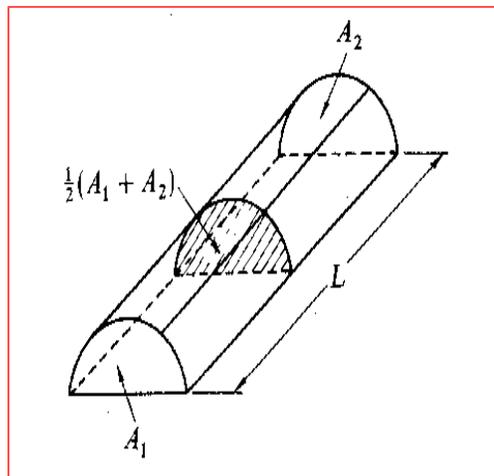
Keterangan :

V = Volume

A_1 = Luas penampang kesatu

A_2 = Luas penampang kedua

L = Panjang dari luas tampang ke satu ke luas tampang dua

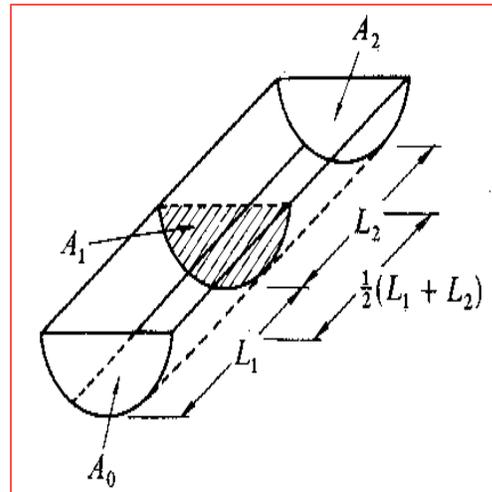


Gambar 396. Volume cara potongan melintang rata-rata

b. Metode jarak rata-rata

Jarak L_1 dan L_2 sebelum dan sesudah potongan A_1 dan A_2 di rata-rata dan untuk menghitung volume tanahnya, harga rata-rata ini dikalikan dengan luas potongan lintang A_0 .

$$V = A_0 \left(\frac{L_1 + L_2}{2} \right)$$



Gambar 397. Volume cara jarak rata-rata

Pada daerah datar di mana perubahan profil-profil melintang dan memanjang biasanya kecil sekali, harga jarak rata-rata adalah titik pengukuran (L).

$$V = A \left(\frac{L1 + L2}{2} \right) = AL$$

c. Volume prisma dan piramid kotak

Rumus volume prisma yaitu:

$$V = \frac{h}{6} (A_1 + 4A_m + A_2)$$

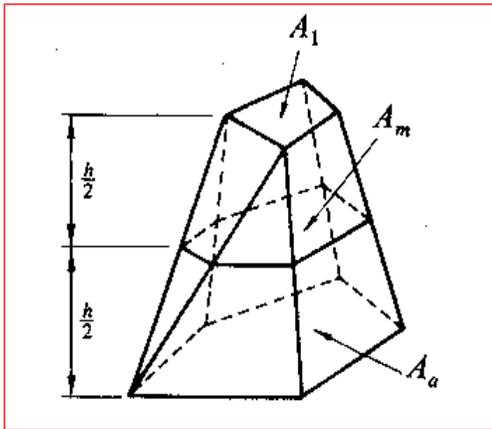
Di mana:

h = tinggi prisma

A_1 = luas bidang atas prisma

A_2 = luas bidang bawah prisma

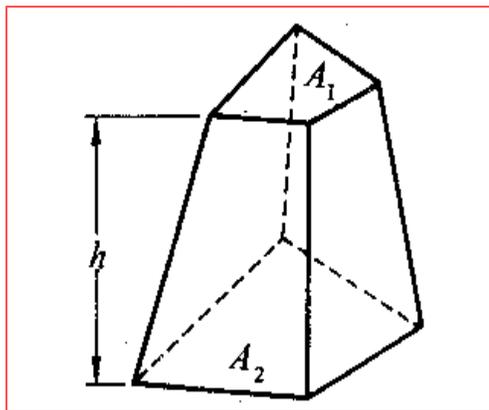
A_m = luas bidang yang melalui tengah-tengah tinggi h



Gambar 398. Volume cara prisma

Rumus volume piramid kotak yaitu:

$$V = \frac{h}{3} (A_1 + \sqrt{A_1 A_2} + A_2)$$



Gambar 399. Volume cara piramida kotak

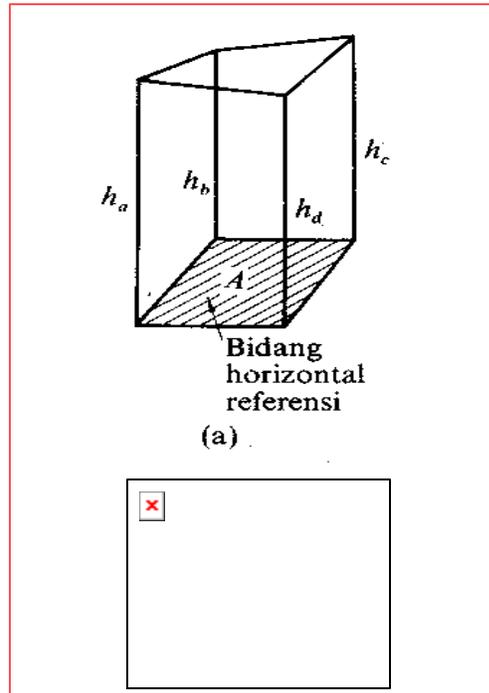
d. Cara ketinggian sama

Cara dasar ketinggian sama areal bujur sangkar .

$$V = A/4 (h_1 + 2 S h_2 + 3 S h_3 + 4 S h_4)$$

Dimana :

h_1 = ketinggian titik-titik yang digunakan i kali dalam hitungan volume



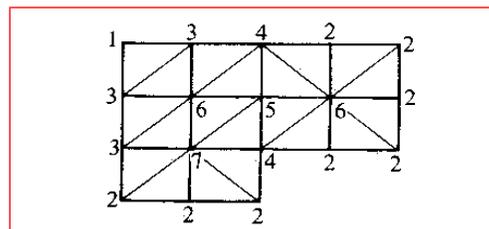
Gambar 400. Volume cara dasar sama bujur sangkar

Cara dasar ketinggian sama areal segitiga:

$$V = A/3 (h_1 + 2S h_2 + 3S h_3 + 4S h_4 + 5S h_5 + 6S h_6 + 7S h_7 + 8S h_8)$$

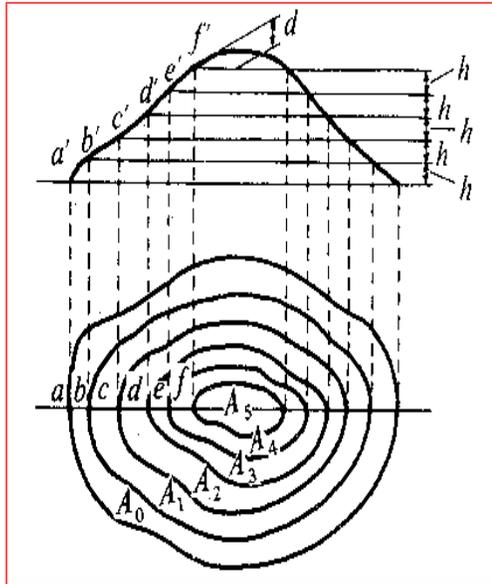
Dimana : h_1 = ketinggian titik-titik yang digunakan i kali dalam hitungan volume.

Pelaksanaan hitungan menggunakan cara sama dengan cara bujur sangkar.



Gambar 401. Volume cara dasar sama- segitiga

e. Cara Garis Kontur



Gambar 402. Volume cara kontur

Cara garis kontur dengan rumus prisma

$$V = h/3 \{ A_0 + A_n + 4SA_{2r+1} + 2SA_{2r} \}$$

r pada $2r + 1$ berselang ;

$$0 \leq r \leq 1/2(n - 2)$$

r pada $2r$ berselang ;

$$0 \leq r \leq 1/2(n - 2).$$

Untuk $n = 2$ diperoleh $r = 0$, sehingga :

$$V = h/3(A_0 + A_2 + 4A_1)$$

$$= h/3(A_0 + 4A_1 + A_2).$$

Bila n adalah ganjil, bagian yang terakhir dihitung dengan cara piramida kotak atau cara rerata luas penampang awal dan akhir.

Cara garis kontur dengan rumus piramida kotak :

$$V = h/3 \{ A_0 + A_n + 2SA_r + S(A_{r-1}A_r)^{1/2} \}$$

r pada $2SA_r$ berselang ;

$$1 \leq r \leq n - 1,$$

r pada $S(A_{r-1}A_r)^{1/2}$ berselang ;

$$1 \leq r \leq n.$$

Untuk $n = 1$ diperoleh :

$$V = h/3 \{ A_0 + A_1 + (A_0A_1)^{1/2} \}$$

$$= h/3 \{ A_0 + (A_0A_1)^{1/2} + A_1 \}$$

Cara garis kontur dengan luas rata-rata

$$V = h/2 \{ A_0 + A_n + 2SA_r \}$$

r bernilai $1 \leq r \leq n - 1$.

Untuk $n = 1$ diperoleh :

$$V = h/2 (A_0 + A_1)$$

Jenis-jenis irisan tampang melintang,

Jenis-jenis irisan tampang melintang yang biasa dipakai pada pengukuran jalur lintas ditunjukkan pada gambar 14.7. Pada tanah *datar irisan (tampang) datar* (a) adalah yang sesuai. *Tampang tiga tingkat* (b) biasanya yang dipakai dimana keadaan tanah biasa. Topografi yang bergelombang mungkin memerlukan tampang lima tingkat (c), atau lebih praktis sebuah tampang tak beraturan (d), tampang transisi (e), dan tampang lereng bukit (f), terjadi dalam perubahan dari galian ke timbunan pada lokasi lereng bukit.

a. Luas ujung dengan koordinat

Metode koordinat untuk menghitung luas ujung dapat dipakai untuk sembarang

jenis tampang dan mempunyai banyak pemakaian teknis.

b. Luas prismoidal

Luas prismoidal berlaku untuk volume-volume semua benda pejal geometris yang dapat dianggap prismoidal. Kebanyakan volume pekerjaan tanah termasuk klasifikasi ini, tetapi nisbi beberapa saja daripadanya memerlukan keseksamaan rumus prismoidal. Tanah itu tidak seragam dari tampang melintang lain, dan sudut tegak lurus dari sumbu yang dibuat dengan prisma pentagon atau dengan metode "lengan".

c. Hitungan volume

Dalam konstruksi jalan raya dan jalan baja, material penggalian atau galian dipakai untuk membangun penimbunan atau timbunan. Kecuali ada faktor-faktor pengendali lainnya, garis gradien yang bagus perencanaannya seharusnya hampir memberi timbangan volume jumlah galian dengan volume jumlah timbunan.

Untuk mencapai keseimbangan, volume timbunan dikembangkan atau volume galian dikecilkan. Ini perlu karena kecuali untuk galian-galian batu dan penimbunan dimampatkan sampai suatu kepekatan yang lebih besar daripada material yang digali dari keadaan alamiahnya, dan

untuk menyeimbangkan pekerjaan tanah, ini harus dipertimbangkan.

Untuk menganalisa pemindahan kuantitas pekerjaan tanah pada proyek-proyek besar, dibuat diagram massa. Ini adalah penggambaran volume kumulatif untuk masing-masing stasiun sebagai ordinat, terhadap stasiun-stasiun pada absis.

Garis-garis horizontal (keseimbangan) pada diagram massa kemudian menentukan batas angkutan dan arah pembuangan material yang masih ekonomis.

Jika tidak ada material cukup dari galian untuk membuat galian yang diperlukan, selisihnya harus dipinjam (diperoleh dari lubang galian sumbang atau sumber-sumber lain seperti membuat lengkungan "tambahan").

Jika ada kelebihan galian, maka dibuang atau barangkali dipakai untuk memperluas dan meratakan timbunan.

2. Metode luas satuan atau lubang galian sumbang (*borrow pit method*)

Untuk mengetahui kualitas tanah, kerikil, batu atau material lain yang digali atau yang ditimbunkan pada sebuah proyek konstruksi dapat ditentukan dengan sipat datar lubang galian sumbang (*borrow pit method*).

3. Metode luas garis tinggi (*contour area method*)

Volume berdasarkan garis tinggi dapat diperoleh dari peta garis tinggi dengan pengukuran luas memakai planimeter terhadap wilayah yang dibatasi masing-masing garis tinggi dan mengalikan luas perata garis tinggi yang berdampingan dengan interval garis tinggi.

Selain metode-metode di atas volume dapat dicari dengan menggunakan rumus integral simpson, prisma, dan sebagainya.

a. Hitungan isi cara Simpson

Dari keempat bentuk yang memanfaatkan potongan melintang, baik untuk bentuk sederhana, seksi tiga level, kemudian seksi dengan kemiringan diketahui, dan akhirnya sisi kemiringan bukit, maka selanjutnya hasil hitungan luas (volume). Hal ini dapat dilakukan baik dengan menggunakan rumus Simpson ataupun rumus prisma.

Perhitungan volume dengan metode Simpson, yaitu pekerjaan galian dan timbunan umumnya dilakukan berdasarkan potongan melintang, yang mempunyai interval yang sama, misalnya 100m, atau 50m. demikian pula rentangan garis tengah juga belum tentu sama panjang, baik ke kiri maupun ke kanan, sehingga untuk setiap potongan melintang yang dihasilkan akan didapatkan beberapa bentuk luas potongan melintang.

Yang kedua umumnya diberikan bidang persamaan, yaitu hasil desain pada satu rancang bangun konstruksi diatas ketinggian yang tertentu, sehingga dengan demikian mungkin terjadi galian dan timbunan. Galian terjadi apabila bidang persamaanya lebih tinggi dari profil yang ada. Timbunan yang lebih rendah dari profil yang ada, sedangkan timbunan yang terjadi apabila bidang persamaan lebih tinggi daripada profil yang ada. Apabila luas semua potongan melintang tersebut telah dihitung, maka dengan sendirinya volume pekerjaan tersebut akan segera pula didapat yaitu dengan metode Simpson.

b. Hitungan isi cara prisma

Sebuah prisma didefinisikan sebagai sebuah bentuk padat (solid) yang mempunyai dua bidang paralel, baik dalam ukuran tertentu atau tak tentu bentuknya. Kedua permukaan ini dihubungkan oleh permukaan bidang ataupun lengkungan yang dari satu ujung kelainnya, misalnya prisma.

Menurut Simpson:

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= (1/3) \times (D/2) \times \{A_1 + A_2 + (2A_0) \\ &\quad + 4M\} \\ &= (1/6) \times D \times (A_1 + A_2 + 4M) \end{aligned}$$

Ini adalah cara Simpson yang digunakan pada prisma ini, sehingga dapat digunakan untuk menghitung sembarang prisma melintang dengan mempersiapkan terlebih

dahulu luas M yaitu potongan melintang tengah dari bentuk prisma tersebut. Patut diperhatikan bahwa luas M belum tentu merupakan harga rata-rata dari luas potongan awal dan akhir.

Volume pekerjaan be sar

Hitungan dapat dilakukan dengan perhitungan titik-titik ketinggian atau perhitungan melalui kontur. Sehingga perlu dilakukan pekerjaan sipat datar luas, baik secara langsung ataupun tak langsung.

1. Volume dari titik tinggi

Dalam cara A yaitu volume dengan menghitung titik ketinggian, maka pengukuran yang dilakukan adalah ukuran sipat datar luas, yaitu sipat datar luas tak langsung membuat patok-patok persil serta mengukur ketinggian titik sudut setiap persil.

2. Volume garis kontur

Cara untuk menghitung daerah yang luas ini adalah dengan menggunakan kontur. Setelah diperhatikan ternyata bentuk kontur tersebut mirip dengan bentuk prisma. Sehingga andaikan bahwa bidang yang dibentuk oleh sepasang kontur merupakan potongan-potongan yang ada dalam perhitungan di muka. Sehingga volume suatu daerah dapat dihitung dengan menggunakan rumus prisma dengan mengambil 3 bidang kontur.

Kontur pertama, kedua, dan ketiga, merupakan suatu set perhitungan yang akan menghasilkan volume kedua lapisan tersebut, yaitu dibatasi oleh lapisan pertama tersebut, yaitu dibatasi oleh lapisan pertama dan ketiga. Maka kita dapatkan untuk kedua lapisan tersebut:

$$\text{Volume} = (2H/6) \times (A1 + 4A2 + A3)$$

Kalau naik lagi selanjutnya didapatkan persamaan lain, yaitu :

$$\text{Volume} = (2H/6) \times (A3 + 4A4 + A5)$$

Kalau dijumlahkan, kedua volume lapisan kontur ini akan didapatkan bahwa penjumlahannya Volume total :

$$(H/3) \times \{A1 + A5 + 2A3 + 4 \times (A2 + A4)\}$$

Rumus di atas sangat mirip dengan rumus Simpson yang umum, yaitu luas potongan awal ditambah dua kali potongan ganjil ditambah jumlah empat kali potongan genap. Sehingga yang mudah kita dapat menghitung volume tersebut.

Sumber-sumber galat

Beberapa Galat yang biasa ada pada penentuan luas tampang dan volume pekerjaan tanah adalah:

1. Membuat Galat dalam pengukuran tampang melintang
2. Kelalaian memakai rumus prismoidal dimana dibenarkan.

3. Memakai angka luas tampang melintang melebihi ft persegi terdekat, atau melebihi batas yang dimungkinkan oleh data lapangan.
4. Memakai angka volume melebihi yard persegi terdekat.

Kesalahan-kesalahan besar

Beberapa kesalahan khas yang dibuat dalam hitungan pekerjaan tanah adalah:

1. Mengacaukan tanda-tanda aljabar dalam hitungan luas ujung memakai metode koordinat
2. Memakai persamaan untuk hitungan volume stasiun angka bulat padahal yang ada adalah stasiun angka pecahan
3. Memakai volume luas ujung untuk bentuk pyramidal atau bentuk paju (*wedgeshaped*)
4. Mencampur adukkan kuantitas galian dan timbunan

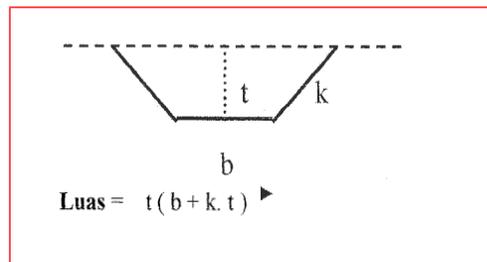
14.4 Pengolahan data galian dan timbunan

Untuk menghitung galian dan timbunan tanah berdasarkan irisan penampang melintang. Pengolahan data dilakukan dengan cara sebagai berikut :

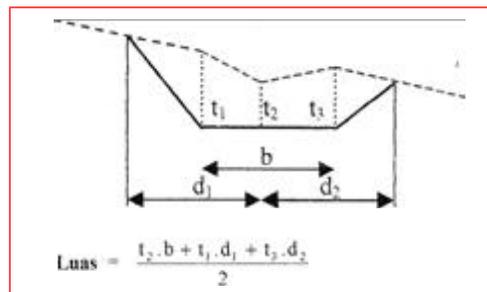
1. Tempatkan titik mana yang akan digunakan untuk irisan penampang melintang.

2. Gambarkan masing-masing irisan penampang melintang yang bersangkutan dan perlihatkan perbedaan tinggi muka tanah asli dengan tinggi permukaan perkerasan yang direncanakan.
3. Dengan menggunakan Planimetri atau milimeter kolom hitung masing-masing luas penampang galian dan timbunan dengan cermat.

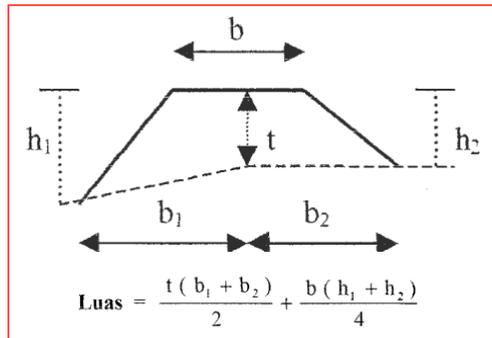
Sebagai pedoman dalam perhitungan luas bidang galian dan timbunan di atas, beberapa bentuk gambar penampang melintang untuk pekerjaan jalan raya yang kiranya perlu dicermati dengan seksama.



Gambar 403. Penampang melintang jalan ragam 1



Gambar 404. Penampang melintang jalan ragam 2



Gambar 405. Penampang melintang jalan ragam 3

4. Setelah luas masing-masing irisan penampang melintang diperoleh, selanjutnya hitung volume timbunan masing-masing dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Volume} = \frac{(a_1 + a_2)}{2} \times d$$

Keterangan :

V = Volume galian atau timbunan tanah (m³)

A₁ = Luas bidang galian atau timbunan pada titik awal proyek (m²)

A₂ = Luas bidang galian atau timbunan pada irisan penampang berikutnya (m²)

d = Panjang antara 2 (dua) titik irisan melintang (m)

5. Hitung total jumlah volume galian dan timbunan tanah tersebut.

Untuk mempermudah dalam perhitungan digunakan format tabel 14.1 berikut sebagai salah satu contoh.

Tabel 40. Tabel perhitungan galian dan timbunan

STA	Luas Penampang (m ²)		Jarak (meter)	Volume (m ³)	
	Galian	Timbunan		Galian	Timbunan
Sta. awal	G ₁	T ₁	d ₁	$\frac{G_1 + G_a}{2} \cdot d_1$	$\frac{T_1 + T_a}{2} \cdot d_1$
Sta. A	G _a	T _a			
Sta. B	G _b	T _b	d ₂	$\frac{G_b + G_c}{2} \cdot d_2$	$\frac{T_b + T_c}{2} \cdot d_2$
Sta. C	G _c	T _c			
:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:
dst	dst	dst	dst	dst	dst
Total	? G _n	? T _n	? d _n	? Vol G	? Vol T

14.5 Perhitungan galian dan timbunan

a. Perubahan volume tanah akibat galian

Materi yang terdapat di alam itu berada dalam keadaan padat dan terkonsolidasi.

dengan baik, sehingga hanya sedikit bagian-bagian yang kosong atau terisi udara di antara butir-butirnya, terutama bila butir-butir tersebut sangat halus.

Tetapi jika material tersebut digali, maka akan terjadi pengembangan volume (swelling). Besarnya swelling ini tidak sama untuk setiap jenis tanah, bergantung pada berat jenis tanah. Pengembangan volume ini dinyatakan dengan swell factor

yang dalam persen. Sebagai contoh misalnya untuk tanah liat. Bila tanah liat tersebut di alam mempunyai volume 1 m^3 , maka setelah digali menjadi $1,25 \text{ m}^3$. Artinya terjadi penambahan volume sebesar 25 %. Dengan demikian tanah liat tersebut mempunyai "Swelling Factor" 0,80 atau 80 %.

Untuk menentukan besarnya swell factor ini digunakan persamaan :

$$Sw = \frac{(B - L)}{L} \times 100\%$$

Dimana : SW = Swelling factor.

B = Berat jenis tanah dalam keadaan asli.

L = Berat jenis tanah dalam keadaan lepas.

Cara lain yang digunakan adalah dengan menggunakan *load factor*, yaitu persentase pengurangan dalam berat jenis (density) dari suatu material pada keadaan asli menjadi pemindahan tanah didasarkan pada pengukuran material dalam keadaan asli.

Persamaan yang digunakan adalah :

$$\text{Load factor} = \frac{\text{Berat jenis tanah gembur (lb/curf)}}{\text{Berat jenis tanah asli (lb/curf)}}$$

$$\text{Load factor} = \frac{\text{volume jenis tanah asli (curf/lb)}}{\text{volume jenis tanah lepas (curf/lb)}}$$

Atau volume tanah keadaan asli = load factor x volume tanah gembur.

$$Sw = \left(\frac{B}{L} - 1 \right) \times 100 \% = \left(\frac{1}{B/L} - 1 \right) \times 100 \%$$

$$\text{Swell (\%)} = \left(\frac{1}{\text{Load factor}} - 1 \right) \times 100 \%$$

b. Perubahan volume tanah akibat timbunan

Dalam pekerjaan tanah yang dimaksud dengan timbunan adalah tanah yang dipadatkan untuk tujuan tertentu. Misalkan untuk membuat badan jalan, tanggul, bendungan dan lain-lain, dengan demikian akan terjadi perubahan volume. Volume ini sering disebut volume penyusutan (*shrinkage*)

Tabel 41. Daftar load factor dan procentage swell dan berat dari berbagai bahan

MATERIAL	Lb/BCY	% Selt	Lb/LCY	Load factor (%)
Bauksit	3200	33	2400	75
Caliche	3800	82	2100	55
Cinders	1450	52	950	66
Karnotit, Bijih Uranium	3700	35	2750	74
Lempung, Tanah Liat Asli	3400	22	2800	82
Kering untuk digali	3100	11	2500	81
Basah untuk digali	350	25	2800	80
Lempung dan kerikil kering	2800	41	2000	74
Lempung dan kerikil Basah	3100	11	2800	74
Batu bara : antrasit muda	2700	35	2000	74
Batu bara : Tercuci	2500	35	1850	74
Batu bara : Bitumen muda	2150	35	1600	74
Batu bara : Tercuci	1900	35	1400	74
Batuan lapukan				
75% batu 25%tanah biasa	4700	43	3300	70
50% batu 50% tanah biasa	3850	33	2900	75
25% batu 75% tanah biasa	3300	25	2550	80
Tanah-Kering Padat	3200	25	2550	80
Tanah-Basah	3400	27	2700	79
Tanah-Lanau (Loam)	2600	23	2100	81
Batu granit-pecah	4600	64	2800	61
Kerikil, siap pakai	3650	12	3250	89
Kering	2850	12	2550	89
Kering ¼", 2" (6-51mm)	3200	12	2850	89
Basah ¼", 2" (6-51mm)	3800	12	3400	89
Pasir dan tanah liat-lepas	3400	27	2700	79
Pasir dan tanah liat-padat	-	-	4050	-
Gips dengan pecahan besar	3550	75	3050	57
Gips dengan pecahan kecil	4700	75	2700	57

Tabel 42. Daftar load factor dan percentage swell dan berat dari berbagai bahan

MATERIAL	Lb/BCY	% Selt	Lb/LCY	Load factor (%)
Hematit, bijih besi	4900	18	4150	85
Batu kapur-pecah	4400	69	2600	59
Magnetit, bijih besi	5500	18	4700	85
Pyrit, bijih besi	5100	18	4350	85
Pasir batu	4250	67	2550	60
Pasir-Kering lepas	2700	12	2400	89
Pasir-Sedikit basah	3200	12	2850	89
Pasir-Basah	3500	12	2900	89
Pasir & Kerikil-Kering	3250	12	2900	89
Pasir & Kerikil-Basah	3750	10	3400	91
Slag-Pecah	4950	67	2950	60
Batu-Pecah	4950	67	2700	60
Takonit	7100-9450	75 – 72	4100-5400	57 – 58
Tanah permukaan (<i>Top soil</i>)	2300	43	1600	70
Traprock - pecah	4400	49	2950	67

Besarnya persentase shringkage adalah :

$$Sh = \left(1 - \frac{B}{C}\right) \times 100 \%$$

Dimana :

Sh = % Penyusutan (shringkage).

B = Berat jenis tanah keadaan asli (Lb/curf)

C = Berat jenis tanah pada (lb/curf)

c. Perhitungan Galian dan Timbunan

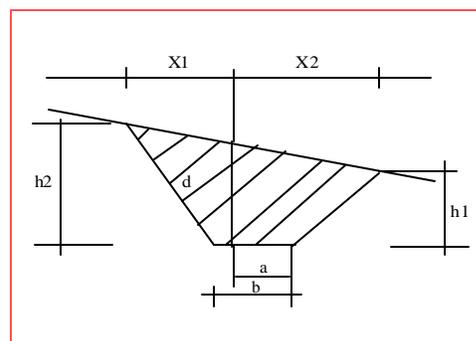
Untuk menghitung volume galian atau timbunan dari suatu badan jalan atau saluran misalnya, maka harus diketahui dulu luas penampangnya. Dalam menghitung luas penampang dapat dilakukan beberapa cara seperti: cara sederhana, cara koordinat dan lain-lain.

Perhitungan Luas Penampang,

Pada cara sederhana penampang dibagi menjadi bentuk segitiga, persegi panjang atau trapesium.

Contoh :

Misal akan dihitung volume dari galian sebagai berikut :



Gambar 406. Penampang trapesium

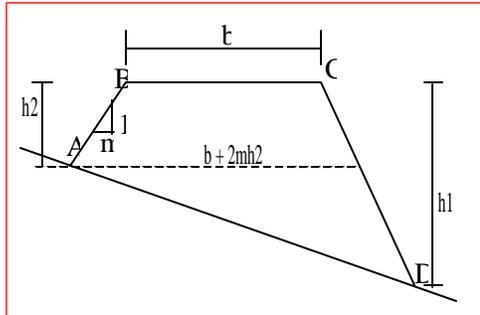
Luas galian :

$$L = \frac{1}{2} [d (X_1 + X_2) + aha_1 + (b-a)h_2]$$

Kalau $a = \frac{1}{2} b$ maka,

$$L = \frac{1}{2} [d (X_1 + X_2) + \frac{1}{2} b (ha_1 + h_2)]$$

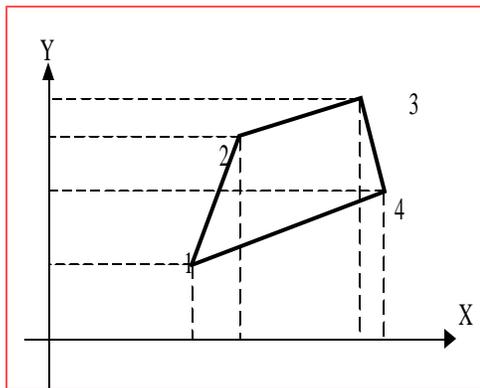
Untuk menghitung luas timbunan :



Gambar 407. Penampang timbunan

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{1}{2} h_2 (2b + 2mh_2) + \frac{1}{2} (h_1 - h_2) \times \\ &\quad (b + 2mh_2) \\ &= \frac{1}{2} bh_2 + \frac{1}{2} h_1 (b + 2mh_2) \end{aligned}$$

Hitungan luas dengan cara koordinat,



Gambar 408. Koordinat luas penampang

Luas 12341 adalah :

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} ([(x_1 + x_2) (y_2 + y_1) + (x_2 + x_3) (y_3 + \\ &\quad y_2) (x_1 + x_4) (y_4 - y_1) + (x_2 + x_4) (y_3 + y_4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} ([y_1 (x_4 - x_2) + \frac{1}{2} (x_1 - x_3) + y_3 (x_2 \\ &\quad + x_4) + y_4 (x_3 + x_1)] \end{aligned}$$

atau : $\frac{1}{2} (y_n (x_{n-1} - x_{n+1}))$

cara lain untuk 2 kali luas adalah:

$$\begin{aligned} 2A &= (x_1y_2 + x_2y_3 + x_3y_4 + x_4y_1) - (y_1x_2 \\ &\quad + y_2x_3 + y_3x_4 + y_4x_1) \end{aligned}$$

$$2A = x_n x_{n+1} - y_n x_{n+1}$$

atau dapat juga dinyatakan sebagai berikut:

$$\frac{y_1}{x_1} / \frac{y_2}{x_2} / \frac{y_3}{x_3} / \frac{y_4}{x_4} / \frac{y_1}{x_1}$$

Perbanyaklah menurut diagonal-diagonal yang ditandai dan jumlahkan semua perbanyak ini (semua positif). Kemudian perbanyak menurut diagonal-diagonal yang tidak ditandai dan jumlahkan perbanyak ini (semua negatif). Selisih dari kedua hasil penjumlahan ini merupakan 2 kali luas bidang 12341.

Pada perhitungan penampang yang hanya terdiri galian saja atau timbunan saja, sebagai sumbu-sumbu diambil canter-line dan dasar jalan.

Pada penampang di lereng yang terdiri dari galian dan timbunan, maka sumbu vertikal diambil pada perpotongan dasar jalan dan lereng. Jadi cut (galian) dan fill (timbunan) dihitung tersendiri.

Biasanya pada hitungan di dapat harga positif untuk cut dan negatif untuk fill.

d. Perhitungan Volume

Cara yang paling mudah untuk menghitung volume adalah dengan mengambil luas rata-rata bidang awal dan bidang akhir kemudian dikalikan dengan jarak L.

