

Pengukuran topografi untuk pekerjaan jalan dan jembatan

Buku 2

Prinsip dasar pengukuran dan perencanaan topografi



PRAKATA

Dalam rangka mendukung terwujudnya peningkatan kualitas pelaksanaan pembangunan dibidang prasarana jalan agar diperoleh hasil yang tepat mutu, tepat waktu dan tepat biaya diperlukan aturan yang berupa NSPM (Norma, Standar, Pedoman, dan Manual) di bidang prasarana jalan.

Dengan diterbitkannya buku Pedoman Pengukuran Topografi untuk Pekerjaan Jalan dan Jembatan ini, diharapkan dapat menambah pengetahuan dan wawasan para perencana, pengawas maupun para pelaksana mengenai pengukuran topografi untuk pekerjaan jalan dan jembatan.

Pedoman Pengukuran Topografi untuk Pengukuran Jalan dan jembatan ini, terdiri dari 4 (empat) buku yaitu:

Buku 1 : Penjelasan Umum

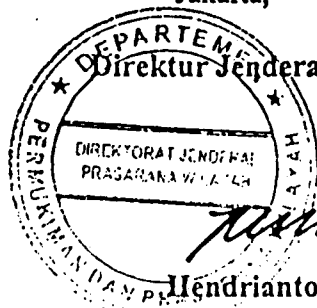
Buku 2 : Prinsip Dasar Pengukuran dan Perencanaan Topografi

Buku 3 : Pelaksanaan Pengukuran Topografi

Buku 4 : Pengenalan Beberapa Alat Ukur, dimana keempat buku ini merupakan satu kesatuan yang saling terkait.

Apabila dalam pelaksanaannya dijumpai kekurangan / kekeliruan dari pedoman ini, akan dilakukan penyempurnaan di kemudian hari.

Jakarta, Oktober 2004



Direktur Jenderal Prasarana Wilayah

Hendrianto Notosocondo

3.26.	sudut repetisi	6
3.27.	sudut reiterasi	7
3.28.	sudut vertikal	7
3.29.	sipat datar	7
3.30.	sumbu I	7
3.31.	sumbu II	7
3.32.	<i>surface</i>	7
3.33.	titik kontrol horizontal	8
3.34.	teodolit	8
3.35.	tin (<i>triangulated irregular networks</i>)	8
3.36.	tm 3°	8
3.37.	utm	8
2.38.	zenit	9
4	Prinsip dasar pengukuran topografi	9
4.1.	Pengukuran sudut	9
4.1.1.	Pengukuran Sudut Horizontal	10
4.1.2.	Pengukuran sudut vertikal	14
4.2.	Pengukuran jarak	15
4.2.1.	Pengukuran jarak optis	16
4.2.2.	Pengukuran jarak elektronik	18
4.3.	Pengukuran beda tinggi	19
4.3.1.	Pengukuran beda tinggi metode sipat datar	19
4.3.2.	Pengukuran beda tinggi trigonometri	21
4.4.	Penentuan azimuth	24
4.4.1.	Azimuth magnetis	24
4.4.2.	Azimuth astronomis	25
4.4.2.1.	Pengamatan matahari metode tinggi matahari	27
4.4.2.2.	Pengamatan matahari metode sudut waktu	27
4.5.	Pengukuran posisi dengan GPS	28
4.6.	Pengukuran kerangka kontrol	29

4.6.1.	Pengukuran kerangka horizontal	29
4.6.1.1.	Pengukuran titik kontrol metode jaringan segi-tiga (triangulasi)	29
4.6.1.2.	Pengukuran poligon	31
4.6.2.	Pengukuran kerangka kontrol vertikal	34
5.	Pengukuran perencanaan jalan dan jembatan	34
5.1.	Pengukuran perencanaan jalan	36
5.1.1.	Persiapan	36
5.1.1.1.	Persiapan personil	37
5.1.1.2.	Persiapan bahan, peralatan dan administrasi	38
5.1.2.	Survey pendahuluan	39
5.1.3.	Pemasangan monumen	40
5.1.4.	Pengukuran kerangka kontrol vertikal	43
5.1.5.	Pengukuran kerangka kontrol horizontal	45
5.1.5.1.	Pengukuran poligon dengan sistim koordinat lokal	46
5.1.5.2.	Pengukuran poligon dengan sistem poligon terikat sepihak	46
5.1.5.3.	Pengukuran poligon terikat pada dua titik referensi GPS	47
5.1.6.	Pengukuran penampang memanjang	52
5.1.7.	Pengukuran penampang melintang	53
5.1.8.	Pengukuran detail situasi	54
5.1.9.	Pengukuran pengikatan titik-titik referensi exsisting	56
5.2.	Pengukuran jembatan	57
5.2.1.	Pemasangan monumen	58
5.2.2.	Pengukuran kerangka kontrol vertikal	58
5.2.3.	Pengukuran kerangka kontrol horizontal	59
5.2.4.	Pengukuran penampang memanjang jalan	59
5.2.5.	Pengukuran penampang melintang jalan	60

5.2.6.	Pengukuran penampang melintang sungai	60
5.2.7.	Pengukuran situasi	62
6.	Prosedur pengolahan data	63
6.1.	Metode hitungan azimuth	63
6.1.1.	Perhitungan hasil pengamatan matahari	64
6.1.2.	Hitungan azimuth jurusan dari 2 (dua) titik koordinat yang diketahui	67
6.2.	Hitungan metode poligon	68
6.3.	Metode hitungan kerangka kontrol vertikal metode sipat datar	71
6.4.	Metode perhitungan detail situasi	72
6.5.	Metode hitungan penampang memanjang	73
6.6.	Metode hitungan penampang melintang	74
6.7.	Reduksi ukuran terestris ke bidang elipsoid referensi	75
6.7.1.	Koreksi proyeksi pada sistem proyeksi UTM	76
6.7.2.	Koreksi proyeksi pada sistem proyeksi TM 3°	77
7.	Penggambaran	78
7.1.	Penggambaran secara manual	79
7.2.	Pemilihan skala peta	79
7.3.	Ploting grid dan koordinat poligon	80
7.4.	Ploting data situasi	80
7.5.	Penggambaran garis kontur	80
7.6.	Penggambaran arah utara peta dan legenda	81
8.	Penggambaran secara digital	81
8.1.	Data inputing	83
8.2.	Penggambaran situasi	86
8.3.	Digital terrain model	87
8.4.	Penggambaran garis grid, arah utara peta dan legenda	89
8.5.	Pencetakan	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Sudut horizontal dan vertikal	9
Gambar 2.2. Pengukuran sudut horizontal metode re-iterasi	11
Gambar 2.3. Pengukuran sudut horizontal metode repetisi	12
Gambar 2.4. Pengukuran sudut horizontal metode arah	13
Gambar 2.5. Sistem pembagian bacaan piringan vertikal heling dan zenit	15
Gambar 2.6. Sistem piringan vertikal heling dan sistem zenit	15
Gambar 2.7. Pengukuran jarak optis dengan teodolit	16
Gambar 2.8. Pengukuran jarak elektronik	18
Gambar 2.9. Pengukuran beda tinggi sipat datar alat berdiri pada salah satu titik	20
Gambar 2.10. Pengukuran beda tinggi dengan alat ukur sipat datar terletak di antara dua titik yang diamat	21
Gambar 2.11. Pengukuran beda tinggi trigonometri	22
Gambar 2.12. Pengukuran beda tinggi tachimetri	24
Gambar 2.13. Sistem azimuth magnetis	25
Gambar 2.14. Azimuth untuk pengamatan	26
Gambar 2.15. Bola langit dipandang dari zenith	26
Gambar 2.16. Pengukuran jaringan segi-tiga (triangulasi)	30
Gambar 2.17. Poligon terbuka	32
Gambar 2.18. Poligon tertutup	33
Gambar 2.19. Pengukuran kerangka kontrol vertikal dengan metode sipat datar	34
Gambar 2.20. Diagram alir pengukuran topografi	35
Gambar 2.21. Spesifikasi bench mark (BM) dan control point (CP)	42
Gambar 2.22. Distribusi BM dan CP di sekitar jalan yang di ukur	43
Gambar 2.23. Pengamatan matahari	51

Gambar 2.24. Posisi benang silang teropong pada matahari	52
Gambar 2.25. Cara pengambilan detail pengukuran penampang melintang	54
Gambar 2.26. Gambar penampang melintang jalan	54
Gambar 2.27. Pengukuran detail situasi	56
Gambar 2.28. Gambar pengukuran jembatan	57
Gambar 2.29. Pengukuran kedalaman sungai dengan sounding	62
Gambar 2.30. Posisi titik acuan terhadap posisi matahari pada pengamatan matahari pada pagi	66
Gambar 2.31. Posisi titik acuan terhadap posisi matahari pada pengamatan matahari pada sore hari	67
Gambar 2.32. Azimut dari dua titik yang diketahui koordinatnya	68
Gambar 2.33. Prinsip dasar perhitungan koordinat	69
Gambar 2.34. Contoh-contoh legenda	81
Gambar 2.35. Diagram alir proses penggambaran secara digital	82
Gambar 2.36. Titik-titik koordinat hasil perhitungan dan pengeplotan secara digital	86
Gambar 2.37. Penarikan garis-garis dari titik koordinat untuk menggambarkan kondisi situasi di lapangan	87
Gambar 2.38. Pembentukan jaring-jaring segitiga yang tidak beraturan	88
Gambar 2.39. Pembuatan garis kontour dan pelabelannya	89
Gambar 2.40. Pemberian garis-garis grid pada basemap	90
Gambar 2.41. Legenda yang biasa digunakan pada pembuatan peta dasar	91
Gambar 2.42. Menu pencetakan dari gambar digital ke skala yang lebih kecil lagi, pemilihan jenis plotter seting ketebalan pena	92
Gambar 2.43. Menu pencetakan untuk memilih skala gambar hasil pencetakan, ukuran kertas, posisi kertas dsb	92

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Contoh pencatatan metode re-iterasi	11
Tabel 2.2. Contoh pencatatan metode repetisi	12

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Formulir pengukuran topografi
Lampiran 2. Contoh tabel almanak matahari
Lampiran 3. Contoh tabel transformasi UTM
Lampiran 4. Contoh tabel transformasi TM3°

1. Ruang lingkup

Pedoman ini dimaksudkan untuk memperbaiki dan meningkatkan pemahaman tentang prinsip-prinsip dasar serta tahapan-tahapan kegiatan yang dilakukan pada pengukuran topografi pada pekerjaan perencanaan jalan dan jembatan, sehingga diharapkan kualitas hasil pengukuran sesuai standar yang berlaku.

Prinsip dasar pengukuran topografi meliputi

- pengukuran jarak
- pengukuran sudut
- pengukuran beda tinggi
- pengukuran-pengukuran yang merupakan gabungan dari pengukuran jarak, sudut dan beda tinggi

Tahapan- tahapan yang dilakukan untuk pekerjaan perencanaan jalan dan jembatan meliputi:

- tahap persiapan (personil, bahan/alat, dan administrasi),
- tahap survey/pengukuran (survey pendahuluan dan survey detail)
- tahap pengolahan data
- tahap penggambaran

Hasil akhir dari kegiatan pengukuran topografi untuk pekerjaan jalan dan jembatan adalah peta situasi daerah sekitar rencana trase jalan dan jembatan dengan skala dan sistem koordinat tertentu yang selanjutnya akan digunakan sebagai peta dasar kerja untuk pembuatan dan gambar rencana (*design drawing*) jalan dan jembatan.

2. Acuan normatif

SNI 19-6724-2002 : Jaring kontrol horizontal

3. Istilah dan definisi

3.1

ascii

American Standard Code for Information Interchange, suatu format file yang bisa dibaca di semua program komputer.

3.2

azimuth

Arah yang ditentukan berdasarkan arah utara sebagai arah nol, nilainya bertambah sesuai arah putaran jarum jam. Ada dua macam azimuth yaitu azimuth magnetis dan azimuth astronomis. Azimuth magnetis adalah arah suatu titik yang ditentukan berdasarkan arah utara magnet bumi sebagai azimuth nol. Azimuth astronomis adalah arah suatu titik yang ditentukan berdasarkan arah utara benda langit yang ditentukan dengan pengamatan matahari atau bintang sebagai azimuth nol

3.3

back sight

titik acuan untuk pengukuran yang terletak sebelum titik tempat pengamatan (tempat berdiri alat).

3.4

bm

bm (*bench mark*) patok beton berbentuk persegi yang ditanam ditanah dengan sebagian muncul dipermukaan tanah, bm ini berfungsi sebagai tanda titik pengukuran dan sebagai sarana menyimpan data koordinat tertentu.

3.5

benang silang diafragma

garis silang (vertikal dan horizontal) pada lensa pembidik (okuler) teropong.

3.6

bidang nivo

bidang horizontal yang sejajar bidang geoid (muka air laut rata-rata).

3.7

data recorder

alat bantu pada alat *ETS (electronic total station)* yang berfungsi sebagai penyimpan data hasil pengukuran. Alat ini berada diluar (tersendiri) atau tidak menjadi satu dengan alat *ETS (electronic total station)*, untuk memfungsikan alat ini dihubungkan dengan dengan kabel.

3.8

deklinasi magnetis

perbedaan antara arah utara peta dengan arah utara magnetis

3.9

download

proses tranfer/pengiriman data dari *data recorder* atau *internal memory card* ke computer.

3.10

edm (electronic distance measure)

alat ukur jarak yang menggunakan pancaran gelombang elektromagnetik.

3.11

elevasi

jarak vertikal suatu obyek terhadap bidang referensi muka air laut rata-rata (MSL).

3.12

file batch

file data yang berformat *ASCII*, file ini digunakan untuk penghitungan dan atau penggambaran/pengeplotan titik-titik koordinat.

3.13

for sight

titik acuan untuk pengukuran yang terletak sesudah titik tempat pengamatan (tempat berdiri alat).

3.14

ground model

pembentukan model dari beda tinggi permukaan tanah (kondisi lapangan) yang diukur. *DEM file* (*digital elevation model*) digunakan untuk menyimpan dan memindahkan informasi permukaan topografi. *DEM file* berisi data informasi koordinat XYZ

3.15

heling

sistem pembagian skala piringan vertikal teodolit yang sudut 0 (nol) pada posisi teropong horizontal, nilainya bertambah positif ke arah atas dan bertambah negatif ke arah bawah.

3.16

internal memory card

kartu elektronik tambahan yang berfungsi sebagai penyimpan data hasil pengukuran

3.17

konvergensi grid

perbedaan antara arah utara geografi dengan arah utara peta

3.18

metode poligon

metode penentuan posisi dua dimensi secara terestris dari rangkaian titik-titik yang membentuk poligon, yang koordinat titik-titik (X, Y) atau (E, N), ditentukan berdasarkan pengamatan sudut-sudut horizontal di titik-titik poligon serta jarak horizontal antar titik yang berdampingan.

3.19

nivo

alat yang terbuat dari tabung gelas berisi cairan ether atau alkohol dan udara yang berfungsi untuk mengetahui kedudukan alat dalam keadaan horizontal.

3.20

paralaks

pengaruh lensa yang menyebabkan sinar yang sebenarnya lurus menjadi berbelok

3.21

rambu ukur

rambu berskala yang digunakan untuk target pengukuran beda tinggi dan jarak optis.

3.22

raw data.

format data yang di hasilkan dari hasil pengukuran yang menggunakan alat *ETS* yang mana datanya tersimpan dalam *internal memory card* atau data recorder/data colector.

3.23

refraksi

pengaruh lapisan udara yang menyebabka benda langit terlihat lebih tinggi dari yang sebenarnya.

3.24

reflektor

alat bantu pengukuran jarak yang berfungsi untuk memantulkan kembali gelombang elektromagnetik ke alat *EDM*.

3.25

sudut horizontal

sudut pada bidang horizontal yang diperoleh dari bacaan piringan horizontal terhadap dua titik yang berturutan.

3.26

sudut repetisi

cara pengukuran sudut horizontal dengan cara melakukan pengulangan n-kali tanpa melakukan pencatatan pembacaan antaranya, dilakukan dengan alat teodolit sumbu ganda.

3.27

sudut reiterasi

cara pengukuran sudut horizontal dengan cara diulang beberapa kali pada sisi bacaan piringan horizontal yang berbeda-beda dengan menyetel piringan bacaan lingkaran horizontal yang dapat disetel, dengan alat teodolit sumbu tunggal.

3.28

sudut vertikal

sudut yang diperoleh dari bacaan piringan vertikal (zenit/heling) yang berpotongan terhadap bidang horizontal.

3.29

sipat datar

alat untuk mengukur beda tinggi antara dua titik atau lebih.

3.30

sumbu I

sumbu vertikal yang melalui poros putar piringan horizontal.

3.31

sumbu II

sumbu horizontal yang melalui poros putar piringan vertikal

3.32

surface

kenampakan permukaan tanah yang diperoleh dari kumpulan data dari *ground model* yang sudah dihitung interpolasinya diantara 3 titik koordinat.

3.33

titik kontrol horizontal

titik kontrol yang koordinatnya dinyatakan dalam sistim koordinat horizontal yang sifatnya dua-dimensi; dan dalam hal ini ada dua jenis koordinat koordinat horizontal yang umum digunakan : koordinat geodetic dua-dimensi, yaitu ϕ (lintang) dan λ (bujur), serta koordinat dalam bidang proyeksi peta, yaitu E (timur) dan N (utara)

3.34

teodolit

alat ukur yang digunakan untuk mengukur sudut horizontal dan sudut vertikal.

3.35

tin (*triangulated irregular networks*)

tin atau jaring-jaring segitiga yang tidak beraturan ini adalah garis-garis elevasi yang menghubungkan diantara 2 titik yang terdekat. Hubungan garis-garis ini adalah interpolasi dari 2 titik tersebut.

2.36

tm 3°

sistem proyeksi peta dengan bidang silinder transfersal sebagai bidang proyeksi dengan lebar zone sebesar 3° dan faktor skala di meridian sentral 0.9999.

2.37

utm

sistem proyeksi peta dengan bidang silinder transfersal sebagai bidang proyeksi dengan lebar zone sebesar 6° dan faktor skala di meridian sentral 0.9996.

2.38

zenit

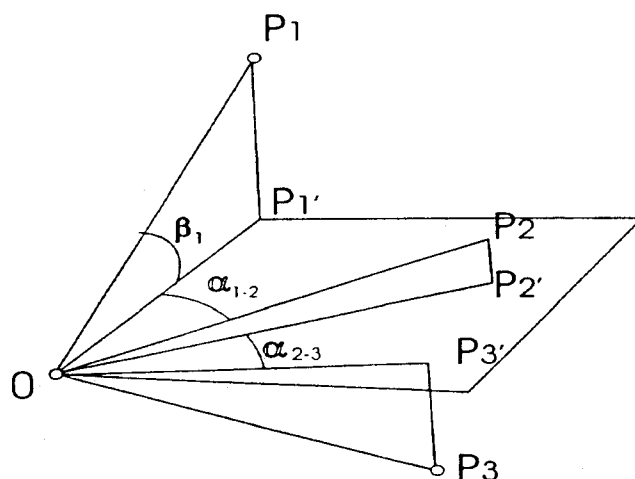
sistem pembagian skala piringan vertikal teodolit yang sudut 0 (nol) pada posisi teropong tegak ke atas, nilainya bertambah positif ke arah bawah.

4. Prinsip dasar pengukuran topografi

Pengukuran topografi pada prinsipnya adalah pengukuran yang dilakukan terhadap kenampakan topografi baik karena bentukan alam maupun bentukan manusia yang kemudian direpresentasikan ke dalam gambar dua dimensi dengan skala tertentu. Adapun pengukuran yang dilakukan dapat berupa pengukuran sudut horizontal dan vertikal, pengukuran jarak, pengukuran beda tinggi serta pengukuran azimuth terhadap obyek yang diamat.

4.1. Pengukuran sudut

Sudut horizontal adalah sudut arah antara dua titik atau lebih pada bidang horizontal, sedang sudut vertikal adalah sudut curaman terhadap bidang horizontal pada titik sasaran (lihat gambar 2.1)



Gambar 2.1. Sudut horizontal dan vertikal

4.1.1. Pengukuran Sudut Horizontal

Pengukuran sudut horizontal dilakukan dengan teodolit. Pengukuran sudut dapat dilakukan dengan beberapa metode antara lain :

a. Pengukuran sudut metode re-iterasi

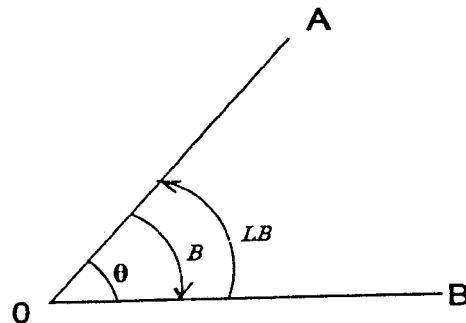
Pengukuran cara re-iterasi yaitu pengukuran sudut tunggal dengan beberapa kali pengamatan (observasi) yang bertujuan untuk mengurangi pengaruh kesalahan pada skala lingkaran horizontal. Pengukuran ini dilakukan pada alat teodolit dengan sumbu tunggal dengan lingkaran horizontal yang dapat disetel. Tujuan pengukuran cara re-iterasi yaitu untuk mengurangi pengaruh kesalahan pada skala lingkaran.

Prosedur pengukuran sudut horizontal dengan cara re-iterasi adalah sebagai berikut (lihat gambar 2.2) :

1. dirikan dan setel alat teodolit pada titik O.
2. bidik sasaran A pada posisi normal (Biasa) dan kencangkan klem penyetel putaran horizontal dan tepatkan benang silang ke target dengan bantuan penggerak halus horizontal.
3. setel lingkaran berskala sehingga mendekati angka 0° dengan bantuan penggerak lingkaran horizontal, kemudian dicatat sebagai bacaan permulaan (A_B).
4. kendurkan klem penyetel putaran horizontal, kemudian arahkan teropong ke target B, kencangkan klem penyetel putaran horizontal dan tepatkan benang silang ke target B dengan bantuan penggerak halus horizontal, kemudian catat sebagai bacaan (B_B).
5. balik teropong pada posisi Luar Biasa (LB), dan arahkan kembali ke target B catat sebagai bacaan (B_{LB}).
6. arahkan kembali ke target A dengan posisi teropong Luar Biasa (LB), catat sebagai bacaan (A_{LB}).

Rangkaian pengukuran tersebut disebut pengukuran satu seri. Pengulangan prosedur pengukuran dari nomor 2 sampai dengan nomor 4 dengan posisi

awal 90° disebut satu seri rangkap. Contoh pencatatan pengukuran sudut horizontal metode re-iterasi dapat dilihat pada tabel 2.1.