Jadi volume adalah :

$$V_A = \frac{1}{2} (A_1 + A_2) L \text{ m}^3$$

Dimana : A_1 = luas bidang awal

A_2 = luas bidang akhir

L = jarak antara A_1 dan A_2

Hasil ini cukup baik kalau daerahnya rata, jadi penampang-penampang antara A_1 dan A_2 tidak jauh beda. Karena cara ini sederhana sekali, maka sering dipakai dan dianggap sebagai formula standar untuk pemindahan tanah.

Cara yang lebih teliti adalah dengan rumus prismoida :

$$V_p = \frac{L}{6} (A_1 + 4A_m + A_2)$$

Dimana :

V_p = Volume dengan rumus prismoida.

L = Jarak antar bidang awal A_1 dan bidang akhir A_2 .

A_m = Bidang tengah antara A_1 dan A_2 dan sejajar dengan kedua bidang ini.

Cat : A_m bukan rata-rata dari A_1 dan A_2

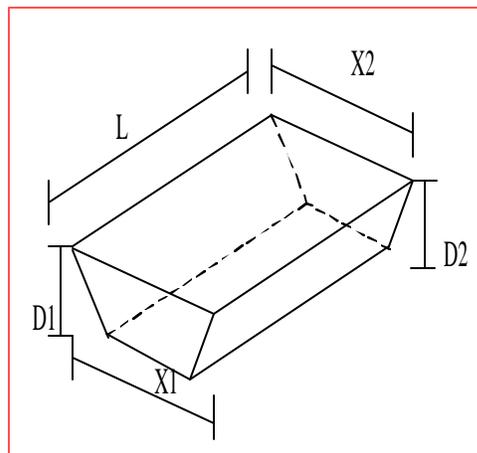
$$A_m \neq \frac{1}{2} (A_1 + A_2)$$

Kalau kita bandingkan antara V_A dan V_p pasti ada perbedaan yang disebut dengan koreksi prismoida K_v . Jika K_v ditambahkan pada V_A , maka hasilnya akan mendekati V_p .

Jadi : $K_v = V_p - V_A$

$$K_v = \frac{L}{12} (D_1 - D_2) (x_1 - x_2) \text{ m}^3$$

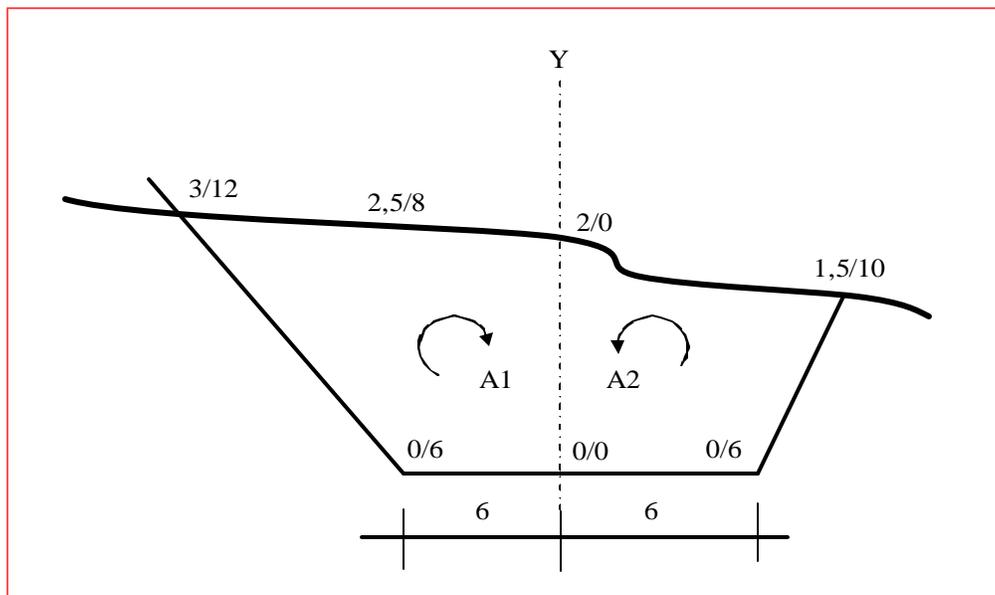
Dimana besaran-besaran d, x dan L adalah seperti gambar dibawah ini :



Gambar 409. Volume trapesium

Contoh Soal:

1. Gambar berikut ini merupakan suatu penampang galian. Penampang dibagi dalam dua bidang A_1 dan A_2 , masing-masing mempunyai koordinat seperti tergambar. Hitunglah seluruh luas penampang galian !



Gambar 410. Penampang galian

Penyelesaian :

Untuk sebelah kiri,

$$\frac{0}{0} / \frac{0}{6} / \frac{3}{12} / \frac{2,5}{8} / \frac{2}{0} / \frac{0}{0}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas } 2 A_1 &= 0 + 18 + 30 + 16 + 0 - (0 + 0 + 24 + 0 + 0) \\ &= 64 - 24 \\ &= 40 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Untuk sebelah kanan,

$$\frac{0}{0} / \frac{0}{6} / \frac{1,5}{10} / \frac{2}{80} / \frac{0}{0}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas } 2 A_2 &= 0 + 9 + 20 + 0 - (0 + 0 + 0 + 0) \\ &= 29 - 0 \\ &= 29 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

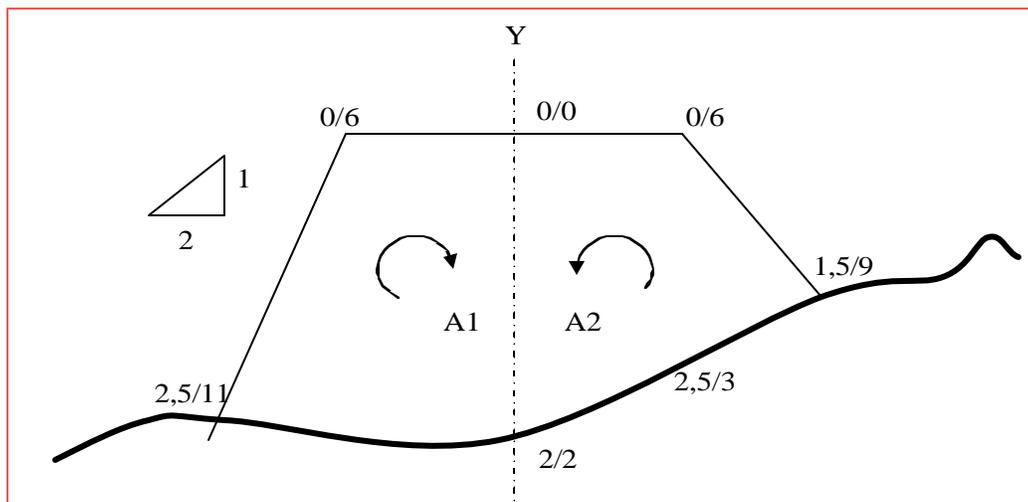
Luas seluruh penampang :

$$A = \frac{1}{2}(40 + 29) = 34,50 \text{ m}^2$$

2. Gambar berikut ini merupakan suatu penampang timbunan. Penampang dibagi dalam dua bidang A1 dan A2, masing-masing mempunyai koordinat seperti tergambar. Hitunglah seluruh luas penampang timbunan !

Untuk sebelah kanan,

$$\frac{0}{0} / \frac{2}{0} / \frac{2,5}{3} / \frac{1,5}{9} / \frac{0}{6} / \frac{0}{0}$$



Gambar 411. Penampang timbunan

Penyelesaian :

Untuk sebelah kiri,

$$\frac{0}{0} / \frac{2}{0} / \frac{2,5}{11} / \frac{0}{6} / \frac{0}{0}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas } 2 A_1 &= 0 + 0 + 0 + - (0 + 15 + 22 + 0) \\ &= 64 - 24 \\ &= - 37 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

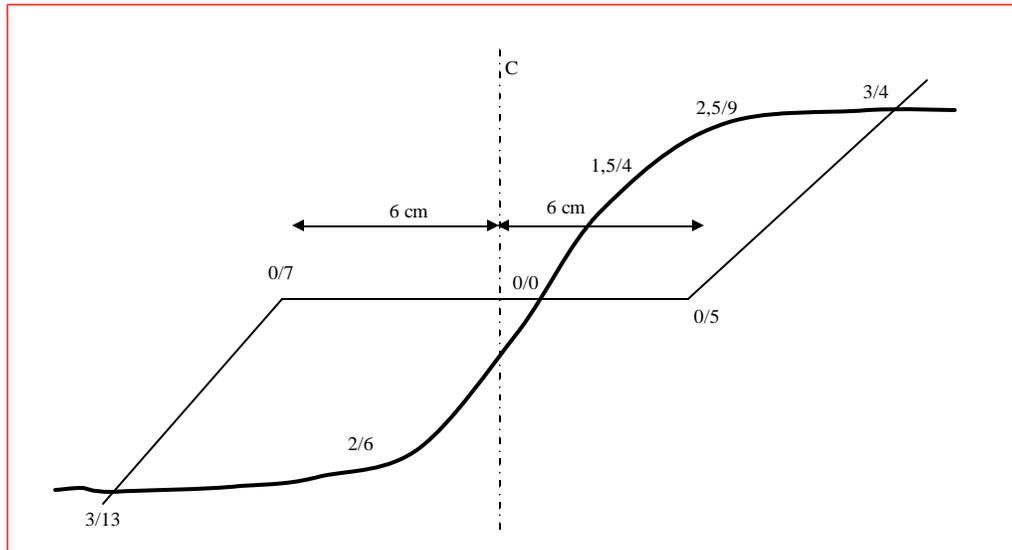
$$\begin{aligned} \text{Luas } 2 A_2 &= 0 + 0 + 4,5 + 0 + 0 - (0 + 9 + 22,5 + 37,5) \\ &= 4,5 - 37,5 \\ &= 29 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Luas seluruh penampang :

$$A = \frac{1}{2}(-37 - 33) = - 35 \text{ m}^2$$

Berdasarkan gambar diatas, luas timbunan sebesar 35 m².

3. Berdasarkan gambar berikut ini hitunglah luas galian dan timbunan



Gambar 412. Penampang galian dan timbunan

Penyelesaian :

Untuk timbunan,

$$\frac{0}{0} / \frac{2}{6} / \frac{3}{13} / \frac{0}{7} / \frac{0}{0}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas } 2 A_1 &= 0 + 18 + 0 + 0 - (0 + 26 + 21 + 0) \\ &= 18 - 47 \\ 2 A_1 &= -29 \text{ m}^2 \\ A_1 &= -14,5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh luas penampang timbunan (A_1) = -14,5 m²

Untuk galian,

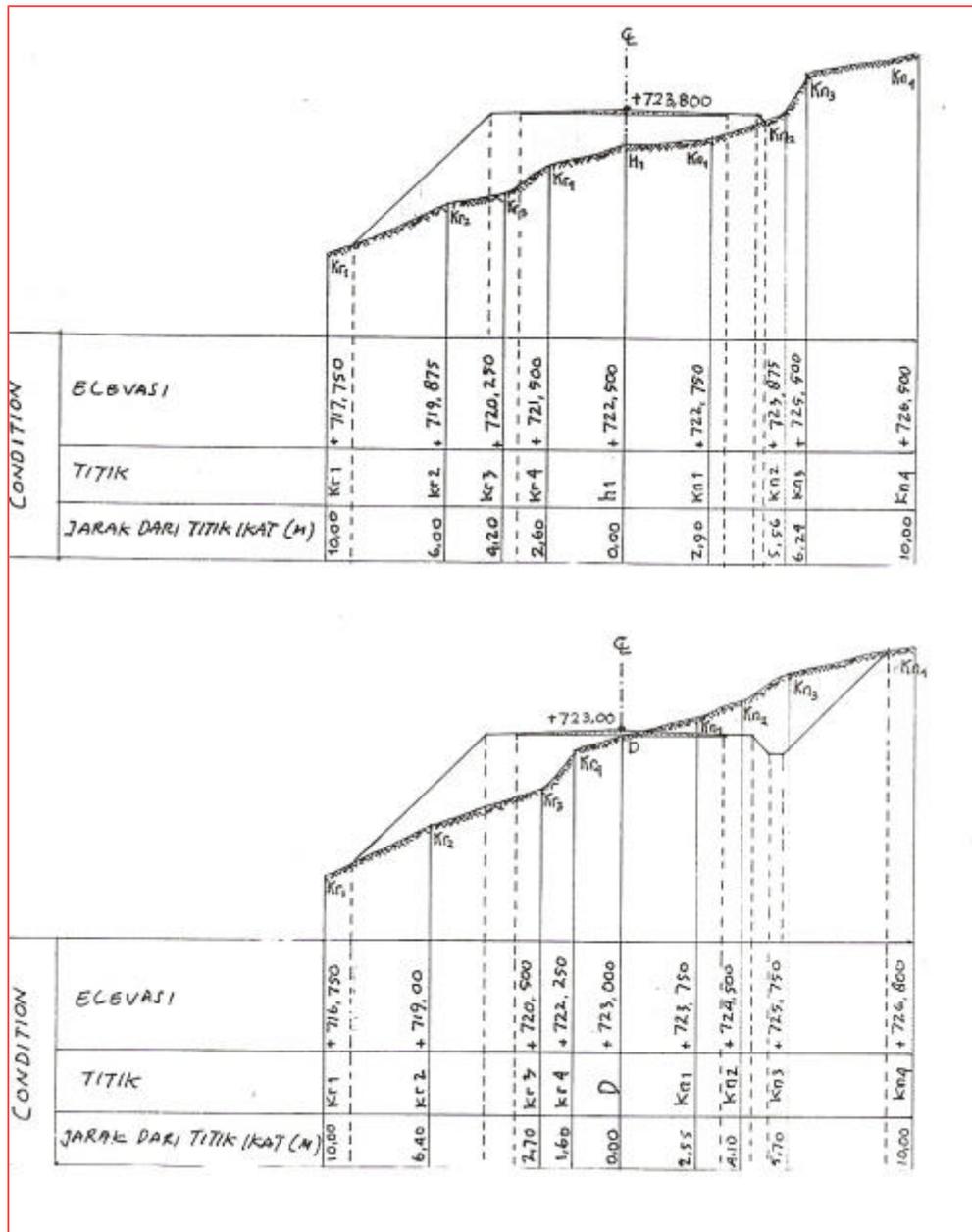
$$\frac{0}{0} / \frac{0}{5} / \frac{3}{11} / \frac{2,5}{9} / \frac{1,5}{4} / \frac{0}{0}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas } 2 A_2 &= 0 + 15 + 27,5 + 13,5 - (0 + 0 + 27 + 10 + 0) \\ &= 56 - 37 \\ 2 A_2 &= 19 \text{ m}^2 \\ A_2 &= 9,5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

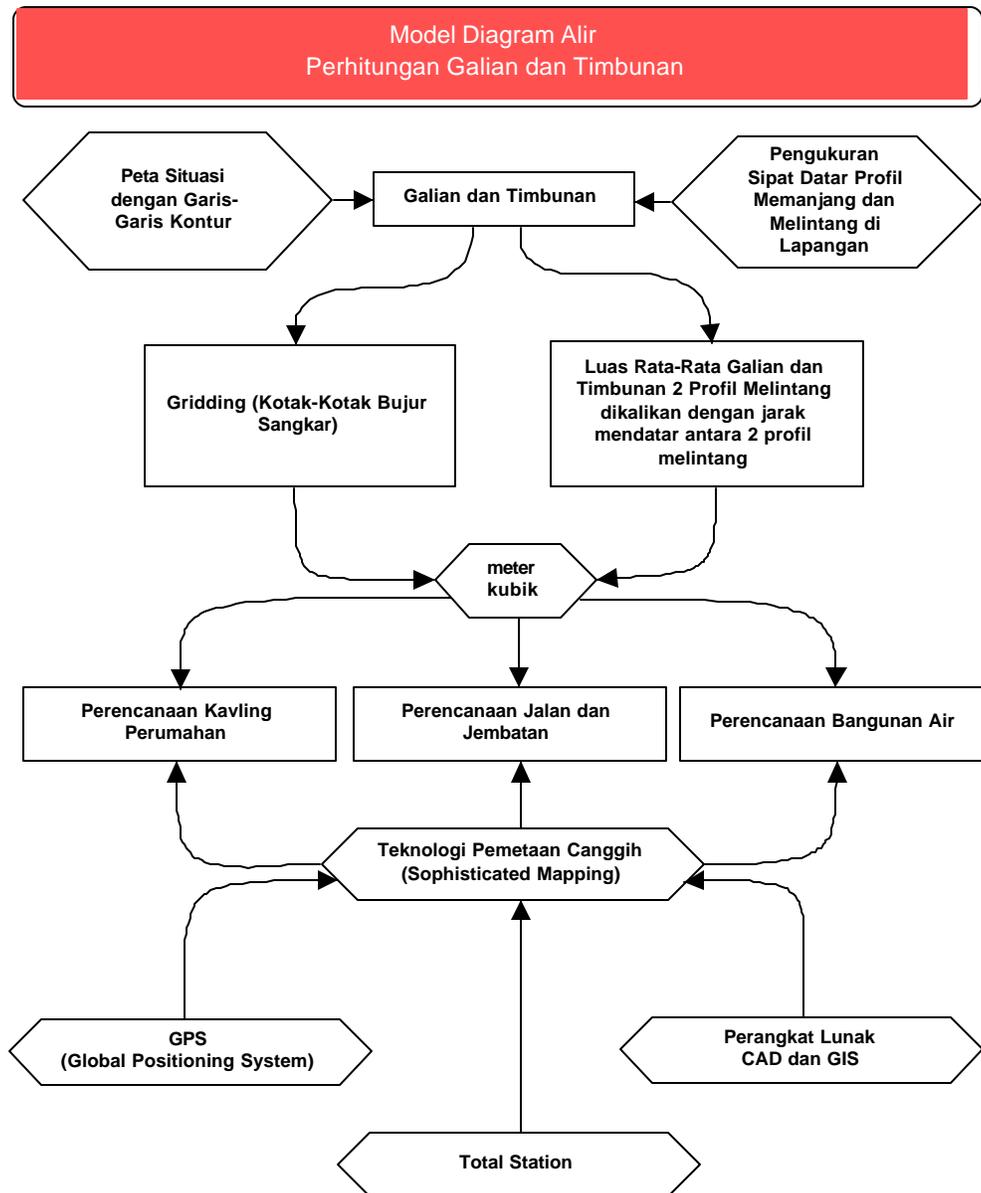
Sehingga diperoleh luas penampang galian (A_2) = 9,5 m²

14.6 Penggambaran Galian dan Timbunan

Penggambaran galian dan timbunan dilakukan pada setiap titik irisan penampang melintang, sejumlah titik yang telah ditentukan sebelumnya. Berikut beberapa contoh penggambaran galian dan timbunan.



Gambar 413. Penampang melintang galian dan timbunan



Gambar 414. Diagram alir perhitungan galian dan timbunan

Rangkuman

Berdasarkan uraian materi bab 14 mengenai perhitungan galian dan timbunan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Galian dan timbunan dapat diperoleh dari peta situasi yang dilengkapi dengan garis-garis kontur atau diperoleh langsung dari lapangan melalui pengukuran sipat datar profil melintang sepanjang koridor jalur proyek atau bangunan.
2. Adapun Tujuan lain dari perhitungan galian dan timbunan sebagai berikut :
 - a. Meminimalkan penggunaan volume galian dan timbunan pada tanah, sehingga pekerjaan pemindahan tanah dan pekerjaan stabilitas tanah dasar dapat dikurangi, waktu penyelesaian proyek dapat dipercepat, dan biaya pembangunan dapat se-efisien mungkin.
 - b. Untuk menentukan peralatan (alatalat berat) yang digunakan pada pekerjaan galian maupun timbunan, dengan mempertimbangkan kemampuan daya operasional alat tersebut.
4. Sebelum memulai perhitungan galian dan timbunan, pekerjaan diawali dengan pematokan (*stake out*). Pematokan bertujuan untuk menandai wilayah mana saja yang akan terkena galian dan timbunan, atau bagian-bagian di lapangan yang menjadi bakal proyek. Setelah pekerjaan stake out selesai, pekerjaan galian dan timbunan dapat dimulai dengan mengolah data yang diperoleh dari lapangan untuk selanjutnya diolah. Ada tiga sistem utama yang dipakai: metode tampang melintang, metode luas satuan atau lubang galian sumbang dan metode luas garis tinggi.
5. Beberapa kesalahan khas yang dibuat dalam hitungan pekerjaan tanah adalah:
 - a. Mengacaukan tanda-tanda aljabar dalam hitungan luas ujung memakai metode koordinat.
 - b. Memakai persamaan untuk hitungan volume stasiun angka bulat padahal yang ada adalah stasiun angka pecahan.
 - c. Memakai volume luas ujung untuk bentuk pyramidal atau bentuk paju (*wedgeshaped*). Mencampur adukkan kuantitas galian dan timbunan.

Soal Latihan

Jawablah pertanyaan – pertanyaan dibawah ini!

1. Sebutkan beberapa kesalahan khas yang dibuat dalam hitungan pekerjaan tanah?
2. Penggambaran galian dan timbunan dilakukan pada setiap titik irisan penampang melintang. Berikan beberapa contoh penggambaran galian dan timbunan?
3. Apa tujuan lain dari perhitungan galian dan timbunan?
4. Sebelum memulai perhitungan galian dan timbunan, pekerjaan diawali dengan pematokan. Apa tujuan dari pematokan? Serta sebutkan cara dan prosedur-prosedur pematokan?
5. Materi yang terdapat di alam berada dalam keadaan padat dan terkonsolidasi dengan baik, sehingga hanya sedikit bagian-bagian yang kosong atau terisi udara di antara butir-butirnya. Apa yang terjadi jika material tersebut digali? Bagaimana cara menghitung volume galian dan timbunan, serta berikan contoh dan gambarnya?

15. Pemetaan Digital (*Digital Mapping*)

15.1 Pengertian pemetaan digital

Peta adalah sarana informasi (spasial) mengenai lingkungan. Pekerjaan – pekerjaan teknik sipil dan perencanaan, dasarnya membutuhkan peta-peta dengan berbagai macam jenis tema dan berbagai macam jenis skala

Pemetaan adalah suatu proses penyajian informasi muka bumi yang fakta (dunia nyata), baik bentuk permukaan buminya maupun sumbu alamnya, berdasarkan skala peta, system proyeksi peta, serta symbol-symbol dari unsur muka bumi yang disajikan. Kemajuan di bidang teknologi khususnya di bidang computer mengakibatkan suatu peta bukan hanya dalam bentuk nyata (pada selemba kertas, *real maps*, atau *hardcopy*), tetapi juga dapat disimpan dalam bentuk digital, sehingga dapat disajikan pada layar monitor yang dikenal dengan peta maya (*Virtualmaps* atau *softcopy*).

Pemetaan digital adalah suatu proses pekerjaan pembuatan peta dalam format digital yang dapat disimpan dan dicetak sesuai keinginan pembuatnya baik dalam jumlah atau skala peta yang dihasilkan. Format digital terdiri dari 2 macam

1. Raster

Merupakan format data dengan satuan pixel (resolusi/kerapatan) ditentukan dalam satuan ppi (pixel per inch). Tipe format ini tidak bagus digunakan untuk pembuatan peta digital, karena akan terjadi korupsi data ketika dilakukan pembesaran atau pengecilan. Contoh format data raster : bitmap (seperti tiff, targa, bmp), jpeg, gif, dan terbaru PNG.

2. Vektor

Merupakan format data yang dinyatakan oleh satuan koordinat (titik dan garis termasuk polygon) format ini yang dipakai untuk pembuatan peta digital atau sketsa. Contoh format ini : dxf (autocad), fix (xfig), tgif (tgif), dan ps/eps (postscript).

15.2 Keunggulan pemetaan digital dibanding pemetaan konvensional

Tabel 43. Keunggulan dan kekurangan pemetaan digital dengan konvensional

Pemetaan digital	Pemetaan Konvensional
Penyimpanan	Skala dan standar berbeda
Pemanggilan Kembali	Cek manual
Pemutahiran	Mahal dan memakan waktu
Analisa Overlay	Memakan waktu dan tenaga
Analisa Spasial	Rumit
Penayangan	mahal

15.3 Bagian - bagian pemetaan digital

Pemetaan digital terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, tenaga kerja, dan perangkat intelegensia.

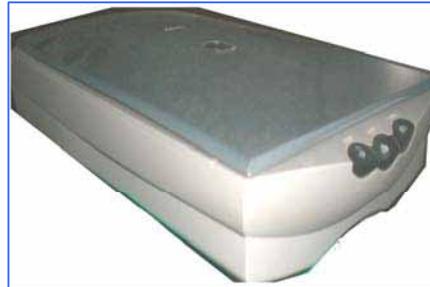
15.3.1 Perangkat keras

Komponen dasar perangkat keras Pemetaan Digital dapat dikelompokan sesuai dengan fungsinya antara lain

- a. Peralatan pemasukan data, misalnya papan digitasi (*digitizer*), Penyiam (*scanner*), keyboard, disket dan lain-lain.
- b. Peralatan penyimpanan dan pengolahan data, yaitu komputer dan perlengkapannya seperti : monitor, papan ketik (*keyboard*), unit pusat pengolahan (CPU- *central processing unit*), cakram keras (*hard-disk*), floppy disk, dan flashdisk
- c. Peralatan untuk mencetak hasil seperti printer dan plotter



Gambar 415. Perangkat keras



Gambar 416. Perangkat keras Scanner

- Sistem masukan terdiri dari :

1. Data tekstual (atribut), dapat ditinjau dari data hidrologi, geologi teknik, tata guna lahan, data geometris dan data-data lainnya.
2. Data grafis atau peta terdiri dari peta-peta topografi dan peta-peta tematik.
3. Sistem pemrosesan dan penyimpanan terdiri dari :
 1. Pemrosesan data tekstual yaitu dapat berdiri sendiri tanpa dihubungkan dengan informasi grafis tetapi dapat juga bergantung pada atau berkaitan dengan informasi grafis.
 2. Pemrosesan data grafis meliputi manipulasi penyajian grafis, pembuatan peta-peta tematik, penggabungan informasi grafis, kodifikasi penyajian dengan atributnya, overlay atau penumpukan tema tertentu, pembuatan legenda, perhitungan luas suatu area atau kurva, perhitungan jarak, pembuatan garis kontur untuk tema tertentu,

perhitungan beda tinggi, orientasi relatif dan orientasi absolute posisi-posisi dan lain sebagainya.

3. Sistem keluaran

Keluaran akhir dari pemrosesan data dapat berupa suatu tabel-tabel, laporan-laporan, grafik atau peta. Hasil ini dicetak sesuai format yang berlaku dan dicetak berdasarkan kepentingan dan keinginan pengguna.

15.3.2 Perangkat lunak

Perangkat lunak yaitu alat atau media yang digunakan untuk konversi, penggambaran, penyimpanan, pemanggilan pemanipulasian dari analisis data untuk melengkapi serta untuk penyajian informasi. Perangkat lunak yang digunakan biasanya mempunyai fasilitas database koordinat baik 2 dimensi maupun 3 dimensi yang dilengkapi pula dengan hubungan antar muka sistem masukan dan sistem keluaran.

15.3.2.1 Sistem Masukan dan Keluaran

Bagian teratas dari diagram memperlihatkan sistem masukan yang menghasilkan informasi kepada basis data topografi digital. Masukan ini dapat diperoleh dari suatu sumber informasi atau dari sumber-sumber yang berbeda-beda dan terdiri dari :

- Hasil digitasi peta-peta topografi yang telah ada atau dari peta-peta ortofoto,

- Survei digitasi langsung dari model orientasi absolute
- Survei lapangan,
- Laporan-laporan (atribut, karakteristik fungsional),
- Laporan topologi yang ada serta berhubungan fungsional dan features petanya,
- Laporan serta kesatuan grafis yang berhubungan dengan aplikasi kajian,
- Informasi kuantitatif hasil dari analisis data spasial berikut keberadaannya.

Informasi-informasi diatas dapat diperoleh langsung atau diperoleh setelah dilakukan manipulasi dan analisis lebih lanjut.

• Tenaga kerja

Tenaga kerja yang dilibatkan pada pemetaan digital biasanya relatif sedikit dan dapat terdiri dari operator produksi data. Tenaga kerja termasuk kedalam pengguna kelas pertama dan pengguna kelas kedua .

- Pengguna kelas pertama :
pemrograman aplikasi tertentu yang bertanggung jawab dalam penulisan program-program aplikasi untuk eksplorasi basis data.
- Pengguna kelas dua :
Pengguna akhir yang dapat mengakses dan memanggil kandungan basis data dari suatu terminal komputer atau stasiun kerja (*workstation*) untuk komunitas penunjang tertentu.

- Perangkat Intelegensia
Perangkat intelegensia melibatkan pakar komputer, pakar geodesi, dan pakar pemrograman serta pembangunan sistem untuk menghasilkan otomatisasi pembuatan peta. Perangkat intelegensia termasuk pengguna kelas ketiga.
- Pengguna kelas ketiga :
Administrator batas basis data, yaitu orang atau sekelompok orang yang bertanggung jawab dalam pengawasan sistem basis data secara keseluruhan.

15.3.2.2 Sistem pengubah peta analog menjadi peta digital

- Sistem masukan
Data analog yang akan didigitalisasikan terdiri dari data grafis dan data atribut. Kedua jenis data ini berbeda prinsip pemasukan datanya kedalam lingkungan komputer. Sistem masukan untuk mengubah peta analog menjadi peta digital dapat dilakukan melalui papan ketik (*keyboard*), alat digitasi peta (*digitizer*) dan alat pemindai (*scanner*). Media pemasukan ini dipilih berdasarkan jenis datanya dan ketelitian data yang diinginkan. Untuk data atribut biasanya dilakukan melalui papan ketik, untuk data grafis biasanya dilakukan melalui digitasi atau alat scan. Pemasukan data tersebut beracuan pada jenis datanya.
- Sistem keluaran
Sistem keluaran data dapat berupa hardcopy, softcopy, atau elektronik keluaran hardcopy berupa suatu media penyajian permanen. Keluaran softcopy adalah keluaran dalam bentuk penyajian di layar komputer, keluaran softcopy digunakan sebagai pedoman interaksi bagi operator untuk mengevaluasi hasil di layar sebelum hasil akhir tersebut dicetak. Pengajian dalam bentuk softcopy biasanya tidak digunakan sebagai keluaran akhir karena ukurannya yang relatif kecil serta kekurangan dalam kualitas data jika disajikan dalam citra fotografi dan elektronis. Keluaran dalam bentuk elektronis terdiri dari file-file komputer. Keluaran dalam bentuk elektronik ini dimaksudkan untuk pemindahan data ke system komputer lain untuk penambahan analisis atau menghasilkan keluaran hardcopy ditempat lain.
- Sistem penyimpanan
Sistem penyimpanan data dapat berbentuk kaset, hard disk, compact disk, disket, atau flashdisk.
- Sistem pengolahan
Sistem pengolahan data peta digital dapat ditunjang oleh berbagai macam processor yang dilengkapi pemroses numeris dan memori pengaksesan data acak (RAM)

- Sistem koordinat

Sistem koordinat grafis pada CAD untuk aplikasi digital dapat dilakukan secara absolute, relative, atau polar. Fasilitas-fasilitas pemotongan garis, penyambungan garis pembuatan sudut menyiku, pengulangan grafis, penggabungan grafis, pemisahan grafis, pembuatan kotak, pembuatan lingkaran, pembuatan ellips dan fasilitas-fasilitas lain untuk penggambaran dapat mudah dilakukan diperangkat lunak CAD.

Sejalan dengan kemajuan teknologi komputer beserta perangkat lunaknya, maka informasi pada peta telah diubah menjadi suatu bentuk data digital yang siap dikelola. Oleh karena itu, pekerjaan pemetaan saat ini tidak hanya membuat peta saja, tetapi mengelolanya menjadi informasi spasial melalui pengembangan basis data. Basis data tersebut dapat diolah lebih lanjut sehingga dapat menghasilkan berbagai informasi kebumihan (*geoinformasi*) yang dibutuhkan oleh para perencana atau pengambilan keputusan.

a. **Tahap dalam pemetaan digital**

1. Membangun basis geografi

- Resolusi peta dan akurasi yang tersaji pada basis lahan geografi tidak seluruhnya memenuhi syarat untuk tema-tema lain, baik tema-

tema yang berhubungan untuk jaringan irigasi atau tema lain yang memberikan andil dalam perencanaan irigasi.

- Tampilan untuk topografi kajian. Peta-peta topografi sebagai suatu basis informasi untuk sistem perencanaan irigasi harus menyajikan tema-tema yang berhubungan dengan hidrologi, geologi, dan tata guna lahan.

2. Informasi sistem geologi terdiri dari batas batuan, nama batuan, sesar, kekar, dan morfologi.

- Informasi penyajian sistem hidrologi terdiri dari jaringan sungai, nama sungai, batas daerah aliran sungai utama atau satuan wilayah sungai, posisi-posisi stasiun curah hujan, stasiun iklim, stasiun penduga air dan nama-nama stasiun tersebut.
- Informasi penyajian sistem tata guna lahan terdiri dari batas peruntukan lahan nama peruntukan lahan.

3. Untuk pemetaan sistem irigasi ini, seluruh data yang dibutuhkan dimasukkan kedalam bentuk digital.

Peta-peta berbagai jenis dalam bentuk lembaran diubah menjadi peta-peta digital dan diklasifikasikan penyajiannya kedalam penyajian garis, kurva atau titik. Informasi-

informasi atribut dimasukkan kedalam komputer dan dihubungkan terhadap penyajian-penyajian grafis yang bersesuaian dengan suatu penghubung yang unik baik berupa koordinat atau identifier. Informasi atribut dan informasi grafis yang telah dihubungkan tersebut melalui media perangkat lunak dan perangkat keras yang ada diharapkan lebih dapat mengoptimalkan perencanaan jaringan irigasi.

15.4 Peralatan, bahan dan prosedur pemetaan digital

15.4.1 Pemetaan tanah digital (disingkat PTD) atau digital soil mapping

Era informasi ditandai dengan pemanfaatan teknologi komputer, teknologi komunikasi dan teknologi proses secara terintegrasi, untuk mewujudkan masyarakat yang semakin nyaman dan sejahtera. PTD dapat didefinisikan sebagai penciptaan dan pengisian sistem informasi tanah dengan menggunakan metode-metode observasi lapangan dan laboratorium yang digabungkan dengan pengolahan data secara *spatial* ataupun *non-spatial*. Metode PTD menggunakan variabel-variabel pembentuk tanah yang dapat diperoleh secara digital (misalnya remote sensing, digital elevation model, peta-peta tanah) untuk mengoptimasi survai tanah di lapangan. Tujuan PTD adalah menggunakan variabel-variabel pembentuk

tanah untuk memprediksi sifat dan ciri tanah keseluruhan area survai dalam Sistem Informasi Geografis. Dengan kata lain PTD adalah proses kartografi tanah secara digital.

Namun PTD bukan berarti mentransformasikan peta-peta tanah konvensional menjadi digital. Proses PTD menggunakan informasi-informasi dari survei tanah lapangan digabungkan dengan informasi tanah secara digital, seperti citra (*image*) remote sensing dan *digital elevation model*. Dibandingkan dengan peta tanah konvensional, dimana batas-batas tanah digambar secara manual berdasarkan pengalaman surveyor yang subyektif. Namun dalam PTD teknik-teknik otomatis dalam Sistem Informasi Geografis digunakan untuk memproses informasi-informasi tanah dengan lingkungannya.

a. Data spasial

Data spasial adalah data yang memiliki referensi ruang kebumihan (*georeference*) di mana berbagai data atribut terletak dalam berbagai unit spasial. Sekarang ini data spasial menjadi media penting untuk perencanaan pembangunan dan pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan pada cakupan wilayah nasional, regional maupun lokal. Pemanfaatan data spasial semakin meningkat setelah adanya teknologi pemetaan digital dan pemanfaatannya pada

Sistem Informasi Geografis (SIG). Informasi spasial adalah salah satu informasi yang harus ada dan menjadi tulang punggung keberhasilan perencanaan pembangunan masyarakat di atas.

Penuangan informasi spasial dalam bentuk peta digital sangat dihajatkan dikarenakan hal-hal berikut:

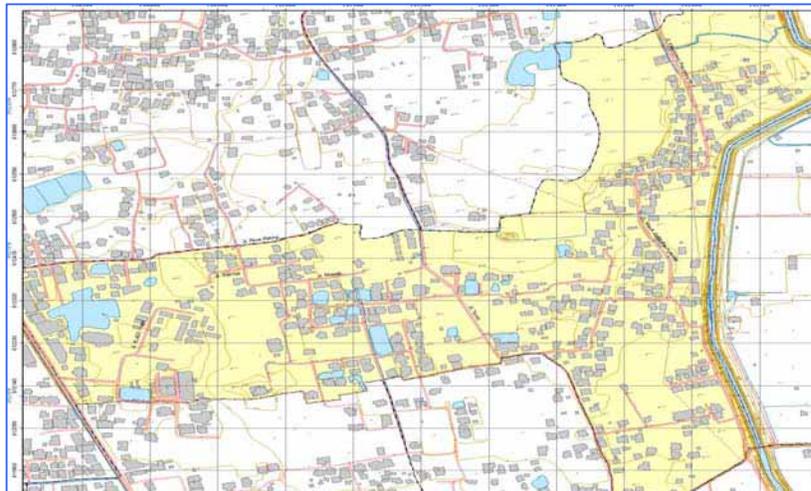
1. Fleksibilitas penggunaannya untuk berbagai kepentingan sektoral pembangunan.
2. Semakin meluasnya penggunaan komputer personal dengan berbagai fasilitas untuk penampilan data grafis.
3. Semakin meluasnya pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) yang berbasis peta digital. SIG semakin diharapkan kontribusinya dalam membantu pengambilan keputusan pada kebijakan yang terkait dengan penataan dan pemanfaatan ruang.

b. Spesifikasi peta digital

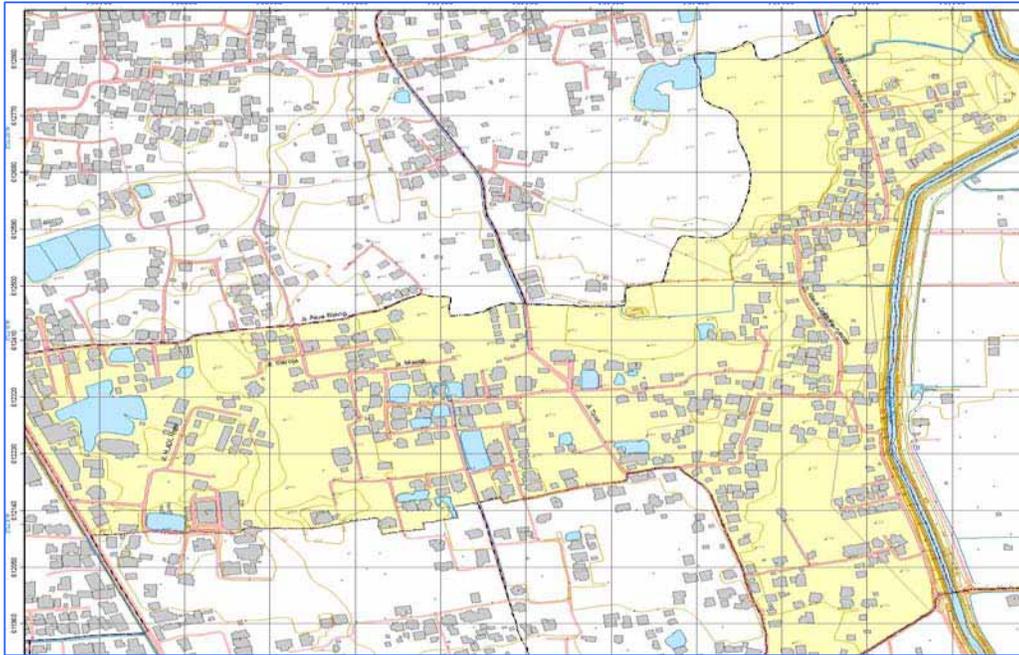
Peta digital yang dapat diandalkan adalah yang memiliki data terintegrasi secara nasional bahkan internasional, cepat proses produksinya, akurat datanya serta terjamin proses pemutakhirannya.

3. Antisipasi

Pemetaan digital mencoba menerapkan teknologi mutakhir di bidang pemetaan yang seoptimal mungkin memanfaatkan teknologi digital. Dibandingkan dengan proses pemetaan sebelumnya, pada pemetaan digital terjadi reduksi tahapan proses produksi pemetaan dan reduksi waktu produksi yang berarti. Pemetaan digital menawarkan teknologi pemetaan yang menjamin kecepatan dan ketepatan produksi peta.



Gambar 417. Peta lokasi



Gambar 418. Beberapa hasil pemetaan digital, yang dilakukan oleh Bakosurtanal

c. Yang unik pada pemetaan digital

Pemotretan foto udara dikombinasikan dengan teknologi penentuan posisi GPS Kinematis. Ini mereduksi kebutuhan titik kontrol lapangan yang memakan waktu lama dalam pengadaan dan sangat merepotkan dalam pemeliharannya.

Kebutuhan titik kontrol lapangan dipenuhi dengan pengukuran Differential GPS. Ini menjamin integrasi data dengan kerangka spasial nasional bahkan internasional.

Kompilasi data fotogrametris stereo plotting dilakukan dengan pengkodean unsur yang konsisten. Artinya sejak proses ini basis data inisial telah tersusun. Kontur dihitung dengan pengukuran data ketinggian pada

grid beraturan ditambah pada unsur-unsur penting, seperti jalan dan sungai. Penambahan data hasil proses cek lapangan, pemisahan warna cetak sampai pembuatan desain kartografis dilakukan hampir seluruhnya secara digital.

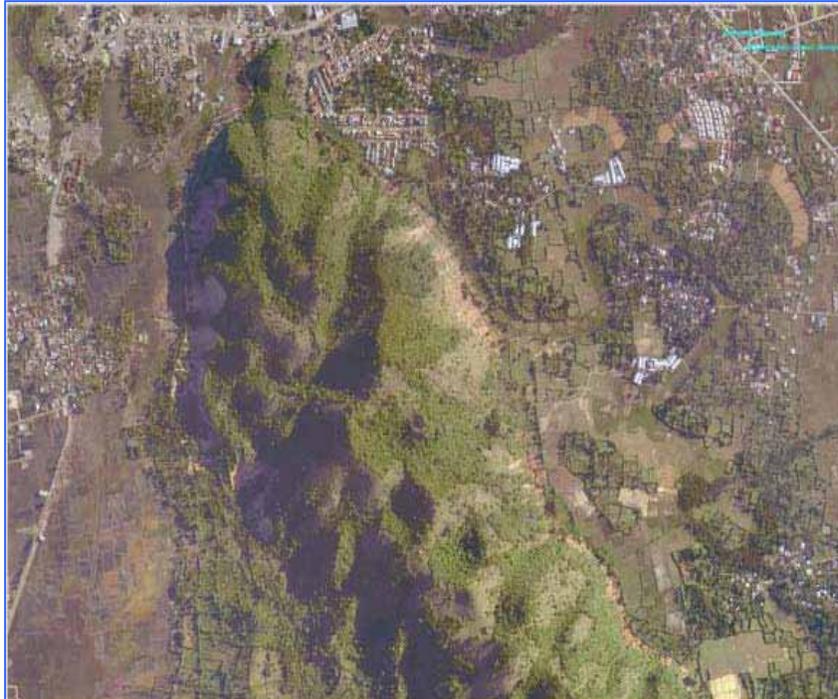
d. Produk

1. *Titik Kontrol GPS*, sangat bermanfaat untuk pengikatan pemetaan sektoral kepada kerangka spasial nasional.



Gamba 419. Salah satu alat yang dipakai dalam GPS type NJ 13

2. *Cek plot geografis*, pada prinsipnya sudah dapat dimanfaatkan untuk aplikasi SIG sebagai masukan data dasar, atau dapat dimanfaatkan untuk pembuatan peta-peta khusus, misalnya peta jaringan jalan.
 3. *Peta digital*, didistribusikan dalam media CD-ROM sangat membantu dalam mempercepat pengadaan data spasial dasar, siap digunakan oleh berbagai kepentingan pemetaan sektoral, sebagai pondasi pembuatan peta-peta tematik. Akan disediakan juga produk peta dalam bentuk cetak.
- e. Daftar produk pemetaan digital**
1. Foto Udara skala 1:50.000 dan 1:30.000 (untuk kota-kota: Jakarta, Bandung, Semarang, Yogyakarta, Surabaya dan Kupang), berikut data GPS Kinematik.
 2. Titik Kontrol GPS sebanyak kurang lebih 170 titik yang tersebar di seluruh wilayah pemetaan.
 3. 9.950 Model Foto Udara untuk penghitungan triangulasi udara dan pemetaan.
 4. 1.662 lembar peta skala 1:25.000 dalam bentuk cetakan dengan 5 warna.
 5. Peta dalam format digital (pada media CD-ROM) yang antara lain memuat lapisan-lapisan (*layer*): jalan/komunikasi/transportasi, pemukiman, vegetasi, perairan dan kontur.



Gambar 420. Hasil Foto Udara yang dilakukan di daerah Nangroe Aceh Darussalam yang dilakukan pasca Tsunami, untuk keperluan Infrastruktur Rehabilitasi dan Konstruksi





Gambar 421. Hasil foto udara yang dilakukan di daerah nangroe aceh darussalam yang dilakukan pasca tsunami, untuk keperluan infrastruktur rehabilitasi dan konstruksi

Digital Elevation Model (DEM) dengan kerapatan informasi ketinggian pada 100 x 10 meter.

I. Upaya pengamanan data pemetaan digital

Perkembangan teknologi komputer yang semakin cepat, canggih dan berkemampuan tinggi meliputi: kapasitas memori yang semakin besar, proses data yang semakin cepat dan fungsi yang sangat majemuk (multi fungsi) serta semakin mudahnya komputer dioperasikan melalui beberapa paket program, berdampak pula pada proses pembuatan peta. Pembuatan peta secara konvensional secara teoritis dapat di

permudah dengan bantuan komputer mulai dari pembacaan data di lapangan yang dapat langsung di *download* ke komputer untuk pelaksanaan perhitungan poligon, perataan penghitungan (koreksi) dan lain-lain, bahkan sampai pada proses pembuatan pemisahan warna secara digital sebagai bagian dari proses pencetakan peta.

Perkembangan lainnya adalah dapatnya peta-peta yang telah ada melalui proses digitasi baik secara manual menggunakan *digitizer/mouse* maupun dengan menggunakan *scanner* menyebabkan data dalam peta dapat ditransfer dari peta analog

ke peta digital dan data dapat di perbaharui (ditambah maupun dikurangi dan lain-lain) sesuai kebutuhan pengguna.

Dengan berkembangnya teknologi satelit utamanya satelit navigasi yang dapat dipadukan dengan teknologi komputer, dampaknya terhadap bidang pemetaan juga semakin besar, yakni pembuatan peta melalui pemanfaatan citra satelit yang diedit/diolah dengan komputer. Mudah-mudahan proses pembuatan peta tersebut juga dibarengi dengan kemudahan dalam hal memperbanyak, mentransfer, membuat duplikat (copy) kedalam disket atau media penyimpan/perekam lainnya sehingga mempermudah untuk disebar luaskan ataupun diperjual-belikan.

Tidak menutup kemungkinan hal itu dapat pula dilakukan terhadap peta-peta topografi buatan Dittop TNI-AD, peta-peta buatan Dishidros TNI-AL, peta-peta buatan Dissurpotrud TNI-AU atau peta-peta lainnya yang berklasifikasi rahasia. Dipandang dari segi pertahanan, keamanan dan kepentingan militer, maka hal tersebut merupakan kerawanan, dimana sampai saat ini kita masih menekankan produk peta tersebut di atas merupakan barang yang berklasifikasi rahasia dan terbatas (tergantung kadarnya), dimana untuk memperolehnya harus melalui prosedur yang telah ditetapkan. Tantangan yang kita hadapi sekarang adalah bagaimana cara

mengamankan data pemetaan digital khususnya yang menyangkut daerah rawan, obyek vital di wilayah Republik Indonesia.

a. **Pembuatan dan penggunaan peta digital.**

Dengan semakin mudahnya proses pembuatan peta menyebabkan banyak pihak yang melibatkan diri dalam bidang survei dan pemetaan, khususnya yang bergerak dalam bidang penyediaan data spatial (muka ruang bumi) sesuai dengan keinginan pemesan/pengguna (*user*). Para produsen

Selalu akan berusaha untuk dapat memenuhi keinginan dan pesanan dari para pengguna dan cenderung mengikuti permintaan pasar. Pada umumnya pihak-pihak yang lapangan pekerjaannya berkaitan dengan perencanaan dan pemanfaatan ruang seperti halnya bidang transmigrasi, kehutanan, pertanian, perumahan, pekerjaan umum, pengembang perumahan dan lain-lain sangat membutuhkan peta sebagai salah satu sarana pokok dalam membuat perencanaannya.

Sulitnya prosedur perolehan peta topografi merupakan salah satu faktor penyebab mereka mencari alternatif lain untuk memperoleh peta lain yang dapat memberikan informasi tentang medan sebaik atau lebih baik dari peta topografi, dalam hal ini contohnya seperti peta rupa

bumi produk Bakosurtanal. Dengan perkembangan teknologi belakangan ini beberapa bagian wilayah Indonesia telah diliput dengan citra satelit dan direkam/disimpan dalam media *compact disk* yang dapat dipesan oleh pihak pengguna sesuai kebutuhan dan daerah yang dibutuhkan.

b. Pembuatan peta digital.

1. Ditinjau dari segi efisiensi pembuatannya ada kecenderungan semakin banyak pihak yang berkecimpung dalam pembuatan peta digital, karena prosesnya akan lebih singkat dibandingkan dengan pembuatan peta secara konvensional.
2. Dengan memanfaatkan sistem digitasi dengan *digitizer* (mouse) dan *scanner* dalam proses digitasi peta-peta yang telah ada, tidak menutup kemungkinan peta-peta yang di klasifikasikan sebagai dokumen rahasia akan diubah pula menjadi peta lain dalam bentuk data digital.
3. Pembuatan peta yang kemungkinannya lebih mudah dikembangkan adalah dengan pemanfaatan citra satelit. Hal ini disebabkan karena dengan orbit satelit yang setiap saat mengitari bumi termasuk wilayah Republik Indonesia, membuat cakupan rekaman data tentang kenampakan permukaan bumi wilayah Indonesia dapat direkam semuanya dan dapat dipetakan sesuai periode waktu yang ditetapkan. Salah satu kesulitan dalam proses pemetaan dengan citra satelit adalah masih diperlukan proses interpretasi data obyek yang ada pada citra satelit, sehingga diperlukan pengecekan lapangan (*field checking*) dan data/peta lain untuk ketepatan informasi tentang data yang dipetakan. Namun kesulitan ini dapat diatasi sendiri oleh pihak pengguna dengan jalan melaksanakan kegiatan pengecekan lapangan sendiri sesuai kebutuhan.
4. Sampai saat ini yang dapat mengoptimalkan pemetaan secara digital menggunakan citra satelit dan pemanfaatannya adalah pihak/lembaga-lembaga di luar negeri. Di Indonesia sendiri baru akan dilaksanakan dan telah dilaksanakan persiapan-persiapan ke arah pemetaan digital. Dengan dikembangkannya pemetaan digital oleh pihak-pihak asing, tidak menutup kemungkinan data mengenai wilayah Indonesia justru lebih dikuasai oleh pihak luar, sehingga pihak kita justru harus membeli untuk dapat memiliki dan memanfaatkannya.

Penggunaan peta digital.

Penggunaan peta digital pada dasarnya sama saja dengan peta biasa, hanya wujudnya yang agak berbeda, dimana peta biasa hanya dapat digunakan dalam bentuk lembaran atau helai sedangkan peta digital

selain ada peta seperti halnya peta biasa disertai data yang telah tersimpan dalam media perekam seperti magnetik tape, disket, compact disc, flashdisk, hardisk, dan lain-lain sehingga sewaktu-waktu dapat diedit dan dicetak kembali sesuai kebutuhan. Dengan kemudahan pengolahan dan pemindahan dari media komputer ke media penyimpanan data seperti tersebut di atas membawa dampak negatif antara lain :

1. Dapat di salah gunakan oleh pihak-pihak yang tidak berwenang dan dapat diperbanyak, diberikan kepada pihak lain serta dapat diperjual-belikan secara bebas. Dengan kata lain jatuh ke tangan pihak yang tidak seharusnya boleh memperoleh dan mempergunakannya tanpa mendapatkan ijin dari pemerintah Republik Indonesia.
2. Terjadinya pembocoran data kekayaan alam, dislokasi militer dan segala sesuatu yang seharusnya menjadi rahasia negara. Hal ini disebabkan dengan berbagai teknik interpretasi citra yang ada, baik dengan *cetode* (band) dan lain-lain maka semua yang ada baik dipermukaan wilayah maupun dibawah permukaan tanah dapat diketahui.
3. Data tentang kondisi medan/alam wilayah Republik Indonesia dapat ditransfer secara langsung dan secara cepat dengan menggunakan jaringan komputer yang saling dihubungkan

(menggunakan modem), sehingga untuk kepentingan taktis maupun strategis pihak lawan/musuh dapat sewaktu-waktu dimonitor di/dari tempat lain. Tentunya hal ini akan sangat merugikan bagi bidang pertahanan keamanan/militer negara kita.

c. Penggunaan peta digital yang diharapkan (memperoleh ijin) redaksional

Masalah pembuatan peta digital terutama melalui penggunaan citra satelit sangat sulit untuk dicegah, terutama dengan perkembangan teknologi satelit navigasi yang sangat cepat. Selain itu yang menguasai teknologi satelit justru negara lain seperti Amerika (Lansat, Seasat dan Geosat), Perancis (SPOT), Kanada (Radarsat) dan lain-lain, sehingga mereka dengan sendirinya dapat memanfaatkan data citra satelitnya baik untuk kepentingan dalam negerinya sendiri maupun untuk dapat mengetahui keadaan/kondisi negara-negara lain. Demikian pula dalam penggunaannya semua pihak pengguna dapat secara langsung memesan / membeli kepada lembaga/perusahaan yang membuat peta tersebut. Sesuai dengan hal-hal tersebut di atas, maka dalam pembuatan dan penggunaan peta-peta digital

tersebut seharusnya melalui prosedur yang ditetapkan oleh pemerintah Republik Indonesia.

Walaupun dalam proses pembuatannya sulit untuk dipantau dan dimonitor, namun sebaiknya pembuatan peta-peta digital mengindahkan ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

1. Dalam pembuatan peta baik dari proses digitasi peta-peta yang diklasifikasikan sebagai dokumen rahasia, harus memperoleh ijin dari pemerintah RI, dalam hal ini diberlakukan seperti prosedur untuk memperoleh peta Topografi TNI-AD. Tidak diijinkan melakukan proses digitasi terhadap peta topografi atau peta lainnya tanpa seijin pemerintah RI dalam hal ini instansi-instansi terkait antara lain : Departemen Dalam Negeri RI, Departemen Pertahanan RI, Mabes TNI, Bais TNI dan Angkatan.
2. Khusus tentang proses pembuatan peta digital dari citra satelit yang dilakukan baik oleh pihak-pihak/lembaga dalam negeri maupun luar negeri, perlu pula diatur dalam bentuk perundang-undangan survei pemetaan tersendiri. Terutama terhadap pembuat peta digital dari pihak-pihak/lembaga di luar negeri perlu diatur dalam bentuk perjanjian/kesepakatan bersama di forum internasional. Perlu untuk

didapat/diperoleh kepastian tentang sampai sejauh mana pihak lain dapat menggunakan keunggulan wilayah suatu negara/negara lain.

Semakin banyak faktor yang harus dipertimbangkan dalam pembuatan perencanaan pembangunan dan pelaksanaan pembangunan terutama yang berkaitan dengan penggunaan tanah/lahan secara langsung, salah satunya membutuhkan tuntutan data yang akurat dan cepat tentang medan/permukaan bumi dalam skala/kadar tertentu sesuai dengan adanya peta yang dapat diolah/diedit dengan cepat melalui ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

1. Data peta digital yang telah ada tidak boleh dengan mudah untuk diperjualbelikan dengan bebas tanpa melalui prosedur dan ketentuan yang diberlakukan oleh Pemerintah RI. Prosedur yang diberlakukan dapat disamakan dengan prosedur permintaan peta topografi produk Direktorat Topografi TNI-AD sesuai dengan kadarnya.
2. Dalam hal pemilikannya perlu pula diatur ketentuan/per-undangan yang menentukan lembaga atau instansi mana yang berhak untuk memiliki sekaligus menggunakannya.

3. Penggunaan data peta digital tersebut telah mendapatkan ijin dari instansi yang berwenang dan mengawasi penggunaannya.
4. Penggunaan data peta digital haruslah terkoordinir dengan baik, baik dilingkungan instansi pemerintah sendiri maupun pada lembaga-lembaga/perusahaan swasta yang membutuhkannya.
5. Penjualan data peta digital kepada pengguna swasta juga harus atas seijin lembaga atau instansi yang berwenang dan mengawasi data tersebut. Dalam hal ini termasuk diberlakukan ketentuan seperti halnya larangan untuk melakukan duplikasi (copy) atau pembajakan data peta digital dengan pengawasan yang ketat disertai sanksi hukum yang berat.

d. Faktor yang berpengaruh terhadap pelaksanaan pengamanan.

Dalam rangka mewujudkan kondisi pembuatan maupun penggunaan data pemetaan digital seperti yang diharapkan, tidak terlepas dari kendala yang ada berupa adanya faktor-faktor baik yang mendukung maupun yang menghambat. Faktor-faktor yang mendukung antara lain terdiri atas :

e. Perundang-undangan survei dan pemetaan yang ada.

Walaupun perundangan Surta (Survei Tanah) yang ada masih bersifat mengatur kegiatan dan wewenang serta tanggung jawab masing-masing lembaga/instansi,

permatra ataupun perbidang seperti matra darat (DittopTNI-AD),matra laut (Dishidros TNI-AL),matra udara (Dissurpotrud TNI-AU), Mabes TNI (PUSSURTA TNI), Dephan (Ditwilhan), Bakosurtanal dan instansi pemerintah lainnya, sedikit banyak telah menetapkan lembaga/instansi yang berwenang dan berkompeten mengatur/mengadakan pekerjaan survei dan pemetaan. Ketentuan yang berlaku dalam perundangan yang ada dapat diterapkan terhadap pembuatan dan prosedur untuk memperoleh, menyimpan maupun menggunakan data peta digital. Bila perundangan Surta secara nasional dapat diberlakukan diharapkan akan berdampak positif terhadap kegiatan survei pemetaan wilayah nasional RI termasuk terhadap pemetaan digital tersebut

f. Sumber daya manusia.

Tenaga ahli yang memahami dan menguasai tentang seluk beluk kegiatan survei dan pemetaan termasuk pemetaan digital di Indonesia merupakan potensi yang mendukung pelaksanaan pembuatan maupun penggunaan data pemetaan digital seperti yang diharapkan. Terhadap mereka perlu diberikan masukan tentang pentingnya langkah-langkah pengamanan terhadap data pemetaan digital, sebab orientasi mereka terutama terhadap aspek pemanfaatan data (terutama peta) secara optimal, sehingga mereka mengabaikan

segi pengamanannya yang antara lain disebabkan oleh :

1. Ketidak mengertian tentang perlunya tindakan pengamanan terhadap data tersebut. Hal ini terjadi karena menurut persepsi mereka yang terpenting adalah bagaimana dapat tersedianya data guna dilibatkan dalam kegiatan-kegiatan perencanaan pembangunan. Keadaan demikian juga dilakukan oleh tenaga-tenaga ahli yang bergerak dan bekerja di sektor swasta.
2. Belum jelasnya klasifikasi tentang data peta bagaimana yang digolongkan rahasia. Oleh sementara orang, masih rancu
3. Pengertian tentang data peta yang dianggap rahasia Dengan pemberian masukan dan informasi yang jelas tentang kedua aspek tersebut di atas, maka sumber daya manusia yang ada akan sangat membantu terhadap kegiatan pengamanan yang akan dijalankan.

15.4.2 Faktor-faktor yang menghambat dalam Pemetaan digital

a. Perkembangan teknologi.

Dalam hal ini perkembangan teknologi di bidang satelit navigasi selain membawa dampak positif juga membawa dampak negatif khususnya dalam upaya pengamanan data peta digital dikatakan

sebagai penghambat karena dengan kemajuan teknologi yang ada memungkinkan peliputan seluruh permukaan bumi dengan sensor/receiver yang diletakkan pada wahana satelit semakin mudah, apa lagi saat ini tingkat kemampuan resolusinya semakin tinggi.

b. Pelaksanaan pemetaan secara parsial.

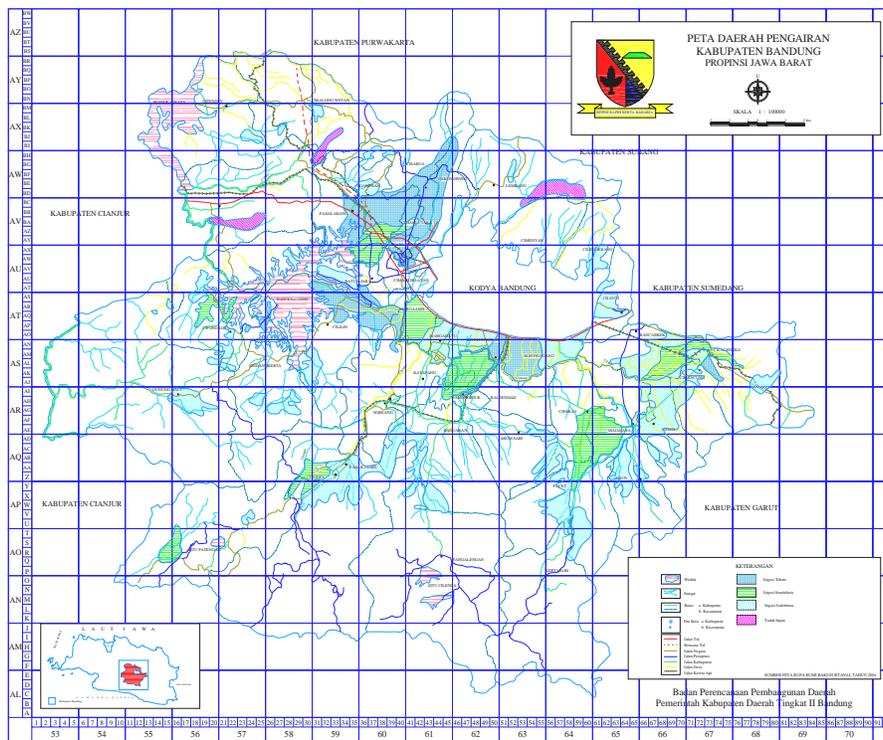
Pada kenyataannya pelaksanaan pemetaan yang diselenggarakan di Indonesia dilakukan oleh beberapa instansi pemerintah baik sipil maupun militer, maupun oleh lembaga swasta yang menjadi kontraktor dalam pelaksanaan survei dan pemetaan. Kondisi tersebut disebabkan dengan dasar operasi mereka adalah Undang-undang Surta yang dimilikinya. Hal ini menyebabkan kesulitan untuk memantau efisiensi pelaksanaan pemetaan wilayah nasional. Berkaitan dengan pengamanan penggunaan data peta digital dengan dilaksanakannya kegiatan survei dan pemetaan secara parsial lebih menyulitkan lagi dan tingkat kebocoran dan penyalahgunaan data tersebut semakin besar, karena perputaran maupun jaringan.