Gambar 2.2. Pengukuran sudut horizontal metode re-iterasi

Titik Observasi	Teleskop	Titik Yang dicari	Derajat	Vernir		Rata-rata	Sudut observasi
				I	II		
0	B LB	A	0°	0' 30"	0' 35"	0° 0' 32"	0° 0' 0"
		B	32	55 0	55 6	5 3	32 54 31
		B	212	55 1	55 2	212 55 2	32 54 31
		A	180	0 32	0 30	180 0 31	0° 0' 0"
				$(B + LB) / 2 =$			32 54 31

Tabel 2.1. Contoh pencatatan metode re-iterasi

b. Pengukuran sudut horizontal metode repetisi

Pengukuran sudut yang dilakukan dengan melakukan pengulangan n-kali tanpa melakukan pencatatan pembacaan antaranya (lihat gambar 2.3.). Pengukuran dilakukan dengan teodolit sumbu ganda dengan tujuan untuk mengurangi pengaruh kesalahan pada skala lingkaran.

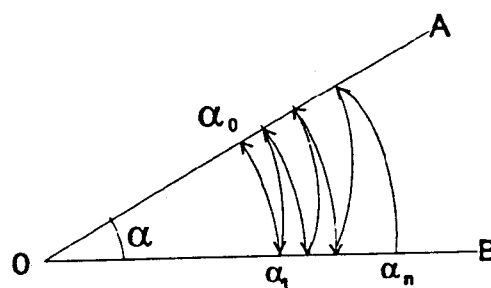
Prosedur pengukuran sudut horizontal dengan cara repetisi adalah sebagai berikut :

1. Dirikan dan setel alat pada titik O
2. Menepatkan lingkaran skala horizontal mendekati angka 0° dengan posisi teropong pada kondisi normal (Biasa)
3. Kencangkan klem penyetel putaran horizontal (atas) dan kendorkan klem piringan horizontal (bawah). Kemudian arahkan teropong pada target A,

sehingga angka 0° tadi terbawa dan menjadi bacaan awal pada target A sebagai α_0 .

4. Kencangkan Klem piringan horizontal (bawah) dan buka klem penyetel putaran horizontal (atas), kemudian arahkan teropong pada target B dan kencangkan kembali klem penyetel putaran membaca B_1 untuk mendapatkan sudut α_1 (α_1 untuk kontrol)
5. Kendorkan klem piringan horizontal, dan putar teropong searah jarum jam dan arahkan kembali ke target A.
6. Kencangkan klem piringan horizontal, kemudian arahkan kembali teropong ke arah target B dan membaca B_2 untuk mendapatkan α_2 (repetisi ke 2) dengan mengendurkan klem penyetel putaran horizontal.
7. Ulangi seluruh tahapan kegiatan tersebut dengan posisi teropong Luar Biasa, dengan urutan terbalik dimulai pada target B.

Contoh pencatatan pengukuran sudut metode repetisi dapat dilihat pada tabel 2.2.



Gambar 2.3. Pengukuran sudut horizontal metode repetisi

Teleskop	Titik yang dicari	Derajat	Vernir		Rata-rata	Sudut yang dicari	Jumlah ulangan repetisi	Hasil dan cek
			I	II				
R	A	0°	5' 10"	5' 12"	5' 11"	0° 0' 0"		Cek $\alpha_1 = 32^\circ 19' 36''$ $\alpha_0 = 0 \ 5 \ 11$
	B	129	2 14	2 15	2 14	128 57 3	4	32° 14' 16"
L	B	219	47 30	47 28	47 29	128 56 2	4	32 14 0
	A	90	51 25	51 28	51 26	0 0 0		Rata-rata 32°14'8"

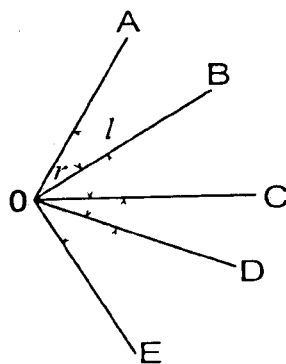
Tabel 2.2. Contoh pencatatan metode repetisi

c. Pengukuran dengan metode arah

Metode ini digunakan apabila pengamatan dilakukan pada banyak target seperti terlihat pada gambar 2.4.

Prosedur pengukuran adalah sebagai berikut :

1. Dirikan dan setel alat pada titik O
2. Arahkan teropong pada target A dengan posisi teropong normal (Biasa).
3. Klem penyetel horizontal ,kemudian tepatkan benang silang ke target dengan penggerak halus horizontal. Posisikan lingkaran skala horizontal mendekati angka 0° dengan bantuan penggerak lingkaran horizontal, kemudian catat bacaan sebagai A_B .
4. Kendurkan klem penyetel horizontal, kemudian arahkan teropong ke target B. Kencangkan klem penyetel, kemudian tepatkan benang silang ke target dengan bantuan penggerak halus horizontal. Baca dan catat sebagai B_B
5. Ulangi langkah 4 untuk target – target C, D dan E berikutnya.
6. Kemudian putar teropong pada posisi Luar Biasa, arahkan kembali pada target E, D, C, B dan A, serta baca dan catat sebagai bacaan Luar Biasa.



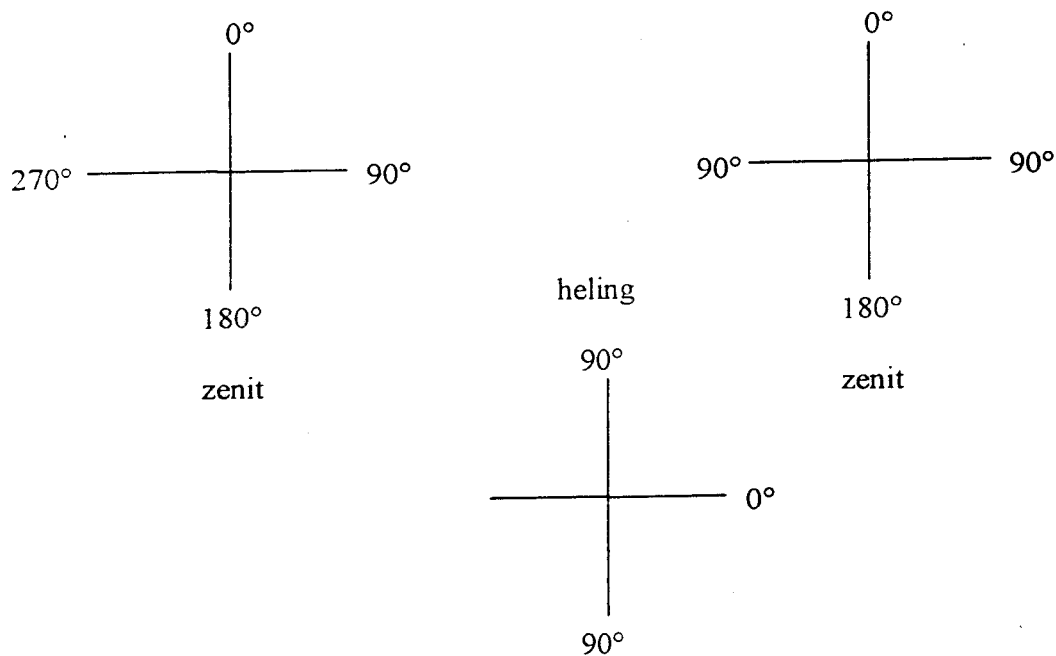
Gambar 2.4. Pengukuran sudut horizontal metode arah

4.1.2. Pengukuran sudut vertikal

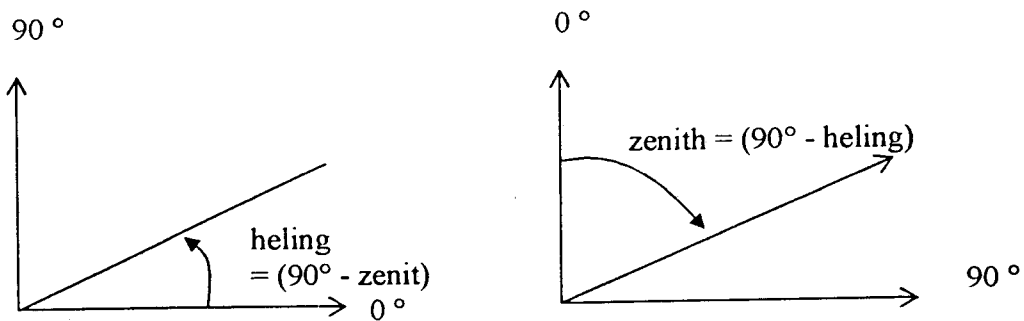
Pengukuran sudut vertikal dilakukan dengan menggunakan alat teodolit dengan melakukan pembacaan pada lingkaran vertikal berskala. Pengukuran sudut vertikal bertujuan untuk membantu mendapatkan jarak secara optis, penentuan beda tinggi metode tachimetri serta pengamatan matahari.

Prosedur pengukuran sudut vertikal adalah sebagai berikut :

1. dirikan dan setel sumbu I vertikal dengan mengatur sekrup pendatar alat teodolit pada titik O.
2. kendurkan klem penyetel horizontal dan klem penyetel vertikal, kemudian arahkan teropong ke target pada posisi normal (Biasa).
3. kencangkan klem penyetel horizontal dan vertikal, kemudian tepatkan benang silang pada target dengan bantuan penggerak halus vertikal dan horizontal, baca dan catat sudut vertikalnya.
4. bila posisi teropong dalam kondisi horizontal bacaan sudut vertikal = 0° , maka teodolit tersebut memakai sistem sudut vertikal helling, bila posisi teropong dalam kondisi horizontal bacaan sudut vertikal = 90° maka teodolit tersebut memakai sistem sudut vertikal zenit, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.5. dan 2.6.
5. ulangi prosedur 2 dan 3 dengan posisi teropong dalam keadaan Luar Biasa.



gambar 2.5. Sistem pembagian bacaan piringan vertikal heling dan zenit



gambar 2.6. Sistem piringan vertikal heling dan sistem zenit

4.2. Pengukuran jarak

Jarak yang dimaksud disini adalah jarak datar (horizontal) antara dua titik. Pengukuran jarak dapat dilakukan dengan cara pengukuran langsung (pita ukur), pengukuran jarak optis, dan pengukuran jarak elektromagnetik.

4.2.1. Pengukuran jarak optis

Pengukuran jarak optis dilakukan dengan mengukur rambu ukur tegak dan diamat bacaan benang atas (ba), benang tengah (bt) dan benang bawah (bb) serta sudut vertikal (heling/zenit) seperti yang terlihat pada gambar 2.6..

Pengukuran jarak optis dapat dilakukan dengan menggunakan alat ukur teodolit dan alat ukur sipat datar.

a) Pengukuran jarak optis dengan alat teodolit

Pengukuran jarak optis dengan menggunakan alat ukur teodolit dapat digunakan pada daerah datar dan pada daerah dengan kemiringan tertentu.

Untuk mendapatkan jarak digunakan rumus:

$$D = A (ba - bb) \cos^2 h$$

karena $h = (90^\circ - z)$ maka persamaan diatas dapat ditulis :

$$D = A (ba - bb) \cos^2 (90^\circ - z)$$

atau $D = A (ba - bb) \cdot \sin^2 z$

dimana : D = jarak datar antara titik A dengan titik B

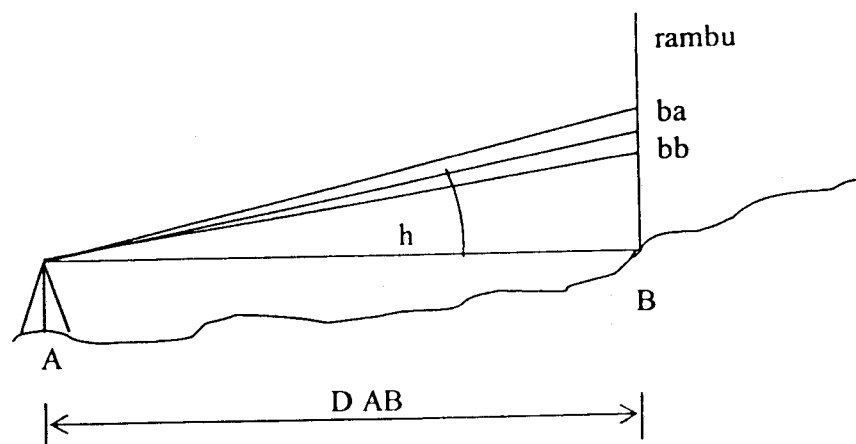
A = konstanta pengali dalam hal ini $A = 100$

ba = bacaan benang atas

bb = bacaan benang bawah

h = sudut heling

z = sudut zenit



Gambar 2.7. Pengukuran jarak optis dengan teodolit

b) Pengukuran jarak optis dengan alat sipat datar

Pada prinsipnya pengukuran jarak optis menggunakan alat ukur sipat datar sama dengan pengukuran jarak optis menggunakan alat teodolit .

Persamaan yang digunakan untuk perhitungan jarak optis juga sama yaitu :

$$D = A (ba - bb) \cos^2 h$$

karena $h = (90^\circ - z)$ maka persamaan diatas dapat ditulis :

$$D = A (ba - bb) \cos^2 (90^\circ - z)$$

atau $D = A (ba - bb) \cdot \sin^2 z$

dimana : D = jarak datar antara titik A dengan titik B

A = konstanta pengali dalam hal ini $A = 100$

ba = bacaan benang atas

bb = bacaan benang bawah

h = sudut heling

z = sudut zenit

akan tetapi sudut heling pada alat sipat datar adalah 0° , dimana $\cos 0^\circ = 1$, maka unsur $\cos^2 h = 1$, sehingga persamaan diatas dapat ditulis :

$$D = A (ba - bb)$$

dimana : D = jarak datar

A = konstanta pengali, dalam hal ini $A = 100$

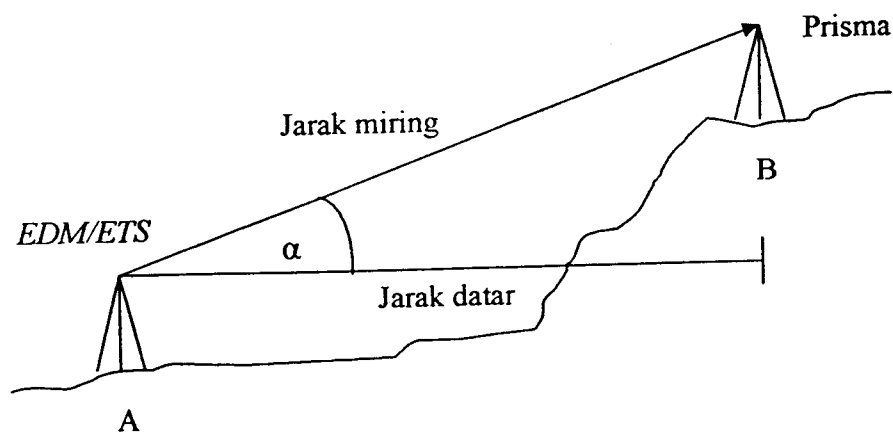
ba = bacaan benang atas

bb = bacaan benang bawah

Ketelitian pengukuran jarak cara optis sangat dipengaruhi oleh ketelitian skala bacaan piringan vertikal dan interpolasi pembacaan rambu ukur. Kesalahan interpolasi 1 milimeter pembacaan rambu dapat menyebabkan kesalahan jarak pengukuran sebesar 20 cm. Oleh sebab itu pengukuran jarak optis tidak dianjurkan untuk pengukuran kerangka kontrol horizontal.

4.2.2. Pengukuran jarak elektronik

Pengukuran jarak elektromagnetis dapat dilakukan dengan menggunakan alat ukur *EDM* (*elektronic distance measurement*) ataupun alat ukur *ETS* (*electronic total station*). Prinsip dasar *EDM* dan *ETS* adalah pengukuran jarak dengan menggunakan gelombang elektromagnetis yang dipancarkan dari alat *EDM/ETS* ke reflektor di titik target dan dipantulkan kembali ke alat seperti yang terlihat pada gambar 2.8. Jarak diukur berdasarkan kecepatan gelombang elektromagnetis. Reflektor sebagai pemantul berupa prisma. *EDM* dalam penggunaannya dipasangkan diatas alat ukur teodolit. Jarak terukur adalah jarak miring. Untuk mendapatkan jarak datar, dihitung berdasarkan sudut vertikal yang dibaca pada teodolit.



Gambar 2.8. Pengukuran jarak elektronik

Pengukuran jarak elektronik dengan alat *ETS* (*electronic total station*) pada prinsipnya sama dengan pengukuran jarak dengan *EDM*, bedanya pada alat *ETS* alat ukur sudut dan alat ukur jarak telah terintegrasi kedalam satu alat ukur. Ketelitian pengukuran jarak dengan cara elektromagnetik adalah sangat tinggi, yaitu berkisar antara $2\text{mm} + 2\text{ppm} \times D$ sampai dengan $5\text{mm} + 5\text{ppm} \times D$, dengan D adalah jarak yang diukur. Alat ini sangat dianjurkan untuk pengukuran kerangka kontrol horizontal.

Pengukuran jarak dengan alat ukur jarak elektronik seperti EDM maupun dengan alat ukur jarak ETS sebaiknya dilakukan untuk jarak antara 2,5 meter sampai 100 meter.

4.3. Pengukuran beda tinggi

Pengukuran beda tinggi adalah mengukur jarak arah vertikal ke suatu bidang referensi tertentu antara satu titik dengan titik yang lain. Pengukuran beda tinggi atau sipat datar bertujuan menentukan selisih tinggi antara titik-titik yang diamat.

4.3.1. Pengukuran beda tinggi metode sipat datar

Prinsip dasar cara pengukuran sipat datar adalah mengukur dengan pembacaan garis bidik yang horizontal pada rambu-rambu yang tegak pada titik-titik yang akan ditentukan beda tingginya. Alat yang digunakan dalam pengukuran beda tinggi dengan metode sipat datar pada umumnya adalah alat ukur sipat datar dengan tipe skrup pengungkit dan otomatis.

Pengukuran beda tinggi metode sipat datar dapat dilakukan dengan cara yaitu :

- a) Pengukuran sipat datar dengan cara alat ukur sipat datar berdiri di salah satu titik yang diukur.

Prosedur yang dilakukan adalah :

1. alat ukur sipat datar didirikan tepat di atas titik A dengan bantuan unting-unting, atur sumbu I vertikal dengan mengatur sumbu pendatar, arahkan teropong ke rambu yang dipasang secara vertikal tepat diatas titik B, kencangkan klem horizontal.
2. tepatkan bayangan rambu di titik B dengan menggerakkan sekrup penggerak halus horizontal, kemudian lakukan pembacaan benang silang mendatar yaitu benang tengah (BT) diikuti dengan pembacaan benang atas (BA) dan benang bawah (BB) sebagai kontrol bacaan.
3. ukur tinggi alat ukur sipat datar dari patok A ke pusat teropong.

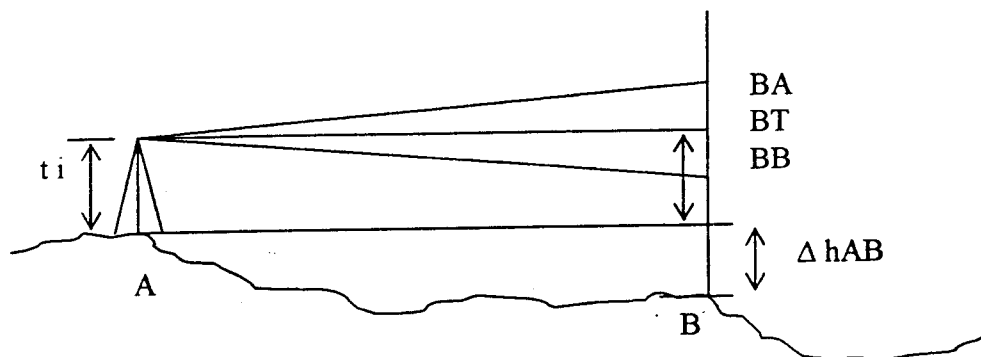
Berdasarkan tinggi alat dan bacaan benang tengah rambu di titik B, maka beda tinggi antara titik A dengan titik B (lihat gambar 2.9) dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$\Delta h_{AB} = (BT) - t_i$$

dimana : Δh_{AB} = beda tinggi antara titik A dengan titik B

(bt)B = bacaan benang tengah rambu titik B

t_i = tinggi alat di titik A



Gambar 2.9. Pengukuran beda tinggi sipat datar alat berdiri pada salah satu titik

b) Pengukuran beda tinggi metode sipat datar dengan cara alat ukur sipat datar berada di antara titik-titik target yang diamat

Prosedur yang dilakukan adalah :

1. dirikan alat ukur sipat datar terletak diantara dua titik target yang akan diamat, atur sumbu I vertikal, diupayakan alat berada di tengah-tengah kedua titik tersebut. Hal ini untuk mengurangi kesalahan akibat garis bidik tidak sejajar garis arah nivo.
2. arahkan teropong ke target A, baca benang tengah (BT) A serta benang atas (BA) dan benang bawah (BB) sebagai kontrol.

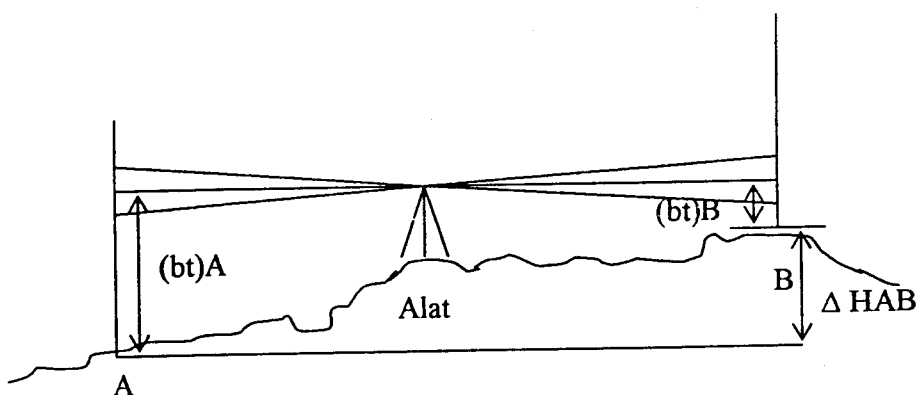
3. kemudian arahkan teropong ke target B, baca benang tengah (BT) B serta benang atas (BA) dan benang bawah (BB) sebagai kontrol
Beda tinggi antara titik A dengan titik B dihitung berdasarkan selisih antara bacaan benang tengah rambu A dengan bacaan benang tengah rambu B (lihat gambar 2.10).
Penghitungan beda tinggi antara titik A dengan titik B dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan :

$$\Delta H_{AB} = (bt)A - (bt)B$$

dimana : Δh_{AB} = beda tinggi antara titik A dengan titik B

$(bt)B$ = bacaan benang tengah rambu titik B

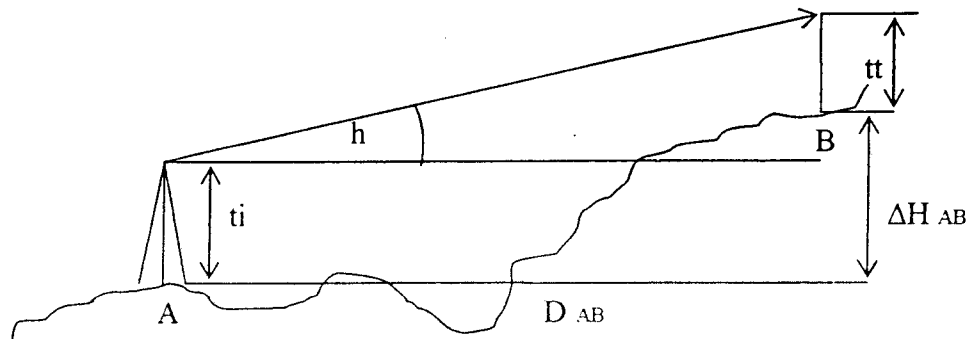
$(bt)A$ = bacaan benang tengah rambu titik A



Gambar 2.10. Pengukuran beda tinggi dengan alat ukur sipat datar terletak di antara dua titik yang diamat

4.3.2. Pengukuran beda tinggi trigonometri

Pengukuran beda tinggi trigonometri adalah proses penentuan beda tinggi antara tempat berdiri alat dengan titik yang diamat dengan menggunakan sudut vertikal dan jarak datar seperti yang terlihat pada gambar 2.11. Jarak datar diperoleh dengan pengukuran jarak langsung atau dengan alat ukur jarak elektronik (*EDM*) atau alat ukur *Electronic Total Station (ETS)*.