15.4.3 Klasifikasi tentang penggunaan peta.

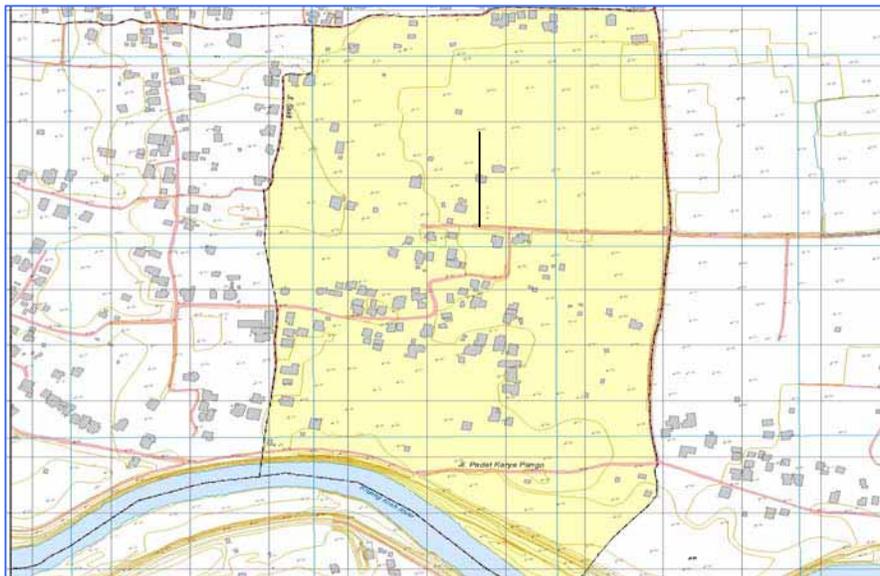
Masih kurang jelasnya tentang klasifikasi mengapa peta topografi tergolong rahasia membutuhkan suatu upaya untuk meluruskan/menyamakan persepsi kita

tentang klasifikasi tersebut. Disamping itu perlu juga dipertimbangkan untuk mengadakan pengkriteriaan tertentu terhadap peta-peta yang benar-benar tergolong berklasifikasi rahasia. Selain itu perlu juga dilakukan pengklasifikasian penggunaan peta antara lain sebagai berikut

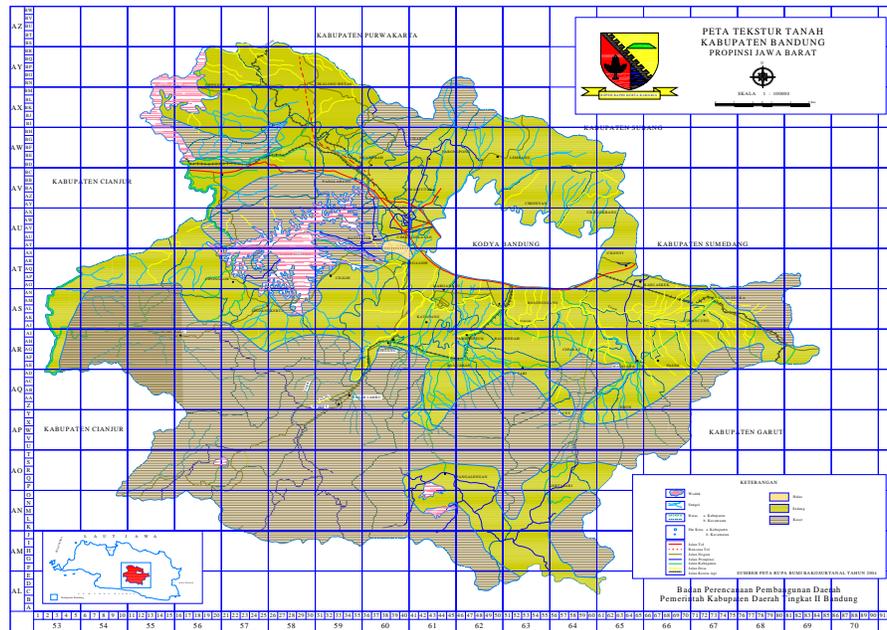
1. Penetapan bahwa peta digital yang diklasifikasikan rahasia berupa hasil modifikasi peta topografi atau hasil pemetaan dari citra satelit dengan menonjolkan data militer misalnya untuk kedar 1:25.000 sampai 1:100.000, penggunaannya terbatas untuk lingkungan TNI dan Dephan.
2. Peta-peta lain berbagai kadar tanpa menonjolkan data militer dapat dipergunakan juga oleh instansi sipil dan swasta sesuai prosedur yang berlaku, dengan tingkat klasifikasi sesuai dengan kadarnya.
3. Terhadap peta-peta tematik digital yang tidak bertemakan data militer dapat dipergunakan langsung oleh pihak umum. Pada umumnya banyak juga peta tematik yang dibuat secara digitasi.
4. Diadakan pembedaan yang jelas antara peta yang hanya digunakan oleh pihak militer dan peta mana yang boleh digunakan oleh pihak lain (sipil dan swasta). Hal ini agar tidak menimbulkan kerancuan tentang peta mana yang tergolong rahasia dan mana yang bukan.
5. Dengan tersedianya tenaga/sumber daya manusia yang berkualitas dalam penanganan pemetaan digital merupakan modal utama dalam proses pengamanannya.



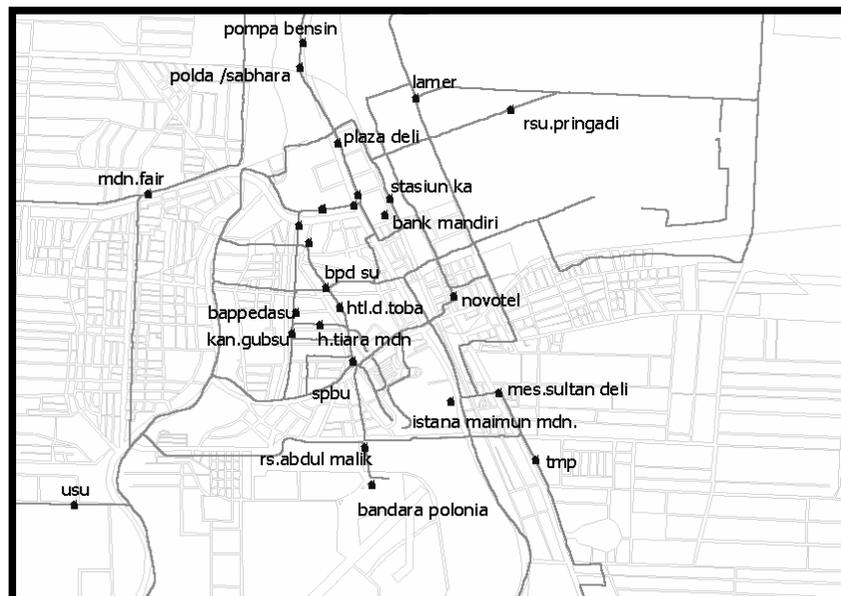
Gambar 422. Contoh Hasil Pemetaan Digital Menggunakan AutoCAD



Gambar 423. Contoh : Hasil pemetaan Digital Menggunakan AutoCAD



Gambar 424. Hasil pemetaan Digital Menggunakan AutoCAD



Gambar 425. Hasil Pemetaan Digital Menggunakan AutoCAD

15.4.4 Penggunaan perangkat lunak dalam pemetaan digital untuk pemula

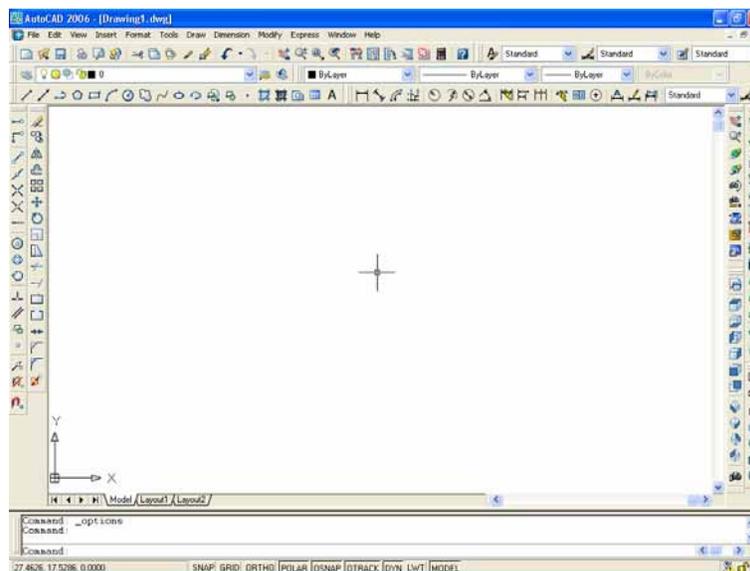
15.4.4.1 Memulai program AutoCAD pada komputer

Untuk memulai program AutoCAD (*Computer Aided Design*)

15.4.4.2 Mengakses perintah

Perintah-perintah AutoCAD dapat diakses melalui tiga cara, yakni:

1. Melalui baris menu utama (*pull down menu*)
2. Melalui ikon yang tersedia pada toolbar yang ada, atau
3. Secara konvensional yang dapat diketikkan langsung pada baris perintah



Gambar 426. Tampilan autoCAD

Dibagian atas ada sederetan menu “pull down” kemudian dibawahnya, disamping, dan atau di bagian bawah ada sekumpulan ikon dalam “toolbar” yang dapat diakses langsung. Formasi ini bisa jadi tidak nampak seperti pada gambar diatas

15.4.4.3 Menyiapkan digitizer

a) Instalasi Digitizer

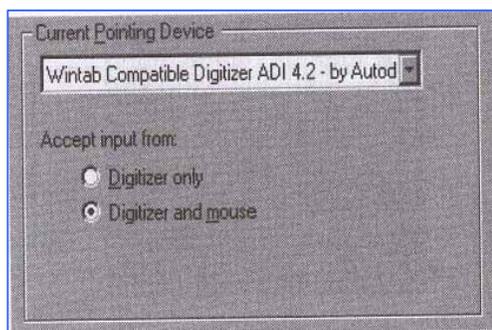
Jika kita baru pertama kali memasang digitizer, langkah awal yang harus kita kerjakan adalah memasangnya sesuai petunjuk alat. Pada AutoCAD 2005, instalasi digitizer ditangani oleh sistem operasi Windows.

Digitizer yang baru umumnya dilengkapi dengan Wintab driver yang dapat dikenali oleh Windows. Jika digitizer telah dapat digunakan pada sistem operasi Windows, AutoCAD otomatis dapat membaca peranti digitizer tersebut.

Digitizer dalam hal ini dapat kita pasang bersama-sama dengan mouse yang sudah ada. Jika mouse pada COM1, digitizer dapat kita pasang pada COM2.

Setelah digitizer terbaca oleh sistem operasi Windows, pada AutoCAD ikuti langkah instalasi berikut.

1. Klik Tools > Option > System, akan muncul kotak dialog yang salah satu bagiannya adalah kotak "Current Pointing Device"
2. Pada kotak tersebut, ada kotak pilihan yang jika diklik berisi Current Pointing Device dan Wintab Compatible Digitizer, pilihlah "Wintab Compatible Digitizer....".

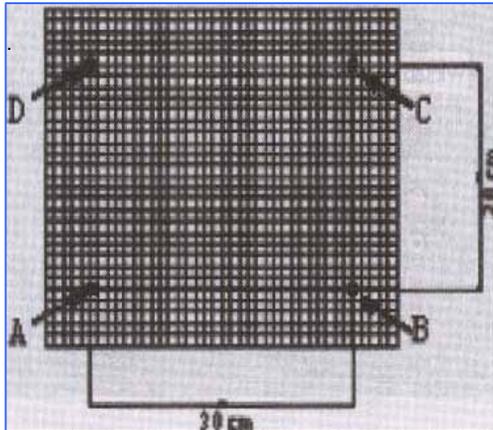


Gambar 427. Current pointing device

3. Persis di bawahnya ada dua tombol opsi yang akan aktif begitu kita memilih Wintab Digitizer, yakni opsi "Digitizer only" dan "Digitizer and mouse". Pilihan pertama akan menonaktifkan mouse dan pointer yang berlaku hanya digitizer. Sementara pada pilihan kedua, baik mouse maupun digitizer akan sama-sama dapat digunakan. Apa pun yang kita pilih, tidak menjadi masalah. Namun jika pada saat kalibrasi tablet kita mengalami kesulitan karena kendali kursor berpindah-pindah terlalu dinamis antara mouse dan digitizer, pilihlah terlebih dahulu "Digitizer only". Klik OK untuk mengakhiri sesi ini.
4. Digitizer mestinya sudah dapat difungsikan. Cobalah gerakan pointer pada digitizer. Pointer pada layar mestinya ikut bergerak. Kemudian jika mouse digerakkan, secara otomatis kursor pada layar mengikuti gerakan mouse, ini jika pilihan yang kita ambil adalah "Digitizer and mouse".

15.4.4 4 Menguji digitizer

Pengujian yang perlu dikerjakan adalah menguji fungsinya dan menguji tingkat akurasi. Untuk menguji digitizer, kita memerlukan sebuah grid plate, atau dapat pula menggunakan kertas yang di atasnya telah kita beri grid dengan jarak tertentu. Kertas grafik yang berkualitas baik dapat kita gunakan.



Gambar 428. Grid untuk pengujian digitizer

Untuk menguji digitizer, prinsipnya adalah melakukan kalibrasi dengan grid yang kita anggap benar koordinatnya. Sebagai contoh, kita gunakan grid dari kertas graft, lalu kita tentukan empat titik A, B, C, dan D, seperti pada Gambar, dan masing-masing kita beri koordinat $A(0,0)$, $B(3000,0)$, $C(3000,2000)$, dan $D(0,2000)$. Oleh karena jarak AB pada kertas adalah 30 cm, gambar tersebut berskala 1:1000.

Tempatkan grid tersebut di atas meja digitizer, lalu ikuti langkah-langkah berikut.

1. Letakkan kertas grid di atas meja digitizer.
2. Pilih menu Tools > Tablet > Cal.
3. Pada perintah "Digitize point #1:", arahkan pointer ke grid A, klik tombol OK digitizer.
4. Pada baris perintah akan muncul "Enter coordinates of point #1:" Masukkanlah angka 0,0 lalu tekan Enter.
5. Teruskan langkah tersebut dengan mengarahkan pointer ke grid B, klik OK, kemudian masukkan angka 3000,0 lalu Enter.
6. Dengan cara yang sama, arahkan ke grid C dan D. Untuk grid C masukkan angka 3000,2000 sedangkan untuk grid D masukkan koordinat 0,2000.

Pada baris perintah akan ditampilkan statistik. Tingkat akurasi kalibrasi ditunjukkan oleh nilai *root mean square error* (RMS). Jika proses kalibrasi menggunakan grid yang benar dan proses pointing dilakukan dengan akurat dan sangat hati-hati, nilai RMS tersebut akan berkorelasi dengan tingkat akurasi digitizer.

Cara tersebut bisa diulang beberapa kali. Jika perlu dengan operator yang berbeda, sehingga kita dapat melakukan analisis statistik. Makin banyak data, alias makin banyak sample, akan semakin memperkuat validitas pengujian.

15.4.4.5 Memulai digitasi

Sebelum memulai proses digitasi, siapkanlah terlebih dahulu tatanan layer sesuai dengan klasifikasi isi peta. Sebagai contoh, kita definisikan tatanan layer seperti berikut ini.

Tabel 44. Contoh keterangan warna gambar

No. Layer	Nama	Warna	Jenis Garis
1.	Bingkai	Black	Continuous
2.	Grid	Black	Continuous
3.	Jalan_Arteri	Red	Continuous
4.	Jalan_Kolektor	Magenta	Continuous
5.	Jalan_Lokal	12	Continuous
6.	Jalan Setapak	12	Dashed
7.	Sungai	Blue	Continuous
8.	Permukiman	Yellow	Continuous
9.	Kantor	Black	Continuous
10.	Teks	Black	Continuous

15.4.4.6 Membuat bingkai dan grid

Untuk memulai digitasi sebuah peta, letakkanlah peta yang akan didigitasi di atas digitizer, rekatkanlah dengan cellotape secukupnya. Langkah pertama buatlah bingkai peta. Sebagai contoh, kita akan mendigitasi sebuah peta rupa bumi skala 1:25.000 dari Bakosurtanal, lembar 1707-334, Tabanan (Bali). Koordinat pojok peta ini sebagai berikut (UTM):

Tabel 45. Keterangan koordinat

Kiri-bawah	:293667,9046097
Kanan-bawah	:307427,9046162
Kanan-atas	:307364,9059988
Kiri-atas	:293600,9059923

Langkah pertama, kita buat terlebih dahulu bingkai luar petanya dengan langkah-langkah berikut.

1. Aktifkan layer "Bingkai" (jadikan current layer).
2. Klik menu Draw > Line. Kita gunakan line agar tiap sisi peta menjadi satu entitas terpisah untuk memudahkan proses pembuatan gratikul yang akan dijelaskan setelah ini.
3. Pada prompt "Specify start point", ketikkan koordinat kiri bawah peta (293667,9046097) lalu Enter.
4. Selanjutnya akan muncul prompt "To point:", secara berturut-turut ketikkanlah koordinat-koordinat kanan-bawah, kanan-atas, dan kiri-atas, dan akhirnya ketikkan C. Lihatlah gambaran prosedur tersebut seperti berikut ini.

Specify start point : 293667,9046097

To point : 307427,9046162

To point : 307364,9059988

To point : 293600,9059923

To point : C (ENTER)

Bisa jadi di layar kita tidak akan melihat gambar apa pun. Jika hal ini terjadi, penyebabnya karena posisi layar pada kondisi standard dengan pojok layar sekitar 0,0. Sedangkan gambar yang kita buat jauh di sebelah atas. Untuk menampakkan apa yang telah kita gambar, lakukan Zoom > Extent.

Dengan langkah 1 hingga 4 di atas, kita sudah membuat bingkai peta, yang dalam hal ini kebetulan bukan berbentuk persegi. Pada peta rupa bumi Bakosurtanal, garis-garis yang digambarkan secara penuh adalah garis gratikul, yakni garis lintang dan bujur (pada peta tergambar sebagai garis tipis warna biru), tergambar tiap jarak 1 menit. Jika kita menggunakan garis-garis ini sebagai referensi kalibrasi digitizer, kita harus menghitung terlebih dahulu koordinatnya dalam sistem UTM dengan hitungan transformasi koordinat.

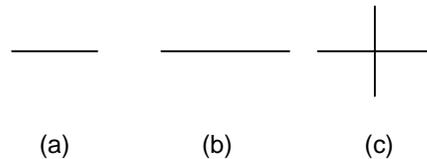
Grid dengan koordinat metrik (UTM) diinformasikan hanya sebagai tik (sepotong garis kecil) pada sisi-sisi peta, tiap jarak 1000 m. Pada peta tik ini digambar dengan garis hitam. Angka-angka absis ditampilkan pada sisi bawah, sedangkan angka-angka ordinat pada sisi kanan.

Pada peta asli, kita dapat menghubungkan tik-tik tersebut dengan pensil, sehingga diperoleh grid dalam sistem koordinat UTM. Untuk lembar peta 1707: 334, Tabanan, grid paling bawah kiri mempunyai koordinat 294000, 9047000. Grid lain berjarak linear 1000 m arah kanan dan 1000 m arah atas.

Pada gambar digital, kita akan menggambarkan grid-grid ini tidak dalam garis penuh, melainkan dalam bentuk cross grid (tanda plus). Caranya seperti langkah-langkah berikut.

1. Aktifkan layer GRID.

2. Klik menu Draw > Polyline atau (Line).
3. Pada perintah "Specify start point":, dengan mouse (atau digitizer) klik di sembarang tempat pada layar.
4. Berikutnya, pada perintah "To point:" ketikkan @375<0 lalu Enter, dan sekali lagi akhiri dengan Enter.
5. Lakukan hal yang sama sekali lagi. Namun pada langkah ketiga, ketikkan @375<90.
6. Geser (dengan perintah Move) salah satu garis tersebut ke garis lainnya sedemikian hingga titik tengah kedua garis bertemu. Gunakan alat bantu osnap "mid".
7. Gunakan perintah Block, jadikan tanda silang tersebut sebagai block dengan nama GRID.



Gambar 429. Grid untuk peta skala 1:25.000.

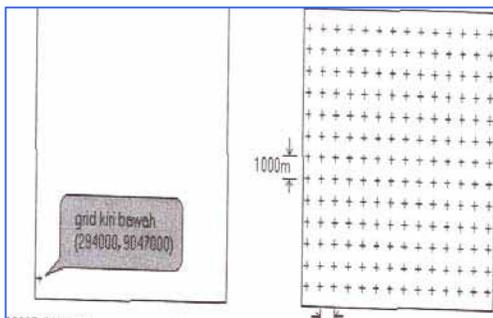
Kita kini sudah mendefinisikan sebuah simbol grid (tanda silang) dalam bentuk blok. Untuk menyelesaikan pekerjaan membuat grid, kita akan menyisipkan blok tersebut. Ikuti langkah berikut.

1. Gunakan perintah Insert > Block.
2. Pada kotak dialog pilihlah nama blok GRID, dan pada kotak insertion point nonaktifkan kotak specify on screen,

lalu isikan koordinat grid paling bawah kiri, yakni $X=294000$, $Y=9047000$, Z -nya biarkan = 0. Kotak lainnya boleh diabaikan. Akhiri dengan mengklik OK.

Grid kiri bawah akan tergambar seperti Gambar 430 Grid lainnya berjarak sama dan linear, yakni 1000 m arah X dan 1000 m arah Y . Oleh karena itu, akan lebih cepat jika digandakan dengan perintah Array.

1. Ketik perintah Array (tanda minus menandakan kita menggunakan perintah array melalui baris Command, tidak melalui floating menu).



Gambar 430. Bingkai peta dan grid UTM per 1000 m

2. Pada perintah "Select objects:" pilihlah grid kiri bawah tersebut, kemudian jenis array-nya adalah rectangular (R).
3. Jumlah array yang akan kita buat adalah 14 kolom ke kanan dan 13 kolom ke atas. Oleh karena itu, jumlah rows dengan 13 dan columns dengan 14.
4. Jarak baris dan kolom, diisi dengan jarak antar grid di lapangan, yakni masing-masing 1000 m (ketikkan 1000).

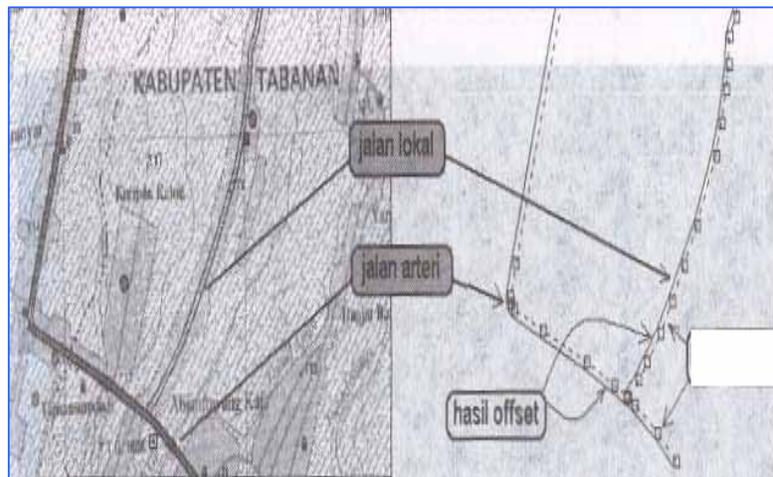
15.4.4.7 Kalibrasi digitizer

Kita sekarang akan melakukan kalibrasi, yakni mengorientasikan digitizer sesuai dengan koordinat peta. Digitizer yang kita gunakan adalah minimal ukuran A1, sehingga seluruh muka peta dapat masuk ke muka digitizer tersebut. Titik kontrol yang akan kita gunakan adalah pojok-pojok peta dan satu titik grid di tengah peta. Ikutilah langkah-langkah berikut.

1. Gunakan menu Tool > Tablet > Calibrate.
2. Pada baris perintah akan muncul "Digitize point #1:". Posisikan pointer digitizer secara cermat persis di atas pojok kiri-bawah peta. Setelah benar-benar pas, tekan tombol OK pointer.
3. Pada perintah "Enter coordinates for point #1:", ketikkan angka 293667,9046097 (ENTER).
4. Lanjutkan langkah tersebut untuk titik-titik pojok kanan-bawah, kanan-atas dan kiri-atas, serta salah satu grid di sekitar tengah peta, lalu tekan Enter untuk mengakhiri.

15.4.4.8 Digitasi garis

Setelah proses kalibrasi, kini kita siap untuk "menjiplak" semua detail peta satu per satu ke layar monitor. Inilah proses digitasi.



Gambar 431. Digitasi jalan arteri dan jalan lokal, (a) peta asli, (b) hasil digitasi jalan, kotak kecil adalah vertex (tampil saat objek terpilih).

Untuk detail garis, seperti sungai, jalan, batas vegetasi, batas perkampungan, garis pantai dan sebagainya, kita harus melakukan tracing garis-garis tersebut.

Misal :

1. Aktifkan layer "Jalan_Arteri".
2. Kita akan mendigitasi garis jalan dengan polyline 2D. Oleh karena itu, klik menu Draw > Polyline.
3. Pada perintah "Specify start point", tempatkan pointer pada titik awal salah satu sisi jalan arteri, klik tombol OK pointer.
4. Selanjutnya pindahkan ke titik 2, 3, dan seterusnya, klik OK pada setiap titik.

Setelah langkah-langkah di atas, di layar akan tergambar ruas jalan yang baru saja didigitasi (jalan arteri sisi kanan jalan). Oleh karena kedua sisi jalan paralel, untuk sisi lainnya dapat di-offset dari sisi yang baru digambar.

1. Klik menu Modify > Offset.
2. Pada pilihan "Specify offset distance or [Through]" pilih Through dengan mengetikkan T lalu Enter atau cukup tekan Enter karena posisi standard pilihannya adalah Through.
3. Pilih objek garis jalan pada saat muncul "Select object to offset".
4. Pada prompt "Specify through point", tempatkan pointer digitizer tepat pada sisi kid jalan, lalu klik OK.
5. Tepat di posisi tersebut mestinya akan tergambar sisi kiri jalan yang paralel dengan sisi kanannya. Untuk mengakhiri perintah offset, tekanlah Enter.

Dua sisi jalan telah tergambar. Sekarang akan kita coba untuk menggambar ruas jalan lokal yang menyambung ke jalan arteri tersebut. Caranya:

1. Aktifkan layer "Jalan_Lokal".
2. Klik menu Draw > Polyline.
3. Pada prompt "Specify start point", untuk menyambung tepat ke ruas jalan arteri, gunakan osnap "nearest".
4. Teruskan digitasi jalan lokal tersebut dengan menelusurinya. Sisi jalan sebelahnya boleh di-offset.

15.4.4.9 Penjiplakan digitasi dengan autocad

Untuk lebih memahami perangkat ini dari dasar perintah-perintah yang sering dipakai dalam digitasi peta diantaranya:

Line/Polyline, extension atau perpanjangan garis atau obyek, Hatch, layer, copy, move, distant dan lainnya yang sering dipakai dalam digitasi peta. Namun tidak semua perintah yang ada dalam menu toolbar sering dipakai dalam digitasi ini.

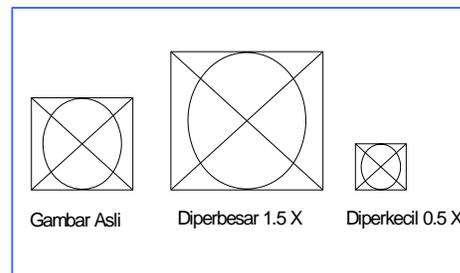
Memulai dengan AutoCAD

- Untuk mengoperasikan perangkat lunak CAD untuk pertama kalinya buka file dan pilihlah perintah *New*
- Karena dalam digitasi peta merupakan kegiatan menjiplak peta atau memperbarui peta yang ada dengan penambahan-penambahan obyek yang ada. Dengan terlebih dahulu peta yang ada *discanner* maka peta dapat dibuka dalam aplikasi CAD dengan mengklik perintah toolbar yang ada dibagian atas yaitu perintah *Insert* selanjutnya klik perintah *Raster Image* selanjut browser

file peta hasil scanner maka akan muncul di layar di CAD itu sendiri

- Namun harus jadi catatan bahwa peta hasil scanner itu harus diskalakan sesuai ukuran asli dipeta, dengan mengetik perintah dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Command ; Sc
2. Select obyek : Peta hasil scanner
3. Select obyek ; specify base point
4. Spesify scale factor or (Reference) ; R
5. Spesify reference length (1)
6. Spesify new length



Gambar 432. Perbesaran dan pengecilan

- Maka penjiplakan digitasi dapat dimulai dengan perintah langkah-langkah:

1. Command : PI (polyline)
2. Spesify start point :
Current line – width is 0.000
3. Spesify next point or (Arc/Halfwidth/length/ undo/Width):
klik di obyek yang akan di digitasi
4. Spesify next point or (Arc/Halfwidth/length/ undo/Width) :
digitasi dapat dimulai

Contoh aplikasi dari perintah- perintah di atas

Misalkan kita mempunyai peta yang akan didigitasi dengan ukuran kertas/gambar A4, maka hal yang pertama kali kita harus mengetahui ukuran kertas A4 itu sendiri yang tak lain 21x29.7 cm, setelah disanner pertama kali turuti contoh langkah-langkah yang dijelaskan diatas

Untuk selanjutnya langkah kedua

1. Command ; Sc
2. Select obyek : Peta hasil scanner
3. Select obyek ; specify base point
4. Spesify scale factor or (Reference) ; R
5. Spesify reference length (1) ; contoh 23546
6. Spesify new length ; ukuran A4 yang diwakili cukup oleh salah satu panjang kertas itu, misal 21

Langkah selanjutnya langkah penggambaran

1. Command : Pl (polyline)
2. Spesify start point :
Current line – width is 0.000
3. Spesify next point or (Arc/Halfwidth/length/ undo/Width):
klik di obyek yang akan di digitasi
4. Spesify next point or (Arc/Halfwidth/length/undo/Width) :
digitasi dapat dimulai.

Mengorganisasi Layer

Agar dalam penjiplakan peta tidak mengalami kesulitan untuk pertama kali kita

harus menentukan Layer/tema tiap-tiap legenda dipeta itu, misal :

Jalan Arteri : Red

Jalan kolektor : Magenta

Langkah-langkah perintah layer:

- Klik perintah “format” yang terdapat di toolbar bagian atas ; Klik perintah layer maka akan muncul perintah-perintah warna apa yang akan kita pakai dalam digitasi tersebut

Secara garis besar langkah-langkah diatas mewakili pelaksanaan pemetaan Digital untuk sebagai pengetahuan, untuk lebih mendalaminya kita dapat membaca referensi-referensi mengenai pemetaan digital.

15.5 Pencetakan peta dengan kaidah Kartografi

15.5.1 Sekilas kartografi

Dalam pembuatan peta (Pemetaan Digital), dikenal adanya ilmu dan seni yang “mengaturinya” yang disebut sebagai Kartografi. Selain unsur ilmu yang menyangkut hal-hal yang matematis, unsur seni juga ikut memegang peran, agar selain formatif, peta juga nampak Indah

Sebagai wawasan dasar, berikut beberapa hal pokok tentang tata aturan kartografi serta beberapa istilah yang perlu diperhatikan.

1. Muka peta dan Informasi tepi

Satu lembar peta terdiri atas muka peta dan informasi tepi. Muka peta adalah area, pada umumnya persegi, yang memuat detail peta, sedangkan informasi tepi adalah segala bentuk informasi yang ditampilkan di luar muka peta

Informasi tepi lazimnya terdiri atas judul peta, lokasi daerah pemetaan, nomor lembar peta, skala peta, petunjuk arah utara peta, indeks lembar, legenda, keterangan dan catatan, serta koordinat peta.

2. Skala Peta

Informasi skala peta dapat ditampilkan secara numeris (angka perbandingan jarak di peta dengan jarak dilapangan) dan atau dalam bentuk skala grafis, yakni skala yang digambarkan dengan penggalan garis dan nilai panjang sebenarnya di lapangan. Skala numeris lebih mudah dibaca (tanpa harus mengukur) namun jika peta diperkecil atau diperbesar (misalnya dengan fotocopy), informasi skalanya menjadi tidak benar. Hal tersebut berbeda dengan skala grafis, yang informasinya tetap benar saat peta diperkecil maupun diperbesar.

3. Proyeksi Peta dan Sistem Koordinat

Sistem koordinat yang digunakan dapat berupa koordinat lokal atau

menggunakan sistem koordinat tertentu.

Di Indonesia, sistem proyeksi peta yang pernah digunakan adalah LCO (*Lambert Conical Orthomorphic*) misalnya pada peta-peta zaman penjajahan Belanda, UTM (*Universal Transverse Mercator*) misalnya peta Topografi/ Peta Dasar Nasional skala kecil dan Bakosurtanal (Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional), dan TM3 (*Transverse Mercator 3^o*) yakni pada peta-peta skala besar dari BPN (Badan Pertahanan Nasional).

4. Penyajian Detail

Penyajian detail merupakan hal penting yang menyangkut teknik dan seni menyampaikan informasi, selain tentu saja harus memperhatikan akurasi. Sajian detail yang banyak tidak selalu berkonotasi baik, karena peta akan nampak terlalu padat dan tidak informatif. Pada peta digital, pengelolaan informasi ini dapat dikelola lebih baik, karena setiap kelompok informasi dapat disimpan pada layer berbeda dan secara instan dapat di atur informasi mana yang harus ditampilkan dan mana yang harus "disembunyikan". Dalam teknik penyajian, ini dikenal beberapa kaidah berikut ini.

a. Generalisasi

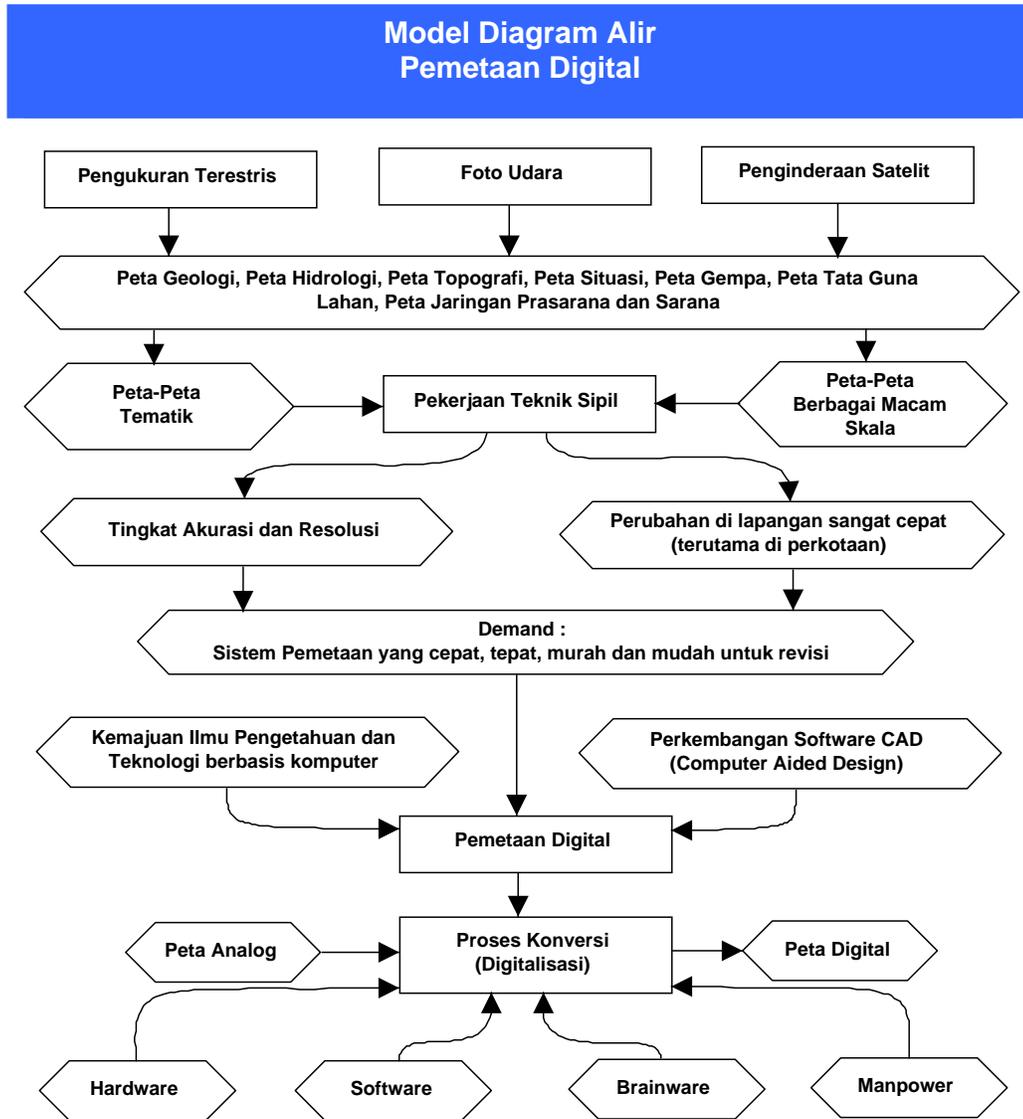
Generalisasi adalah pemilihan dan penyederhanaan bentuk detail sesuai dengan skala peta. Detail yang terlalu kecil untuk ditampilkan dibuang dan bentuk yang terlalu rumit disederhanakan. Kelokan-kelokan sungai atau jalan yang bisa ditampilkan pada peta skala 1: 5.000 misalnya, akan menjadi terlalu rumit untuk ditampilkan pada peta skala 1:25.000, jika tidak dilakukan generalisasi.

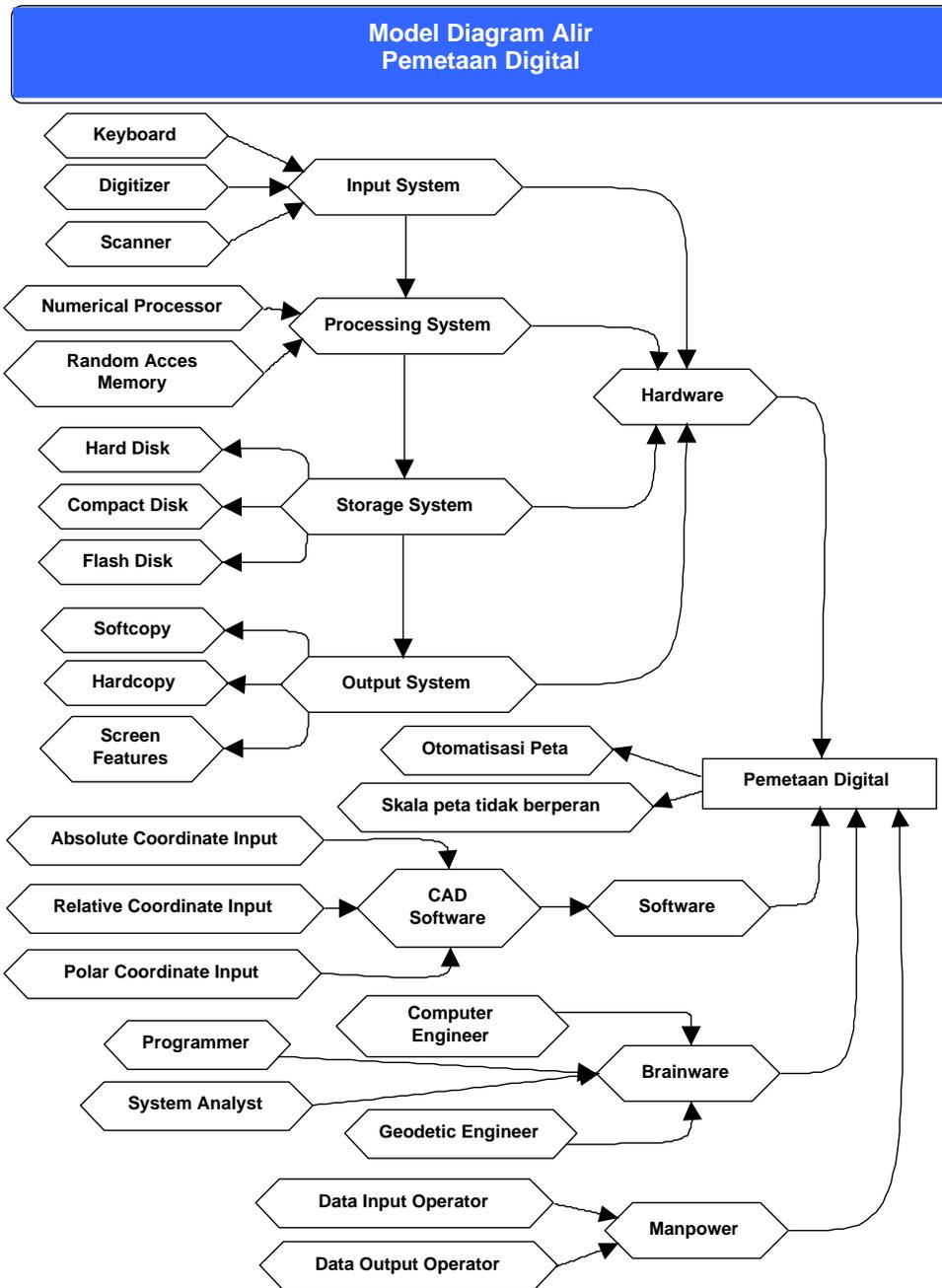
b. Penonjolan Detail (*Emphasizing*)

Detail tertentu seringkali perlu ditonjolkan agar lebih informatif, misalnya pada peta parawisata, jalan cenderung ditampilkan lebih besar/lebar dari skala yang sebenarnya, demikian pula bangunan-bangunan parawisata akan digambarkan lebih besar.

c. Eksagerasi

Eksagerasi adalah pergeseran posisi detail yang terjadi karena pengaruh generalisasi atau *emphasizing*.





Gambar 433. Model digram alir pemetaan digital

Rangkuman

Berdasarkan uraian materi bab 15 mengenai pemetaan digital (*digital mapping*), maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Peta adalah sarana informasi (spasial) mengenai lingkungan. Pemetaan adalah suatu proses penyajian informasi muka bumi yang fakta (*dunia nyata*), baik bentuk permukaan buminya maupun sumbu alamnya, berdasarkan skala peta, system proyeksi peta, serta symbol-symbol dari unsur muka bumi yang disajikan.
2. Pemetaan digital adalah suatu proses pekerjaan pembuatan peta dalam format digital yang dapat disimpan dan dicetak sesuai keinginan pembuatnya baik dalam jumlah atau skala peta yang dihasilkan. Format digital terdiri dari 2 macam, yaitu:
 - a. Raster
 - b. Vektor
3. Di bawah ini terdapat beberapa keunggulan dan kekurangan pemetaan digital dengan konvensional, yaitu:

Pemetaan digital	Pemetaan Konvensional
Penyimpanan	Skala dan standar berbeda
Pemanggilan Kembali	Cek manual
Pemutahiran	Mahal dan memakan waktu
Analisa Overlay	Memakan waktu dan tenaga
Analisa Spasial	Rumit
Penayangan	mahal

4. Pemetaan digital terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, tenaga kerja, dan perangkat intelegensia. Terdapat beberapa tahapan dalam pemetaan digital, yaitu:
 - a. Membangun basis geografi,
 - Resolusi peta dan akurasi yang tersaji pada basis lahan geografi
 - Tampilan untuk topografi kajian.
 - b. Informasi sistem geologi terdiri dari batas batuan, nama batuan, sesar, kekar, dan morfologi,
 - c. seluruh data yang dibutuhkan dimasukkan kedalam bentuk digital.

Soal Latihan

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini!

1. Apa yang dimaksud dengan pemetaan digital ?
2. Metode PTD menggunakan variabel-variabel pembentuk tanah yang dapat diperoleh secara digital (misalnya remote sensing, digital elevation model, peta-peta tanah) untuk mengoptimasi survai tanah di lapangan. Tujuan PTD adalah :
3. Jelaskan pengertian dari Pemetaan Digital (Digital Mapping) !
4. Sebutkan dan jelaskan peralatan-peralatan dan bahan serta prosedur yang harus dipenuhi dalam Pemetaan Digital !
5. Jelaskan manfaat dan kerugian (dampak) yang dapat ditimbulkan dengan menggunakan sistem Pemetaan Digital (Digital Mapping) !
6. Sebutkan dan jelaskan langkah-langkah penggunaan perangkat lunak pada Pemetaan Digital !
7. Jelaskan apa hubungan antara Pemetaan Digital (Digital Mapping) dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) !

16. Sistem Informasi Geografis

16.1 Pengertian dasar sistem informasi geografis

Geografi berasal dari gabungan kata *Geo* dan *graphy*. *Geo* berarti bumi, sedangkan *graphy* berarti proses penulisan, sehingga *geography* berarti penulisan tentang bumi.

Sedang, sistem informasi adalah suatu jaringan perangkat keras dan lunak yang dapat menjalankan operasi-operasi dimulai dari perencanaan pengamatan dan pengumpulan data, kemudian untuk menyimpan dan analisis data, termasuk penggunaan informasi yang diturunkan ke beberapa proses pengambilan keputusan. Fungsi sistem informasi adalah sebagai sarana untuk meningkatkan kemampuan seseorang dalam mengambil keputusan.

Jadi SIG atau GIS merupakan suatu sistem berbasis komputer yang mampu mengaitkan data base grafis (dalam hal ini adalah peta) dengan data base atributnya yang sesuai. Sistem Informasi Geografis merupakan suatu kemajuan baru dari kelanjutan pengguna Komputer grafik Auto CAD (*Computer Aided Design*). Sistem Informasi Geografis merupakan kombinasi antara CAD dengan data base yang dikaitkan dengan suatu pengenal unik yang sering dinamakan identifier (ID) tertentu.

Geographic Information System (GIS) atau Sistem Informasi Geografis (SIG) diartikan sebagai sistem informasi yang digunakan untuk memasukkan, menyimpan, memanggil kembali, mengolah, menganalisis dan menghasilkan data bereferensi geografis atau data geospasial, untuk mendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan dan pengelolaan penggunaan lahan, sumber daya alam, lingkungan transportasi, fasilitas kota, dan pelayanan umum lainnya. Dengan menggunakan CAD

Geographic Information System (GIS) atau Sistem Informasi Geografis (SIG) sebagai suatu sistem yang berorientasi operasi secara manual, yang berkaitan dengan operasi pengumpulan, penyimpanan dan manipulasi data yang bereferensi geografi secara konvensional

16.2 Keuntungan sistem informasi geografis

- Penanganan data geospasial menjadi lebih baik dalam format baku
- Revisi dan pemutakhiran data menjadi lebih mudah
- Data geospasial dan informasi lebih mudah dicari, dianalisis dan direpresentasikan

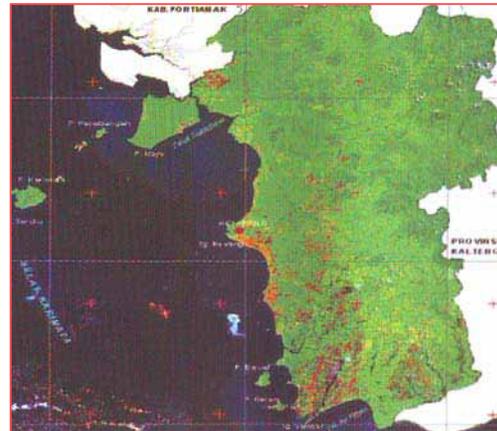
- Menjadi produk bernilai tambah
- Data geospasial dapat dipertukarkan
- Produktivitas staf meningkat dan lebih efisien
- Penghematan waktu dan biaya
- Keputusan yang akan diambil menjadi lebih baik

bidang komputer sehingga muncul CADD (*Computer Aided Design and Drafting*) yang sebagian besar ditujukan untuk pembuatan peta.

Tabel 46. Kelebihan dan kekurangan pekerjaan GIS dengan manual/pemetaan Digital

Peta	GIS	Pekerjaan Manual
Penyimpanan	Database Digital dan terpadu	Skala dan standar berbeda
Pemanggilan Kembali	Pencarian dengan Komputer	Cek manual
Pemutahiran	Sistematis	Mahal dan memakan waktu
Analisa Overlay	Sangat cepat	Memakan waktu dan tenaga
Analisa Spasial	Mudah	Rumit
Penayangan	Murah dan cepat	mahal

Yang Melatar belakanginya berkembangnya penggunaan SIG, diawali oleh kelompok survei dan pemetaan, ilmu komputer dan geografi kuantitatif. Dan lebih berkembang lagi dengan didukungnya perkembangan di

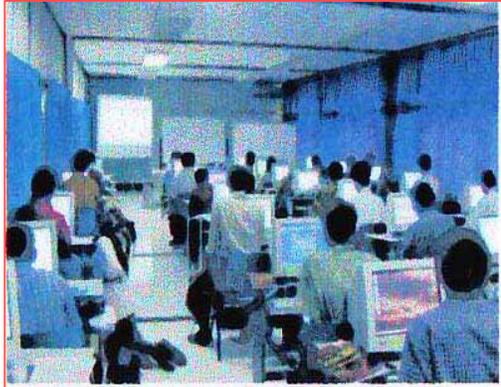


Gambar 434. Contoh: penggunaan komputer dalam pembuatan peta



Gambar 435. Contoh: penggunaan komputer dalam pembuatan peta

Kemudian menyusul berkembang CAM/FAM (*Computer Aided Mapping/Facilitate Automatic Mapping*) yang mulai dapat dimanfaatkan untuk keperluan manajemen utilitas selain pembuatan peta.



Gambar 436. Komputer sebagai fasilitas pembuat peta

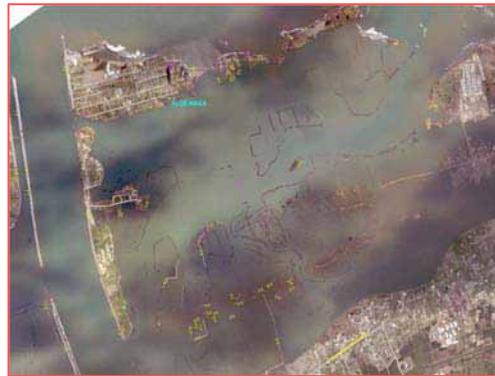
- Alasan penggunaan SIG.

- Penanganan data geospasial sangat buruk
- Peta dan statistik sangat cepat kadaluwarsa
- Data dan informasi sering tidak akurat
- Tidak ada pelayanan penyediaan data
- Tidak ada pertukaran data



Gambar 437. Foto udara suatu kawasan

Sumber-sumber data geospasial adalah peta digital, foto udara, citra satelit, tabel statistik dan dokumen lain yang berhubungan.



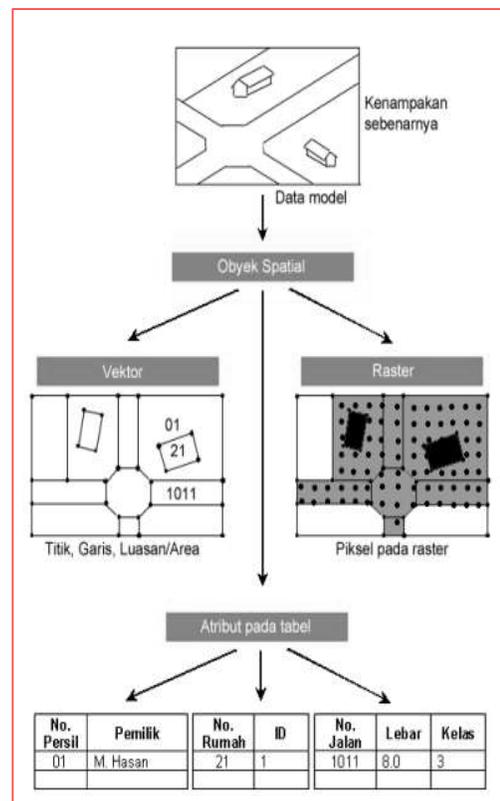
Gambar 438. Contoh: Peta udara daerah propinsi aceh

Data geospasial dibedakan menjadi data grafis (atau disebut juga data geometris) dan data atribut (data tematik), lihat Gambar

Data grafis mempunyai tiga elemen :

Titik (*node*) bila padanya berawal atau berakhir suatu garis, atau padanya bertemu/berpotongan beberapa garis

Garis (*arc*) bila dua titik saling dihubungkan membentuk objek linear. Setiap garis mempunyai awal node dan akhir node, dan luasan (*poligon*) bila suatu garis tertutup yang berawal dan berakhir pada node yang sama, dalam bentuk vector ataupun raster yang mewakili geometri topologi, ukuran, bentuk, posisi dan arah.



Gambar 439. Data grafis mempunyai tiga elemen: titik (*node*), garis (*arc*) dan luasan (*poligon*)

Fungsi pengguna adalah untuk memilih informasi yang diperlukan, membuat standar, membuat jadwal pemutakhiran

(*updating*) yang efisien, menganalisis hasil yang dikeluarkan untuk kegunaan yang diinginkan dan merencanakan aplikasi.

Beberapa contoh pembaruan peta di daerah Nangroe Aceh Darussalam sebelum bencana Tsunami



Gambar 440. Peta pemutakhiran pasca bencana tsunami

Disamping SIG mempunyai keunggulan di lain pihak SIG juga mempunyai kelemahan atau kesalahan-kesalahan (Akumulasi kesalahan dalam SIG/*Error Propagation*), ini disebabkan orang biasanya menganggap

data digital berkualitas lebih tinggi dari pada data konvensional atau data yang terdapat dalam rekaman analog. Hal ini disebabkan.

- Pemakai berpandangan bahwa jika menggunakan teknologi yang sudah berkembang maka kualitas data juga berkembang;
- Data digital mempunyai kisaran produk yang jauh lebih besar dibandingkan data analog;

Bila kita tidak terlalu peduli tentang keakuratan data spasial (biasanya pada skala kecil), biasanya akan menyebabkan:

- Pemilihan lokasi yang salah
- Identifikasi pola yang salah
- Turunan data yang salah
- Kegagalan mendapatkan hubungan yang sebenarnya
- Diperoleh keputusan yang tidak memuaskan dan menghabiskan biaya yang besar

Kesalahan- kesalahan dalam SIG (*Error Propagation*), sumber kesalahan dalam SIG dijumpai pada setiap tahap (akumulasi kesalahan) kesalahan dapat dibagi dalam tiga aspek diantaranya, kesalahan umum, kesalahan variasi alami atau pengukuran awal, kesalahan pengolahan. Ini menyebabkan peluang total kesalahan akhirnya menjadi makin besar, sumber kesalahan umum diantaranya:

- Umur data
- Cakupan area
- Komponen pengamatan
- Kerelevanan
- Format
- Aksesibilitas
- Pengambilan data
- Pra-pengolahan
- Pengolahan spesifik
- Analisis data
- Aplikasi/modeling
- Penyajian
- Biaya
- Pengambilan keputusan, dan
- Pelaksanaan akhir dilapangan

Sumber-sumber kesalahan ini tidak semuanya dapat dengan mudah diperbaiki, kesalahan dalam SIG ini biasanya disebabkan; proses digitasi, proses tumpang tindih, proses konversi vektor ke raster atau sebaliknya, derajat ketidilatan pengukuran (mungkin tidak akurat) yang dilakukan pada kenampakan spasial sebenarnya, mengacu kepenyebaran (dispersi) kesalahan posisi dari unsur-unsur data posisi, diduga dari standar deviasi misalnya standar deviasi rendah menunjukkan sempitnya penyebaran kesalahan posisi (presisi tinggi).

Kesalahan dari variasi alami atau pengukuran awal :

- Keakuratan posisi
- Keakuratan isi

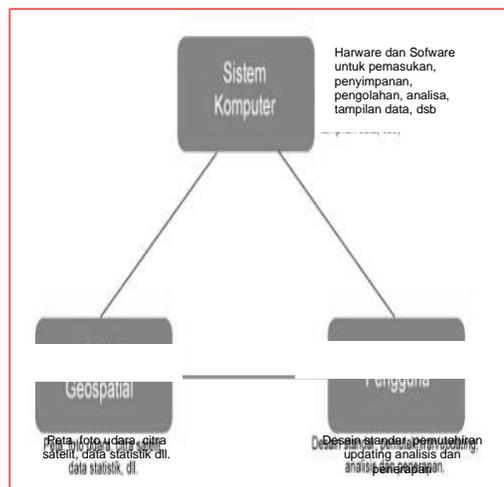
- Variasi sumber data
 - Pemasukan data
 - Pengamatan bias
 - Variasi alami

Kesalahan yang muncul karena pengolahan

- Kesalahan numerik ala komputer
- Kesalahan karena analisis topologi
- Persoalan klasifikasi dan generalisasi; metodologi, definisi kelas interval, interpolasi

16.3 Komponen utama SIG

Komponen utama SIG adalah sistem komputer, data geospasial dan pengguna



Gambar 441. a.komponen utama SIG

Sistem komputer untuk SIG terdiri dari perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*) dan prosedur untuk penyusunan pemasukkan data, pengolahan, analisis, pemodelan (*modelling*), dan penayangan data geospasial

1. Komponen perangkat keras

Komponen dasar perangkat keras SIG dapat dikelompokkan sesuai dengan fungsinya antara lain:

- a. Peralatan pemasukan data, misalnya papan digitasi (*digitizer*), Penyiam (*scanner*), keyboard, disket dan lain-lain.
- b. Peralatan penyimpanan dan pengolahan data, yaitu komputer dan perlengkapannya seperti : monitor, papan ketik (*keyboard*), unit pusat pengolahan (CPU / *central processing unit*), cakram keras (*hard-disk*), floppy disk,dan
- c. Peralatan untuk mencetak hasil seperti printer dan plotter



Gambar 442. Perangkat keras



Gambar 443. Perangkat keras keyboard



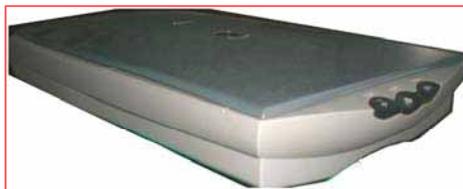
Gambar 446. Perangkat keras monitor



Gambar 444. Perangkat keras CPU



Gambar 447. Perangkat keras mouse



Gambar 445. Perangkat keras Scanner

2. Komponen perangkat lunak

Komponen perangkat lunak yang sudah tersedia di pasaran sangat bervariasi, oleh karena itu perangkat lunak yang tepat dari suatu SIG sukar ditentukan. Memilih suatu perangkat lunak akan sangat ditentukan oleh banyak faktor. Namun secara umum SIG mempunyai komponen fungsi seperti yang dijelaskan di atas, perlu dibedakan dari SIG, sistem informasi lain yang berorientasi grafis seperti CAD (*Computer Aided Design*) yang umumnya tidak mempunyai komponen analisis (terutama topologi), (Cowen, 1990; Newell dan Theriault, 1990), walaupun sistem seperti ini berangsur-angsur berubah dengan ditambahi perangkat analisis

tersebut sehingga mengarah ke bentuk SIG. Komponen piranti lunak baik dari sisi macam dan kemampuannya sering berbeda satu sama lain, tergantung selera masing-masing pembuatnya, yang terpenting bagi pengguna harus dapat memilih sesuai dengan kebutuhan. Hal ini akan ditentukan oleh bentuk data dan sumbernya serta kemampuan analisis yang diinginkan. Bentuk dan sumber data perlu mendapat perhatian yang serius, karena biaya dalam SIG sering didominasi oleh proses pemasukan data.

a. Persiapan dan Pemasukan Data

Bentuk kegiatan persiapan mencakup dua unsur utama (a). Konversi data ke dalam format yang diminta perangkat lunak, baik dari data analog maupun dari data digital lain, dan (b) Identifikasi dan spesifikasi lokasi obyek dalam data sumber. Tahap ini bertujuan mengkonversi data dari bentuk yang ada menjadi bentuk yang dapat dipakai dalam SIG. Namun pemasukan data sering merupakan masalah yang khusus dan kadang-kadang merupakan penghalang utama dalam penerapan suatu SIG. Dengan alasan-alasan seperti mahalnya pembelian perangkat keras dan lunak, tetapi dalam kenyataannya sering terjadi bahwa pembentukan basis data (database) memerlukan biaya yang

cukup besar dari pada pengadaan perangkat keras dan lunak.

Untuk menyusun suatu basis data awal yang lengkap akan dibutuhkan waktu yang lama, terutama di daerah yang luas dan masalahnya sangat kompleks akan membutuhkan waktu beberapa bulan hingga kemungkinan beberapa tahun. Tingkat kekompleksan permasalahan akan sangat mempengaruhi jumlah waktu yang diperlukan, oleh karena itu bila waktu yang tersedia relatif singkat maka tujuan SIG harus di buat sederhana. Hal yang penting mendapat perhatian bahwa agar SIG dapat bermanfaat secara langsung, sesuai produk yang di rancang maka suatu proyek SIG harus menyediakan biaya mulai dari persiapan awal untuk pengumpulan data hingga proses akhir untuk dapat menghasilkan produk berbentuk tampilan informasi sesuai yang di inginkan.

Dengan berbagai alasan yang di uraikan diatas, metode pemasukan data dan kualitas data baku sebaiknya dipertimbangkan secara hati-hati sejak awal. Sebelum data dimasukan sebaiknya dievaluasi beberapa hal yang berkaitan dengan data tersebut, seperti pengolahan yang akan dilakukan, tingkat keakuratan, dan bentuk keluaran data yang diinginkan. Hal diatas menunjukkan

betapa pentingnya membangun kepercayaan pemakai dan manfaat dari upaya tambahan dalam meningkatkan kualitas data.

b. Manajemen, Penyimpanan dan Pemanggilan Data

Komponen manajemen data dalam SIG termasuk fungsi untuk menyimpan data dan menggali data. Penyimpanan data ini juga mencakup beberapa teknik memperbaiki dan memperbaharui data spasial dan atribut. Fungsi-fungsi yang umum terdapat disini adalah pemasukan, perbaikan, penghilangan dan pemanggilan kembali data. Metode yang dipakai untuk melaksanakan fungsi-fungsi ini mempengaruhi efisiensi sistem pengoperasian semua fungsi.

Ada beberapa variasi metode yang dipakai untuk mengorganisasikan data kebentuk yang dapat dibaca komputer. Cara data distrukturkan dan di-*file*-kan berkaitan satu sama lain (organisasi bank data), demikian juga kendala tempat dimana data digali, dengan kecepatan operasi penarikan data, seperti bentuk dan media penyimpanannya. Jika pelaksanaan penyimpanan dan pemanggilan berjalan baik maka pemakai biasanya tidak akan mengalami kesulitan yang berarti. Namun sebaliknya bila pemakai mengalami kendala maka sistem dianggap lambat

dan buruk, susah penggunaannya, hingga dikatakan sebagai mudah rusak.

Manajemen data dapat dikaitkan dengan sistem keamanan data. Dalam hal ini prosedur penyelamatan data harus dibuat spesifik sehingga untuk pemakai yang berbeda akan dibuat jalur yang berbeda. Perlu dibedakan antara pemakai jangka pendek dan pemakai jangka panjang dan sebaiknya dilakukan identifikasi dan evaluasi prosedur setiap sistem manajemen data.

c. Manipulasi dan Analisis Data

Fungsi manipulasi dan analisis merupakan ciri utama sistem pemetaan grafis yang menentukan informasi yang dapat dibangkitkan dari SIG. Hal yang harus diantisipasi adalah bahwa SIG tidak hanya akan mengotomatiskan aktivitas tertentu, tetapi juga akan merubah cara kerja organisasi.

Metode pengambilan keputusan kemudian dapat berubah dari pemilihan alternatif terbaik dengan mencari dan mengevaluasi perbaikan yang diusulkan. Untuk mengantisipasi cara-cara data dalam SIG dapat di analisis, diperlukan pemahaman mengenai pemakai yang terlibat, karena hal ini akan menentukan fungsi-fungsi yang diperlukan, demikian juga tingkat penampilan produk yang mereka kehendaki .

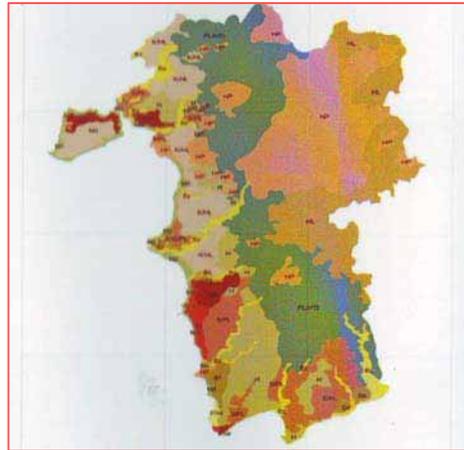
d. Pembuatan Produk SIG

Bentuk produk suatu SIG dapat bervariasi baik dalam hal kualitas, keakuratan, dan kemudahan pemakaiannya. Tetapi produk yang dihasilkan SIG sering dianggap kurang memenuhi syarat kualitas secara kartografi, hal ini disebabkan karena kemampuan SIG tidak diarahkan untuk menghasilkan kenampakan produk yang menyamai hasil pekerjaan perangkat lunak khusus kartografi. Untuk meningkatkan kualitas produk secara kartografis, dapat dirancang agar hasil SIG dapat dikonsversi ke perangkat lunak kartografi, yang sudah mempunyai kemampuan tinggi untuk menghasilkan produk yang lebih menitik bertakan pertimbangan kartografi.

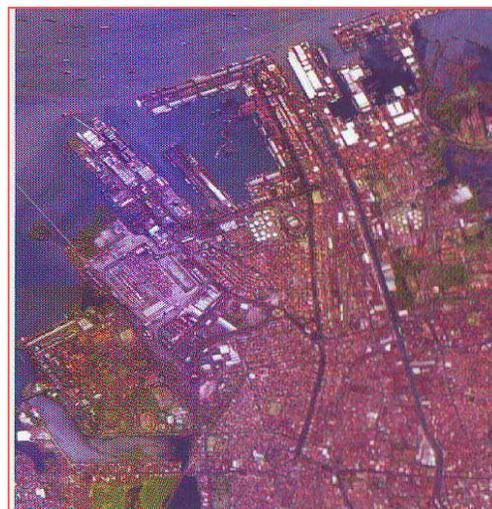
16.4.1 Sumber data dan Alat pemasukan Data

Sistem informasi geografi berkaitan erat dengan data dan informasi yang bereferensi geografis. Data dan informasi tersebut umumnya diperoleh dari berbagai sumber antara lain : peta-peta yang telah ada, foto udara, citra satelit, citra radar, atau mungkin hasil pengukuran lapang bahkan suatu bank-data atau SIG yang telah ada.