Gambar 2.11. Pengukuran beda tinggi trigonometri

Beda tinggi antara titik A dengan titik B seperti yang terlihat pada gambar 2.11 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

Bila dengan sudut helling : $\Delta h_{AB} = D_{AB} \tan h + ti - tt$,

Bila dengan sudut zenit : $\Delta h_{AB} = D_{AB} \text{ctg } z + ti - tt$, atau

$$\Delta h_{AB} = D_{AB} \tan (90^\circ - z) + ti - tt$$

Selanjutnya tinggi titik B dapat di ketahui dengan rumus :

$$\text{Tinggi B} = \text{Tinggi A} + \Delta h_{AB}$$

dengan :

D_{AB} = jarak datar antara titik A dengan titik B

h = sudut helling

z = sudut zenit

ti = tinggi alat (diukur dari patok A sampai titik tengah teropong)

tt = tinggi target/prisma

Bila jarak datar diperoleh dengan cara optis, maka pengukuran beda tinggi tersebut dikenal dengan pengukuran beda tinggi tachimetri seperti yang terlihat pada gambar 2.12.

Pengukuran beda tinggi tachimetri alat yang digunakan adalah alat ukur sudut teodolit dengan bantuan rambu ukur, pengukuran dilakukan dengan mengamati sudut vertikal dan ketiga benang diafragma horizontal yaitu benang atas (ba), benang tengah (bt) dan benang bawah (bb).

Beda tinggi antara titik A dengan titik B dihitung menggunakan persamaan :

$$\Delta h_{AB} = D_{AB} \tan h + ti - bt$$

$$\text{atau } \Delta h_{AB} = D_{AB} \text{ Ctg } z + ti - bt$$

$$\text{dimana : } D_{AB} = 100 (ba - bb) \cos^2 h$$

$$\text{atau } D_{AB} = 100 (ba - bb) \cos^2 (90^\circ - z),$$

$$\text{atau } D_{AB} = 100 (ba - bb) \sin^2 z$$

Δh_{AB} = beda tinggi antara titik A dengan titik B

D_{AB} = jarak optis antara titik A dengan titik B

h = sudut heling

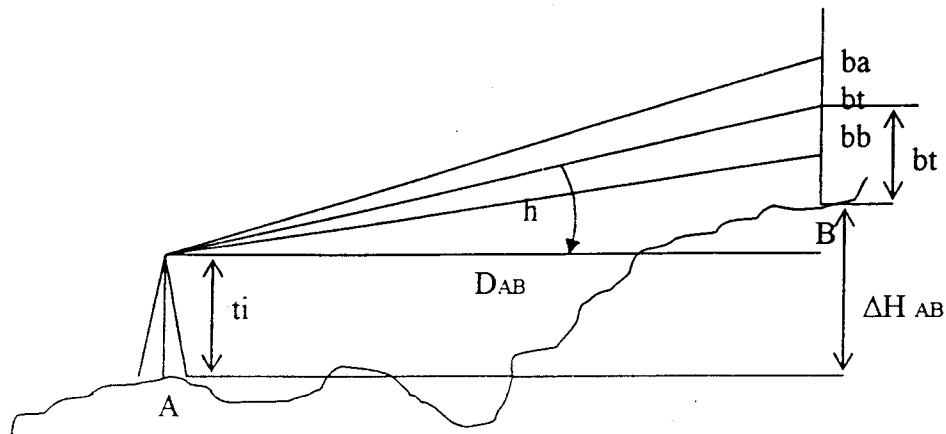
z = sudut zenit

ti = tinggi alat (diukur dari patok A sampai titik tengah teropong)

bt = bacaan benang tengah rambu

ba = bacaan benang atas

bb = bacaan benang bawah



Gambar 2.12. Pengukuran beda tinggi tachimetri

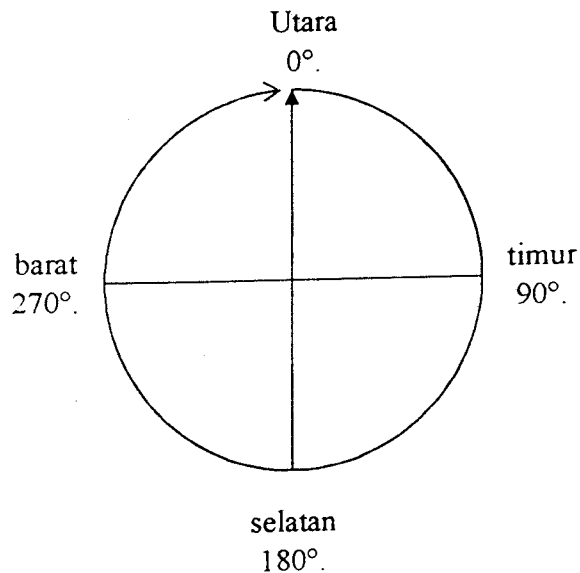
4.4. Penentuan azimuth

Azimuth suatu garis dapat ditentukan dengan menggunakan azimuth magnetis (kompas), azimuth astronomis (matahari dan bintang), maupun dengan perhitungan dari dua buah titik tetap yang sudah diketahui koordinatnya.

4.4.1. Azimuth magnetis

Azimuth magnetis adalah besar sudut horizontal yang dimulai dari ujung jarum magnet (ujung utara) sampai pada ujung garis bidik titik amat. Azimuth yang dimaksud adalah azimuth yang diukur dengan menggunakan alat ukur sudut teodolit yang menggunakan kompas.

Azimuth dimulai dari ujung utara jarum magnet, berputar ke timur dan seterusnya searah jarum jam sampai ke utara lagi. Besaran azimuth dimulai dari utara magnetis sebagai azimuth nol, arah timur sebagai azimuth 90° , selatan sebagai 180° dan barat sebagai azimuth 270° (lihat gambar 2.13).



Gambar 2.13. Sistem azimuth magnetis

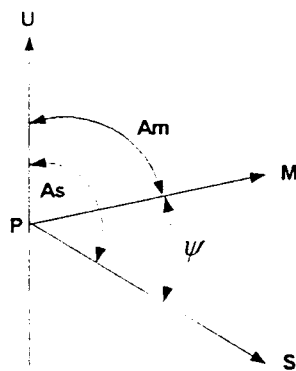
Prosedur pengukuran azimuth magnetis dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- dirikan alat teodolit yang ada azimuth magnetisnya tepat diatas titik yang akan diukur azimuth jurusannya.
- atur sumbu I vertikal dengan mengatur sekrup pendatar.
- arahkan teropong ke titik target yang sisinya akan diukur azimuthnya, kencangkan klem horizontal, tepatkan pada target dengan penggerak halus horizontal.
- buka klem piringan magnet.
- baca dan catat bacaan sudut horizontal yang merupakan bacaan azimuth jurusan.

4.4.2. Azimut astronomis

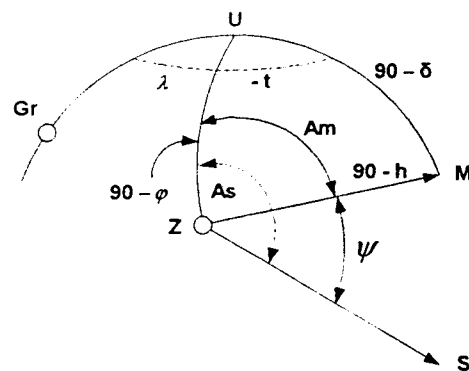
Azimut astronomis adalah azimuth yang diukur berdasarkan pengamatan benda langit seperti matahari atau bintang.

Yang dimaksud dengan penentuan azimuth dengan pengamatan matahari ialah penentuan azimuth arah dari titi pengamat ke titik sasaran tertentu dipermukaan bumi (lihat gambar 2.14).



Gambar 2.14.

Azimuth untuk pengamatan



Gambar 2.15.

Bola langit dipandang dari Zenith

Dari gambar 2.14. azimuth titik target S dapat dicari dengan persamaan

$$As = Am + \psi.$$

Dimana

Am = Azimuth ke matahari

ψ = Sudut horizontal matahari ke target

Besaran azimuth matahari atau sudut AS pada gambar 2.15. di atas dapat ditentukan apabila diketahui tiga unsur dari segitiga astronomis UMZ.

Ketiga unsur segitiga astronomis yang digunakan untuk perhitungan adalah $(90 - \phi)$, $(90 - \delta)$ dan $(90 - h)$ untuk penentuan azimuth metode tinggi matahari dan $(90 - \phi)$, $(90 - \delta)$ dan t untuk penentuan azimuth penentuan sudut waktu

Pengukuran azimuth astronomis dengan cara pengamatan matahari memerlukan data penunjang, yaitu :

- peta topografi untuk menentukan lintang pengamat.
- tabel deklinasi matahari.
- penunjuk waktu dengan ketelitian sampai detik.

4.4.2.1. Pengamatan matahari metode tinggi matahari

Metode tinggi matahari, data yang diperlukan adalah : tinggi matahari saat pengamatan (h), deklinasi matahari δ , dan lintang tempat pengamatan (φ), sudut horizontal waktu pengamatan matahari dan sudut horizontal titik amat, bila alat teodolit yang digunakan mempunyai tipe sudut heling maka rumus dasar yang digunakan untuk mencari azimuth adalah :

$$\cos A = \frac{\cos(90^\circ - \delta) - \cos(90^\circ - \varphi) \cos(90^\circ - h)}{\sin(90^\circ - \delta) \sin(90^\circ - h)}$$

Disederhanakan menjadi :

$$\cos A = \frac{\sin \delta - \sin \varphi \cdot \sin h}{\cos \varphi \cdot \cos h}$$

atau bila alat teodolit yang digunakan mempunyai tipe sudut zenith, maka persamaan di atas menjadi :

$$\cos A = \frac{\sin \delta - \sin \varphi \cdot \cos z}{\cos \varphi \cdot \sin z}$$

4.4.2.2. Pengamatan matahari metode sudut waktu

Metode sudut waktu, data yang diperlukan adalah : deklinasi matahari δ , lintang dan bujur tempat pengamatan (φ) penunjuk waktu (arloji), sudut horizontal waktu pengamatan matahari dan sudut horizontal titik amat, bila alat teodolit yang digunakan mempunyai tipe sudut heling maka rumus dasar yang digunakan untuk mencari azimuth adalah :

$$\text{Tg } A = \frac{-\sin t}{(\cos \varphi \cdot \text{tg } \delta - \sin \varphi \cdot \cos t)}$$

Sudut waktu (t) besarnya = GMT + PW + λ - 12 jam

Dengan pengertian: GMT = Waktu wilayah Indonesia barat (WIB) – 7 jam

PW = Perata Waktu (dari table almanak matahari)

λ = bujur pengamat

Pengamatan matahari dapat dilakukan dengan beberapa cara, tergantung dari peralatan yang digunakan yaitu :

- memakai filter gelap di okuler, sehingga dapat langsung membidik matahari
- ditadah dengan kertas di belakang okuler, dengan cara menyinggungkan tepi-tepi bayangan matahari pada benang silang mendatar dan tegak.
- memakai prisma *Roelofs* yang dipasang di muka lensa obyektif, sehingga dapat langsung dibidik pusat matahari.

Koreksi (koreksi astronomis) yang diberikan pada data pengamatan adalah koreksi refraksi, paralaks, tinggi tempat. Untuk pengamatan dengan sistem tadah maka ditambah dengan koreksi $\frac{1}{2}$ diameter matahari.

4.5. Pengukuran posisi dengan GPS

GPS (Global Positioning System) adalah sistem satelit navigasi dan penentuan posisi yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat. Sistem ini didesain untuk memberikan posisi tiga dimensi, kecepatan serta informasi waktu secara kontinyu diseluruh dunia tanpa tergantung waktu dan cuaca kepada pengguna secara simultan.

GPS terdiri dari dua jenis/type yaitu *GPS navigasi (hand GPS)* dan *GPS Geodetic (GPS teliti)*.

Pengukuran posisi dengan *GPS*, prosedur baku yang harus dilakukan sebelum pengamatan adalah :

1. dirikan antena pada statif di atas titik yang akan diamat, ukur tinggi antena
2. hubungkan antena dengan receiver dengan kabelnya, *GPS* dihidupkan
3. atur / pilih sistem koordinat, datum, dan sudut tutupan yang akan dipakai
4. atur / pilih sistem waktu, unit satuan jarak dan kecepatan

5. atur / pilih sistem koneksi dengan PC
6. lakukan pengamatan sesuai jadwal yang telah diprogram dan rekam data selanjutnya transfer (*download*) data pengamatan dari alat *GPS* ke personal computer, lakukan perhitungan pengolahan data.

Pengolahan data dari setiap baseline pada dasarnya bertujuan menentukan nilai estimasi vektor baseline atau koordinat relatif (dX , dY , dZ).

4.6. Pengukuran kerangka kontrol

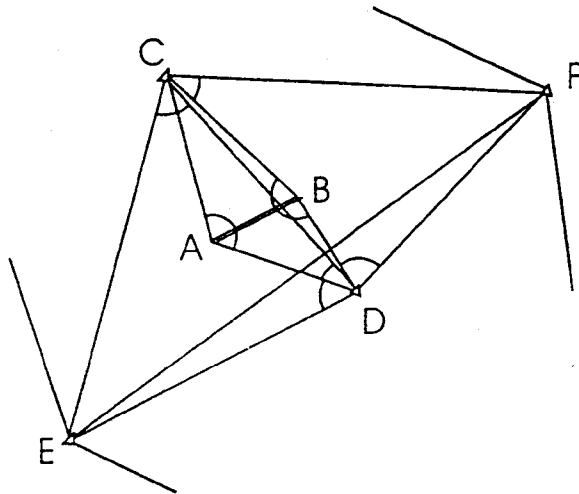
4.6.1. Pengukuran kerangka horizontal

Pengukuran kerangka kontrol horizontal merupakan kombinasi dari pengukuran sudut dan jarak yang bertujuan untuk menentukan posisi titik tertentu dengan tingkat ketelitian yang tinggi. Keberadaan titik – titik kontrol tersebut diperlukan sangat diperlukan sebagai titik-titik ikat (referensi) pada pengukuran topografi di suatu wilayah sehingga diharapkan akan memperoleh hasil pengukuran yang teliti sesuai dengan tingkat ketelitian yang diminta.

Metode pengukuran titik-titik control antara lain :

4.6.1.1. Pengukuran titik kontrol metode jaringan segi-tiga (triangulasi)

Prinsip dasar triangulasi adalah jika suatu segi-tiga diketahui panjang sebuah sisi dan dua sudutnya, maka dapat ditentukan nilai-nilai lainnya , karena jumlah sudut dalam satu segi-tiga adalah 180° . Dengan menggunakan asumsi tersebut, jika kita dapat mengukur sebuah sisi dengan sangat teliti sebagai basis dan dua buah sudut, maka titik-titik yang lain dalam suatu sistem koordinat akan dapat diketahui nilainya (lihat gambar 2.16)



Gambar 2.16. Pengukuran jaringan segi-tiga (triangulasi)

Prosedur pengukuran titik-titik kontrol horizontal dengan metode jaringan segi-tiga (triangulasi) adalah sebagai berikut :

1. ukur jarak basis AB yang relatif pendek dengan pengukuran jarak langsung (bila kondisi di lapangan datar) atau dengan menggunakan alat ukur EDM/ETS
2. dirikan alat ukur teodolit dengan ketelitian 1" pada titik A. Arahkan teropong pada titik B sebagai acuan, baca dan catat pada lingkaran skala horizontal sebagai bacaan awal (B_B).
3. arahkan teropong pada titik C, baca dan catat sebagai bacaan horizontal di titik C (C_B).
4. hitung besar sudut di titik A (α_A) = $B_B - C_B$
5. pindahkan dan dirikan alat pada titik B, ulangi prosedur 2-4 untuk mendapatkan besar sudut α_B .
6. hitung besar sudut pada titik C dengan persamaan : $\alpha_C = 180 - (\alpha_A + \alpha_B)$
7. hitung sisi AC dan BC dengan persamaan :

$$\frac{a}{\sin \alpha A} = \frac{b}{\sin \alpha B} = \frac{c}{\sin \alpha C}$$

8. hitung koordinat titik C dengan

$$X_C = X_A + D_{AC} \sin \alpha_{AC} = X_B + D_{BC} \sin \alpha_{BC}$$

$$Y_C = Y_A + D_{AC} \cos \alpha_{AC} = Y_B + D_{BC} \cos \alpha_{BC}$$

9. dengan cara yang sama maka titik-titik pada jaringan segi-tiga yang lain akan dapat diperoleh /diperbanyak

Pengukuran metode jaringan segi-tiga biasanya dilakukan pada daerah yang luas. Pada saat ini pengukuran titik-titik kontrol horizontal dengan metode jaringan segitiga (triangulasi) mulai digantikan dengan penggunaan alat ukur GPS (dibahas pada buku 4)

4.6.1.2. Pengukuran poligon

Pengukuran poligon adalah pengukuran yang bertujuan untuk merapatkan titik-titik kontrol horizontal yang ada baik dari hasil pengukuran triangulasi maupun dari pengukuran GPS dengan menggunakan pengukuran segi banyak (poligon).

Prinsip dasar penentuan posisi dengan hitungan poligon dan koreksinya adalah :

$$X_n = X_{n-1} + D_n \times \sin \alpha_n \pm fDX$$

$$Y_n = Y_{n-1} + D_n \times \cos \alpha_n \pm fDY$$

$$\sum \beta = (\alpha \text{ akhir} - \alpha \text{ awal}) + n \times 180 - f\beta$$

dengan $\sum \beta$ = Jumlah sudut dalam

$\alpha \text{ awal}$ = azimuth awal

$\alpha \text{ akhir}$ = azimuth akhir

Berdasarkan literatur yang ada, secara garis besar metode/sistem pengukuran poligon dapat dibagi menjadi :

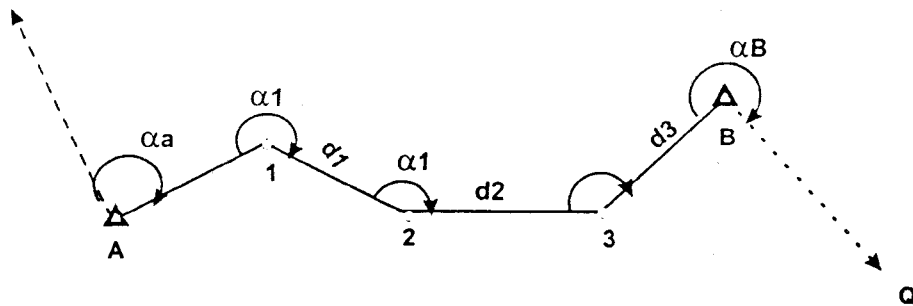
a. Pengukuran poligon terbuka

Yaitu poligon yang titik awal dan titik akhirnya tidak berhimpitan (berbeda) dapat dilihat pada gambar 2.17.

Poligon terbuka terdiri dari beberapa tipe yaitu :

1. bila titik awal dan akhir diketahui koordinat dan azimuthnya, maka disebut poligon terbuka terikat sempurna.

2. bila salah satu tidak diketahui harga koordinat, maka disebut poligon lepas/bebas.



Gambar 2.17. Poligon terbuka

Poligon tipe 1 mempunyai kontrol terhadap hasil pengukuran jarak linier maupun sudut, sehingga dapat diketahui tingkat ketelitiannya. Poligon tipe ini sangat dianjurkan untuk pengukuran perencanaan jalan (route memanjang).

Poligon tipe 2 tidak mempunyai kontrol terhadap hasil pengukuran jarak linier, dan hanya diketahui ketelitian pengukuran sudutnya, sehingga hasil pengukuran poligon menjadi tidak teliti.

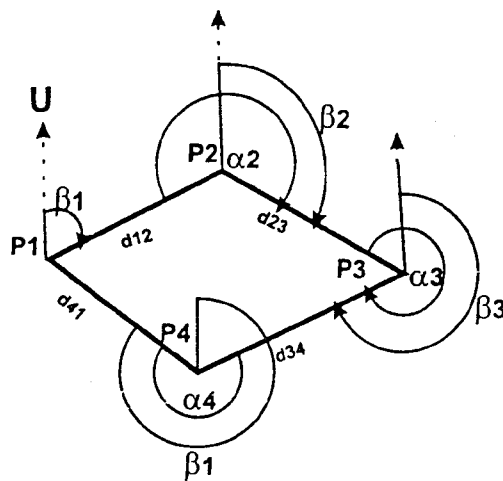
Prosedur pengukuran poligon terbuka adalah sebagai berikut :

1. dirikan alat pada titik awal (A) yang diketahui koordinatnya, kemudian arahkan teropong ke titik P (*back sight*) yang juga diketahui koordinatnya.
2. kencangkan klem horizontal kemudian tepatkan benang silang ke target (paku/unting-unting) dengan bantuan skrup penggerak halus. Baca dan catat sebagai bacaan horizontal awal titik P (*fore sight*)
3. kendurkan klem penyetel horizontal, kemudian arahkan ke titik 1 sebagai target berikutnya. Ulangi prosedur 2 untuk mendapatkan bacaan horizontal titik 1.
4. ukur jarak A-1 dengan cara langsung dengan menggunakan roll meter atau cara optis dengan membaca ketiga benang pada rambu ukur atau dengan EDM/ETS (sangat dianjurkan untuk menggunakan alat EDM/ETS).