Beberapa peta yang sering digunakan dalam pemasukan data SIG, misal:



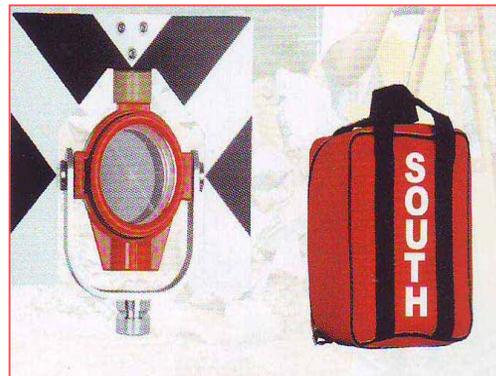
Gambar 448. Peta arahan pengembangan komoditas pertanian kabupaten Ketapang, Kalimantan Barat



Gambar 449. Peta citra radar Tanjung Perak, Surabaya



Gambar 450. Peta hasil foto udara daerah Nangroe Aceh Darussalam pasca Tsunami



Gambar 452. NK10 Set holder dan prisma canister

16.4 Peralatan, bahan dan prosedur pembangunan SIG

Contoh alat-alat yang biasa digunakan dalam SIG diantaranya:



Gambar 453. NK12 Set holder dan prisma

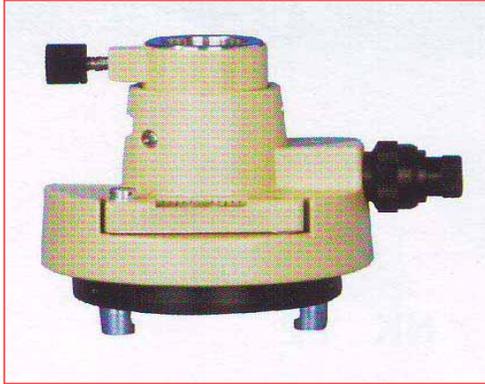


Gambar 451. NPS360 for robotic total station

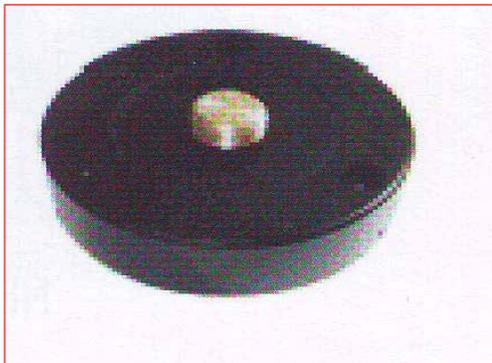


Gambar 454. NK19 set

Alat-alat Global Prosecing System yang biasa dipakai diantaranya :



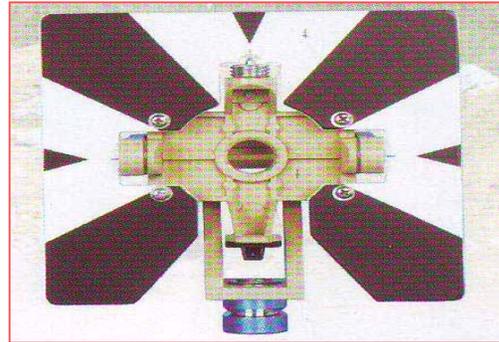
Gambar 455. GPS type NL 10



Gambar 456. GPS type NL 14 fixed adapter



Gambar 457. GPS type NJ 10 with optical plummet



Gambar 458. GPS type NK 12 croth single prism holder offset : 0 mm



Gambar 459. GPS type CPH 1 A leica single prism holder offset : 0 mm

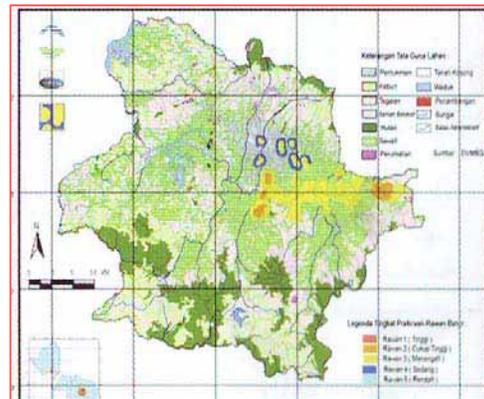
Struktur data yang telah ada dalam suatu SIG perlu mendapat perhatian, terutama pada saat akan menggabungkan data baru yang berasal dari sumber lain. Perbedaan format data antara yang sudah ada dalam komputer dengan yang akan dimasukkan akan menjadi masalah. Untuk mempersamakan format data diperlukan kesepakatan, atau koordinasikan.

Walaupun berbagai piranti lunak telah memberikan pilihan-pilihan format atau bentuk transformasinya yang cukup baik.

Produsen data yang bersifat umum diperlukan mempunyai format umum yang dapat diterima piranti lunak secara luas, karena jika tidak hal ini akan menjadi masalah yang cukup serius. Oleh karena itu diperlukan koordinasi yang baik secara regional, nasional maupun internasional untuk memungkinkan lalu-lintas informasi dapat berjalan sangat cepat. Dalam hal ini persoalan tidak lagi ditekankan pada proses penyediaan produksi data tetapi sudah lebih mengarah ke pengelolaan informasi secara efisien dan efektif.

Alat pemasukan data tambahan yang sudah merupakan bagian suatu SIG adalah papan pendigitasi atau digitizer dan alat penyiam atau scanner. Pemasukan data dengan digitizer biasanya menghasilkan data yang berbentuk vektor (*polygon*). Peta garis pada media kertas yang dikenal secara konvensional biasanya dialihkan menjadi digital atau digitasi menggunakan alat sedangkan scanner menghasilkan data yang berbentuk raster.

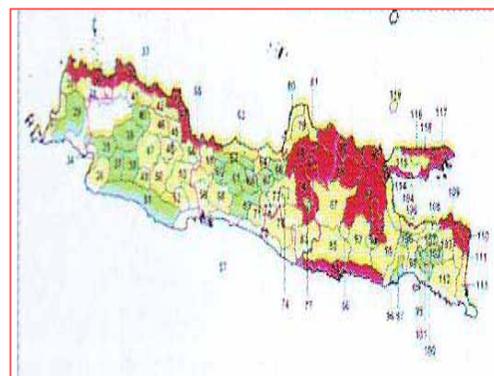
Berikut beberapa contoh hasil digitasi peta yang terlebih dahulu discanner.



Gambar 460. Peta digitasi kota Bandung tentang perkiraan daerah rawan banjir



Gambar 461. Peta hasil analisa SPM (*suspended particular matter*)



Gambar 462. Peta prakiraan awal musim kemarau tahun 2007 di daerah Jawa

16.4.2 Pemasukan data spasial

Metode untuk memasukan data dalam suatu SIG sangat beragam, hal ini tergantung dari banyak faktor seperti sumber data, format data yang akan dimasukan, ketersediaan sarana keras pemasukan data, ragam cara memasukan data spasial :

1. Dengan digitasi manual atau semi-manual
2. Dengan key-board (prosedur koordinat geometri)
3. Dengan digitasi fotogrametri
4. Dengan scanner
5. Dengan digitasi melalui layar
6. Dengan konversi data digital lain
7. Dengan pengetikan (key-entry)
8. Dengan bantuan satelit posisi global (GPS-*Global Positioning System*)

Untuk lebih memahami cara memasukan data spasial untuk lebih menguntungkan akan sedikit dijelaskan secara garis besarnya:

1. Dengan digitasi manual atau semi-manual atau semi otomatis

Metode yang paling umum dipakai untuk mengkonversi peta cetak ke bentuk digital adalah dengan menggunakan papan digitasi. Dengan memakai papan pendigitasi, semua kenampakan obyek yang akan dimasukan harus direkam satu persatu atau bahkan titik pertitik sebagai suatu

kelompok koordinat X dan Y (atau Z). pemasukan data dari foto udara dengan alat seperti stereo plotter menjadi peta digital, pada dasarnya mirip dengan cara ini kecuali perekaman unsur elevasi (dimensi ketiga) dimana koordinat Z diperlukan.

Ukuran digitizer yang tersedia dipasaran beragam, mulai dari meja yang berukuran kecil (27x27 cm) hingga berukuran besar (1x1.5 m). beberapa model digitizer tersebut juga mendukung pendigitasian bahan film gambar atau material yang transparan.

Resolusi atau keakuratan koordinat yang akan terekam oleh digitizer beragam, dan ditentukan oleh spesifikasi teknis kemampuan alat masing-masing. Secara umum, meja yang ukuran besar akan mempunyai resolusi yang tinggi sekitar 0.025 mm, dan keakuratan absolutnya, secara umum 3 kali dari resolusi baku. Kualitas meja digitizer ditentukan oleh stabilitas, perulangan perekaman kelurusan-kelengkungan garis, resolusi dan akurasi. Pertimbangan lain adalah orientasi kursor, suhu, kelembaban, drift, dan kalibrasi elektronik (Cameron, 1982 dalam Marble, et al, 1984),

Proses pendigitasian peta terdiri dari beberapa tahap yaitu:

- a. Penyiapan peta-peta yang akan didigitasi

- b. Perekam koordinat-koordinat peta (digitasi aktual)
 - c. Pengeditan dan perbaikan data sebelum penyimpanan dalam bentuk peta basis-data, dan
 - d. Pemasukan data atribut yang sesuai dengan data spasial.
2. Pemasukan data dengan prosedur Koordinat Gometri

Prosedur koordinat geometri relatif berbeda dari prosedur lain. Disini kenampakan geometri dalam peta merupakan kunci pemasukan data kekomputer. Algoritma matematik dipakai untuk menghitung koordinat, yang selanjutnya disimpan dan dipakai untuk menghasilkan kenampakan citra dilayar. Piranti lunak yang umum dikenal untuk fungsi ini adalah COGO, suatu istilah yang merupakan singkatan untuk teknik koordinat geometri. Pendekatan ini memerlukan definisi titik asli melalui digitasi atau pemasukan nilai koordinat.

Arah dan jarak unsur geometri yang lain dipetakan dengan memasukan data survei lapang, dan dapat menghasilkan data kartografi yang sangat akurat, lebih akurat dari teknik-teknik digitasi konvensional / manual.

3. Pemasukan Data dengan digitasi Fotogrametrik

Teknik digitasi fotogrametrik dipakai untuk mendelineasi peta baru dari foto udara. Teknik ini membutuhkan tenaga kerja banyak, seperti halnya dijitsi manual. Pada cara ini, meja pendigitasian digantikan dengan instrument fotogrametri seperti stereoplotter analitik. Digitasi fotogrametrik kebanyakan dipakai untuk merekam secara cepat, seperti kenampakan digital planimetrik dan data elevasi melalui stereofoto-plotter. Data elevasi dapat disimpan baik dalam bentuk garis kontinyu dengan interval tertentu atau bentuk titik-titik.

4. Pemasukan data dengan alat penyiam (scanner)

Pendigitasian secara manual yang memerlukan waktu dan dana yang sangat banyak, mendorong berkembangnya digitasi secara otomatis, yaitu dengan penyiam (*scanner*). Cara ini menggunakan prinsip yang sama dengan teknik laser optikal atau elektronik untuk "menyapu" citra atau peta yang ada dan mengkonversi gambar tersebut ke format digital, yang terdapat dalam bentuk data raster. prosedurnya adalah sebagai berikut garis-garis dari peta asli direkam sebagai suatu seri piksel-piksel kecil yang membentuk citra binary (ada, misalnya garis atau simbol; tidak ada,

misalnya tidak ada garis atau simbol ; gelap atau putih).

Proses penyiaman walaupun cepat, juga mempunyai kelemahan khususnya untuk data-data yang kompleks sehingga membutuhkan persiapan yang menyeluruh, diantaranya peta harus bersih, tidak boleh ada obyek yang meragukan . untuk keperluan tersebut sering juga peta harus digambar kembali.

Dikenal dua macam penyiam yaitu penyiam type datar (*flat-bed scanner*) yang terdiri dari beberapa model antara lain type datar (*flatbed*), dan type yang dapat dipegang (*handheld scanner*), dan penyiam type tabung (*drum-scanner type*) terdiri atas model type sheetfed salah satunya.

5. Pemasukan Data dengan digitasi layar Komputer (*Screen-digitizing*)

Pemasukan data melalui layar ini mirip dengan pendekatan pemasukan koordinat geometri karena konsepnya didasarkan perhitungan matematis. Beberapa SIG yang ada sekarang mempunyai kemampuan digitasi layar tersebut. Prosedur kerja ini memberikan kemudahan yang menguntungkan bila digunakan pada data penginderaan jauh, karena dapat dilakukan delineasi di atas layar secara langsung.

Penerapan metoda digitasi layar ini dalam penginderaan jauh, dapat digunakan untuk mendeteksi kenampakan obyek tertentu

secara manual, misalnya untuk mencari sungai yang tidak terlihat pada peta. Dengan menyiam peta dan selanjutnya ditumpang-tidihkan dengan inderaja maka kenampakan sungai pada peta dapat dilengkapi.

6. Pemasukan data dengan konversi data digital lain

Data yang sudah terdapat dalam bentuk digital merupakan salah satu sumber utama data digital di masa yang akan datang seperti data penginderaan jauh dan data hasil penyiaman. Umumnya setiap piranti lunak SIG dapat mengkonversi data tersebut minimal kedalam bentuk data baku yang dikenali hampir semua piranti lunak misalnya data dalam format BMP, TIFF.

7. Pemasukan data melalui papan ketik

Pemasukan data dengan cara menggunakan papan ketik (key-board) relative mirip dengan prosedur koordinat geometri, hanya saja dalam prosedur ini lebih ditekankan pada pemasukan data atribur (data non-garfik) dan anotasi peta. Data ini langsung diterima komputer sebagai bagian dari SIG. data ini juga dapat dimasukan belakangan ke dalam basis data SIG setelah di edit sesuai dengan keperluan SIG. anotasi peta biasanya dimasukan dengan bentuk ketikan (key entry) dan diletakan pada citra (gambar) di komputer melalui perintah-perintah yang bersifat interaktif. Perkembangan

pemasukan data melalui papan ketik ini pada periode pertengahan 1990-an sudah mulai berkurang khususnya dengan semakin berkembangnya penggunaan *mouse*.

8. Pemasukan data dari GPS (*Global Positioning System*)

Pemasukan data melalui system satelit global (GPS) sangat berkembang akhir-akhir ini disebabkan makin mudahnya GPS dalam bentuk portable. Pemasukan data ini umumnya lebih berorientasi lokasi secara spesifik. Informasi yang terekam biasanya disajikan dalam bentuk koordinat lokasi dan elevasi (ketinggian). Data GPS ini, yang berbentuk titik biasanya diolah dengan mengkonversikan data tersebut menjadi bentuk segmen seperti data kontur topografi sebelum diproses lebih lanjut dalam SIG. fungsi data GPS yang sering dipakai adalah untuk keperluan koreksi geometri data yang sudah ada dalam SIG yang selanjutnya dimanfaatkan untuk melihat hubungan data secara lengkap, misalnya untuk korelasi data analisis tumpang-tindih perhitungan volume.

GPS sebagai sarana perekam data posisi atau lokasi atau pendigitasian titik, mempunyai beberapa keuntungan antara lain:

- Ketidak bergantungannya pada ketersediaan peta

- Ketelitian tidak bergantung pada skala peta
- Kemampuan untuk mendigitasi objek-objek di lapangan yang berukuran kecil yang umumnya tidak nampak pada peta, atau tidak dapat diidentifikasi pada foto udara atau citra satelit

Kelemahan yang ditemukan pada pemasukan data pada prosedur diantaranya:

- Sarananya (alat penerima) membutuhkan ruang terbuka dan tidak boleh ada penghalang untuk penerima sinyal dari satelit
- Data yang direkam pada daerah tertutup seperti di bawah pohon (hutan) atau yang berbukit, akan menghasilkan deviasi data yang besar.

Tabel 47. Pendigitasian Konvensional dibanding pendigitasian GPS

Konvensional	GPS
- Ketelitian tergantung skala	-Ketelitian tidak tergantung skala
- Cocok untuk pengkoleksian data secara besar-besaran	- Cocok untuk pengkoleksian data secara selektif
- Kecepatan pendigitasian dikontrol oleh pengguna	- Kecepatan pendigitasian dikontrol oleh kecepatan dan kondisi lalu-lintas
- Cocok untuk objek-objek yang dapat terlihat pada peta maupun pada peta foto udara	-Dapat juga digunakan untuk objek-objek kecil
- Digitizer 2 dimensi	-Digitizer 3 dimensi
- Pendigitasian point- mode	-Pendigitasian dengan metode penentuan static singkat, <i>stop-and-go</i> atau pseudo kinematik
- Pendigitasian stream-mode	-Pendigitasian dengan metode penentuan kinematik GPS

Kendala utama pada GPS adalah ketidakmudahan dalam pemrosesannya. Walaupun penangkapan dan pengumpulan data relatif mudah tetapi jika hasil analisis yang diinginkan berkualitas tinggi maka proses perhitungannya juga sulit, sehingga operator yang dibutuhkan harus mempunyai pengetahuan yang lebih dari pada sekedar operator biasa.

Sebagai tambahan dalam SIG ini, maka tidak ada salahnya penulis membandingkan Digitasi secara manual (semi-otomatis) dengan Penyiam.

Pendigitasian data melalui proses penyiaman telah banyak dilakukan oleh instansi di negara-negara maju, sedangkan di Indonesia masih lebih dominan penggunaan meja pendigitasian. Walaupun pemasukan dengan penyiam dapat mempercepat sampai 5-10 kali, tetapi bagi pengguna yang kebutuhan data maupun kemampuannya kecil, maka alat ini belum tentu mempunyai nilai lebih secara ekonomi.

Dalam keadaan tertentu agar penyiaman berjalan dengan baik serta menampilkan semua objek, kadang-kadang peta tersebut di gambar lagi (*re-drafting*). Kalau hal seperti ini terjadi, maka proses penggambaran kembali ini merupakan salah satu kelemahan utama dalam proses pendigitasian otomatis ini. Untuk instansi yang bertujuan menghasilkan data spasial

(peta) dalam jumlah besar, maka biaya total proses penggambaran kembali ini tidak akan membebani biaya total digitasi, dalam hal ini ada 3 alasan utama, yaitu:

1. Penggambaran kembali secara manual di lakukan oleh juru gambar tingkat bawah, sehingga pembiayaannya akan rendah karena tidak membutuhkan keahlian khusus.
2. Pelaksanaan digitasi akan dilakukan lebih cepat jika peta telah bersih dan konsisten. Berdasarkan pengalaman, dibutuhkan waktu yang banyak untuk melakukan pengeditan atau perbaikan digitasi peta yang rumit.
3. Jika peta yang akan didigitasi lebih sederhana dari informasi yang tersedia dalam bentuk peta maka penggambaran objek diperlukan (dilakukan pemilihan data), karena hal ini lebih efisien dibandingkan pengeditan dilakukan bersamaan dengan proses digitasi

Karena sistem penyiaman bersifat otomatis, maka akan dibutuhkan staf ahli yang khusus. Hal ini disebabkan untuk perawatan alatnya yang relatif kompleks dan juga karena piranti lunaknya lebih canggih, dan lebih banyak tahapan yang perlu diketahui. Peralatan juga pada umumnya lebih mahal di bandingkan meja digitizer biasa.

Penyiaman dapat bekerja dengan baik jika peta-peta yang dipakai sangat bersih,

sederhana, dan tidak mempunyai informasi ekstra seperti: simbol-simbol grafik atau teks. Peta yang terdiri dari bermacam-macam garis berwarna dan mempunyai jumlah garis yang banyak, selain pengerjaannya rumit juga akan membutuhkan memori komputer yang lebih besar. Selain itu dalam pekerjaan ini akan diperlukan proses perbesaran kelompok obyek tertentu (terutama jika ditentukan resolusi yang diperlukan) sehingga volume produksi juga akan berpengaruh dalam proses ini. Umumnya jika terdapat pekerjaan dalam jumlah besar maka biaya peralatan juga mudah diperhitungkan. Sehingga pemanfaatan penyiam juga dapat efektif jika volume data yang dihasilkan besar.

Digitasi secara manual cenderung lebih mahal bila peta yang digunakan mempunyai jumlah unit (polygon) sedikit dan tidak dalam bentuk yang mudah di siam. Peta-peta yang mengandung banyak informasi tambahan, yang memerlukan interpretasi atau yang memerlukan penyesuaian saat pengkodean, atau mengandung sedikit obyek, umumnya tidak terlalu penting untuk disiam, karena tidak efisien.

Dengan kenyataannya bahwa kedua pilihan pemasukan data yang masing-masing masih mengandung masalah, teknik pemasukan data yang lain sebagai alternatif sangat diperlukan. Dari sisi teknik

pendigitasian dengan penyiam, diharapkan dapat segera ditemukan peralatan yang semakin mampu dan harganya semakin murah, sehingga penyiaman dapat memberikan nilai tambah. Pada era 1990-an kemunculan alat scanner yang makin murah dan baik, membuat teknologi pemasukan data ini semakin penting.

16.5 Jenis-jenis analisis spasial dengan SIG dan aplikasinya pada berbagai sektor pembangunan

Walaupun SIG dapat bekerja dengan bermacam-macam-macam data, akan tetapi sesuai dengan tujuan spesifikasi dari penggunaan suatu SIG, maka macam data yang utama adalah data berbentuk selebaran spasial obyek pada umumnya yaitu peta. Sebagai cara penyajian data secara keruangan yang telah lama dikenal dalam komunikasi grafis, peta harus dibuat dengan dasar cara penyajian kartografi, prosedur penyajian secara kartografis berdasarkan simbol. Ada tiga cara dasar penyajian data spasial, yaitu dalam bentuk sebagai berikut:

- Titik merupakan cara penyajian yang tidak berdimensi, dan hanya menyajikan lokasi dalam bentuk koordinat. Penyajiannya menitik beratkan pada lokasi obyek, yang tidak berkaitan dengan ukuran panjang maupun luas dari obyek

- Garis merupakan deretan titik yang sambung menyambung, berdimensi satu seperti jalan, sungai, akan tetapi sudah mempunyai sifat tambahan yaitu mempunyai arah dan ukuran panjang, akan tetapi tetap tidak mempunyai luasan.
- Area dinyatakan dalam bentuk poligon, merupakan cara penyajian dasar yang berdimensi dua, sehingga dapat menggambarkan luas area.

Kelebihan kemampuan penampilan dengan SIG dari peta adalah dalam mendekati keadaan alam sebenarnya yang berdimensi tiga, karena SIG dapat menampilkan gabungan berbagai data sedemikian rupa sehingga mirip keadaan sebenarnya yang bersifat tiga dimensi.

16.5.1 Jenis manajemen penyusunan data spasial dalam suatu pemodelan yang berdasar atas lapisan data vertikal dan lapisan data horizontal

- Lapisan data vertikal terdiri dari seperangkat hubungan antara kenampakan geografis dengan pemisahan berdasarkan atribut (tema)nya. Berbagai obyek dapat dikelompokkan menjadi suatu lapisan tunggal sesuai dengan kebutuhan pemakai. Pada prinsipnya

pengelompokan disesuaikan dengan kemiripan berbagai type obyek. Contoh pengelompokan berdasarkan temanya adalah :

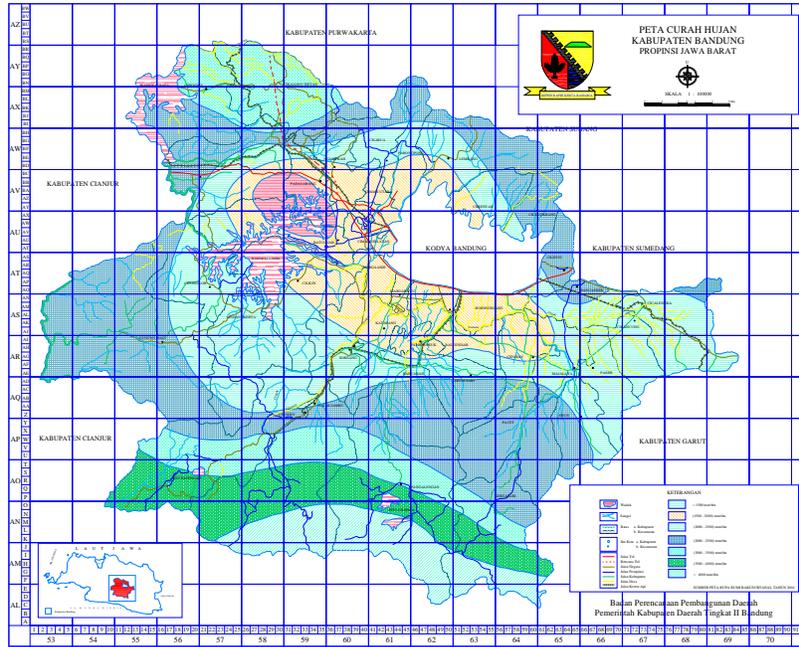
- Jalan raya dan jalur kereta api dikombinasikan sebagai suatu lapisan transportasi
- Titik mata air, sungai, dan danau dikombinasikan sebagai suatu lapisan hidrologi
- Lapisan pemilikan tanah dan penguasaan tanah dapat dibuat sebagai satu lapisan kadastral

Adakalanya data yang ada pada setiap lapisan dipisahkan berdasarkan bentuknya seperti: titik, garis, dan area atau dengan memberikan identitas yang berbeda pada satu lapisan yang sama. Pembagian tema dapat juga dilakukan berdasarkan waktu. Misalnya untuk data penggunaan lahan tahun 2000, tahun 2005 dan tahun 2007. Lapisan data bersifat temporal ini dipergunakan untuk studi yang bersifat pemantauan. Untuk beberapa hal yang bersifat temporal ini relatif sulit diperoleh jika organisasi yang berwenang mempunyai administrasi penyimpanan data yang kurang baik atau adanya pertimbangan tertentu. Pada saat ini peranan foto udara merupakan arsip permukaan bumi masa lalu

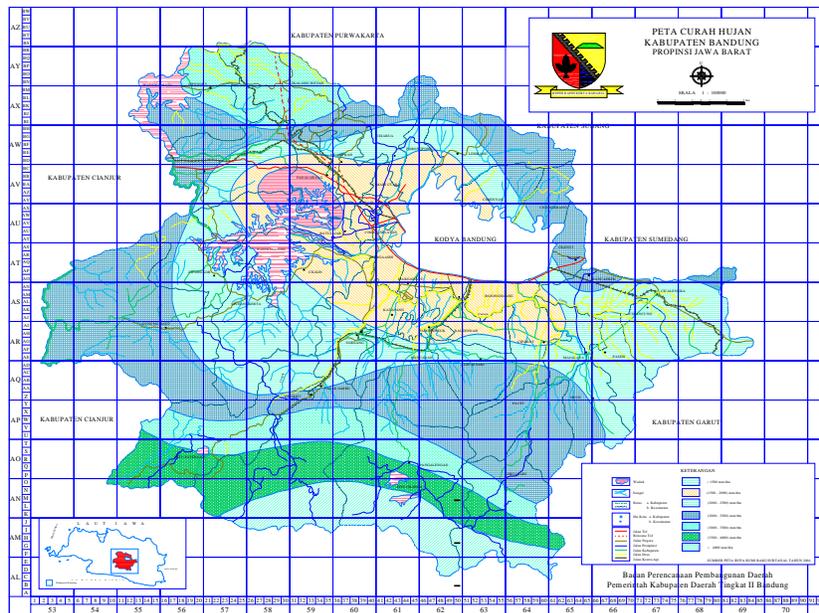
dan sekarang yang sangat penting. Karena data tematik ini spesifik, maka lapisan data ini juga merupakan lapisan yang terpisah

Sistem pelapisan data dapat disusun secara vertikal, dimana data tersebut mempunyai tingkat kepentingan atau kedetailan yang berbeda, tetapi terdapat pada lokasi yang sama. Pembagian yang demikian ini adakalanya mempermudah pengkajian yang bertingkat

Pelapisan data berdasarkan waktu biasanya terdapat pada tema yang bersifat dinamik seperti penggunaan lahan, daya dukung wilayah, pencemaran lingkungan dan lain sebagainya. Pelapisan berdasarkan tema juga dapat dilakukan berdasarkan tingkat prioritasnya. Pembuatan peta dengan klasifikasi tingkat prioritas ini diperlukan khususnya untuk produk analisis sehingga memudahkan pengambilan keputusan

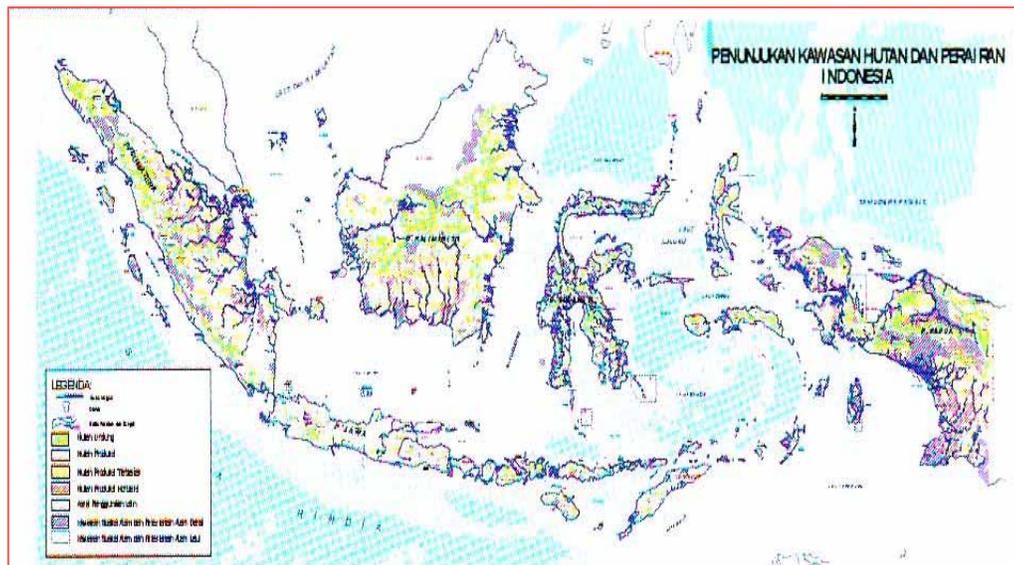


Gambar 463. Peta kedalaman tanah efektif di daerah jawa barat Bandung



Gambar 464. Peta curah hujan di daerah Jawa Barat-Bandung

- Pemisahan data secara Horizontal perlu dilakukan apabila suatu peta yang dibuat dianggap terlalu besar sehingga harus dipecah-pecah menjadi beberapa bagian. Proses pemecahan tersebut dilakukan berdasarkan ukuran area atau disebut dengan istilah "TILE". Ukuran dan bentuk pemecahan yang dianjurkan tergantung pada keterbatasan piranti lunak dan persyaratan dari pengguna.
- administrasi khususnya pada pembuatan peta pemerintahan ataupun dapat juga pemetaan didasarkan atas pembagian manajemen disuatu perusahaan perkebunan atau kehutanan. Pemisahan data berdasarkan tile dapat meningkatkan kinerja system karena membuat proses penarikan data yang efisien :



Gambar 465. Peta pemisahan data vertikal dipakai untuk penunjukan kawasan hutan dan perairan Indonesia

- Secara umum batas tile ditentukan sehingga dapat menghasilkan system basis-data yang stabil dan meningkatkan penggunaan dan kinerja system. Pada umumnya batas-batas grid dipakai dalam pemecahan. Adakalanya pembagian secara horizontal dibuat berdasarkan sudah ada, yang biasanya berukuran kertas A1 ($\pm 60 \times 80 \text{ cm}$), dapat dipakai sebagai patokan
- Dalam beberapa sistem, pemakai harus membuat dan mengatur tile-tile sebagai cakupan area yang terpisah, dan menggabungkan tile-tile tersebut untuk

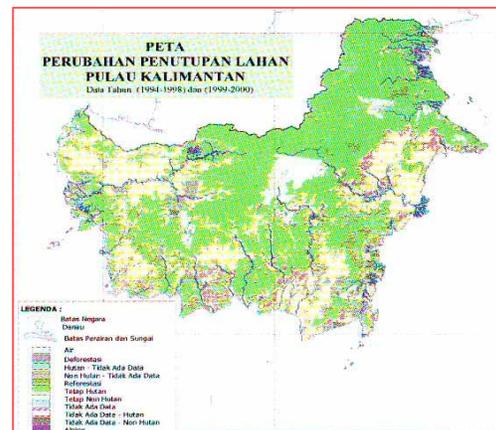
biasanya pencarian data lebih cepat jika penyusunan pemisahan sesuai dengan ciri-ciri umum data yang bersangkutan.



Gambar 466. Peta vegetasi Indonesia (tahun 2004)

Untuk kasus peta nasional, seperti Indonesia, ukuran peta tofografi (peta standar) yang menghubungkan area jika diperlukan. Pendekatan yang lebih canggih adalah menyediakan perangkat lunak khusus yang membuat dan mengatur tile secara otomatis sehingga dapat bergabung tanpa peranan operator.

Manajemen otomatis ini adalah satu operasi basis data yang menyediakan layanan dan analog sebagai perpustakaan peta. Walaupun demikian pembuatan peta yang bersifat perpustakaan otomatis ini membutuhkan manajemen khusus baik pengelolaannya maupun perangkat produksinya.



Gambar 467. Peta perubahan penutupan lahan pulau Kalimantan

Pada beberapa hal ukuran tile untuk penyimpanan dapat melewati batas system dan dalam hal ini area harus dapat dibagi sehingga dapat disimpan pada tile-tile kecil.

Selain karena hambatan volume penyimpanan dalam praktek pendekatan ini sering dipakai khususnya jika alat pemasukan data seperti digitizer berukuran kecil (misalnya A3). Dengan dibaginya sejak awal maka pada tahap akhir proses penggabungan perlu dilakukan kembali.

16.5.2 Berbagai fungsi analisis dalam SIG

Perkembangan teknik SIG telah mampu menghasilkan berbagai fungsi analisis yang canggih. Fungsi – fungsi analisis yang dimaksudkan disini adalah fungsi memanfaatkan data yang telah dimasukan ke dalam SIG dan telah mendapatkan berbagai manipulasi persiapan dan bukan fungsi untuk keperluan produk. Fungsi-fungsi tersebut antara lain:

- Fungsi pengolahan dan analisis data atribut atau spasial
- Fungsi integrasi analisis data spasial atau atribut

Cara suatu fungsi SIG diimplementasikan

umumnya tergantung pada beberapa faktor seperti model data (data raster dan data vektor), piranti keras, dan ketersediaan kriteria. Kelengkapan faktor-faktor ini penting dan memerlukan persyaratan khusus yang perlu dievaluasi secara seksama.

Kekuatan SIG terletak pada kemampuan analisis yang bersifat memadukan data spasial dan atribut sekaligus. Hal ini juga yang membedakan dari sistem pemetaan otomatis dan penggambaran dengan komputer piranti lunak AutoCAD. Berbagai orientasi pengolahan informasi pengolahan informasi spasial yang terdiri atas:

- Pemetaan otomatis
- Pemetaan tematik
- Pemodelan tumpang-tindih
- Statistik spasial
- Analisis spasial
- Penambangan spasial
- Konversi data peta menjadi data tabulasi
- Integrasi basis pengetahuan dalam pencarian

Tidak semua SIG mempunyai fungsi-fungsi di atas. Adakalanya suatu piranti lunak mengembangkan kekuatannya di bagian tertentu saja misalnya dalam analisis atau hanya pada disain produk, dan lain-lain.

Untuk menyederhanakan berbagai kelompok analisis ini, Aranoff (1993) mengelompokkan menjadi 4 kelompok diantaranya:

1. fungsi pemanggilan / klasifikasi / pengukuran data
2. fungsi tumpang tindih
3. fungsi tetangga, dan
4. fungsi jaringan atau keterkaitan

untuk lebih jelasnya 4 kelompok di atas diuraikan supaya lebih jelas

1. Fungsi pemanggilan, Klasifikasi dan Pengukuran Data

Dalam kelompok operasi ini pemakaian fungsi yang menggunakan data spasial dan data atribut di buat berbeda. Untuk menjalankan fungsinya data atribut diidentifikasi atau dibuat terlebih dahulu, sedangkan untuk data spasialnya tetap berada pada posisi semula. Dengan kata lain akibat penerapan fungsi-fungsi tersebut ini tidak akan ada perubahan lokasi secara spasial dan tidak terbentuk ruang baru kecuali yang bersifat penyederhanaan lokasi (tetapi lokasi asli masih ada).

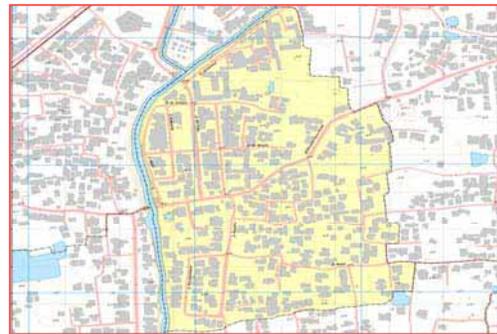
Operasi disini memakai data atribut sebagai landasan analisis utama. Salah satu hasil yang jelas adalah untuk penyajian data tematik.

2. Operasi Pemanggilan Data

Operasi ini termasuk memilih, mencari, memanipulasi dan menghasilkan data tanpa perlu memodifikasi lokasi geografik obyek atau membuat identitas spasial baru. Operasi ini hanya bekerja dengan data yang telah dimasukkan ke dalam bank data (basis-data). Pembuatan peta tertentu dengan tema terbatas dari peta yang telah ada dalam arsip sebelumnya, merupakan contoh operasi ini. Misalnya melihat peta

kawasan hutan ideal, yang diolah dan selanjutnya dibandingkan

Fungsi pemanggilan data untuk pembuatan peta tematik banyak dilakukan baik penyajian dengan simbol geometrik 2 dimensi atau 3 dimensi. Pada SIG sederhana bentuk operasi ini sering dipakai sebagai salah satu kekuatan dan dipakai khususnya untuk penyajian data dengan unit ruang tetap atau batas spasial tetap, atau aplikasi untuk keperluan pemantauan tema tertentu.



Gambar 468. Peta infrastruktur di daerah Nangreo Aceh Darussalam

3. Kasifikasi dan Generalisasi

Dalam suatu analisis peta kelas-kelas baru dapat di buat dari kelas-kelas yang telah ada sebelumnya dan dipakai untuk keperluan analisis lebih lanjut. Prosedur untuk mengidentifikasi obyek menjadi anggota kelompok obyek berdasarkan kriteria tertentu atau sebagai klasifikasi. Beberapa bentuk fungsi klasifikasi di sediakan dalam setiap SIG. Dalam kasus lapisan data tunggal, klasifikasi termasuk

penetapan kelas dalam setiap poligon sebagai atribut. Misalnya klasifikasi diterapkan kepenutupan lahan, dan nama kelas dapat berupa lahan hutan, daerah perkotaan, daerah pertanian dan seterusnya.

Dalam fungsi ini, proses klasifikasi termasuk melihat atribut untuk lapisan data tunggal dan memasukan atribut tambahan, sebagai kelas nama baru. Dalam SIG raster, nilai numerik (digital) biasanya dipakai untuk menunjukkan kelas-kelas. Suatu sel dapat dihubungkan dengan nilai 1 yang berarti lahan pertanian, nilai 2 untuk daerah kehutanan, dan seterusnya. Proses klasifikasi disini termasuk menentukan nilai-nilai numerik ke sel-sel (*recording*) dan menulis nilai baru ini kedalam bank data baru. Nilai-nilai ini selanjutnya dapat ditampilkan dalam bentuk tema baru.

Fungsi klasifikasi penting karena dapat menentukan pola. Salah satu fungsi yang penting adalah untuk membantu mengenali pola-pola baru. Pola-pola baru ini misalnya dapat berupa daerah perkotaan yang mempunyai kejahatan tinggi, daerah hutan yang siap tebang atau daerah pertanian yang paling siap dialihkan menjadi permukiman. Melalui perubahan kriteria adakalanya suatu pola dapat ditemukan. Fungsi klasifikasi yang lain adalah untuk mempermudah proses seperti korelasi antara lapisan data yang berlainan.

4. Fungsi-fungsi Pengukuran

Setiap SIG menyediakan beberapa fungsi-fungsi pengukuran, yang dapat dikelompokkan diantaranya:

- untuk menghitung titik
- perhitungan jarak antar obyek
- panjang garis
- penentuan keliling dan luas poligon
- volume dan ruang
- ukuran serta pola sekelompok sel yang mempunyai identitas sama.

Fungsi-fungsi pengukuran juga sering dikaitkan dengan data digital terain untuk keperluan rekayasa, misalnya penentuan jumlah material yang digali dan dipakai (*Cut and fill*) untuk pembuatan jalan. Fungsi-fungsi pengukuran untuk keperluan rekayasa seperti penentuan volume ruang yang dapat di gali dan ditimbun, adakalanya tersedia secara spesifik pada perangkat lunak SIG sehingga operator dapat melakukan perhitungan yang sangat kompleks.

Jarak merupakan jarak terpendek antara dua obyek yang dibentuk oleh garis lurus yang dapat dihitung dengan formula pythagoras. Perhitungan jarak ini dalam SIG dilakukan dengan menggunakan data sistem koordinat. Perhitungan luas oleh piranti lunak berbasis vektor juga menggunakan data sistem koordinat. Asumsi yang dipakai adalah menempatkan berbagai kombinasi titik sehingga terdiri dari

beberapa trapesium. Trapesium adalah bentuk kuadrilateral (abcd), dengan dua sisi yang paralel dikalikan dengan tinggi. Dengan cara ini maka sistem koordinat dapat mengenali sisi X dan Y. Dari operasi ini muncul beberapa metode salah satunya

- Operasi tumpang-tindih

Operasi tumpang-tindih dalam SIG umumnya dilakukan salah satu dari 5 cara yang dikenal yaitu:

- a. Pemanfaatan fungsi logika dan fungsi Boolean, seperti gabungan (*union*), irisan (*Intersection*), pilihan (*and dan or*), perbedaan (*difference*) dan pernyataan bersyarat (*If, then, else*)
- b. Pemanfaatan fungsi relasional, seperti ukuran lebih besar, lebih kecil, sama besar, dan kombinasinya.
- c. Pemanfaatan fungsi aritmatika seperti penambahan, pengurangan, pengkalian dan pembagian.
- d. Pemanfaatan data atribut atau tabel dua dimensi atau tiga dimensi, dan
- e. Menyilangkan dua peta langsung (variasi tabel 2-dimensi).

Operasi-operasi ini umumnya merupakan bagian standar dari semua paket perangkat lunak SIG. Setiap tipe operasi mempunyai kelebihan dan kekurangan tertentu karena dalam pelaksanaannya operasi tersebut berkaitan dengan tipe variabel yang dipakai (nominal, ordinal, interval dan rasio)

- Berbagai Operasi Tetangga

Operasi-operasi tetangga mengevaluasi ciri-ciri lingkungan tetangga yang mengelilingi suatu lokasi yang spesifik. Contoh operasi tetangga yang khas adalah memperhitungkan jarak pemukiman yang menyebar sejauh 5 Km dari stasiun pemadam kebakaran. Setiap fungsi tetangga memerlukan paling sedikit tiga parameter utama : satu target lokasi atau lebih spesifikasi lingkungan sekeliling target, dan fungsi yang akan di terapkan pada unsur-unsur dalam lingkungan tersebut

• Fungsi penelusuran (Search)

Fungsi penelusuran (pencarian) adalah fungsi yang paling banyak dioperasikan pada operasi tetangga. Fungsi ini menetapkan nilai tertentu untuk obyek tertentu dengan mengikuti ciri-ciri yang ditentukan lingkungannya. Ada 3 parameter utama yang didefinisikan yaitu :

- a.Target
- b.Tetangga, dan
- c.Fungsi yang menentukan nilai tetangga

Unsur-unsur target dan unsur-unsur tetangga umumnya disimpan dalam satu lapisan atau lebih

Tabel 48. Beberapa fungsi tetangga sederhana

No	Fungsi	Uraian	Aplikasi
1	Rata-rata atau kerapatan	Nilai rata-rata dari tetangga	Kerapatan keahatan, tingkat pendapatan, kerapatan spesies Dominasi spesies flora, dll
2	Diversitas	Nilai standar deviasi	
3	Mayoritas/minoritas	Nilai yang paling sering muncul atau paling jarang	
4	Maksimum/Minimum	Nilai maksimum atau minimum dari lingkungan	
5	Lebih besar/kecil	Nilai perbandingan dengan tetangga	
6	Total (penjumlahan)	Hasil penjumlahan pada beberapa lokasi tetangga	

Data Geografis

Obyek geografis mempunyai jumlah dimensi berbeda-beda, tergantung dari obyek yang bersangkutan. Cara penyajian obyek geografik dalam bentuk peta, penyajiannya berdimensi dua dalam bentuk utama titik, garis, area yang diikatkan dengan koordinat. Geografis tertentu biasanya berupa peta ditampilkan dalam media dua dimensi cetak seperti kertas atau transparansi yang dilengkapi legenda

Untuk memberikan gambaran yang lebih menyeluruh, dapat dinyatakan bahwa setiap bentuk data geografis harus mempunyai informasi yang terdiri dari 4 komponen yaitu:

- Posisi Geografis

Suatu bentuk data keruangan atau lebih dikenal sebagai data spasial, posisi ini dapat disajikan dalam berbagai bentuk antara lain: dalam koordinat kartesian atau azimuth, dalam hubungan identifikasi ketetangga, dalam suatu hubungan lokasi linier, dalam suatu ruang tertentu, dalam kode nama tempat tertentu, atau bereferensi ke obyek tertentu

Suatu SIG memerlukan sistem koordinat yang berlaku bersama untuk suatu set data, terutama untuk data yang akan digunakan bersama. Untuk daerah studi yang sempit, sistem koordiant yang dipakai dapat bersifat lokal saja atau dalam hal ini koordinatnya bersifat relatif, tetapi untuk daerah yang luas, maka harus dipakai suatu sistem koordinat yang berlaku secara nasional atau internasional. Untuk daerah yang luas ini posisi standar atau posisi absolut seperti sistem koordinat UTM (*Universal Transverse Mercator*) biasanya menggunakan skala 1: 50.000 atau lebih besar . Pada posisi ini posisi geografis yang absolut sudah direkam dengan bantuan satelit yang mampu merekam posisi secara global seperti GPS (*Global Positioning System*). Begitupun pada pemakaian peta dengan skala peta

atau resolusi spasial dari peta. Secara umum dapat dikatakan bahwa dari segi ketepatan lokasi maupun kedetailan, peta yang berskala lebih besar harus lebih teliti dari skala yang lebih kecil

- Atribut Geografis

Berfungsi menjelaskan keberadaan berbagai obyek sebagai data spasial, cirinya skala bersifat dimensi jamak, disebabkan suatu obyek memerlukan banyak identitas. Data ini sering dikategorikan sebagai data non spasial, karena peranannya tidak menunjukkan posisinya akan tetapi lebih bersifat penjelasan mengenai obyek atau bersifat identitas, maka dari data ini sering muncul ketidak tepatan yang tidak dapat dihindarkan. Data atribut dinyatakan menjadi 4 bentuk yaitu:

- a. Nominal karakter dari data ini hanya bersifat membedakan antara satu dengan yang lainnya, tanpa adanya urutan berdasarkan harkat, akan tetapi hanya bersifat membedakan atau keterangan identitas dengan kata-kat seperti pinus, hutan, kebun dan lainnya. Operai yang dapat dilakukan dalam data ini hanya yang bersifat frekuensi, agregat namun tidak dapat megoperasikan matematik (menjumlah atau mengalikan)
- b. Bentuk data ordinal setingkat lebih spesifik dari yang pertama, karena selain bersifat membedakan biasanya

menandai bahwa pada data terdapat harkat atau ranking seperti pertama, kedua yang bersifat berurutan. Dan dalam pengoperasiannya dapat melakukan perhitungan median, persentil walaupun belum mampu memungkinkan operasi matematis.

- c. Data interval mengacu keobyek alam yang mempunyai selang (minimum dan maksimum) tertentu dan adanya interval baku tertentu, dimana interval tidak mempunyai makna yang mengikat. Contoh suhu 15°C adalah lebih dingin dibanding suhu 30°C dan seterusnya.
- d. Data Ratio mempunyai ciri sama dengan interval tetapi mempunyai nilai awal mutlak (nilai nol). Semua operasi matematik angka riil dapat dioperasikan menggunakan data bentuk ini.

- Waktu

Pengetahuan mengenai keadaan sebenarnya pada waktu data diperoleh akan memberikan peluang yang sangat besar terhadap peningkatan kualitas pemanfaatan data secara benar. Hal ini berkaitan dengan adanya kecenderungan data berubah dengan waktu yang disebut **decay rate**. Dalam hal ini penggunaan data berisiko bahwa data yang digunakan sebenarnya sudah berubah, hal ini penting karena waktu merupakan faktor penentu dinamika alam sendiri terutama bila faktor manusia sudah ikut terlibat. Oleh karena itu data yang

berkaitan dengan penggunaan lahan sangat penting melibatkan faktor waktu tersebut.

Data waktu dapat dideskripsikan dalam pengertian

- a. Ukuran lama, yang mengacu ke selang waktu dari basis data yang ada
- b. Resolusi, selang waktu dikumpulkan atau agregasi waktu pengumpulan data, dan
- c. Frekuensi dan kecepatan waktu pengumpulan data. Dari pengertian yang berbeda ini maka fungsi waktu dalam SIG dapat juga dikaitkan dengan pendataan, analisis, penyajian dan pembaharuan data, dan pengontrolan kualitas.

Tabel 49. Perbandingan bentuk data raster dan vektor

No	Analisis	Raster	Vektor
1	Pengumpulan Data	Cepat	Lambat
2	Volume Data	Besar	Kecil
3	Penampilan Grafik	Sedang	Baik
4	Struktur Data	sederhana	Kompleks
5	Akurasi Geometri	Rendah	Tinggi
6	Analisis Jaringan	Buruk	Baik
7	Analisis ruangan	Baik	Sedang
8	Generalisasi	Sederhana	Kompleks
9	Integrasi dengan Inderaja	Mudah	Sulit
10	Tipe data	Kontinyu	Diskrit

Manajemen basis data

Suatu Basisdata terdiri dari satu file atau lebih yang distrukturkan sedemikian rupa dalam bentuk sistem pengelolaan basisdata (*Database Management System/DBMS*), dan diakses melalui jalur tersebut.

Keuntungan basis data dan sistem pengelolaan basisdata dibandingkan basisdata dengan perpustakaan data secara tradisional antara lain adalah:

- Data disimpan disuatu tempat
- Data dapat diverifikasi dan dimasuki dengan cepat
- Data terstrukturkan, terstandarisasikan dan memungkinkan penggabungan data dari sumber yang berbeda
- Data tersedia bagi banyak pengguna
- Data dapat dipakai untuk berbagai aplikasi program berbeda, termasuk program dimana tujuannya berbeda dibandingkan dengan tujuan data pertama kali digunakan.

Kerugian penyimpanan basisdata dibandingkan dengan sistem penyimpanan data dasar tradisional antara lain adalah:

- Pengguna basisdata memerlukan keahlian
- Produk yang diperlukan relatif mahal
- Pengguna harus beradaptasi dengan aliran data
- Pengguna harus paham dengan organisasi data yang berbeda

- Data dapat mudah disalah gunakan (asumsi mudah diakses)
- Data dapat mudah hilang sehingga perlu sistem pengamanan sendiri (dan relatif canggih)

File (berkas)

File (berkas) terdiri dari berbagai catatan (*record*), dimana setiap record mempunyai ruang (field). Setiap record mempunyai data yang berisi topik tunggal atau lebih, masing-masing field terdiri atas satu kelompok data yang disusun dari satu kata atau lebih, atau terdiri dari kode yang diproses bersama. *Key* (kunci) yang digunakan untuk menerjemahkan informasi membantu memanggil record dari file, Kunci berasosiasi dengan satu ruang record atau lebih.

Fungsi-fungsi Topografi

Topografi merupakan gambaran variabilitas permukaan bumi, biasanya berasosiasi dengan ciri-ciri bentuk permukaan seperti variasi relief suatu daerah. Untuk menggambarkan secara lebih sederhana dapat digunakan pengertian-pengertian bentang lahan, seperti perbukitan, lembah, dan dataran. Topografi suatu wilayah dapat digambarkan dalam SIG dengan data elevasi digital. Data ini terdiri dari sejumlah besar titik elevasi yang menyebar di seluruh daerah yang digambarkan.

Fungsi topografi dipakai untuk memperhitungkan nilai-nilai tertentu. Kebanyakan fungsi-fungsi topografi menggunakan tetangga-tetangga untuk menandai terain lokal. Parameter terain yang paling sering dipakai adalah lereng dan aspek, yang di hitung dengan menggunakan elevasi data dari berbagai titik berdekatan.

16.5.3 Screening Digitizing

Screening Digitizing merupakan proses digitasi yang dilakukan di atas layar monitor dengan bantuan *mouse*. Screen digitizing itu sering disebut digitasi on screen dapat digunakan alternatif input data digital tanpa menggunakan alat digitizer. Tiga unsur spasial (feature) yang dapat dibentuk melalui digitasi on screen diantaranya point, line, dan poligon

- Digitasi Point (Titik)
 - Buka tampilan View 1 kemudian pilih menu pulldown **View | New Theme** sehingga muncul /Option feature type pilih **Point lalu klik ikon Ok**
 - Tentukan nama file dan lokasi penyimpanan file tersebut pada dialog yang muncul kemudian klik Ok.
 - Pilih ikon *Draw Point* pada *Tool palette* kemudian tentukan posisi cursor mouse untuk menentukan point yang akan ditempatkan. Klik

button kiri mouse apabila posisinya sudah pasti. Lakukan hal yang sama untuk membuat point-point yang lainnya.

- Setelah point selesai dibuat. Kemudian klik menu **Theme I Stop Editing**. Pilih yes pada option konfirmasi untuk penyimpanan (save).
- b. Digitasi Line (garis)
 - Pada tampilan View 1 menu pulldown **View I New Theme** sehingga muncul option feature type pilih Line lalu klik Ok.
 - Tentukan nama file dan lokasi penyimpanan file, lalu klik Ok.
 - Pilih kursor Draw Line pada *Tools Palette* untuk memulai digitasi. Klik button kiri pada saat kursor mouse berada pada posisi dimana kita akan memulai pembuatan line, kemudian klik juga button kiri setiap saat kursor mouse berada pada posisi dimana kita menginginkan untuk meletakkan dan double klik untuk mengakhiri pembuatan garis di posisi verteks yang terakhir . Lakukan hal yang sama untuk membuat line yang lainnya.
 - Setelah line selesai dibuat, kemudian klik menu pulldown **Theme I Stop Editing**, Pilih yes pada option

konfirmasi untuk penyimpanan (Save).

c. Digitasi Polygon (Area)

- Pada tampilan View 1 menu pulldown **View I New Theme** sehingga muncul option feature type pilih *Polygon* lalu klik Ok.
- Tentukan nama file dan lokasi penyimpanan file, lalu klik Ok.
- Pilih kursor Draw Line pada *Tools Palette* untuk memulai digitasi. Klik button kiri pada saat kursor mouse berada pada posisi dimana kita akan memulai pembuatan *Polygon*, kemudian klik juga button kiri setiap saat kursor mouse berada pada posisi dimana kita menginginkan untuk meletakkan dan double klik untuk mengakhiri pembuatan garis di posisi verteks yang terakhir . lakukan hal yang sama untuk membuat *Polygon* yang lainnya.
- Untuk membuat *Polygon* berikutnya yang berhimpitan atau berbatasan dengan *Polygon-polygon* yang sudah ada, gunakan ikon *Draw line to append polygon*. Dengan ikon ini kita dapat mengawali pembuatan *Polygon* dari sebuah titik (posisi kursor mouse) melalui segmen garis (*boundary polygon*) yang sudah ada, kemudian kita tinggal memindah-mindahkan kursor ini (disertai dengan mengklik

- button kiri mouse) untuk menghasilkan verteks-verteks yang diperlukan. Pada posisi verteks yang terakhir di segmen garis (*boundary*) *polygon* yang sudah ada, klik dua kali button kiri mouse untuk mengakhiri verteks yang terakhir.
- Setelah poligon-poligon selesai dibuat, kemudian klik menu pulldown **Theme I Stop Editing**, Pilih yes pada option konfirmasi untuk penyimpanan (Save).
- d. Menambah atribut pada unsur-unsur Spasial
- Klik ikon tabel pada button view, kemudian tabel dari feature akan muncul
 - Klik menu pulldown **Tabel I Start Editing** untuk memulai mengedit tabel tersebut.
 - Untuk menambah Field (kolom) baru klik menu pulldown **Field I Add Field**
 - Isi name untuk membuat judul Field, kemudian tentukan field Type (number : angka, string : huruf/karakter), dan Field Width-nya (lebar kolom).
 - Penulisan field di setiap record (baris) dapat mulai dilakukan. Untuk melihat hubungan setiap record dengan unsur-unsur feature-nya dapat dilakukan dengan mengklik salah satu record menggunakan ikon select, kemudian salah satu unsur yang terpilih akan berubah menjadi warna kuning.
 - Isi record yang terpilih tersebut menggunakan select sampai semua record terisi.
 - Setelah selesai dibuat, kemudian klik menu pulldown **Theme I Stop Editing**, Pilih yes pada option konfirmasi untuk penyimpanan (Save).
- e. Menigisi Field Area dan Perimeter
- Terdapat dua atribut penting yang khas dan hampir selalu muncul di dalam unsur-unsur spasial tipe poligon. Atribut tersebut adalah area (luas) dan perimeter (keliling), kedua atribut tersebut merupakan bagian yang sangat penting untuk proses analisis spasial. Nilai kedua atribut tersebut tidak di entry oleh pengguna, melainkan secara otomatis dihitung oleh komputer melalui perangkat lunak SIG. Proses pemasukan atau penambahan secara otomatis field "area" dan "perimeter" kedalam tabel atribut unsur spasial poligon dilakukan dengan langkah-langkah berikut:
- Buka tabel atribut dari unsur spasial poligon yang bersangkutan dengan menekan button *Open Theme Tabel*
 - Klik menu pulldown **Table I Start Editing**.

- Tambah field baru melalui menu pulldown **Edit I Add Field**. Isi *field name* dengan nama area, tipe "number", width 16, dan *decimal place*-nya 3. Kemudian tekan button Ok
- Klik menu pulldown **Field I calculate** sehingga muncul kotak dialog 'Field calculator'. Pada item edit box [**Area**] = ketikkan [shape]. Return Area, kemudian tekan button Ok. Maka komputer akan menghitung sekaligus mengisi nilai field Area.
- Untuk membuat field Perimeter klik menu pulldown **Edit I Add Field**. Isi field nama dengan perimeter, tipe 'number', width 16, dan decimal place-nya 3. tekan button Ok.
- Klik menu pulldown **Field I calculate** sehingga muncul kotak dialog 'Field Calculator'. Pada item edit box [perimeter] = ketikkan [Shape]. Return length kemudian tekan button Ok. Komputer akan menghitung sekaligus mengisi nilai field perimeter

16.5.4 Poligon Thiessen

Poligon Thiessen atau Voroni atau Dirichlet mendefinisikan daerah-daerah yang mempengaruhi sesamanya oleh sekelompok titik-titik. Data dari stasiun penakar curah hujan merupakan contoh khas keadaan ini. Hal ini merupakan pendekatan pengembangan data titik yang diasumsikan

bahwa informasi terbaik untuk lokasi yang tanpa pengamatan adalah nilai dari lokasi terdekat dari titik tersebut. Poligon thiessen umumnya dipakai untuk analisis data iklim, seperti data curah hujan. Jika data pengamatan lokal tidak ada, maka data stasiun terdekat akan dipakai.

Poligon Thiessen dibangun disekeliling sekelompok titik sehingga batas-batas poligon berjarak sama ke titik-titik tetangga. Dengan kata lain, setiap lokasi dalam suatu poligon adalah lebih dekat ke titik yang ada dalam poligon tersebut di banding ketitik lain

Poligon Thiessen, dapat digunakan dalam hubungan mendapat nilai-nilai sekeliling titik dengan pengamatan suatu individu titik, metode ini mempunyai beberapa kelemahan, yang akan diuraikan diantaranya:

1. Pembagian suatu wilayah menjadi wilayah yang lebih kecil berdasarkan poligon thiessen sangat tergantung dari lokasi pengamatan. Hal ini dapat menghasilkan bentuk poligon yang tidak mempunyai hubungan dengan kejadian yang sebenarnya. Suatu lokasi stasiun penakar curah hujan dapat memnhasilkan poligon sempit memanjang, suatu pola yang tidak umum pada sebaran curah hujan, karena nilainya ditetapkan berdasarkan dugaan dari data pengamatan. Akibatnya pendugaan kesalahan tidak

dapat dilakukan karena pengamatannya hanya dari suatu titik tunggal.

2. Poligon Thiessen tidak menerapkan asumsi bahwa titik yang berdekatan lebih mirip dari titik yang berjauhan, suatu asumsi yang biasa berlaku dalam analisis geografi. Misalnya poligon yang diperoleh cenderung membentuk suatu poligon yang membulat dan tidak selaras dengan fenomena alam yang melibatkan asumsi adanya hambatan punggung gunung dan lain-lain.

Interpolasi

Interpolasi adalah prosedur untuk menduga nilai-nilai yang tidak diketahui dengan menggunakan nilai-nilai yang diketahui pada lokasi yang berdekatan. Titik-titik yang berdekatan (bertetangga) tersebut dapat berjarak teratur atau tidak, biasanya di gambarkan dalam bentuk lapisan data raster. Sel yang ditandai garis tebal mempunyai nilai tertentu. Suatu fungsi linier sederhana, yang diturunkan dengan menganalisis titik yang diketahui, digunakan untuk mendapatkan nilai-nilai yang hilang.

Program-program interpolasi untuk menduga nilai yang acak diketahui relatif banyak antara lain regresi polinomial, seri fourier, fungsi spline, pergerakan rata-rata, fungsi basis radial, dan kriging dan lain-lain. Semua program ini mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing.