5. pindahkan alat ukur pada titik 2, kemudian ulangi langkah 2 sampai dengan 4 untuk mendapatkan data sudut dan jarak pada titik 2 dan seterusnya.
6. azimuth awal dan akhir dapat dicari dari dua titik yang telah diketahui koordinatnya. Bila hanya satu titik yang diketahui koordinatnya, maka pada titik awal dan akhir harus dilakukan pengamatan matahari.

b. Pengukuran poligon tertutup

Yaitu pengukuran poligon dengan rangkaian tertutup (*circuit/loop*) dengan titik awal dan akhir merupakan titik yang sama, seperti yang terlihat pada gambar 2.18.



Gambar 2.18. Poligon tertutup

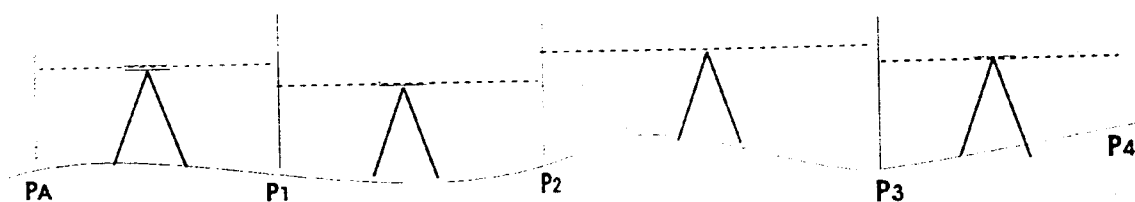
Prosedur pengukuran poligon adalah sebagai berikut :

1. dirikan alat pada titik awal P1 yang diketahui koordinatnya, kemudian arahkan teropong ke titik P4 (*back sight*).
2. kencangkan klem horizontal kemudian tepatkan benang silang ke target (paku/unting-unting) dengan bantuan skrup penggerak halus. Baca dan catat sebagai bacaan horizontal awal titik P4 (*fore sight*)
3. kendurkan klem penyetel horizontal, kemudian arahkan ke titik P2 sebagai target berikutnya. Ulangi prosedur 2 untuk mendapatkan bacaan horizontal titik 2.

4. ukur jarak P1-P4 dengan cara langsung dengan menggunakan roll meter atau cara optis dengan membaca ketiga benang pada rambu ukur atau dengan EDM/ETS (sangat di anjurkan untuk menggunakan alat EDM/ETS).
5. pindahkan alat ukur pada titik P2, kemudian ulangi langkah 2 sampai dengan 4 untuk mendapatkan data sudut dan jarak pada titik P2 dan seterusnya sampai kembali ke titik awal.
6. azimuth awal yang sekaligus juga sebagai azimuth akhir ditentukan dari hasil pengamatan matahari yang dilakukan pada titik tersebut.

4.6.2. Pengukuran kerangka kontrol vertikal

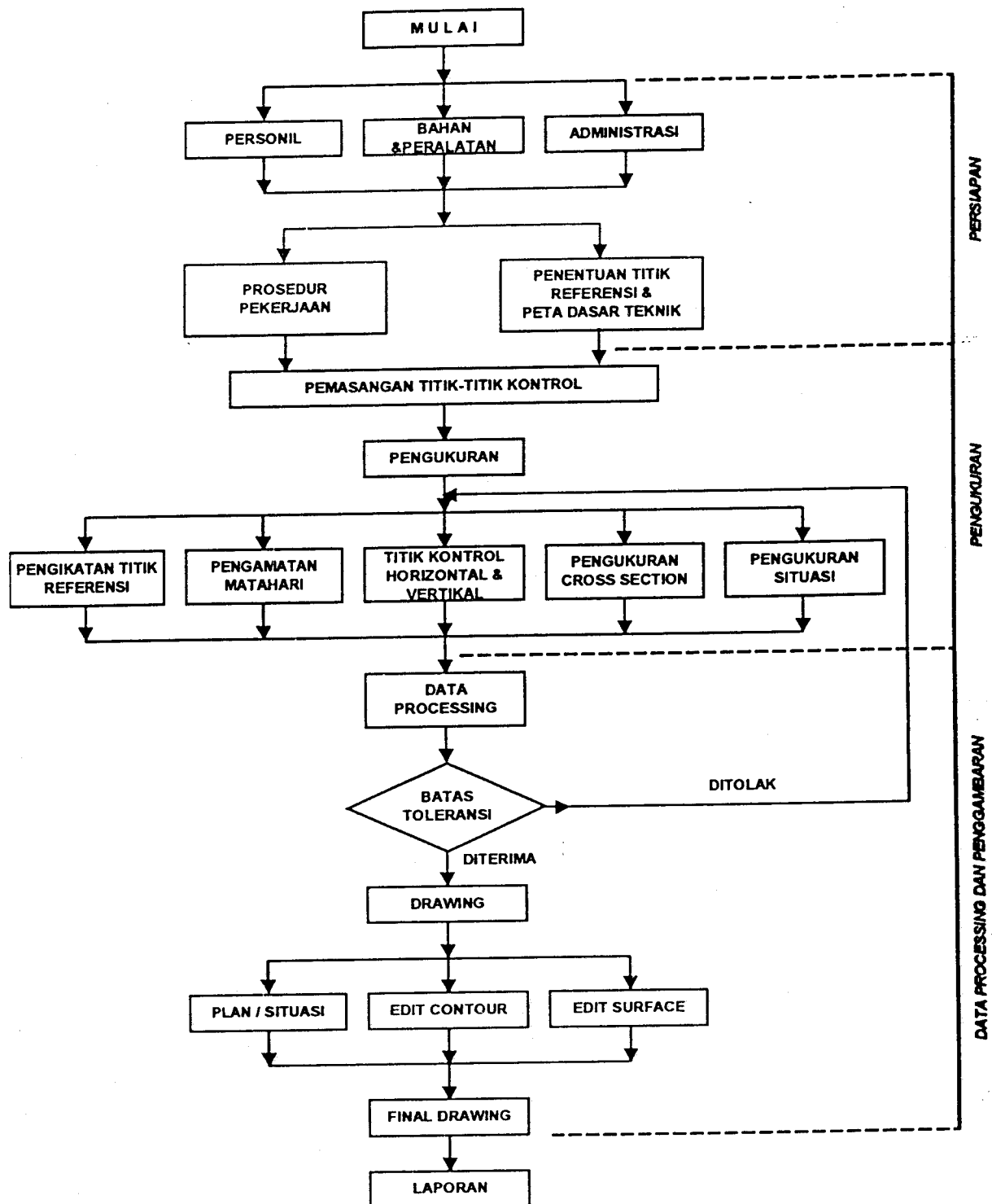
Pengukuran kerangka vertikal dilakukan dengan cara pengukuran sipat datar dari suatu titik tinggi (PA) yang telah diketahui dibawa ke titik-titik lainnya. Pengukuran sipat datar dilakukan dengan cara memanjang pergi-pulang (lihat gambar 2.19)



Gambar 2.19. Pengukuran kerangka kontrol vertikal dengan metode sipat datar

5. Pengukuran perencanaan jalan dan jembatan

Pengukuran perencanaan jalan dan jembatan merupakan suatu rangkaian kegiatan pengukuran topografi yang dilakukan disepanjang rencana trase jalan ataupun jembatan, yang dimulai dari kegiatan persiapan, pengukuran di lapangan, pengolahan data, dan penggambaran. Rangkaian kegiatan pengukuran topografi pada pekerjaan jalan dan jembatan dapat dilihat pada gambar 2.20



Gambar 2.20. Diagram Alir Pengukuran Topografi

5.1. Pengukuran perencanaan jalan

Pekerjaan pengukuran topografi untuk perencanaan jalan terdiri dari beberapa tahapan antara lain persiapan, survey pendahuluan, pemasangan monumen, pengukuran kerangka kontrol vertikal, pengukuran kerangka kontrol horizontal, pengukuran penampang memanjang jalan, pengukuran penampang melintang jalan, pengukuran detail situasi, pengukuran azimuth awal dan akhir, pengukuran titik-titik referensi, pengolahan data dan penggambaran, seperti yang terlihat pada gambar 2.20. Pada pekerjaan pengukuran jalan produk yang dihasilkan adalah :

- a. Peta situasi sepanjang rencana trase jalan dengan skala 1 : 1000, peta situasi khusus (bila ada) dan longsor dengan skala 1 : 500
- b. Gambar penampang melintang jalan skala horizontal 1 : 100 dan skala vertikal 1 : 50
- c. Gambar penampang memanjang jalan skala horizontal 1 : 1000 dan skala vertikal 1 : 100
- d. Dokumen laporan yang meliputi data kalibrasi alat, data ukur dan hasil pengolahan data/hitungan, daftar dan diskripsi titik-titik kontrol, buku laporan pelaksanaan yang memuat kegiatan pelaksanaan, kendala dan tingkat ketelitian yang diperoleh pada setiap jenis kegiatan lengkap dengan dokumentasinya.

5.1.1. Persiapan

Sebelum masuk ke dalam tahap persiapan, perlu diperhatikan adalah lingkup kegiatan yang dilakukan, yang terdapat dalam spesifikasi teknis (TOR).

Dengan mengacu pada TOR yang ada, maka dilakukan persiapan yang meliputi antara lain ; persiapan personil, persiapan data penunjang dan peralatan, serta persiapan administrasi.

5.1.1.1. Persiapan personil

Personil yang dibutuhkan pada pekerjaan perencanaan jalan meliputi tenaga ahli pengukuran topografi (*geodetic engineer*), asisten topografi, surveyor topografi, *CAD Operator* (bila proses penggambaran dilakukan secara digital)

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam memobilisasikan personil antara lain :

- a. *Geodetic engineer* adalah seorang sarjana geodesi yang berpengalaman dalam bidang pengukuran dan pemetaan dan menguasai aspek teknis baik dalam pengumpulan data di lapangan maupun pengolahan data dan proses penggambaran (manual /digital).
- b. *Geodetic engineer* harus dapat memahami lingkup pekerjaan pengukuran yang terdapat dalam spesifikasi teknis (TOR) sehingga hasil pengukuran dapat tepat sasaran
- c. Selain itu seorang *geodetic engineer* dituntut mampu bekerjasama dengan ahli-ahli dari bidang lain seperti *highway enginer*, *bridge engineer* dan *geologi engineer* di dalam merencanakan dan melaksanakan pekerjaan perencanaan teknis jalan.
- d. Dalam pelaksanaannya seorang *geodetic engineer* biasanya dibantu oleh seorang asisten geodesi untuk mengawasi jalannya pengukuran topografi, dan mempunyai kualifikasi minimal D3 bidang pengukuran dan pemetaan
- e. Surveyor topografi adalah seorang yang berpengalaman di bidang pengukuran, dan bertatar belakang pendidikan minimal STM/SLA dan telah mengikuti kursus/pelatihan pengukuran topografi. Seorang surveyor topografi dituntut dapat bekerja secara tim, serta teliti dan sabar dalam mengoperasikan alat di tengah kondisi lapangan yang cukup berat.
- f. Seorang *CAD operator* adalah seorang berpengalaman dalam bidang penggambaran topografi secara digital, mampu mengoperasikan perangkat lunak (*software*) dan keras (*hardware*) yang berkaitan dengan survey dan pemetaan, bertatar belakang pendidikan minimal STM/SLA dan telah mengikuti kursus/pelatihan yang berkaitan dengan proses penggambaran

secara digital, serta mempunyai pengetahuan di bidang pengukuran dan pemetaan.

5.1.1.2. Persiapan bahan, peralatan dan administrasi

- a. Persiapan bahan antara lain peta topografi skala 1 : 25.000 (sebagai acuan untuk menentukan posisi/koordinat lokasi, koordinat geografis untuk pengamatan matahari), peta tata guna lahan skala 1 : 50.000 (untuk mengetahui tata guna lahan trase jalan dan sekitarnya), formulir ukur (contoh formulir ukur untuk setiap kegiatan pengukuran dapat dilihat pada lampiran buku 4), almanak matahari, serta data pendukung lainnya seperti informasi titik-titik kontrol (horizontal dan vertikal) yang ada di lapangan, informasi akses menuju ke lokasi, dan sebagainya.
- b. Persiapan peralatan disesuaikan dengan spesifikasi teknis (TOR) yang ada, biasanya terdiri dari alat ukur teodolit dengan ketelitian bacaan terkecil 1" (detik) untuk pengukuran sudut horizontal dan alat teodolit dengan ketelitian maksimal 20" (detik) untuk pengukuran situasi, alat ukur EDM/ETS dengan ketelitian bacaan sudut terkecil 1 " dan pengukuran jarak dengan standard deviasi ketelitian alat $\pm 4 + 2 \text{ ppm} \times D \text{ mm}$, prisma *Roelof*, alat ukur sipat datar otomatis atau yang sederajat dengan standard deviasi ketelitian alat untuk 1 km pengukuran pergi pulang 5 mm, heling meter dan kompas untuk survey pendahuluan, *GPS* tipe navigasi untuk survey pendahuluan, serta *GPS* tipe *Geodetic* bila diperlukan untuk pengamatan titik-titik ikat. Semua peralatan ukur harus dikalibrasi sebelum digunakan dengan metode kalibrasi seperti yang dijelaskan pada buku 4.
- c. Persiapan administrasi seperti surat tugas, surat pengantar ke instansi yang berkaitan bila diperlukan data-data tambahan di lapangan, dan sebagainya.

Dalam tahap persiapan dilakukan penarikan beberapa alternatif pilihan rencana trase jalan dengan mempertimbangkan beberapa aspek seperti; kondisi topografi dan geologis, hidrologi, tata guna lahan yang ada dan sebagainya. Untuk daerah

pegunungan, pemilihan trase jalan rencana harus memperhatikan kemiringan topografi yang tercemin dari kerapatan garis kontur yang ada, sehingga pada akhirnya alinemen vertikal trase terpilih diharapkan telah memenuhi persyaratan landai kritis maksimum.

5.1.2. Survey pendahuluan.

Survei pendahuluan/*reconnaissance* dilakukan untuk mengetahui dan mengkaji apakah rencana trase jalan yang telah dibuat di kantor dapat diimplementasikan di lapangan. Pengecekan lapangan dilakukan dengan menggunakan alat bantu *GPS navigasi dan kompas* untuk mengetahui posisi (koordinat X dan Y serta Z) di lapangan, *clinometer / helingmeter* untuk mengetahui kemiringan rencana trase, serta formulir survey untuk mencatat posisi dan mencatat apakah trase yang dilalui masih memenuhi persyaratan landai kritis maksimum dari yang dipersyaratkan. Alat bantu *GPS navigasi* dalam survei ini sangat membantu dalam mengetahui posisi secara tepat setiap saat di lapangan, terutama untuk survey pendahuluan pada perencanaan jalan baru maupun perencanaan jalan yang dekat dengan perbatasan wilayah/negara lain.

Prosedur yang dilakukan dalam pekerjaan survey pendahuluan adalah :

- a. menyiapkan peta rencana trase yang telah dibuat di kantor, pilih alternatif yang paling baik diantara beberapa alternative lain yang ada.
- b. tentukan titik (*station*) awal, dengan terlebih dahulu berkoordinasi dengan instansi terkait di daerah.
- c. kemudian dilakukan penelusuran di sepanjang trase rencana, kemudian plotting posisi (X,Y) dan elevasi (Z) di peta topografi dengan bantuan alat GPS navigasi dan hellingmeter. Data sta, jarak dan prosentasi kemiringan jalan dicatat dalam formulir survey pendahuluan.
- d. apabila trase yang direncanakan tidak dapat diaplikasikan di lapangan karena kondisi di lapangan yang tidak memungkinkan, maka dilakukan relokasi pada daerah tersebut dengan tetap mempertimbangkan faktor geometrinya

(horizontal dan vertical). Jalur penelurusan diarahkan kembali ke trase rencana semula bila kondisi dilapangan telah memungkinkan.

- e. pekerjaan survey pendahuluan berakhir pada station tujuan (akhir) yang telah direncanakan, dan dikoordinasikan dengan instansi terkait di daerah
- e. untuk perencanaan jalan baru kegiatan survey tersebut diikuti dengan pekerjaan perintisan,

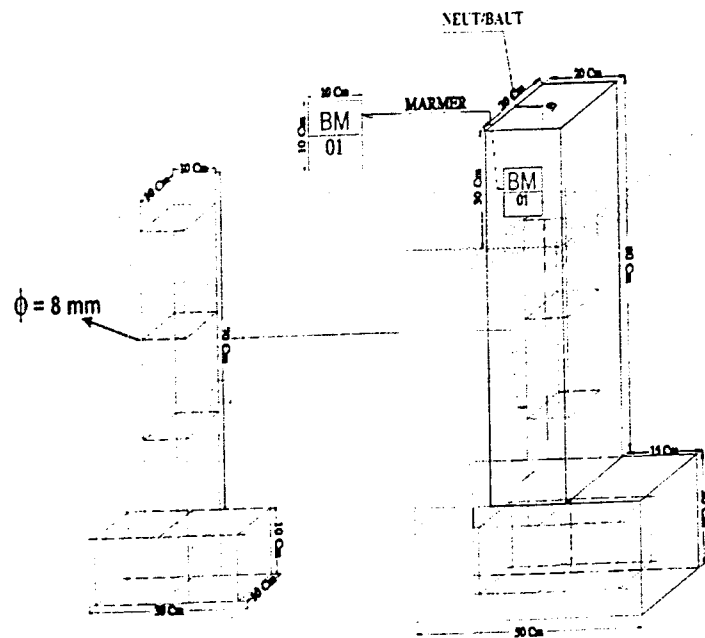
5.1.3. Pemasangan monumen

Sebelum dilakukan pengukuran, terlebih dahulu dilakukan pemasangan titik-titik ikat baru berupa *bench mark* (BM), titik-titik *control point* (CP) dan patok kayu pengukuran.

Yang perlu diperhatikan dalam pemasangan monument antara lain :

- a. spesifikasi *BM* berupa patok beton bertulang dengan ukuran 20 X 20 x 100 cm (lihat gambar 2.21) dicat warna kuning, diberi nomor, pada bagian atas diberi lambang Binamarga.
- b. spesifikasi *CP* adalah patok paralon bertulang dengan ukuran panjang 80 cm dicat warna kuning, diberi nomor, bagian atasnya diberi lambang Binamarga (lihat gambar 2.21).
- c. *bench mark* (BM) dipasang (ditanam sedalam 70 cm sehingga yang muncul diatas permukaan tanah kira-kira 30 cm) disepanjang ruas jalan yang akan diukur pada setiap interval jarak ± 1 Km. BM-0 dipasang di awal jalan sebagai km 0 + 00.
- d. setiap pemasangan *BM* harus disertai pemasangan patok *CP*. (*Control Point*) sebagai pasangannya untuk mendapatkan azimuth arah pada pekerjaan pelaksanaan (stake out). Pemasangan BM sebaiknya dilakukan di kiri jalan dan *CP* di kanan jalan (lihat gambar 2.22).
- e. BM dan CP dipasang pada lokasi yang aman dari gangguan dan tidak mengganggu aktifitas sehari-hari dan pelaksanaan konstruksi, dipasang dengan kuat, dan mudah dicari. Setiap BM dan CP didokumentasikan dan dibuat deskripsinya.

- f. pemasangan CP juga dilakukan pada rencana jembatan, jembatan existing, pada perpotongan dengan jalan existing.
- g. patok kayu dipasang pada salah satu sisi jalan (jalan eksisting) atau pada as rencana jalan (jalan baru) dimulai dari awal sampai akhir proyek, dipasang pada setiap ± 50 m. Patok kayu dibuat sepanjang 40 cm dari kayu ukuran 3 cm x 4 cm, pada bagian atasnya dipasang paku, diberi nomor sesuai urutannya dan dicat warna kuning.
- h. pada daerah tertentu yang tidak bisa dipasang patok kayu (di aspal, jembatan, batu, cor) dapat diganti dengan pemasangan paku payung dengan ditandai dengan cat disekitarnya dan diberi nomor sesuai urutannya. Untuk memudahkan pencarian patok, sebaiknya pada daerah sekitar patok diberi tanda khusus.
- i. keberadaan seluruh BM, CP maupun patok kayu (jarak antar patok dan sta) ditulis dalam lembar formulir dan digambar sketsanya dilapangan serta dilengkapi dengan pola konturnya (pendekatan).



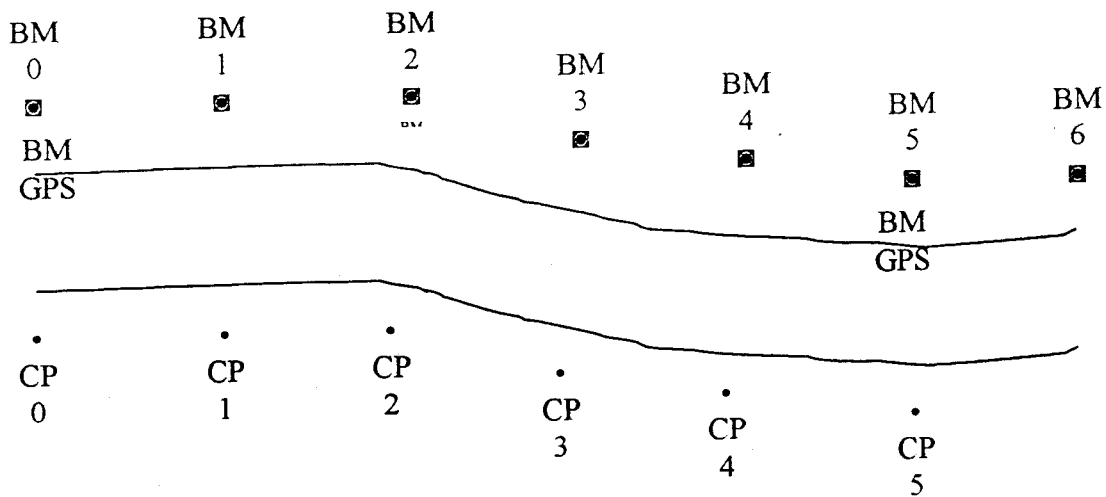
DIMENSI KERANGKA BENCHMARK

DIMENSI BENCHMARK

DIMENSI KERANGKA CONTROL POINT

DIMENSI CONTROL POINT

Gambar 2.21. Spesifikasi Bench Mark (BM) dan Control Point (CP)



Gambar 2.22. Distribusi BM dan CP di sekitar jalan yang di ukur

5.1.4. Pengukuran kerangka kontrol vertikal

Pengukuran kerangka kontrol vertikal dilakukan dengan metode sipat datar disepanjang trase jalan melewati BM, CP dan semua patok kayu (lihat gambar 2.23)

Selain pemilihan alat yang tepat, pemilihan metode pengukuran dan teknik-teknik pengukuran sangat mempengaruhi ketelitian hasil pengukuran sipat datar.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengukuran kerangka kontrol vertikal dengan metode sipat datar adalah sebagai berikut :

- a. pengukuran sipat datar dilakukan pergi-pulang secara kring pada setiap seksi. Panjang seksi $\pm 1 - 2$ km dengan toleransi ketelitian pengukuran sebesar $10 \text{ mm } \sqrt{D}$. Dimana D = jumlah jarak dalam Km. Pengukuran dilakukan 4 (empat) kali sebagai kontrol pengukuran, hasil pengukuran satu

dengan lainnya tidak boleh lebih besar dari 5 (lima) kali ketelitian alat, dari 4 (empat) kali pengukuran di rata-rata sebagai hasil ukuran.