Pendekatan regresi polinomial dapat dilakukan dengan cepat tetapi beberapa detail akan hilang. Kriging merupakan metode yang fleksibel dan banyak dipakai tetapi untuk data besar akan lambat (Keckler, 1994). Pendekatan interpolasi ini untuk perangkat lunak pemetaan 3 dimensi seperti *Surfer*, sudah sangat maju dan mudah dilakukan

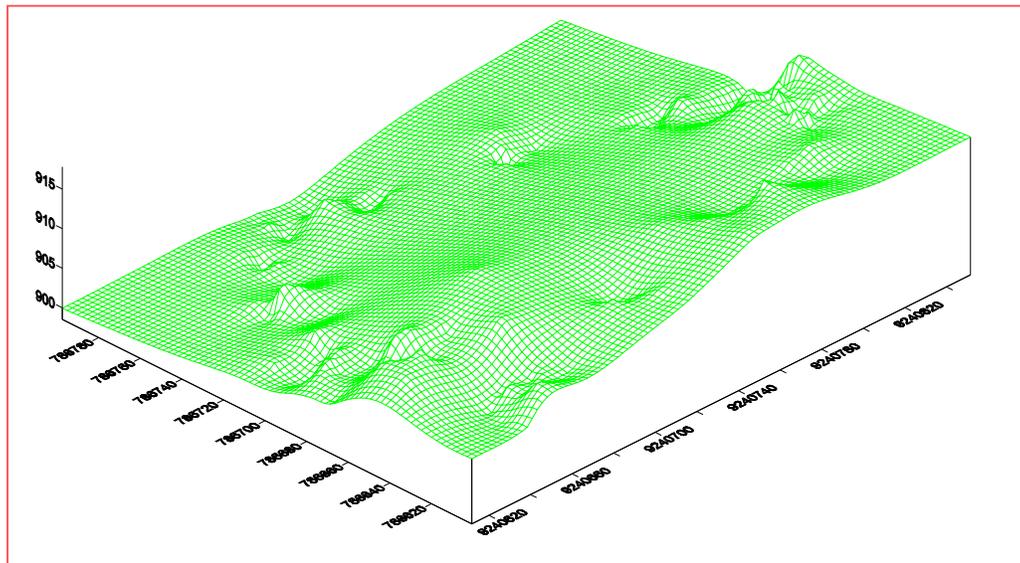
Secara umum kualitas interpolasi sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya:

- Keakuratan pengukuran
- Jumlah dan distribusi titik yang diketahui yang diperhitungkan dalam fungsi matematik

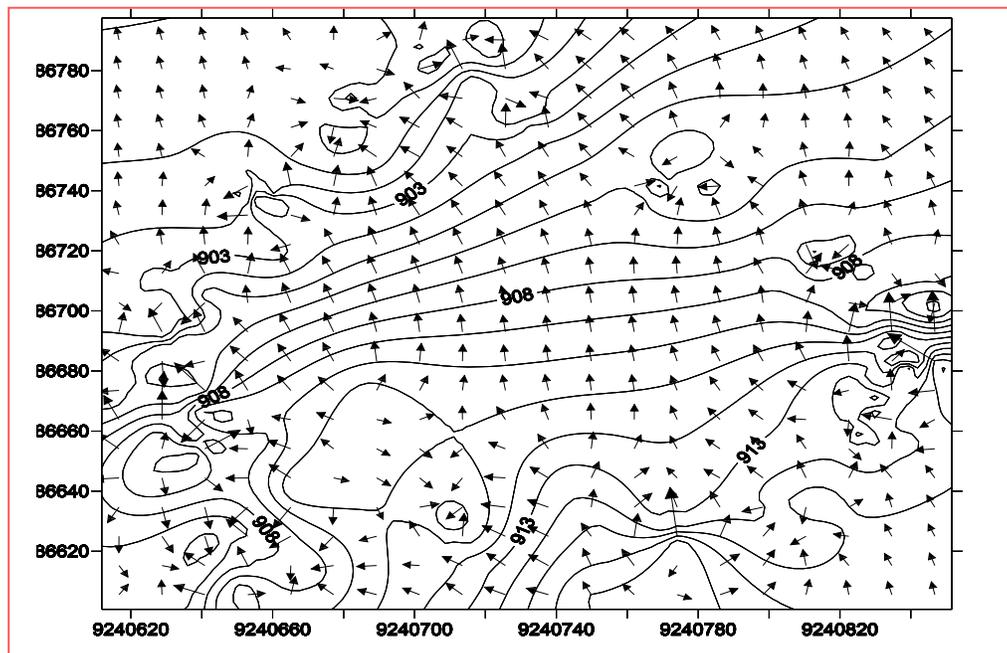
Interpolasi model sederhana dengan mendeteksi nilai lokasi yang tidak diketahui dari tetangga yang terdekat

Pembuatan Kontur

Garis-garis kontur dipakai untuk menggambarkan relief permukaan sebagai suatu gabungan garis yang menghubungkan titik-titik yang bernilai sama.



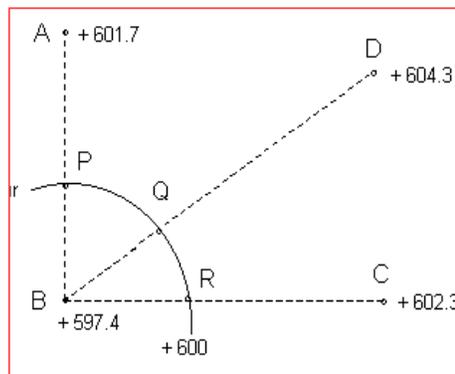
Gambar 469. Garis interpolasi hasil program Surfer



Gambar 470. Garis kontur hasil interpolasi

Dalam suatu peta topografi, contoh yang aplikatif, garis-garis kontur berperan menghubungkan titik-titik yang berelevasi sama. Garis kontur sering dipakai untuk menggambarkan berbagai data spasial yang dapat dibuat sebagai suatu bidang permukaan seperti: tingkat kejahatan, nilai perumahan, sifat bahan kimia, populasi binatang liar, data iklim dan lain-lain.

Perangkat lunak yang sudah ada mempunyai kemampuan berbeda dalam menangani data yang bersifat ganda ini. Sehingga sering hasil ini dievaluasi dengan membandingkannya dengan cara kartografer menggambarkan kontur (secara manual), dimana hasil terbaik adalah produk yang paling dekat dengan hasil manual. Bagaimanapun juga untuk mengevaluasi perangkat lunak yang membuat kontur maka harus dibuat standar dengan hasil tersebut



Gambar 471. Interpolasi kontur cara taksiran

Salah satu Contoh penggunaan perangkat lunak dalam SIG : ArcView, MAPinfo, ArcInfo, dan lainnya

Penjelasan Arcview

Dasar-dasar penggunaan perangkat lunak dalam SIG, salah satunya ialah ArcView yang merupakan perangkat lunak desktop SIG dan pemetaan yang dikembangkan oleh ESRI (*Environmental System Research Institute, Inc*). Dengan ArcView kita dapat memiliki kemampuan-kemampuan untuk melakukan visualisasi, meng-explore, menjawab query (baik basis data spasial maupun non spasial), menganalisis data secara geografis, dan sebagainya.

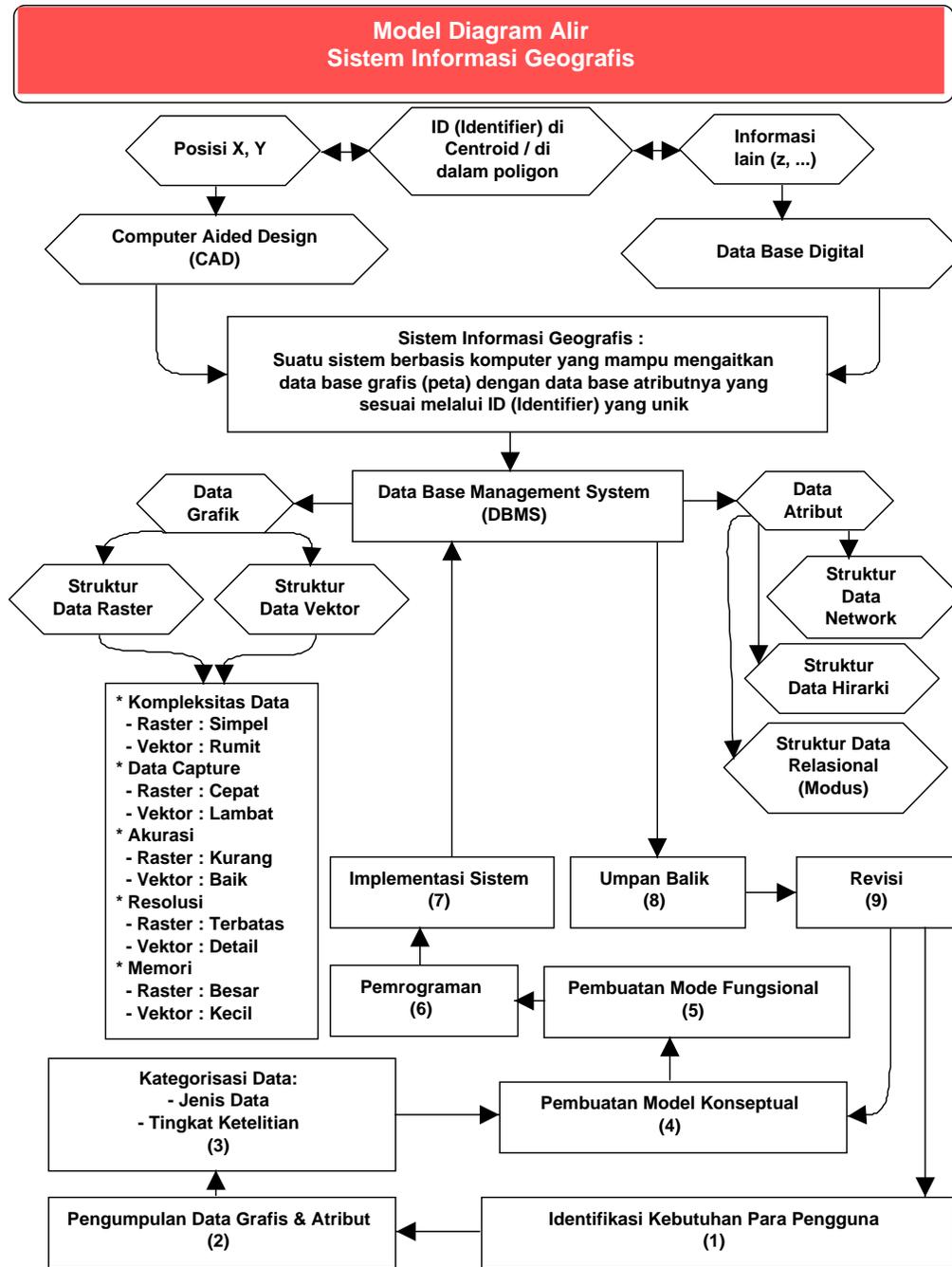
Ha-hal umum dalam ArcView

- Project merupakan suatu unit organisasi tertinggi dalam ArcView. Project didalam ArcView ini merupakan file kerja yang dapat digunakan untuk menyimpan, mengelompokkan dan mengorganisasikan semua komponen-komponen program ; View, theme, Table, chart, layout dan script dalam satu kesatuan yang utuh
- Theme merupakan bangunan dasar system ArcView, yang merupakan kumpulan dari beberapa layer ArcView yang membentuk suatu "Tematik" tertentu. Sumber data yang dapat direpresentasikan sebagai theme adalah shapefile, coverage (ArcInfo), dan Citra raster.
- View mengorganisasikan theme. Sebuah view merupakan representasi grafis informasi spasial dan dapat

- menampung beberapa “layer” atau “theme” informasi spasial (titik, garis, poligon, dan citra raster)
- Table merupakan representasi data ArcView dalam bentuk sebuah table, sebuah table akan berisi informasi deskriptif mengenai layer tertentu.
 - Chart merupakan representasi grafis dari suatu resume table bentuk chart yang didukung oleh ArcView adalah line, bar, colum, xy scatter, area dan pie.
 - Layout digunakan untuk menggabungkan semua dokumen (View, table, dan chart) kedalam suatu dokumen yang siap cetak (biasanya dipersiapkan untuk pembuatan hardcopy)
 - Sript merupakan bahasa (semi) pemrograman sederhana (makro) yang digunakan untuk mengotomatisasi kerja ArcView.



Gambar 472. Mapinfo GIS



Gambar 473. Model diagram alir sistem informasi geografi

Rangkuman

Berdasarkan uraian materi bab 16 mengenai sistem informasi geografis, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. SIG atau GIS merupakan suatu sistem berbasis komputer yang mampu mengaitkan data base grafis (dalam hal ini adalah peta) dengan data base atributnya yang sesuai. Sistem Informasi Geografis merupakan suatu kemajuan baru dari kelanjutan pengguna Komputer grafik Auto CAD (*Computer Aided Design*). Sistem Informasi Geografis merupakan kombinasi antara CAD dengan data base yang dikaitkan dengan suatu pengenal unik yang sering dinamakan identifier (ID) tertentu.
2. Keuntungan menggunakan SIG
 - a. Penanganan data geospasial menjadi lebih baik dalam format baku
 - b. Revisi dan pemutakhiran data menjadi lebih mudah
 - c. Data geospasial dan informasi lebih mudah dicari, dianalisis dan direpresentasikan
 - d. Menjadi produk bernilai tambah
 - e. Data geospasial dapat dipertukarkan
 - f. Produktivitas staf meningkat dan lebih efisien
 - g. Penghematan waktu dan biaya
 - h. Keputusan yang akan diambil menjadi lebih baik
3. Kelebihan dan kekurangan pekerjaan GIS dengan manual/pemetaan Digital

Peta	GIS	Pekerjaan Manual
Penyimpanan	Database Digital dan terpadu	Skala dan standar berbeda
Pemanggilan Kembali	Pencarian dengan Komputer	Cek manual
Pemutahiran	Sistematis	Mahal dan memakan waktu
Analisa Overlay	Sangat cepat	Memakan waktu dan tenaga
Analisa Spasial	Mudah	Rumit
Penayangan	Murah dan cepat	mahal

5. Sistem komputer untuk SIG terdiri dari perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*) dan prosedur untuk penyusunan pemasukkan data, pengolahan, analisis, pemodelan (*modelling*), dan penayangan data geospasial.

Soal Latihan

Jawablah pertanyaan – pertanyaan di bawah ini dengan tepat!

1. Apa yang di maksud dengan SIG?
2. Coba jelaskan pengertian Geoprocessing?
3. Sebutkan cara pemasukan data spasial?
4. Ada beberapa tahapan dalam pendigitasian peta, coba sebutkan?
5. Dalam SIG ada beberapa fungsi analisis, jelaskan?

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.
- Lanalyawati. 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

Absis	:	Posisi titik yang diproyeksikan terhadap sumbu X yang arahnya horizontal pada bidang datar.
Analog	:	Sistem penyajian peta secara manual.
Astronomis	:	Ilmu yang mempelajari posisi relatif benda-benda langit terhadap benda-benda langit lainnya.
Automatic level	:	Sipat datar optis yang mirip dengan tipe kekar tetapi dilengkapi dengan alat kompensator untuk membuat garis bidik mendatar dengan sendirinya.
Azimuth	:	Sudut yang dibentuk dari garis arah utara terhadap garis arah suatu titik yang besarnya diukur searah jarum jam.
Barometri	:	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 %).
Benchmark	:	Titik ikat di lapangan yang ditandai oleh patok yang dibuat dari beton dan besi dan telah diketahui koordinatnya hasil pengukuran sebelumnya.
Bowditch	:	Metode koreksi absis dan ordinat pada pengukuran polygon yang bobotnya adalah perbandingan antara jarak resultante terhadap total jarak resultante.
BPN	:	Badan Pertanahan Nasional (Kantor Agraria / Pertanahan).
CAD	:	Computer Aided Design. Penyajian gambar secara digital menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak komputer.
Cassini	:	Metode pengikatan ke belakang (alat berdiri di atas titik yang ingin diketahui koordinatnya) yang menggunakan bantuan 2 titik penolong dan dua buah lingkaran.
Collins	:	Metode pengikatan ke belakang (alat berdiri di atas titik yang ingin diketahui koordinatnya) yang menggunakan bantuan 1 titik penolong dan satu buah lingkaran.
Coordinate Set	:	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.
Cosinus	:	Besarnya sudut yang dihitung dari perbandingan sisi datar terhadap sisi miring.
Cross hair	:	Benang silang diafragma yang tampak pada lensa objektif teropong sebagai acuan untuk membaca ketinggian garis bidik pada rambu ukur.
Cross Section	:	Profil melintang. Penampang pada arah lebar yang menggambarkan turun naiknya permukaan suatu bentuk objek.
Datum	:	Titik perpotongan antara ellipsoid referensi dengan geoid (datum relatif). Pusat ellipsoid referensi berimpit dengan pusat bumi (<i>datum absolut</i>).
Digital	:	Sistem penyajian informasi (grafis atau teks) secara biner elektronik.

Digitizer	:	Alat yang digunakan untuk mengubah peta-peta analog menjadi peta-peta digital dengan menelusuri detail-detail peta satu persatu.
Distorsi	:	Perubahan bentuk atau perubahan informasi geometrik yang disajikan pada bidang lengkung (bola/ellipsoidal) terhadap bentuk atau informasi geometrik yang disajikan pada bidang datar.
DGN	:	Datum Geodesi Nasional, datum sistem koordinat nasional.
Dumpy level	:	Sipat datar optis tipe kekar, sumbu tegak menjadi satu dengan teropong.
Ellipsoid	:	Bentuk 3 dimensi dari ellips yang diputar pada sumbu pendeknya dan merupakan bentuk matematis bumi. <i>Spheroid</i> persamaan kata ellipsoid.
Equator	:	Garis khatulistiwa yaitu garis yang membagi bumi bagian utara dan bumi bagian selatan sama besar.
Flattening	:	Kegepengan. Nilai yang diperoleh dari pembagian selisih radius terpendek dengan radius terpanjang ellipsoida terhadap radius terpendek.
Fokus	:	Ketajaman penampakan objek pada teropong dan dapat diatur dengan tombol fokus.
Fotogrametri	:	Ilmu pengetahuan dan teknologi yang mempelajari mengenai geometris foto-foto udara yang diperoleh dari pemotretan menggunakan pesawat terbang.
Geodesi	:	Ilmu pengetahuan dan teknologi yang mempelajari dan menyajikan informasi bentuk permukaan bumi dengan memperhatikan kelengkungan bumi.
Geodesic	:	Kurva terpendek yang menghubungkan dua titik pada permukaan ellipsoida.
Geoid	:	Bentuk tidak beraturan yang mewakili permukaan air laut di bumi dan memiliki energi potensial yang sama.
Geometri	:	Ilmu yang mempelajari bentuk matematis di atas permukaan bumi.
Gradien	:	Besarnya nilai perbandingan sisi muka terhadap sisi samping yang membentuk sudut tegak lurus (90°)
Grafis	:	Penyajian hasil pengukuran dengan gambar.
Greenwich	:	Kota di Inggris yang dilewati oleh garis meridian (longitude/bujur) 0° .
Grid	:	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).
Hexagesimal	:	Sistem besaran sudut yang menyajikan sudut dengan sebutan derajat, menit, second. Satu putaran = 360° . $1^\circ=60'$. $1'=60''$.
Higragrum	:	Hg, air raksa yang dipakai sebagai cairan penunjuk nilai tekanan udara pada alat barometer.
Horisontal	:	Garis atau bidang yang tegak lurus terhadap garis atau bidang yang menjauhi pusat bumi.
Indeks	:	Garis kontur yang penyajiannya lebih tebal atau lebih ditonjolkan dibandingkan garis-garis kontur lain setiap ketinggian tertentu.

Interpolasi	:	Metode perhitungan ketinggian suatu titik di antara dua titik yang dihubungkan oleh garis lurus.
Intersection	:	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.
Galat	:	Selisih antara nilai pengamatan dengan nilai sesungguhnya.
GIS	:	<i>Geographical Information System</i> . Suatu sistem informasi yang mampu mengaitkan database grafis dengan data base tekstualnya yang sesuai.
GPS	:	<i>Global Positioning System</i> . Sistem penentuan posisi global menggunakan satelit buatan Angkatan Laut Amerika Serikat.
Gravitasi	:	Gaya tarik bumi yang mengarah ke pusat bumi dengan nilai $\pm 9,8 \text{ m}^2/\text{detik}$.
GRS-1980	:	<i>Geodetic Reference System</i> tahun 1984, adalah ellipsoid terbaik yang memiliki penyimpangan terkecil terhadap geoid (lihat istilah geoid).
Hardcopy	:	Dokumentasi peta-peta digital dalam bentuk lembaran-lembaran peta yang dicetak dengan printer atau plotter.
Hardware	:	Perangkat keras computer yang terdiri CPU (<i>Central Processing Unit</i>), keyboard (papan ketik), printer, mouse.
Informasi	:	Sesuatu yang memiliki makna atau manfaat.
Inklinasi	:	Sudut vertical yang dibentuk dari garis bidik (dinamakan juga sudut miring).
Interpolasi	:	Suatu rumusan untuk mencari ketinggian suatu titik yang diapit oleh dua titik lain dengan konsep segitiga sebangun.
Jalon	:	Batang besi seperti lembing berwarna merah dan putih dengan panjang $\pm 1,5$ meter sebagai target bidikan arah horizontal.
Jurusan	:	Sudut yang dihitung dari selisih absis dan ordinat dengan acuan sudut nolnya arah sumbu Y positif searah jarum jam.
Kalibrasi	:	Suatu prosedur untuk mengeliminasi kesalahan sistematis pada peralatan pengukuran dengan menyetel ulang komponen-komponen dalam peralatan.
Kartesian	:	Sistem koordinat siku-siku.
Kompas	:	Alat yang digunakan untuk menunjukkan arah suatu garis terhadap utara magnet yang dipengaruhi magnet bumi.
Kontrol	:	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.
Kontur	:	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).
Konvergensi	:	Serangkaian garis searah yang menuju suatu titik pertemuan.
Konversi	:	Proses mengubah suatu besaran (sudut/jarak) dari suatu sistem menjadi sistem yang lain.
Koordinat	:	Posisi titik yang dihitung dari posisi nol sumbu X dan posisi nol sumbu Y.

Koreksi	:	Nilai yang dijumlahkan terhadap nilai pengamatan sehingga diperoleh nilai yang dianggap benar. Nilai koreksi = - kesalahan.
Kuadran	:	Ruang-ruang yang membagi sudut satu putaran menjadi 4 ruang yang pusat pembagiannya adalah titik 0.
Kuadrilateral	:	Bentuk segiempat dan diagonalnya yang diukur sudut-sudut dan jarak-jaraknya untuk menentukan koordinat titik di lapangan.
Latitude	:	Nama lain garis parallel. Garis-garis khayal yang tegak lurus garis meridian dan melingkari bumi. Paralel nol berada di equator atau garis khatulistiwa.
Leveling head	:	Bagian yang terdiri dari tribach dan trivet, disebut juga kiap.
Logaritma	:	Nilai yang diperoleh dari kebalikan fungsi pangkat.
Longitude	:	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.
Long Section	:	Profil memanjang. Penampang pada arah memanjang yang menggambarkan turun naiknya permukaan suatu bentuk objek.
Loxodrome	:	Nama lain adalah <i>Rhumbline</i> . Garis (kurva) yang menghubungkan titik-titik dengan azimuth yang tetap.
Mapinfo	:	<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.
MSL	:	Mean Sea Level (permukaan air laut rata-rata yang diamati selama periode tertentu di pinggir pantai). Sebagai acuan titik nol pengukuran tinggi di darat.
Mistar	:	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).
Meridian	:	Garis-garis khayal di permukaan bumi yang menghubungkan kutub utara dan kutub selatan bumi. Meridian nol berada di Kota <i>Greenwich</i> , Inggris.
Nivo	:	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.
Normal	:	Proyeksi peta yang sumbu putar buminya berimpit dengan garis normal bidang perantara (datar, kerucut, silinder).
Oblique	:	Proyeksi peta yang sumbu putar buminya membentuk sudut tajam ($< 90^\circ$) dengan garis normal bidang perantara (datar, kerucut, silinder).
Offset	:	Metode pengukuran menggunakan alat-alat sederhana (prisma, pita ukur, jalon).
Ordinat	:	Posisi titik yang diproyeksikan terhadap sumbu Y yang arahnya vertical pada bidang datar.
Orientasi	:	Pengukuran untuk mengetahui posisi absolute dan posisi relative Objek-objek di atas permukaan bumi.
Orthodrome	:	Proyeksi garis geodesic pada bidang proyeksi.
Overlay	:	Suatu fungsi pada analisis pemetaan digital dan GIS yang Menumpangtindihkan tema-tema dengan jenis pengelompokan yang berbeda.

Pantograph	: Alat yang digunakan untuk memperbesar atau memperkecil objek gambar.
Paralel	: Garis-garis khayal yang tegak lurus garis meridian dan melingkari bumi. Paralel nol berada di equator atau garis khatulistiwa.
Pegas	: Gulungan kawat berbentuk spiral yang dapat memanjang dan memendek karena gaya tekan atau tarik yang digunakan pada alat sipat datar.
Pesawat	: Istilah untuk alat ukur optis waterpass atau theodolite.
Phytagoras	: Ilmuwan yang menemukan rumusan kuadrat garis terpanjang di suatu segitiga dengan salah satu sudutnya 90° adalah sama dengan perjumlahan kuadrat 2 sisi yang lain.
Planimeter	: Alat untuk menghitung koordinat secara konvensional.
Planimetris	: Bidang datar (2 dimensi) yang dinyatakan dalam sumbu X dan Y
Point Set	: 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.
Polar	: Sistem koordinat kutub (sudut dan jarak).
Polyeder	: Sistem proyeksi dengan bidang perantara kerucut, sumbu putar bumi berimpit dengan garis normal kerucut, informasi geometric yang dipertahankan sama adalah sudut (conform) dan tangen.
Polygon	: Serangkaian garis-garis yang membentuk kurva terbuka atau Tertutup untuk menentukan koordinat titik-titik di atas permukaan bumi.
Profil	: Potongan gambaran turun dan naiknya permukaan tanah baik memanjang atau melintang.
Proyeksi peta	: Proses memindahkan informasi geometrik dari bidang lengkung (bola/ellipsoidal) ke bidang datar melalui bidang perantara (bidang datar, kerucut, silinder).
Radian	: Sistem besaran sudut yang menyajikan sudut satu putaran = 2π radian. $\pi = 22/7 = 3,14\dots\dots$
RAM	: <i>Random Acces Memory</i> . Bagian dalam komputer yang digunakan sebagai tempat menyimpan dan memroses fungsi-fungsi matematis untuk sementara waktu.
Raster	: Penyajian peta atau gambar secara digital menggunakan unit-unit terkecil berbentuk bujur sangkar. Ketelitian unit-unit terkecil dinamakan dengan resolusi.
Remote Sensing	: 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> .
Resiprocal	: 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.
Reversible level	: Sipat datar optis tipe reversi yang teropongnya dapat diputar pada sumbu mekanis dan disangga oleh bagian tengah yang mempunyai sumbu tegak.
Rotasi	: Perubahan posisi suatu objek karena diputar pada suatu sumbu putar tertentu.

Sarrus	:	Orang yang menemukan rumusan perhitungan luas dengan nilai-nilai koordinat batas kurva.
Scanner	:	Alat yang mengubah gambar-gambar atau peta-peta analog menjadi gambar-gambar/peta-peta digital dengan cara mengkilas.
Sentisimal	:	Sistem besaran sudut yang menyajikan sudut dengan sebutan grid, centigrad, centigrad. Satu putaran = 400^g , $1^g=100^c$, $1^c=100^{cc}$.
Simetris	:	Bagian yang dibagi sama besar oleh suatu garis diagonal.
Sinus	:	Besar sudut yang dihitung dari perbandingan sisi muka terhadap sisi miring.
Skala	:	Nilai perbandingan besaran jarak atau luas di atas kertas terhadap jarak dan luas di lapangan.
Softcopy	:	Dokumentasi peta-peta digital dalam bentuk file-file digital.
Software	:	Perangkat lunak computer untuk berbagai macam kepentingan.
Stadia	:	Benang tipis berwarna hitam yang tampak di dalam teropong alat.
Statif	:	Kaki tiga untuk menyangga alat waterpass atau theodolite optis.
Tachymetri	:	Metode pengukuran titik-titik detail menggunakan alat theodolite yang diikatkan pada pengukuran kerangka dasar vertikal dan horisontal.
Tangen	:	Besar sudut yang dihitung dari perbandingan sisi muka terhadap sisi miring.
Tilting level	:	Sipat datar optis tipe jungkit yang sumbu tegak dan teropong dihubungkan dengan engsel dan sekrup pengungkit.
TM-3	:	Sistem proyeksi Universal Transverse Mercator dengan faktor skala di meridian sentral adalah 0,9999 dan lebar zone = 3° .
Topografi	:	Peta yang menyajikan informasi di atas permukaan bumi baik unsur alam maupun unsur buatan manusia dengan skala sedang dan kecil.
Total Station	:	Alat ukur theodolite yang dilengkapi dengan perangkat elektronik untuk menentukan koordinat dan ketinggian titik detail secara otomatis digital menggunakan gelombang elektromagnetis.
Trace	:	Serangkaian garis yang merupakan garis tengah suatu bangunan (jalan, saluran, jalur lintasan).
Transit	:	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.
Transversal	:	Proyeksi peta yang sumbu putar buminya tegak lurus (membentuk sudut 90°) dengan garis normal bidang perantara (datar, kerucut, silinder).
Triangulasi	:	Serangkaian segitiga yang diukur sudut-sudutnya untuk menentukan koordinat titik-titik di lapangan.
Triangulaterasi	:	Serangkaian segitiga yang diukur sudut-sudut dan jarak-jaraknya di lapangan untuk menentukan koordinat titik-titik di lapangan.
Tribach	:	Penyangga sumbu kesatu dan teropong.
Trigonometri	:	Bagian dari ilmu matematika yang diaplikasikan untuk menghitung beda tinggi antara beberapa titik di atas permukaan bumi yang berkategori bermedan bukit ($8\% \leq \text{slope} \leq 40\%$).
Trilaterasi	:	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° 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	Cotoh 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 α dan β	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 α 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 α 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 α ap	219
172	Pembagian kuadran azimuth	193	206	Menentukan sudut γ	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 α	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 α dan β	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 α dan β	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 α dan β 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 α ar	240	264	Formulir dan alat tulis	268
234	Menentukan das	241	265	Benang	268
235	Menentukan α 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

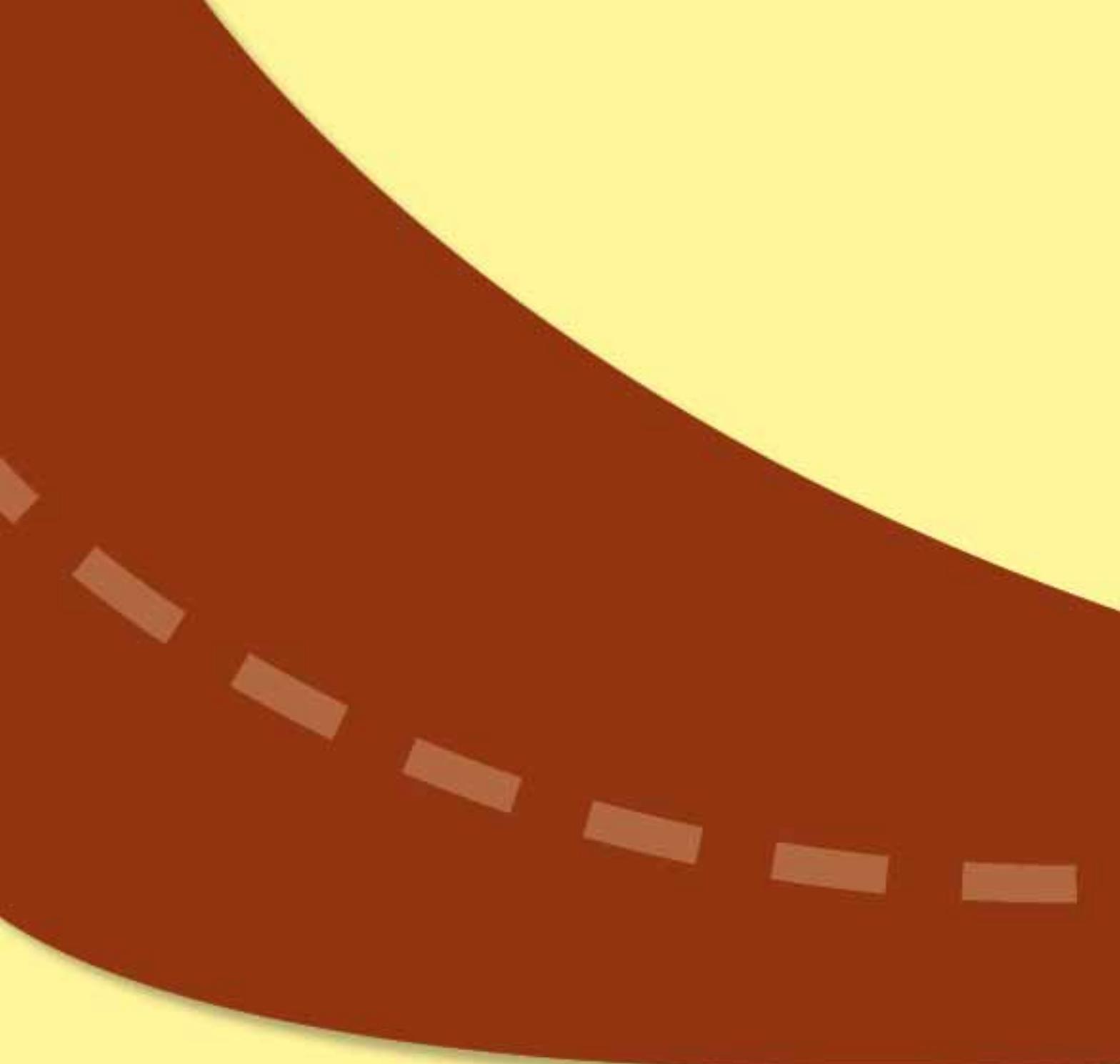
No	Teks	Hal	No	Teks	Hal
333	Cat dan Kuas	355	359	Letak garis pantai dan garis kontur 1m	389
334	Benang	355	360	Perubahan garis pantai dan garis kontur sesudah kenaikan muka air laut.	389
335	Segitiga O BT O'	358	361	Garis kontur lembah, punggung dan perbukitan yang memanjang.	390
336	Pengukuran titik 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 978-979-060-154-3

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 48 Tahun 2007 tanggal 5 Desember 2007 tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk Digunakan dalam Proses Pembelajaran.

HET (Harga Eceran Tertinggi) Rp. 18.106,00