- b. pengukuran sipat datar harus menggunakan alat sipat datar otomatis atau yang sederajat, alat ukur sipat datar sebelum digunakan harus dikalibrasi dan hasilnya dicatat dalam formulir kalibrasi, yang telah diperiksa oleh petugas yang berwenang.
- c. pembacaan rambu harus dilakukan pada 3 benang silang yaitu benang atas (ba), benang tengah (bt) dan benang bawah (bb) sebagai kontrol bacaan.
- d. rambu ukur harus dilengkapi nivo kotak untuk pengecekan vertikalnya rambu, serta di pasang bergantian muka dan belakang dan dengan slag genap, hal ini untuk mengurangi kesalahan akibat titik nol rambu yang tidak sama.
- e. alat sipat datar diupayakan terletak ditengah-tengah antara dua rambu yang diukur, hal ini dilakukan untuk mengurangi kesalahan akibat garis bidik tidak sejajar garis arah nivo.
- f. pengukuran harus dihentikan bila terjadi undulasi udara (biasanya pada tengah hari) yang disebabkan oleh pemuaian udara oleh panasnya matahari, ataupun bila turun hujan.

Prosedur/ tahapan yang dilakukan pada pengukuran kerangka kontrol vertikal metode sipat datar adalah :

1. siapkan fomulir pengukuran sipat datar
2. pasang alat sipat datar pada statif terletak diantara titik BM 0 (yang diketahui ketinggiannya) dengan patok kayu titik 1, atur sumbu I vertikal alat ukur sipat datar dengan mengatur sekrup pendatar.
3. pasang rambu secara vertikal (rambu dilengkapi dengan nivo rambu) pada titik BM 0 dan titik 1.
4. arahkan teropong pada rambu di titik BM 0, kencangkan klem, tepatkan benang silang pada rambu dengan penggerak halus horizontal, baca dan catat bacaan benang atas (ba), benang tengah (bt) dan benang bawah (bb).
Untuk kontrol $bt = \frac{1}{2} (ba + bb)$

5. buka klem horizontal, arahkan teropong ke rambu di titik 1, kencangkan klem, tepatkan benang silang pada rambu dengan penggerak halus horizontal, baca dan catat bacaan benang atas (ba), benang tengah (bt) dan benang bawah (bb).
6. pindahkan alat sipat datar diantara patok kayu berikutnya (antara titik 1 dan titik 2), atur sumbu I vertikal.
7. arahkan teropong pada rambu di titik 1, kencangkan klem, tepatkan benang silang pada rambu dengan penggerak halus horizontal, baca dan catat bacaan benang atas (ba), benang tengah (bt) dan benang bawah (bb).
8. buka klem horizontal, arahkan teropong ke rambu di titik 2, kencangkan klem, tepatkan benang silang pada rambu dengan penggerak halus horizontal, baca dan catat bacaan benang atas (ba), benang tengah (bt) dan benang bawah (bb).
9. ulangi pekerjaan diatas untuk titik-titik berikutnya dengan pertimbangan dalam sehari dapat mengukur satu kring pulang pergi, usahakan pengukuran pulang tidak dilakukan dengan posisi alat sama dengan posisi pengukuran pergi.
10. apabila karena kondisi topografinya yang curam alat ukur sipat datar tidak dapat mengamati rambu di dua titik tersebut maka lakukan pengukuran sipat datar berantai dengan menggunakan titik bantu.

Setiap pengukuran harus dicatat dalam formulir pengukuran sipat datar dan dibuat sketsanya

5.1.5. Pengukuran kerangka kontrol horizontal

Pengukuran kerangka kontrol horizontal dilakukan dengan metode poligon terikat sempurna, yaitu terikat pada dua titik referensi yang koordinatnya sudah diketahui.

Pengukuran kerangka kontrol horizontal dapat dilakukan dengan beberapa metoda yaitu :

1. Pengukuran poligon dengan sistim koordinat lokal.
2. Pengukuran poligon dengan sistem poligon terikat sepihak
3. Pengukuran poligon terikat pada dua titik referensi GPS.

5.1.5.1. Pengukuran poligon dengan sistim koordinat lokal

Pengukuran kerangka kontrol horizontal dengan sistim koordinat lokal dilakukan jika tidak terdapat titik referensi disekitar lokasi proyek, tidak dilakukan pengukuran posisi dengan GPS Geodetik. Jika kondisinya demikian maka dilakukan pengukuran poligon dengan sistem koordinat lokal. Koordinat titik poligon sebagai titik kontrol horizontal dihitung berdasarkan hasil pengukuran terestris yaitu pengukuran di atas permukaan bumi. Pada kondisi ini dianggap permukaan bumi adalah datar sehingga hasil ukuran langsung dihitung koordinatnya dengan perhitungan poligon terbuka.

Kelebihan cara ini adalah perhitungan lebih mudah karena tidak ada reduksi, dan koreksi proyeksi. Jika akan dilakukan pengukuran *stake out* maka koordinat titik pengukuran dapat langsung dipakai sebagai titik referensi.

Kekurangan cara ini adalah koordinat hasil pengukuran tidak dapat dimasukkan dalam sisitem koordinat nasional seperti sistem koordinat UTM ataupun TM3°.

5.1.5.2. Pengukuran poligon dengan sistem poligon terikat sepihak

Jika hanya ada satu koordinat referensi yang ada dilapangan maka dilakukan pengukuran poligon terikat sepihak untuk kerangka kontrol horizontal. Karena hanya terdapat satu titik referensi yang diketahui koordinatnya maka pengukuran poligon dilakukan dengan sistim poligon kring tertutup yaitu pengukuran dimulai dan diakhiri pada titik yang sama. Hal ini dilakukan sebagai kontrol sudut dan jarak pengukuran. Pada kondisi ini dianggap permukaan bumi adalah datar sehingga hasil ukuran langsung dihitung koordinatnya dengan perhitungan poligon tertutup.

Kelebihan cara ini adalah perhitungan lebih mudah karena tidak ada reduksi, dan koreksi proyeksi. Jika akan dilakukan pengukuran *stake out* maka koordinat titik pengukuran dapat langsung dipakai sebagai titik referensi.

Kekurangan cara ini adalah koordinat hasil pengukuran tidak dapat dimasukkan dalam sistem koordinat nasional seperti sistem koordinat UTM ataupun TM3°. Karena hanya terikat pada satu titik referensi maka orientasi arah azimuth nya tidak terkontrol (tidak kuat).

5.1.5.3. Pengukuran poligon terikat pada dua titik referensi GPS

Pengukuran kerangka kontrol horizontal dengan cara ini adalah yang paling disarankan, karena hasil pengukurannya dapat dikontrol dengan adanya dua titik referensi.

Pengukuran poligon sebagai cara untuk pengukuran kerangka kontrol horizontal dilakukan diatas bumi fisik (di atas bidang geoid) sedangkan titik referensinya diukur dengan alat GPS. Pengukuran posisi dengan alat GPS menggunakan ellipsoid sebagai referensinya, sehingga referensi antara pengukuran poligon dengan pengukuran GPS tidak terletak pada bidang referensi yang sama. Kondisi demikian diperlukan reduksi hasil pengukuran poligon yang berupa sudut, jarak dan azimuth ke bidang referensi elipsoid. Karena penggambaran dilakukan diatas bidang datar sedangkan bidang referensi ellipsoid adalah bidang lengkung maka diperlukan koreksi proyeksi.

Karena jarak antar poligon kerangka kontrol horizontal kurang dari 2 (dua) km, maka reduksi jarak, sudut dan azimuthnya sangat kecil dan dapat diabaikan, sehingga hasil ukuran dapat dianggap sebagai data ukuran di ellipsoid.

Koreksi proyeksi meliputi koreksi konvergensi grid, koreksi kelengkungan garis dan koreksi faktor skala. Jika diinginkan dalam sistem UTM maka dilakukan koreksi proyeksi dengan besaran dalam sistem UTM. Demikian juga jika diinginkan dalam sistem TM3° maka dilakukan koreksi proyeksi dengan besaran dalam sistem TM3°.

Koreksi proyeksi secara lebih mendalam dibahas pada sub pasal 6.7.

Setelah dilakukan koreksi proyeksi terhadap hasil ukuran poligon selanjutnya dilakukan perhitungan poligon dengan perataan Bowditch.

Kelebihan cara ini adalah sistem koordinatnya dalam sistem nasional.

Kelemahan cara ini adalah perhitungannya rumit, jika akan dilakukan rekonstruksi titik dengan cara *stake out* maka koordinatnya harus dikembalikan lagi ke koordinat di permukaan bumi fisik (geoid).

Pengukuran kerangka kontrol horizontal metode poligon, meliputi pengukuran sudut titik poligon, pengukuran jarak sisi poligon dan pengukuran azimuth arah.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengukuran metode poligon adalah sebagai berikut :

1. pengukuran kerangka kontrol horizontal dilakukan dengan metode pengukuran poligon dan harus melewati semua BM dan CP yang terpasang dilapangan.
2. jika dilakukan pengukuran GPS maka panjang setiap seksi poligon terbuka terikat sempurna menyesuaikan dengan jarak antara 2 BM GPS yang berurutan. Pengukuran GPS dianjurkan dilakukan pada setiap jarak ± 5 km, pada setiap 5 km azimuth dikontrol dengan pengamatan matahari. Bila dilapangan hanya ada satu titik referensi dan tidak memungkinkan dilakukan pengukuran GPS, maka pengukuran poligon dilakukan secara kring (tertutup), yaitu pengukuran yang dimulai dan diakhiri pada titik yang sama.
3. tiap sudut poligon diukur dengan satu seri rangkap dengan hasil 4 (empat) kali sudut, dari bacaan biasa (B) dan Luar Biasa (LB). Alat ukur yang digunakan untuk pengukuran kerangka kontrol horizontal adalah teodolit atau *ETS (elektronik total station)* yang mempunyai bacaan terkecil 1 ". Hasil pengukuran sudut antara pengukuran satu dengan lainnya tidak boleh 5 (lima) kali lebih besar dari ketelitian alat yang digunakan dan hasil 4 (empat) kali pengukuran hasilnya di rata-rata sebagai hasil pengukuran sudut horizontal.
- 5 jarak di ukur pergi pulang masing-masing dengan empat kali pembacaan. Alat yang digunakan untuk pengukuran jarak menggunakan *EDM (elektronik*

distance measurement) atau *ETS (elektronik total station)*, alat ukur harus dikalibrasi sebelum digunakan untuk pengukuran (lihat cara kalibrasi alat pada buku 4).

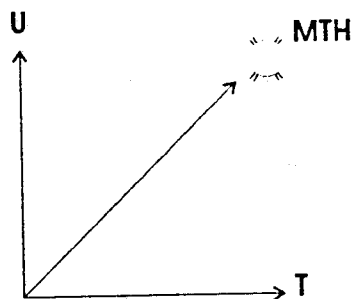
6. semua titik poligon harus dibuat sketsa pengukurannya.
7. kesalahan penutup sudut poligon tidak boleh lebih dari $10''\sqrt{n}$, dimana n adalah jumlah titik poligon, ketelitian linier yang harus dicapai untuk kerangka kontrol horizontal adalah harus lebih kecil atau sama dengan 1 : 7.500.
8. pengamatan matahari dilakukan dengan metode tinggi matahari, pengamatan dilakukan pagi dan sore dengan pembacaan tiap satu seri adalah 4 kali (2 Biasa dan 2 Luar Biasa), dengan ketelitian 5'', dan tiap pengamatan dibuat sketsa pengamatan, posisi matahari dan posisi target. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan prisma roellof atau dengan ditadah. Sudut vertikal pengamatan matahari terletak antara sudut heling 15° sampai dengan 35°

Prosedur/tahapan pengukuran kerangka kontrol horizontal siapkan formulir pengukuran poligon

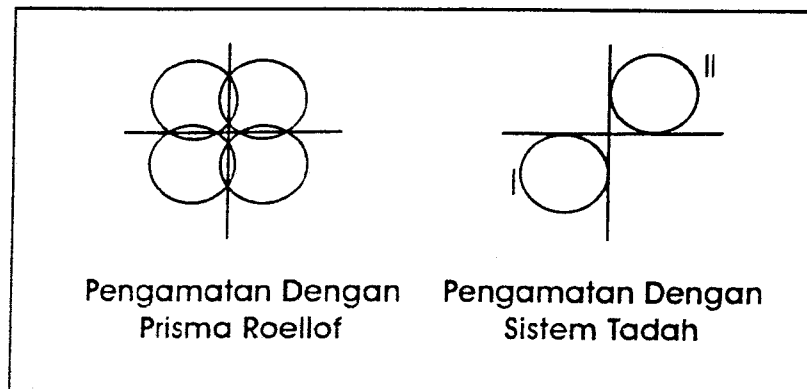
1. pasang teodolit pada statif, pasang alat ukur *EDM* di atas alat ukur teodolit, pasang teodolit tepat diatas titik BM-0 dengan cara *centering optis*, atur sumbu I vertikal teodolit.
2. pasang target prisma pada *tribrach*, pasang diatas statif, pasang statif tepat diatas patok yang akan diukur posisi kordinatnya (X , Y) yaitu titik CP-0 dan titik 1 dengan cara *centering optis*.
3. arahkan teropong ke target prisma di titik CP-0, kencangkan klem horizontal dan vertikal, himpitkan benang silang vertikal tepat ke target (paku/unting-unting) dengan menggerakkan sekrup penggerak halus horizontal, baca dan catat bacaan sudut horizontal,
4. kemudian arahkan teropong ke prisma yang terletak di atas patok, baca dan catat sudut vertikalnya. Setelah itu ukur jaraknya dengan *EDM* dan dicatat jaraknya.

5. buka klem horizontal dan vertikal, arahkan teropong ke titik kontrol horizontal 1, kencangkan klem horizontal dan vertikal, himpitkan benang silang vertikal tepat pada target prisma dengan menggerakkan sekrup penggerak halus horizontal.
6. baca dan catat bacaan sudut horizontal, sudut vertikal, ukur jaraknya dengan EDM dan catat jaraknya.
7. lakukan juga dengan kondisi luar biasa, dan sampai didapat 4 sudut ukuran.
8. pindahkan alat teodolit dan EDM keatas *tribach* di titik 1
9. ambil statif dan prisma dari titik CP-0, dan pindahkan ke titik 2, kemudian atur *centering optis* dan sumbu I vertikal.
10. arahkan teropong alat ukur teodolit kearah target prisma di titik BM-0, kencangkan klem horizontal dan vertikal, tepatkan dengan penggerak halus, baca dan catat bacaan sudut horizontal, sudut vertikal, ukur jarak dengan EDM dan catat jaraknya.
11. arahkan teropong alat ukur teodolit kearah target prisma di titik 2, kencangkan klem horizontal dan vertikal, tepatkan dengan penggerak halus, baca dan catat bacaan sudut horizontal, sudut vertikal, ukur jarak dengan EDM dan catat jaraknya.
12. ulangi pada posisi luar biasa (LB), biasa (B) dan luar biasa (LB) sehingga didapat 4 kali bacaan sudut.
13. ulangi pekerjaan tersebut pada semua titik-titik kontrol dalam satu kring dan lakukan untuk semua titik kontrol sepanjang proyek.
14. lakukan pengamatan matahari pada titik awal dan akhir setiap seksi (± 5 km) dengan tata cara sebagai berikut :
 - a. atur alat ukur teodolit pada titik yang akan dilakukan pengamatan (lihat gambar 2.23), kemudian catat lintang (θ) pengamatan, temperatur (bila diperlukan)
 - b. arahkan teropong pada posisi normal (Biasa) ke target, baca dan catat horizontalnya.

- c. kemudian arahkan teropong ke matahari, dan tepatkan dengan bantuan vizier teropong. Posisikan benang silang teropong pada tengah-tengah matahari bila pengamatan dilakukan dengan prisma roellof, atau singgungkan benang silang teropong ke tepi matahari posisi I (lihat gambar 2.24) bila pengamatan dilakukan dengan sistem tadah.
- d. catat waktu pengamatan, bacaan vertical dan horizontal ke matahari.
- e. ulangi langkah c dan d dengan posisi benang silang teropong terbalik (Luar Biasa) dengan posisi benang silang pada posisi II (lihat gambar 2.24)
- f. ulangi langkah c dan d dengan posisi teropong terbalik (luar biasa) dan posisi benang silang pada posisi II
- g. ulangi langkah c dan d dengan posisi teropong terbalik (Luar Biasa) dengan posisi benang pada posisi I.
- h. kemudian arahkan kembali teropong tetap pada posisi luar biasa ke titik target (gambar 2.23) kemudian catat bacaan horizontalnya .
- i. pengamatan matahari diulang 4 (empat) kali sebagai kontrol pengamatan, hasil pengamatan matahari antara pengamatan satu dengan lainnya tidak boleh 5 (lima) kali lebih besar dari ketelitian alat yang digunakan dan hasil 4 (empat) kali pengamatan matahari hasilnya di rata-rata sebagai hasil pengukuran matahari.



Gambar 2.23. Pengamatan Matahari



Gambar 2.24. Posisi Bayangan matahari pada Benang Silang Teropong

Bila pengukuran kerangka kontrol horizontal dilakukan dengan alat ukur *ETS*, maka jarak antar titik poligon sudah merupakan jarak datar, tanpa perlu melakukan pembacaan vertikal.

Kelebihan lain dari pengukuran dengan alat *ETS* adalah data ukur lapangan dapat langsung disimpan dalam bentuk file elektronik, dengan bantuan alat *SDR* (*Survey Data Collector*). Informasi/atribut titik berdiri alat maupun titik target langsung didefinisikan sesuai dengan tata cara penulisan pada *software* dan di masukan kedalam data penyimpanan.

5.1.6. Pengukuran penampang memanjang

Pengukuran penampang memanjang dalam pelaksanaanya dilakukan bersamaan dengan pengukuran sipat datar kerangka kontrol vertikal.

Pengukuran penampang memanjang dilakukan pada setiap perubahan muka tanah di sepanjang trase jalan. Pembacaan rambu harus dilakukan pada ketiga benang silang mendatar yaitu benang atas (ba), benang tengah (bt) dan benang bawah (bb) sebagai kontrol bacaan. Setiap detail data yang diambil harus dibuat sketsanya.

5.1.7. Pengukuran penampang melintang

Pengukuran penampang melintang ruas jalan dilakukan dengan alat ukur sipat datar untuk daerah datar dan dengan menggunakan teodolit dengan metode tachimetri untuk daerah dengan perbedaan topografi yang cukup besar.

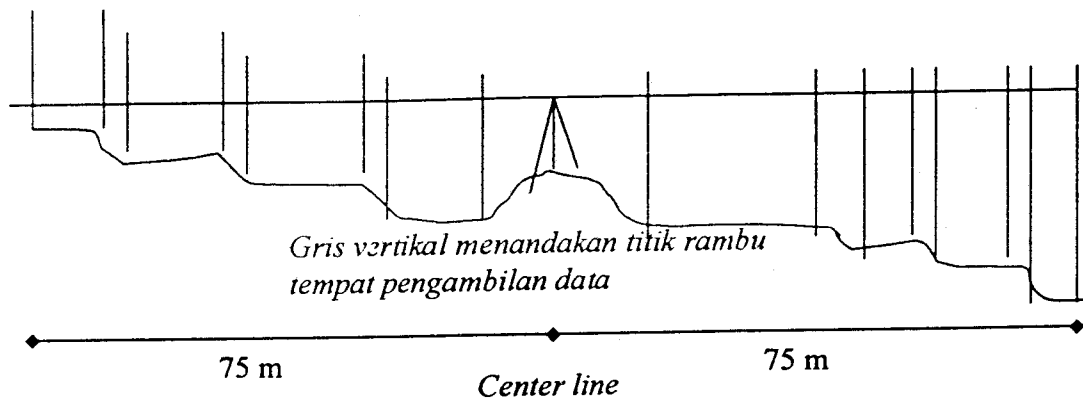
Pengukuran penampang melintang ruas jalan harus tegak lurus dengan ruas jalan. Pengambilan data dilakukan pada setiap perubahan muka tanah dan sesuai dengan kerapatan detail yang ada (lihat gambar 2.25 dan 2.26). Sketsa penampang melintang tidak boleh terbalik antara sisi kiri dengan sisi kanan.

Pembacaan rambu harus dilakukan pada ketiga benang silang mendatar yaitu benang atas (ba), benang tengah (bt) dan benang bawah (bb).

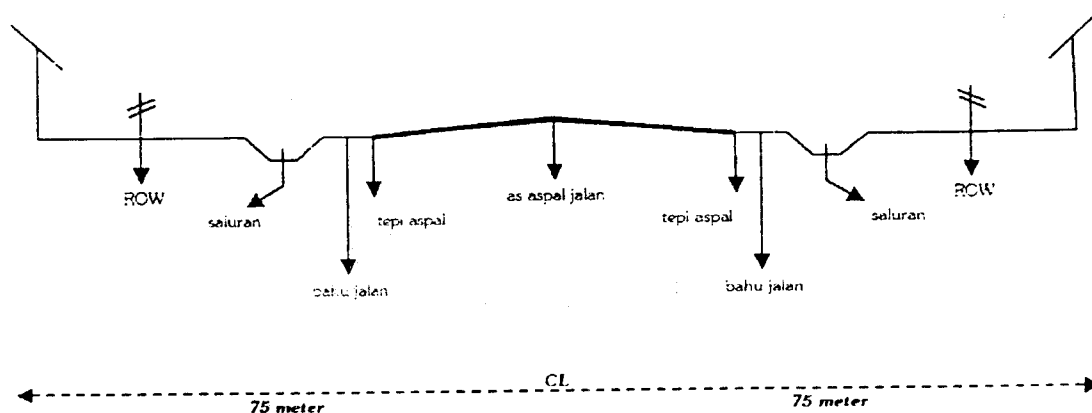
Pengukuran penampang melintang harus dilakukan dengan persyaratan :

- kondisi datar, landai dan lurus dilakukan pada interval tiap 50 m dengan lebar koridor 75 m ke kiri dan 75 m ke kanan dari *center line*.
- kondisi pegunungan dilakukan pada interval tiap 25 m dengan lebar koridor 75 m ke kiri dan 75 m ke kanan dari *center line*
- kondisi tikungan dilakukan pada interval tiap 25 m dengan lebar koridor 75 m ke arah luar dan 125 m ke arah dalam dari *center line*.
- untuk longsor dilakukan pengukuran dengan interval tiap 25 meter dengan lebar koridor 75 meter ke kiri dan 75 meter ke kanan sesuai dengan instruksi dari Highway Engineer.

Setiap rinci data yang diambil harus dibuat sketsanya.



Gambar 2.25. Cara pengambilan detail pengukuran penampang melintang.



Gambar 2.26. Gambar penampang melintang jalan

5.1.8. Pengukuran detail situasi

Pengukuran detail situasi dilakukan dengan memakai alat ukur teodolit kompas dengan ketelitian pembacaan terkecil 20", dengan metode tachimetri, mencakup semua obyek bentukan alam dan buatan manusia yang ada disepanjang ruas jalan, seperti alur, sungai, bukit, jembatan, gedung, rumah, batas ROW dsb.

Dalam pengambilan data harus diperhatikan kerapatan detail yang diambil sehingga cukup mewakili kondisi sebenarnya.

Pada pengukuran situasi khusus seperti sungai dan persimpangan jalan pengambilan titik detail harus lebih rapat.

Pembacaan rambu harus dilakukan pada ketiga benang silang mendatar yaitu benang atas (ba), benang tengah (bt) dan benang bawah (bb) sebagai kontrol.

Semua pengukuran titik detail harus dibuat sketsa (arah utara dan sketsa situasi).

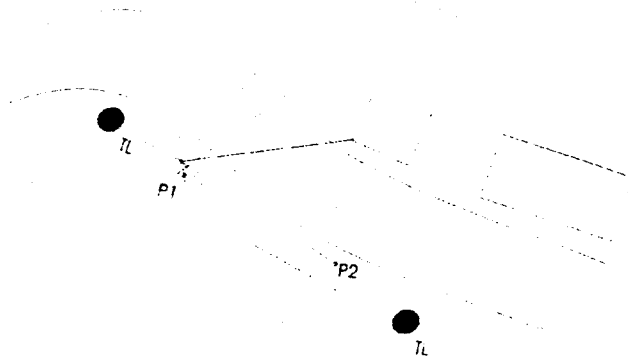
Pengukuran situasi jalan pada daerah perkotaan yang cukup padat lalu lintas dan detail/obyeknya, penggunaan alat ukur *ETS* sangat dianjurkan, hal ini untuk mempercepat pengukuran serta akurasi data yang diperoleh.

Tahapan yang dilakukan pada pengukuran situasi adalah sebagai berikut:

1. siapkan formulir pengukuran situasi.
2. pasang alat ukur teodolit tepat diatas patok poligon yang diketahui koordinatnya (P1).
3. atur sumbu I vertikal
4. ukur tinggi alat dan catat pada formulir pengukuran
5. arahkan teropong ke titik poligon lain yang diketahui koordinatnya sebagai acuan P2, kemudian tepatkan pada target, baca dan catat bacaan sudut horizontalnya.
6. tempatkan rambu ukur/prisma secara vertikal pada titik detail yang akan diukur
7. arahkan teropong pada rambu/prisma tersebut kuatkan klem vertikal dan horizontal, tepatkan dengan penggerak halus vertikal dan horizontal. Baca dan catat bacaan rambu meliputi benang atas benang tengah dan benang bawah. Baca dan catat juga bacaan sudut vertikal dan horizontalnya.
8. pindahkan rambu ke titik detail lain yang akan diukur.
9. lepas klem vertikal dan horizontal, arahkan teodolit ke rambu.
10. arahkan teropong pada rambu tersebut kuatkan klem vertikal dan horizontal, tepatkan dengan penggerak halus vertikal dan horizontal, baca

dan catat bacaan rambu meliputi benang atas benang tengah dan benang bawah dan baca dan catat juga bacaan sudut vertikal dan horizontalnya.

11. ulangi untuk titik detail yang lain, setiap mengukur titik detail harus dibuat sketsanya.



Gambar 2.27. Pengukuran detail situasi

5.1.9. Pengukuran pengikatan titik-titik referensi existing

Titik referensi existing adalah titik ikat yang sudah diketahui koordinatnya dalam suatu sistem koordinat tertentu (misal dalam sistem koordinat UTM atau TM 3).

Pengukuran pengikatan bertujuan untuk mengikatkan pengukuran kontrol horizontal maupun vertikal yang baru dengan titik ikat yang ada sehingga diketahui akan diperoleh harga koordinat (X, Y) dan elevasi hasil pengukuran pada titik-titik yang baru. Selain itu keberadaan titik-titik ikat (referensi) horizontal yang terdistribusi dengan baik (misal setiap 5 km) disepanjang jalur pengukuran dapat digunakan untuk mengontrol hasil pengukuran koordinat titik-titik kontrol metode poligon yang digunakan. Cara dan alat yang digunakan untuk pengukuran pengikatan titik-titik referensi horizontal sama seperti pengukuran titik-titik kontrol horizontal baru, yaitu dengan metode poligon.

Pengikatan titik referensi vertikal dilakukan pada titik-titik tinggi yang ada, kemudian dibawa ke titik awal proyek. Cara maupun peralatan yang digunakan

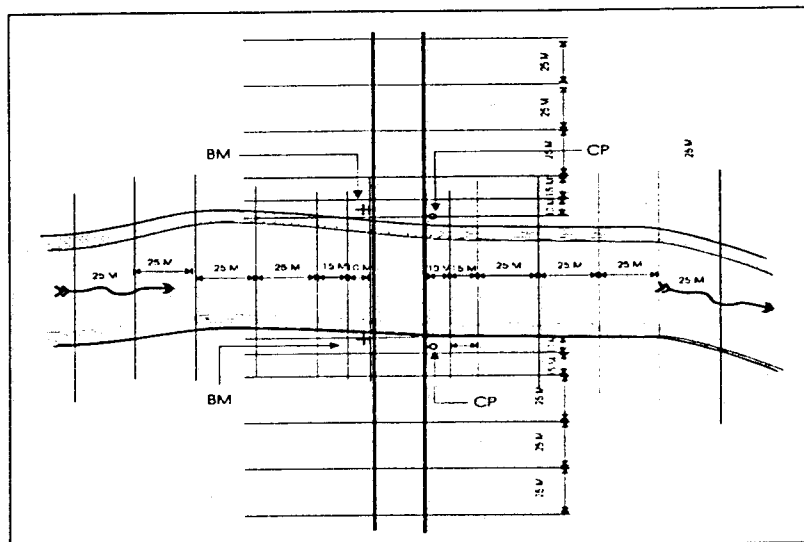
untuk pengikatan titik-titik ikat (referensi) tinggi existing sama dengan pengukuran kerangka kontrol vertikal, yaitu dengan alat ukur sipat datar dan dilakukan dengan metode pengukuran pergi – pulang.

5.2. Pengukuran jembatan

Pengukuran jembatan dilakukan untuk mengetahui posisi rencana jembatan, kedalaman serta lebar sungainya.

Tahapan kegiatan pengukuran jembatan pada dasarnya sama seperti dengan tahapan pengukuran jalan, yaitu terdiri dari kegiatan persiapan, survey pendahuluan, pemasangan patok *BM* dan *CP* dan patok kayu, pengukuran kerangka kontrol vertikal, pengukuran kerangka kontrol horizontal, pengukuran situasi, pengukuran penampang memanjang jalan, pengukuran melintang jalan, pengukuran penampang melintang sungai dan pengukuran detail situasi (lihat gambar 2.27)

Pekerjaan persiapan dan survey pendahuluan pengukuran perencanaan jembatan sama dengan pekerjaan pengukuran perencanaan jalan.



Gambar 2.28. Gambar pengukuran jembatan

5.2.1. Pemasangan monumen

Monumen yang dipasang pada pengukuran jembatan terdiri dari patok *BM* (*Bench Mark*) / *CP* (*Concrete Point*) dan patok kayu. *BM* / *CP* dipasang disekitar rencana jembatan, pada masing-masing tepi sungai yang berseberangan. Spesifikasi *BM* maupun *CP* dapat dilihat pada gambar 2.21.

Patok kayu dipasang dari tepi sungai dengan interval jarak 10 meter, 15 meter dan selanjutnya tiap 25 meter sepanjang 100 meter untuk jalan lurus dan untuk jalan berbelok-belok 500 meter ke arah as rencana jalan. Patok kayu juga dipasang di tepi sungai dengan interval jarak 10 meter, 15 meter dan selanjutnya setiap 25 meter sepanjang 125 meter untuk sungai yang lurus dan 500 meter untuk sungai yang berkelok-kelok ke arah hulu dan ke arah hilir sungai (lihat gambar 2.28).

Patok kayu dibuat sepanjang 40 cm dari kayu ukuran 3 cm x 4 cm, pada bagian atasnya dipasang paku, diberi nomor sesuai urutannya dan dicat warna kuning. Setiap pemasangan patok *CP* dan patok kayu dicatat dalam formulir dan dibuatkan sketsanya dan perkiraan pola konturnya.

5.2.2. Pengukuran kerangka kontrol vertikal

Pengukuran kerangka kontrol vertikal jembatan dilakukan dengan metode sipat datar terhadap semua patok *CP* dan patok kayu

Pengukuran sipat datar dilakukan pergi-pulang pada setiap seksi dan dilakukan pengukuran kring tertutup, dengan ketelitian $10 \text{ mm } \sqrt{D}$. Dimana D = jumlah jarak dalam Km.

Pengukuran sipat datar harus menggunakan alat sipat datar otomatis atau yang sederajat, pembacaan rambu harus dilakukan pada 3 benang silang yaitu benang atas (*ba*), benang tengah (*bt*) dan benang bawah (*bb*).

Rambu ukur harus dilengkapi nivo kotak untuk pengecekan vertikalnya rambu.

Syarat dan cara pengukuran kerangka kontrol vertikal jembatan sama dengan pengukuran kerangka kontrol vertikal pekerjaan jalan.

5.2.3. Pengukuran kerangka kontrol horizontal

Pengukuran kerangka kontrol horizontal dilakukan dengan metode poligon tertutup (kring), yaitu dimulai dan diakhiri dari BM/CP yang sama.

Azimut awal / akhir poligon didapatkan dari pengamatan matahari. Pengamatan matahari dilakukan dengan sistem tinggi matahari, dilakukan pengamatan pagi dan sore.

Peralatan, dan tatacara pengukuran kerangka kontrol horizontal jembatan sama dengan pengukuran kerangka kontrol horizontal pekerjaan jalan, yaitu pengukuran kerangka kontrol horizontal melewati semua BM / CP dan patok kayu, sehingga BM, CP dan patok kayu terletak dalam satu rangkaian titik-titik poligon. Pengukuran sudut tiap titik poligon dilakukan dengan teodolit dengan ketelitian 1 " dilakukan pengukuran dengan sistem satu seri rangkap (4 kali sudut).

5.2.4. Pengukuran penampang memanjang jalan

Pengukuran penampang memanjang jalan dilakukan dengan alat ukur sipat datar atau dengan menggunakan teodolit dengan ketelitian bacaan 20 ".

Pengambilan data dilakukan pada setiap perubahan permukaan tanah pada as jalan eksisting /rencana sepanjang 100 m.

Setiap pembacaan rambu harus dilakukan pada ketiga benang silang horizontalnya yaitu benang atas (ba), benang tengah (bt) dan benang bawah (bb) untuk kontrol bacaan.

Pengambilan data dilakukan sepanjang ruas jalan pada setiap perubahan muka tanah. Setiap pembacaan rambu harus dilakukan pada ketiga benang silang horizontalnya yaitu benang atas (ba), benang tengah (bt) dan benang bawah (bb).

Tatacara pengukurannya sama dengan cara pengukuran penampang memanjang jalan.

5.2.5. Pengukuran penampang melintang jalan

Pengukuran penampang melintang jalan dilakukan dengan menggunakan alat ukur sipat datar atau dengan menggunakan teodolit dengan ketelitian bacaan 20" (detik). Pengambilan data dilakukan setiap interval jarak 10 m, 15 m dan selanjutnya tiap 25 m sepanjang 100 m untuk jalan lurus dan 500 m untuk jalan berbelok-belok dari tepi masing-masing sungai ke arah rencana jalan/jalan eksisting, dengan koridor 50 m dari as rencana jalan/exsisting.

Tatacara pengukurannya sama dengan cara pengukuran perencanaan jalan, yaitu pengambilan data penampang melintang jalan harus tegak lurus dengan ruas jalan. Sketsa penampang melintang tidak boleh terbalik antara sisi kiri dengan sisi kanan.

Pembacaan rambu harus dilakukan pada ketiga benang silang mendatar yaitu benang atas (ba), benang tengah (bt) dan benang bawah (bb) sebagai kontrol bacaan.

Setiap rinci data yang diambil harus dibuat sketsanya.

Tatacara pengukurannya sama dengan cara pengukuran penampang melintang jalan

5.2.6. Pengukuran penampang melintang sungai

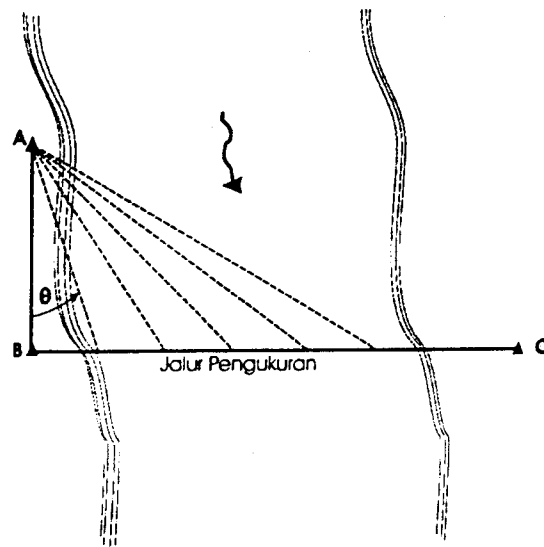
Koridor pengukuran kearah hulu dan hilir masing-masing 125 meter untuk sungai ayng lurus dan 500 meter dari as rencana jembatan, dengan interval pengukuran tiap 10 m, 15 m dan selanjutnya tiap 25 meter.

Pengukuran penampang melintang sungai untuk mengetahui topografi dasar sungai dilakukan dengan menggunakan rambu ukur atau bandul *zonding* jika kedalaman air kurang dari 5 m dan arus tidak deras, jika arus deras dan kedalaman air lebih dari 5 m pengukuran dilakukan dengan alat *echo sounding*.

Pengukuran penampang melintang sungai dimulai dari tepi atas, tepi bawah, alur sungai, dan setiap interval 5m untuk sungai dengan lebar antara 5 – 20 m. Bila lebar sungai lebih dari 20m, maka kerapatan pengambilan data dasar sungai dilakukan setiap interval 10 m.

Bila pengukuran melintang sungai dilakukan dengan pengukuran dengan *echo-sounding*, maka tahapan yang dilakukan (lihat gambar 2.28) adalah :

1. siapkan *echo-sounder* dengan perahu di sungai.
2. bentangkan tali dari patok tepi sungai, atau arahkan dengan menggunakan alat ukur teodolit sejajar kedua patok yang terdapat pada dua tepi sungai (misal patok B dan patok C)
3. siapkan perahu pada jalur BC, dan alat *echo-sounder* siap digunakan untuk pengukuran.
4. pasang teodolit pada titik A yang terletak tegak lurus dari garis BC, dan terletak pada tepi sungai yang sama, kemudian arahkan teropong pada titik B, baca piringan horizontal serta ukur jarak AB, catat jarak ukur dan hasil bacaan.
5. lakukan pengukuran sounding mulai bagian tepi sungai, misal dari titik 1.
6. arahkan teropong ke titik 1 (*echo-sounder*), baca dan catat bacaan sudut horizontal. Sudut 1AB adalah \emptyset , maka jarak dari B ke perahu adalah $AB \tan \emptyset$.
7. pindahkan kapal 10 meter ke arah 2 (posisi 2), lakukan sounding, arahkan teodolit ke titik 2, hitung sudut 2AB (\emptyset_2), maka jarak A2 = $AB \tan \emptyset_2$.
8. ulangi pekerjaan sounding untuk titik yang lain sepanjang garis BC sampai ketepi bagian C.
9. kemudian pasang rambu ukur secara vertikal pada permukaan air sungai untuk mengukur beda tinggi antara muka air terhadap tinggi patok tepi sungai (B), baca dan catat benang atas (ba), benang tengah (bt), benang bawah (bb) dan sudut vertikal, pindahkan rambu ke titik B, baca dan catat bacaan benang atas (ba), benang tengah (bt), benang bawah (bb) dan sudut vertikal.
10. ulangi lagi pekerjaan sounding untuk jalur yang lain dengan interval antar jalur sebesar 25 m



Gambar 2.29. Pengukuran kedalaman sungai dengan sounding

5.2.7. Pengukuran situasi

Pengukuran situasi sisi darat dilakukan dengan menggunakan teodolit dengan metode tachimetri, mencakup semua obyek bentukan alam dan buatan manusia yang ada disekitar jembatan seperti posisi pier dan abutmen exsisting bila ada, tambatan perahu/dermaga, bentuk tepi sungai, posisi talud, rumah atau bangunan lain yang ada di sekitar sungai. Dalam pengambilan data harus diperhatikan kerapatan detail yang diambil sehingga cukup mewakili kondisi sebenarnya.

Pembacaan rambu harus dilakukan pada ketiga benang silang mendatar yaitu benang atas (ba), benang tengah (bt) dan benang bawah (bb).

Semua pengukuran titik detail harus dibuat sketsa (arah utara dan sketsa situasi).

Tahapan pengukuran situasi sekitar sungai adalah sebagai berikut:

1. pasang alat ukur teodolit tepat diatas patok (yang diketahui koordinatnya) pengukuran jalan.
2. atur sumbu satu vertikal.
3. ukur tinggi alat.

4. arahkan teropong ke titik pengukuran lain yang diketahui koordinatnya (patok nomor sebelumnya atau nomor sesudahnya), tepatkan pada target, baca dan catat bacaan sudut horizontalnya.
5. tempatkan rambu ukur secara vertikal pada titik detail yang akan diukur.
6. arahkan teropong pada rambu tersebut kuatkan klem vertikal dan horizontal, tepatkan dengan penggerak halus verikal dan horizontal. Baca dan catat bacaan rambu meliputi benang atas benang tengah dan benang bawah. Baca dan catat juga bacaan sudut vertikal dan horizontalnya.
7. pindahkan rambu ke titik detail lain yang akan diukur.
8. lepas klem vertikal dan horizontal, arahkan teodolit ke rambu.
9. arahkan teropong pada rambu tersebut kuatkan klem vertikal dan horizontal, tepatkan dengan penggerak halus verikal dan horizontal. Baca dan catat bacaan rambu meliputi benang atas benang tengah dan benang bawah. Baca dan catat juga bacaan sudut vertikal dan horizontalnya.
10. ulangi untuk titik detail yang lain, setiap mengukur titik detail harus dibuat sketsanya.

6. Prosedur pengolahan data

Pengolahan data dilakukan setelah data hasil pengukuran terbebas dari pengaruh kesalahan kasar (*blunder*) , baik karena kesalahan pengamatan (human error) maupun kesalahan yang disebabkan alat tidak dalam kondisi baik. Contoh formulir untuk masing-masing pengolahan/hitungan data dapat dilihat pada lampiran buku 4

6.1. Metode hitungan azimut

Azimut arah dapat ditentukan dengan beberapa cara diantaranya adalah metode hitungan azimut dengan pengamatan matahari dan metode perhitungan dari dua titik yang diketahui koordinatnya

6.1.1. Perhitungan hasil pengamatan matahari

Pengamatan matahari dengan metode tinggi matahari data yang diperlukan adalah : tinggi matahari saat pengamatan (h), deklinasi matahari δ , dan lintang tempat pengamatan (ϕ), sudut horizontal saat pengamatan matahari dan sudut horizontal titik amat.

Adapun rumus dasar yang digunakan untuk penentuan azimuth terhadap pusat matahari apabila pengamatan menggunakan teodolit dengan sistem bacaan vertikalnya adalah sistim heling adalah :

$$\cos A = \frac{\cos(90^\circ - \delta) - \cos(90^\circ - \phi) \cos(90^\circ - h)}{\sin(90^\circ - \delta) \sin(90^\circ - h)}$$

$$\text{disederhanakan menjadi : } \cos A = \frac{\sin \delta - \sin \phi \cdot \sin h}{\cos \phi \cdot \cos h}$$

Apabila digunakan teodolit dengan sistem bacaan vertikalnya adalah sistim zenit maka rumusnya menjadi:

$$\cos A = \frac{\sin \delta - \sin \phi \cdot \cos z}{\cos \phi \cdot \sin z}$$

Untuk perhitungan azimuth pengamatan matahari ada 4 macam koreksi (koreksi astronomis) yang harus diberikan pada data pengamatan :

- Koreksi refraksi
- Koreksi paralaks
- Koreksi tinggi tempat
- Koreksi setengah diameter matahari ($1/2 d$), bila dilakukan pengamatan dengan sistem tadah

Koreksi refraksi

Akibat refraksi sinar, benda langit akan terlihat lebih tinggi dari yang sebenarnya. Sehingga koreksi refraksi @ selalu negatif.

Koreksi refraksi : $r = 58'' \text{ ctg } hu$

Hu = tinggi hasil ukuran

Koreksi paralaks

Koreksi paralaks selalu dikurangkan untuk sudut zenit dan selalu ditambahkan untuk sudut heling.

Besar koreksi paralaks : $8'',8 \cos hu$

Koreksi tinggi tempat

Koreksi tinggi tempat diberikan pada sudut miring dengan nilai negatif.

Koreksi tinggi tempat dinyatakan dengan $\beta = \sqrt{d}$ (d = tinggi dalam m)

Koreksi $\frac{1}{2}$ diameter matahari diberikan bila pengamatan matahari dilakukan dengan sistem tadah.

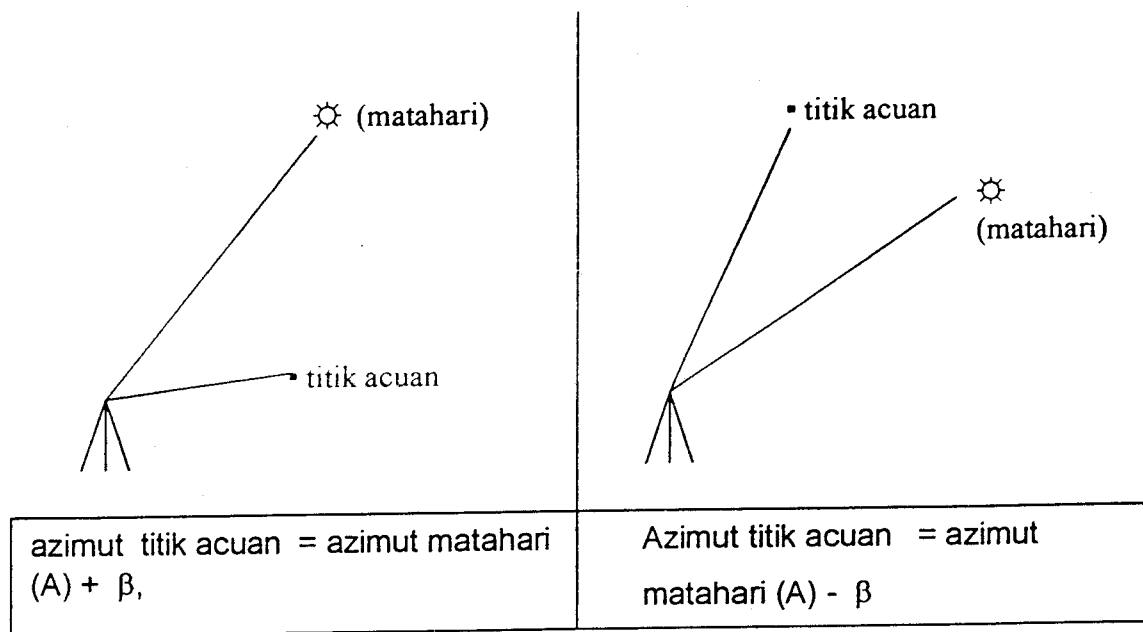
Besar $\frac{1}{2}$ d matahari dapat dilihat pada tabel almanak matahari pada tahun berjalan. Pemberian koreksi $\frac{1}{2}$ diameter matahari dapat positif dan dapat negatif tergantung dari tepi mana yang disinggungkan dengan benang silang pada saat pengamatan matahari :

Setelah didapat azimuth terhadap pusat matahari, maka selanjutnya dihitung azimuth terhadap titik acuan

Dari data pembacaan piringan horizontal ke matahari dan ke titik acuan/target di titik pengamatan didapat sudut horizontal antara arah matahari dan titik acuan (misal besar sudut itu β). Untuk menghitung besar azimuth titik acuan, perlu diperhatikan posisi dari titik acuan terhadap matahari (lihat gambar 2.29), antara lain :

Pengamatan dilakukan pagi hari :

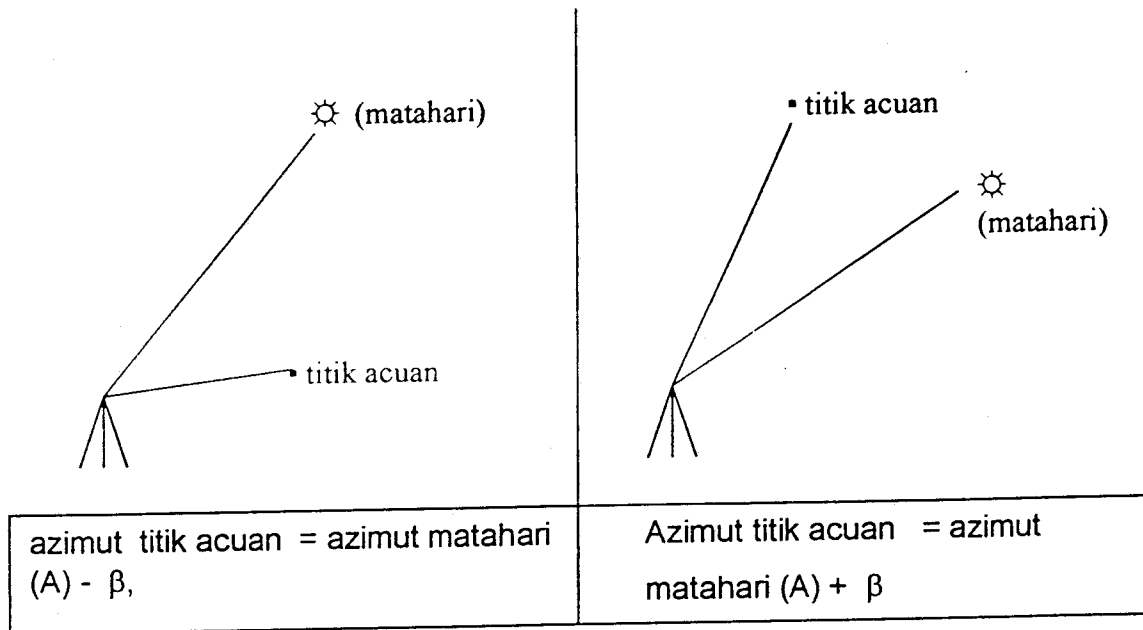
- titik acuan berada di sisi kanan matahari dilihat dari titik pengamatan, maka
azimuth titik acuan = azimuth matahari (A) + β ,
- titik acuan berada di sisi kiri matahari dilihat dari titik pengamatan, maka
azimuth titik acuan = azimuth matahari (A) - β



Gambar 2.30. Posisi titik acuan terhadap posisi matahari pada pengamatan matahari pada pagi

Pengamatan dilakukan sore hari:

- titik acuan berada di sisi kanan matahari dilihat dari titik pengamatan, maka
azimut titik acuan = azimut matahari (A) - β ,
- titik acuan berada di sisi kiri matahari dilihat dari titik pengamatan, maka
azimut titik acuan = azimut matahari (A) + β

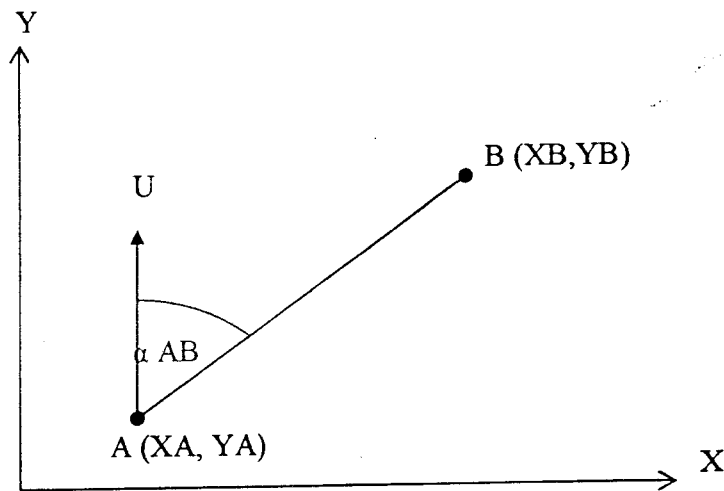


Gambar 2.31. Posisi titik acuan terhadap posisi matahari pada pengamatan matahari pada sore hari

6.1.2. Hitungan azimut jurusan dari 2 (dua) titik koordinat yang diketahui

Dua titik yang diketahui koordinatnya yaitu titik A (X_A , Y_A) dan titik B (X_B , Y_B) (lihat gambar 2.32) dapat dihitung azimut sisi AB dengan menggunakan persamaan :

$$\alpha_{AB} = \arctg_{AB} = \frac{(X_B - X_A)}{(Y_B - Y_A)}$$



Gambar 2.32. Azimut dari dua titik yang diketahui koordinatnya

6.2. Hitungan metode poligon

Pada pengukuran jalan dan jembatan koordinat dapat dihitung dalam sistim koordinat lokal dan dapat juga dalam sistim koordinat UTM. Koordinat lokal perhitungan koordinatnya dengan metode poligon dari data pengukuran terestris. Prinsip dasar hitungan metode poligon terikat dua titik adalah (lihat gambar 2.33)

$$- \alpha_{\text{akhir}} - \alpha_{\text{awal}} = n \times 180$$

$$- X_{\text{akhir}} - X_{\text{awal}} = \sum X$$

$$- Y_{\text{akhir}} - Y_{\text{awal}} = \sum Y$$

dimana : α_{akhir} = azimuth akhir

α_{awal} = azimuth awal

n = jumlah titik poligon

X_{akhir} = absis akhir

X_{awal} = absis awal

$\sum X$ = jumlah absis

Y_{akhir} = ordinat akhir

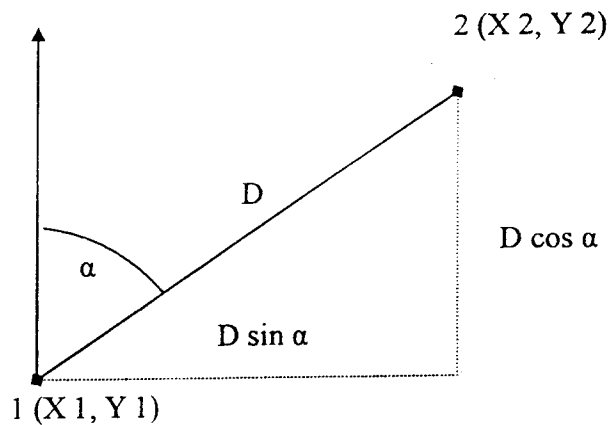
Y_{awal} = ordinat awal

$\sum Y$ = jumlah ordinat

rumus dasar hitungan koordinat :

$$X_2 = X_1 + D_{12} \times \sin \alpha_{12}$$

$$Y_2 = Y_1 + D_{12} \times \cos \alpha_{12}$$



Gambar 2.33. Prinsip dasar perhitungan koordinat

Data hasil pengukuran mungkin terjadi kesalahan dan kesalahan tersebut harus dikoreksi.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses hitungan poligon adalah :

1. syarat : $\alpha_{\text{akhir}} - \alpha_{\text{awal}} = n \times 180$

bila syarat tidak terpenuhi berarti ada kesalahan penutup sudut.

- tentukan kesalahan penutup sudut :

$$\sum \beta = (\alpha_{\text{akhir}} - \alpha_{\text{awal}}) + n \times 180$$

$$f \beta = \{(\alpha_{\text{akhir}} - \alpha_{\text{awal}}) + n \times 180\} - \sum \beta$$

koreksi sudut : $d \beta = (f \beta / n)$

dimana :

$f \beta$ = salah penutup sudut

$\sum \beta$ = jumlah sudut dalam

α_{awal} = azimuth awal

α_{akhir} = azimuth akhir

n = jumlah titik poligon

syarat sudut poligon tertutup adalah :

$$\text{jumlah sudut dalam} = (n - 2) \cdot 180^\circ$$

$$\text{jumlah sudut luar} = (n + 2) \cdot 180^\circ$$

- lakukan koreksi sudut untuk semua titik poligon

- tentukan azimuth arah semua sisi poligon :

$$\alpha_{ij} = \alpha_o - \beta_i + 180^\circ$$

dimana :

α_{ij} = azimuth dari sisi titik i dan titik j

α_o = azimuth hasil pengamatan (diketahui)

i = titik ke i

j = titik ke j

β = sudut dalam titik ke i

2. syarat : $X_{\text{akhir}} - X_{\text{awal}} = \sum X$

bila syarat tidak terpenuhi berarti ada kesalahan absis.

- tentukan DX : $DX_{ij} = D_{ij} \times \sin \alpha_{12}$

- koreksi jarak absis berdasarkan kesalahan jarak linier

$$fDX = \sum D_{ij} - \sum DX_{ij}$$

3. syarat : $Y_{\text{akhir}} - Y_{\text{awal}} = \sum Y$

bila syarat tidak terpenuhi berarti ada kesalahan ordinat.

- tentukan DY : $DY_{ij} = D_{ij} \times \cos \alpha_{12}$

- koreksi jarak ordinat berdasarkan kesalahan jarak linier

$$fDY = \sum D_{ij} - \sum DY_{ij}$$

- hitung koordinat definitif :

$$X_2 = X_1 + D_{12} \times \sin \alpha_{12} \pm fDX$$

$$Y_2 = Y_1 + D_{12} \times \cos \alpha_{12} \pm fDY$$

6.3. Metode hitungan kerangka kontrol vertikal metode sipat datar

Prinsip dasar hitungan sipat datar adalah selisih bacaan benang tengah rambu muka dengan benang tengah rambu belakang.

$$\Delta H = BT A - BT B$$

Hitungan kerangka vertikal yang dilakukan dengan metoda perhitungan sipat datar pergi pulang dalam satu seksi.

Rumus untuk mendapatkan bedaan tinggi dari sipat datar dalam satu seksi adalah :

$$\Delta H = \sum a_i - \sum b_i$$

di mana : ΔH = beda tinggi

$\sum a_i$ = jumlah pembacaan belakang

$\sum b_i$ = jumlah pembacaan muka

Lakukan perhitungan pendekatan beda tinggi dalam satu seksi pergi pulang dari suatu titik dan kembali lagi ke titik yang sama maka seharusnya beda tingginya sama dengan nol : $H_{awal} - H_{awal} = 0$

Jika tidak demikian berarti ada kesalahan arah vertikal : $f H = H_{awal} - H_{awal}$

koreksi tinggi : $d H = (f H / n)$

dimana :

$f H$ = salah penutup tinggi

H_{awal} = tinggi titik awal

n = jumlah titik

Kesalahan tersebut harus dikoreksikan pada setiap titik pengukuran.

Prosedur hitungan yang dilakukan adalah :

- Hitung tiap slag
- Hitung tiap seksi dengan terlebih dahulu melakukan koreksi berdasarkan kesalahan penutupnya
- Hitung tinggi definitif

$$H_{n+1} = H_n + \Delta H_n$$

6.4. Metode perhitungan detail situasi

Proses hitungan situasi dilakukan dengan cara perhitungan jarak datar, asimut jurusan dan beda tinggi sebagai berikut :

- hitung jarak datar : $D_{AB} = 100 (ba - bb) \cos^2 h$. Bila sudut vertikal diukur dengan alat ukur dengan sistem zenit , maka persamaan diatas menjadi

$$D = A (ba - bb) \cos^2 (90^\circ - z)$$

$$\text{atau } D = A (ba - bb) \cdot \sin^2 z$$

dimana : D_{AB} = jarak datar antara AB

100 = konstanta pengali teropong

ba = bacaan benang atas

bb = bacaan benang bawah

h = sudut heling

z = zenit

- azimuth jurusan didapat dari hasil pengukuran menggunakan teodolit kompas.
- hitung koordinat titik-titik detail berdasarkan azimuth jurusan dan jarak dari berdiri alat ke target dengan rumus :

$$X_2 = X_1 + D_{12} \times \sin \alpha_{12}$$

$$Y_2 = Y_1 + D_{12} \times \cos \alpha_{12}$$

- hitung tinggi titik detail : $H_{\text{detail}} = H_{\text{referensi}} + \Delta H$.

a. Bila diukur dengan alat EDM/ETS , maka :

$$\Delta H = D \tan h + Ti - TT$$

$$\text{atau } \Delta H = D \tan (90^\circ - z) + Ti - TT$$

dimana D = jarak yang diukur dengan EDM/ETS

h = sudut heling

z = sudut zenit

Ti = tinggi alat/instrumen

TT = tinggi target/prisma

b. Bila diukur dengan alat ukur teodolit dengan sistem techimetri , maka :

$$\Delta H = D \tan h + Ti - bt,$$

atau
$$\Delta H = D \tan (90^\circ - z) + Ti - bt$$

dimana :

Ti = tinggi alat ukur teodolit

D = jarak optis

bt = bacaan benang tengah

h = sudut heling

z = zenit

6.5. Metode hitungan penampang memanjang

Pengukuran penampang memanjang dilakukan dengan metoda tachimetri disepanjang rencana trase jalan.

Perhitungan dilakukan terhadap beda tinggi dan jarak titik detil yang diukur dari tempat berdiri alat. Referensi koordinat dan ketinggian diambil dari titik poligon. Cara dan prosedur hitungan koordinat dan elevasi titik detail penampang memanjang sama dengan hitungan detail situasi, yaitu :

- hitung koordinat titik-titik detail berdasarkan azimuth jurusan dan jarak dari berdiri alat ke target dengan rumus :

$$X_2 = X_1 + D_{12} \times \sin \alpha_{12}$$

$$Y_2 = Y_1 + D_{12} \times \cos \alpha_{12}$$

- hitung elevasi detail penampang memanjang yang diukur dengan alat ukur teodolit dengan sistem techimetri dengan persamaan :

$$\Delta H = D \tan h + Ti - bt,$$

atau
$$\Delta H = D \tan (90^\circ - z) + Ti - bt$$

dimana :

Ti = tinggi alat ukur teodolit

D = jarak optis

bt = bacaan benang tengah

h = sudut heling

z = zenit

6.6. Metode hitungan penampang melintang

Pengukuran penampang melintang dilakukan tegak lurus terhadap *centerline* rencana jalan dengan metoda tachimetri.

Perhitungan dilakukan terhadap beda tinggi dan jarak titik detil pada penampang melintang yang diukur dari tempat berdiri alat. Referensi koordinat dan ketinggian diambil dari titik poligon. Cara dan prosedur hitungan koordinat dan eleveasi titik detail penampang memanjang sama dengan hitungan detail situasi, yaitu :

- hitung koordinat titik-titik detail berdasarkan azimuth jurusan dan jarak dari berdiri alat ke target dengan rumus :

$$X_2 = X_1 + D_{12} \times \sin \alpha_{12}$$

$$Y_2 = Y_1 + D_{12} \times \cos \alpha_{12}$$

- hitung elevasi detail penampang memanjang yang diukur dengan alat ukur teodolit dengan sistem tachimetri dengan persamaan :

$$\Delta H = D \tan h + Ti - bt,$$

atau
$$\Delta H = D \tan (90^\circ - z) + Ti - bt$$

dimana :

Ti = tinggi alat ukur teodolit

D = jarak optis

bt = bacaan benang tengah
h = sudut heling
z = zenit

6.7. Reduksi ukuran terestris ke bidang elipsoid referensi

Besaran hasil pengukuran terestris seperti sudut mendatar, jarak mendatar dan azimut astronomi yang akan digunakan untuk menghitung koordinat titik dalam sistem nasional (seperti UTM ataupun TM 3°) terlebih dahulu harus diberi koreksi reduksi dan koreksi proyeksi.

Reduksi diberikan karena pengukuran dilakukan diatas permukaan bumi fisik (geoid), sedangkan perhitungan dan penggambaran dilakukan di atas bidang referensi yaitu elipsoid.

Koreksi proyeksi diberikan karena hitungan koordinat dilakukan pada bidang datar / bidang proyeksi (seperti UTM ataupun TM 3°) sehingga besaran – besaran pada elipsoid referensi harus diberi koreksi proyeksi.

Reduksi hasil ukuran terestrik ke permukaan ellipsoid meliputi; pengaruh penyimpangan vertikal, bersilangnya garis normal pada ellipsoid referensi, tidak berimpitnya garis irisan normal dengan garis geodesik serta tinggi terhadap ellipsoid.

Reduksi tersebut hanya diperhitungkan pada penyelenggaraan Triangulasi Primer. Untuk penyelenggaraan titik-titik dasar orde 2,3, 4 dengan teknologi GPS dan orde 4 yang diukur dengan pengukuran poligon reduksi – reduksi tersebut tidak diperlukan. Karena pengukuran kerangka horizontal pada pada pekerjaan jalan dan jembatan dilakukan dengan pengukuran poligon termasuk kategori orde 4 poligon, maka dengan demikian tidak diperlukan reduksi hasil ukuran sudut, jarak dan azimut.

Setelah besaran ukuran jarak, azimuth dan sudut mendatar di reduksi ke ellipsoid referensi, tahap selanjutnya adalah memberikan koreksi proyeksi sesuai dengan sistem proyeksi yang digunakan.

Di Indonesia sistem proyeksi yang digunakan antara lain sistem proyeksi TM 3° (diberlakukan di Instansi BPN berdasarkan pasal 3 PMNA tahun 1997) dan sistem proyeksi UTM (diberlakukan di Instansi BAKOSURTANAL berdasarkan Surat Keputusan Ketua BAKOSURTANAL No. 019.202/II/1975).

Koreksi –koreksi bidang proyeksi yang diberikan untuk sistem proyeksi UTM dan proyeksi TM 3°, adalah :

1. konvergensi grid
2. koreksi kelengkungan garis
3. faktor skala

6.7.1. Koreksi proyeksi pada sistem proyeksi UTM

a. Konvergensi grid

Konvergensi grid di suatu titik merupakan koreksi untuk mengubah arah utara geografi menjadi arah utara peta.

Rumus konvergensi grid : $K_g = (XII) p + (XIII) p^3 + (C_5) p^5$

di mana : p = sepersepuluh ribu dari beda bujur terhadap meridian tengah

XII , XIII dan C_5 didapat dari tabel transformasi koordinat geografi ke koordinat UTM-grid (lihat lampiran tabel transformasi koordinat geografi ke koordinat UTM-grid).

b. Koreksi kelengkungan garis

Koreksi kelengkungan garis digunakan untuk mengubah sudut jurusan busur menjadi sudut jurusan tali busur. Koreksi kelengkungan garis diberikan jika jarak antar titik poligon lebih besar dari 2.000 meter, untuk jarak antar titik poligon kurang dari 2.000 meter tidak perlu dilakukan koreksi kelengkungan garis.

Rumus koreksi kelengkungan garis : $tmt_{1-2} = (2.T'_1 + T'_2) \cdot C \cdot (XVIII) \cdot SU$

dimana : T'_1 = absis titik 1

T'_2 = absis titik 2

$C = 6,8755 \times 10^{-8}$

SU = selisih ordinat dari kedua titik yang bersangkutan

c. Koreksi proyeksi faktor skala.

Jarak pada bidang proyeksi (seperti UTM ataupun TM 3°) dihitung dari jarak ukuran dengan menerapkan faktor skala.

Rumus jarak di bidang proyeksi : $D = k \cdot S$

di mana : D = jarak pada bidang proyeksi

S = jarak ukuran

k = faktor skala

faktor skala : $k = k_0 \{ 1 + (\text{XVIII}).q^2 + (\text{XIX}).q^4 \}$

$q = 0,000001 \times \text{jarak titik tersebut dari meridian tengah}$

6.7.2. Koreksi proyeksi pada sistem proyeksi TM 3°

a. Konvergensi grid

Konvergensi grid di suatu titik merupakan koreksi untuk mengubah arah utara geografi menjadi arah utara peta.

Rumus konvergensi grid : $\gamma'' = (p) \cdot \Delta B'' \cdot 10^{-3}$

atau $\gamma'' = (q) \cdot X \cdot 10^{-3}$

di mana :

$\Delta B''$ = besar perbedaan busur titik tersebut dari meridian tengah

X = absis titik dimana γ akan dihitung (dalam satuan meter)

Nilai koefisien p dan q didapat dari Tabel Transformasi koordinat Geografi ke koordinat TM 3°-grid.

b. Koreksi kelengkungan garis

Koreksi kelengkungan garis digunakan untuk mengubah sudut jurusan busur menjadi sudut jurusan tali busur. Koreksi kelengkungan garis diberikan jika jarak antar titik poligon lebih besar dari 2.000 meter, untuk jarak antar titik poligon kurang dari 2.000 meter tidak perlu dilakukan koreksi kelengkungan garis

Rumus koreksi kelengkungan garis :

$$\Psi_{12} = 8,507 \cdot 10^{-10} \{(Y_1 - Y_2) (2 X_1 + X_2)\}$$

$$\Psi_{21} = 8,507 \cdot 10^{-10} \{(Y_2 - Y_1) (2 X_2 + X_1)\}$$

X dan Y dalam satuan meter

Ψ dalam satuan " (detik)

c. Koreksi proyeksi faktor skala.

Jarak pada bidang proyeksi TM 3° dihitung dari jarak ukuran dengan menerapkan faktor skala. Faktor skala dibedakan menjadi :

- faktor skala titik jika jarak antar titik poligon kurang dari 2 (dua) km.
- faktor skala garis jika jarak antar titik poligon lebih dari 2 (dua) km

Karena pengukuran kerangka kontrol untuk pengukuran jalan termasuk kategori orde 4 poligon dengan jarak antar titik poligon kurang dari 2 (dua) km, maka memakai skala faktor titik.

Rumus jarak proyeksi : $D = k \cdot S$

atau $D = m \cdot S$

di mana : D = jarak pada bidang proyeksi

k = faktor skala

m = faktor skala

S = jarak ukuran

faktor skala : $k = 0,9999 + 1,237 (X \cdot 10^{-7})^2$

faktor skala : $m = 0,9999 + 0,4124 [(X^1 \cdot 10^{-7})^2 + (X^2 \cdot 10^{-7})^2 + (X^1 \cdot 10^{-7})(X^2 \cdot 10^{-7})]$

Catatan: Harga X_1 dan X_2 untuk menghitung k dan m , dapat digunakan nilai pendekatan dalam satuan meter.

7. Penggambaran

Penggambaran dapat dilakukan dengan dua cara yaitu penggambaran secara manual dan penggambaran secara digital. Penggambaran secara manual dilakukan berdasarkan hasil ukuran lapangan yang dilakukan dengan cara

manual diatas kertas milimeter dengan masukan data dari hitungan manual. Penggambaran secara digital dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak komputer dan plotter dengan data masukan dari hasil hitungan dari *spreadsheet* ataupun *download* data dari pengukuran digital yang kemudian diproses dengan perangkat lunak topografi.

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam proses penggambaran antara lain :

- a. pemilihan skala peta yaitu 1 : 1000 untuk peta situasi dan 1 : 500 untuk situasi khusus, longsor dan jembatan.
- b. grid koordinat pada umumnya dilakukan setiap 10 cm
- c. garis kontur normal yaitu $1/2000 \times$ skala peta dan kontur indeks setiap kelipatan 5 dari kontur normal,
- d. gambar dan cara penulisan kontur index, penggambaran legenda, penulisan huruf tegak dan huruf miring dan ukuran huruf.

7.1. Penggambaran secara manual

Penggambaran secara manual dilakukan dengan tangan menggunakan alat bantu penggaris/mistar, busur derajat, pensil, rapido dan *scriber* dengan cara plotting hasil pengukuran berupa koordinat, sudut dan jarak, serta data tinggi masing-masing obyek/detail di atas kertas milimeter. Hasil akhir dari proses penggambaran hanya sampai draft milimeter (*obrah*). Editing data situasi dan garis kontur dapat dilakukan secara langsung di atas kertas, dengan demikian proses penggambaran secara manual cukup sederhana dan cepat. Ketelitian hasil penggambaran sangat tergantung pada ketelitian interpolasi busur derajat, penggaris/mistar, besar kecilnya mata pensil yang digunakan. Hasil gambar secara manual tidak dapat diperbanyak dan disimpan dalam bentuk file.

7.2. Pemilihan skala peta

Pemilihan skala peta erat kaitannya dengan kebutuhan dari pengukuran. Skala peta adalah perbandingan antara jarak sesungguhnya dengan jarak di peta. Skala peta pada pengukuran jalan dan jembatan yang ditujukan untuk

perencanaan biasanya menggunakan skala besar seperti 1 : 1000 sampai skala 1 : 500. Gambar penampang memanjang, skala horizontal 1: 1.000 dan skala vertikal 1: 100. Gambar penampang melintang skala horizontal 1: 100 skala vertikal 1 : 50

7.3. Ploting grid dan koordinat poligon

Untuk peta situasi skala 1 : 1000, grid pada peta dibuat pada setiap interval 10 cm pada arah absis (X) maupun ordinat (Y) dengan nilai 100 m untuk masing-masing absis dan ordinat. Angka grid koordinat dituliskan pada tepi peta bagian bawah untuk absis dan tepi kiri peta untuk angka ordinat.

Kemudian plotting koordinat dan elevasi titik-titik BM, patok CP, titik poligon dari hasil hitungan koordinat kerangka kontrol horizontal dan hitungan kerangka kontrol vertikal.

7.4. Ploting data situasi

Ploting data situasi didasarkan pada jarak dan sudut dari titik-titik kontrol horizontal dan vertikal ke titik detail. Data jarak, sudut horizontal yang diperoleh dari pengukuran situasi, kemudian di plotting dengan bantuan mistar/penggaris dan busur derajat. Data ketinggian untuk semua detail hasil pengukuran detail situasi dan tinggi titik kontrol, angka ketinggiannya diplotkan di peta manuskrip. Ketelitian gambar situasi sangat tergantung saat melakukan interpolasi sudut horizontal dengan busur derajat dan interpolasi jarak dengan menggunakan mistar/penggaris. Data-data situasi yang telah dilengkapi dengan elevasi dan atribut/diskripsinya diplotkan ke peta manuskrip (obrah). Semua detail situasi seperti sungai, bangunan existing, jalan existing yang terukur harus di gambarkan di atas peta.

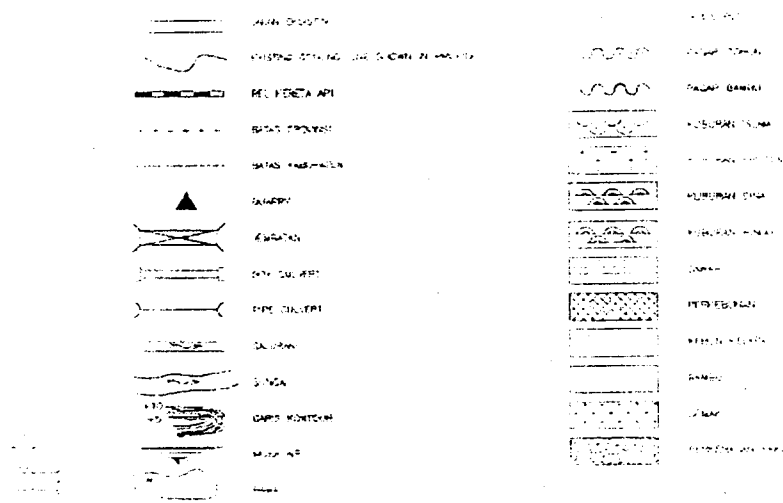
7.5. Penggambaran garis kontur

Garis kontur adalah garis yang menghubungkan titik-titik yang mempunyai ketinggian yang sama. Penggambaran garis kontur dilakukan berdasarkan

ploting tinggi titik detail. Dari nilai tinggi titik-titik tersebut dilakukan penarikan garis kontur dengan cara interpolasi. Interval kontur normal adalah 1 / 2.000 kali skala peta, sedangkan kontur indeks adalah setiap kelipatan 5 dari kontur normal. Penarikan/penggambaran garis kontur sebaiknya dilakukan terhadap kontur indeks terlebih dahulu. Hal ini untuk mengetahui secara umum pola kontur yang terdapat dalam peta situasi. Kontur indeks digambarkan dengan garis yang lebih tebal dari garis kontur biasa, dan diberi warna yang berbeda dengan kontur normal.

7.6. Penggambaran arah utara peta dan legenda

Penggambaran arah utara dibuat searah dengan sumbu Y, dan sebaiknya di gambar pada setiap lembar peta untuk memudahkan orientasi pada saat membaca peta. Legenda dibuat berdasarkan aturan dan standar yang berlaku (lihat gambar 2.34).

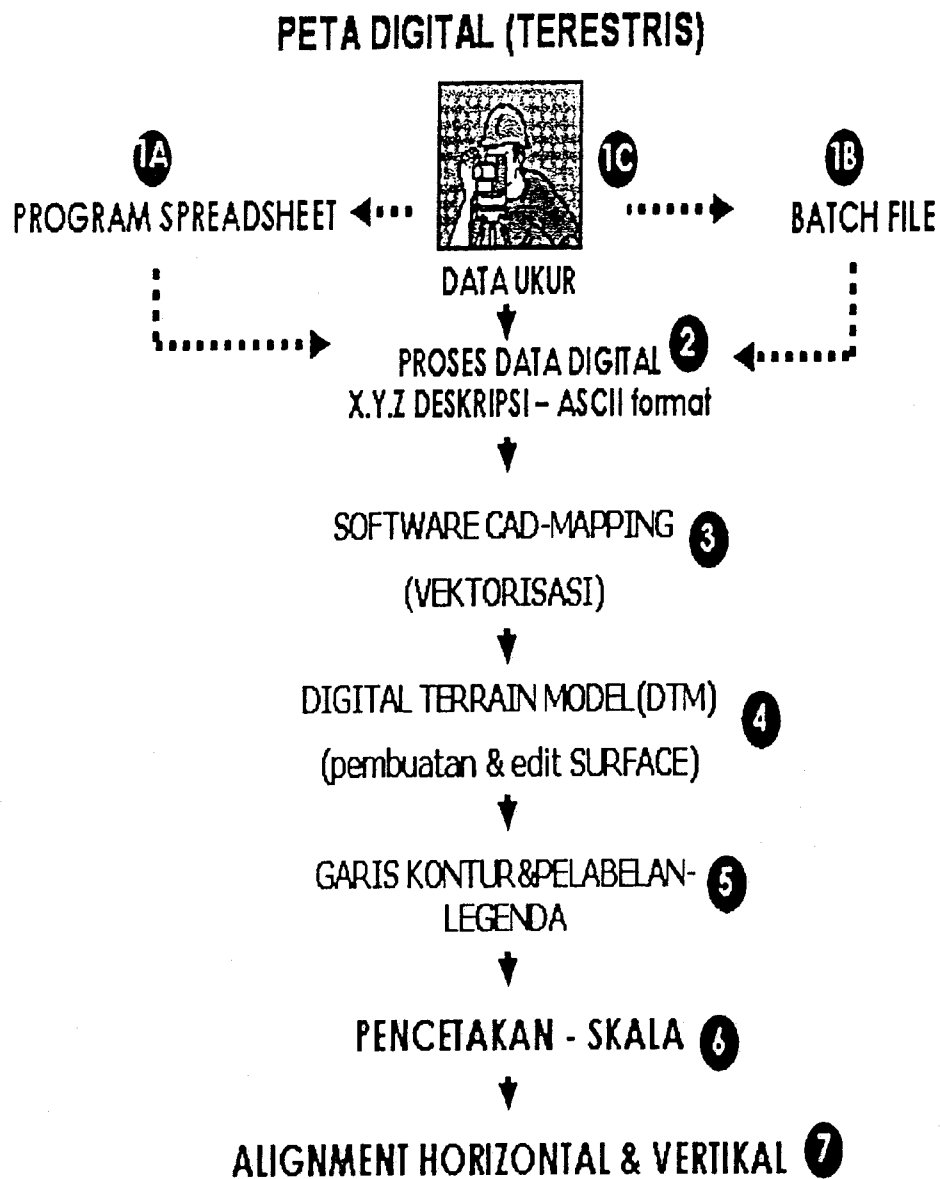


Gambar 2.34. Contoh-contoh legenda

8. Penggambaran secara digital

Penggambaran secara digital adalah proses suatu rangkaian proses penggambaran yang dimulai dari proses *inputing* data, penggambaran situasi dari titik-titik koordinat yang ada, pembentukan digital terrain model, pembuatan

garis kontur, pembuatan grid dan legenda serta pencetakan. Secara garis besar proses penggambaran secara digital dapat dilihat pada gambar 2.35.



Gambar 2.35. Diagram alir proses penggambaran secara digital

8.1. Data inputing

Penggambaran secara digital dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu data hitungan dengan menggunakan *spreadsheet* yang kemudian disimpan dalam bentuk file *ASCII* (*american standard code for information interchange*), dan data dari hasil rekaman file elektronik dan kemudian diproses dengan *software* topografi (*Format batch file*) .

Tipe pertama, data atau file hasil hitungan dengan *spreadsheet* selanjutnya dibuat dalam format *ASCII* sehingga dapat dibaca oleh semua perangkat lunak yang digunakan pada komputer. Urutan format koordinat tersebut di atas adalah X (*Easting*), Y (*Northing*), Z (*elevasi*) dan deskripsi.

Contoh data dalam format *ASCII* adalah sebagai berikut

EAST	NORTH	ELEVASI	DISKRIPSI
527.997.667	9.503.848.635	16.130	A0-25
527.997.934	9.503.848.099	16.330	A0-25-a-aspal
527.999.542	9.503.844.877	16.540	A0-25-b-as
528.000.959	9.503.842.035	16.730	A0-25-c-aspal
528.001.763	9.503.840.422	16.760	A0-25-d-bh.jalan
528.004.094	9.503.835.749	16.030	A0-25-e-kebun
528.008.379	9.503.827.159	16.220	A0-25-f-kebun
528.015.521	9.503.812.841	16.140	A0-25-g-kebun
527.997.132	9.503.849.707	16.260	A0-25-l'-bh.jalan
527.990.170	9.503.863.666	15.890	A0-25-l-kebun
527.982.404	9.503.879.235	15.900	A0-25-2-kebun
527.976.065	9.503.891.944	15.970	A0-25-3-kebun
527.964.549	9.503.915.032	16.600	A0-25-4-kebun
527.954.639	9.503.934.900	16.210	A0-25-5-kebun
527.941.874	9.503.960.493	16.420	A0-25-6-kebun
527.959.508	9.503.824.785	15.800	A0-25-7-TL
528.011.294	9.503.837.816	16.050	A0-25-8-TL
528.024.620	9.503.794.598	15.610	g-h-kebun

Tipe kedua, data hasil pengukuran di lapangan yang tersimpan di dalam *memory* *data recorder* atau *data collector* bisa langsung di *downloaded* ke komputer dengan bantuan *interface*. Format data ini dikonversi ke format *raw data* dan selanjutnya dilakukan proses konversi ke *data field book* (*data field book* ini

mempunyai format yang sama dengan *batch file*). Data *field book* kemudian dihitung dengan perangkat lunak khusus topografi untuk memperoleh harga koordinatnya. Untuk format *batch file* tersebut sebelumnya harus diketahui *Survey Command Language* dari perangkat lunak yang digunakan, sebagai misal AZ adalah kepanjangan dari azimuth, BS adalah *back sight* (titik bidik acuan), AD VA adalah *angle distance*(sudut horizontal, jarak) *vertical angle* (sudut vertikal) dan seterusnya.

Berikut contoh format *raw data*, adalah sebagai berikut;

```
ANGLE RIGHT ZENITH
UNIT METRIC DMS
TEMP 32 C
SF 1
NEZ 2 5000 5000 500 STA2-PKS
STN 2 5.1
AZ 2 1 91.2305
BS 1
PRISM 5.04
AD VA 3 67.1514 310.425 93.3843 STA3-PKS
PRISM 4.67
AP ON 201
AD VA 299.2456 16.71 92.5512 UP
89.1147 24.85 90.3920 CL
244.3732 115.56 86.2002 CL
BEGIN WALL
AD VA 231.3911 108.26 85.4036 EOW
END
AD VA 240.5415 44.46 86.4932 CL
76.4607 79.10 95.2119 CL
71.1702 174.74 95.1117 CL
CONTINUE WALL
AD VA 81.0244 171.18 94.2528 EOW
END
```

Parameter-parameter data lapangan tersebut (jarak datar atau jarak miring, sudut vertikal atau beda tinggi, sudut horizontal atau azimuth dan deskripsi), selanjutnya dihitung dengan menggunakan bantuan perangkat lunak yang berkaitan dengan penghitungan dan penggambaran data survey. Hasil hitungan koordinat tersebut sekaligus bisa digambarkan posisinya.

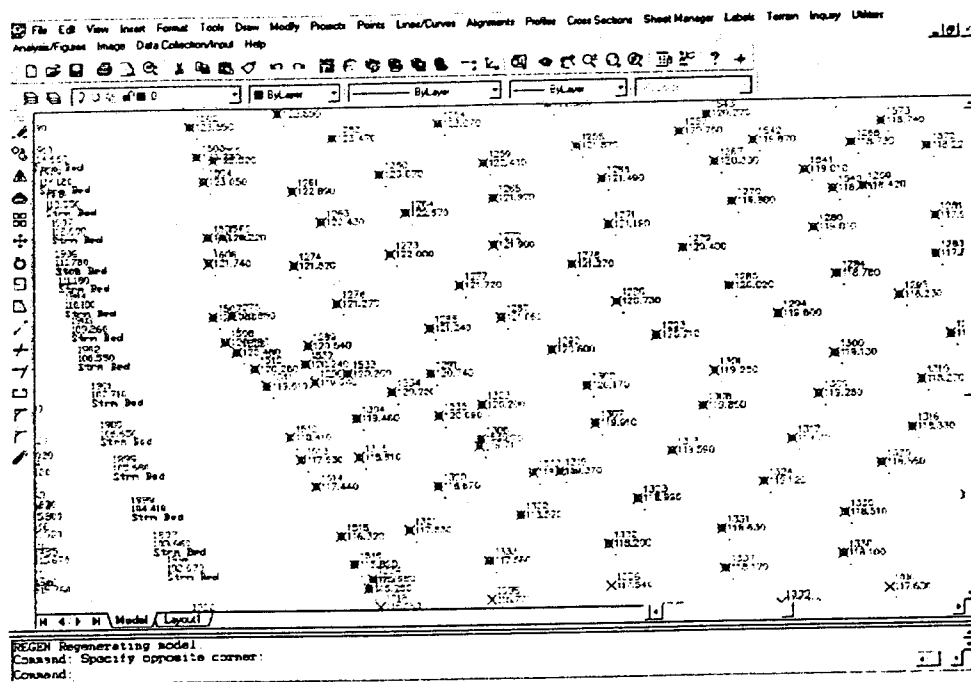
Contoh format data dalam bentuk *batch file* adalah sebagai berikut :

" SITUASI * CROSS Sta. 5600 – 4100

SF	1		
PRISM	1		
AP ON	250000		
STN	635	1	"S+600
BS	634	324.16	"S+625
AD VD	49.1 3.396	-0.121	"a-as-jln
49.1	6.793	-0.212	"b-pinggir-jln
49.1	11.506	-0.401	"c-bahu-jln
49.1	13.226	-1.519	"d-as-sal
49.1	15.6	0.032	"e-row
95.02	27.096	3.636	"f
89.46	36.321	7.809	"g
93.48	47.425	10.893	"h
95.45	61.301	17.763	"i
94.14	64.157	20.309	"j
91.55	75.704	23.461	"k
88.53	62.181	19.665	"l
229.05	2.982	-0.234	"1-bahu-jln
229.05	4.329	-1.083	"2-as-sal
229.05	6.595	0.177	"3-row
201.46	10.925	1.348	"4
201.15	29.55	1.061	"5
201.08	41.677	4.111	"6
200.32	61.127	11.196	"7
204.27	81.725	19.032	"8
196.3	88.258	24.753	"9

Dari data ukur tersebut selanjutnya dilakukan proses konversi ke data field book (data field book ini mempunyai format yang sama dengan *batch file*), untuk Titik-titik koordinat yang telah selesai dihitung kemudian digambarkan posisinya secara digital. Semua *setup* parameter-parameter pengukuran yang digunakan di lapangan pada saat pengukuran haruslah sesuai dengan *setup* yang ada pada perangkat lunaknya, sebagai contoh adalah ukuran dalam meter, skala penggambaran, satuan sudut yang digunakan.

Gambar 2.36 di bawah menunjukkan hasil hitungan sekaligus penggambaran dari data survey yang diperoleh setelah melalui proses perhitungan dengan menggunakan perangkat lunak yang berkaitan dengan survey topografi.



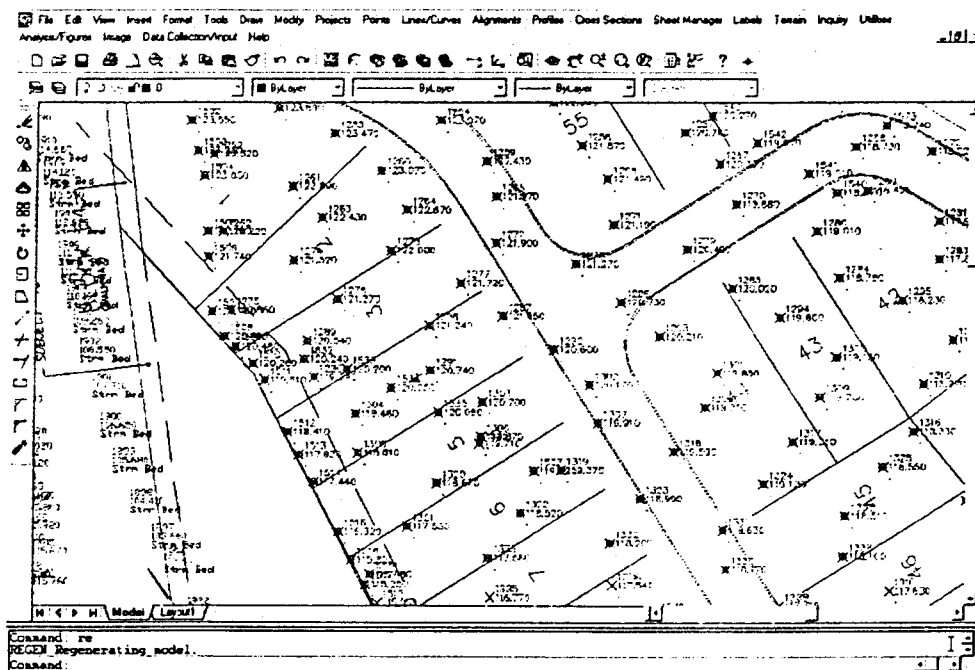
Gambar 2.36 Titik-titik koordinat hasil perhitungan dan pengeplotan secara digital

Titik-titik koordinat yang telah selesai dihitung dan digambarkan posisinya secara digital seperti yang termuat dalam gambar di atas, semua setup parameter-parameter pengukuran yang digunakan di lapangan pada saat pengukuran haruslah sesuai dengan setup yang ada pada perangkat lunaknya, sebagai contoh adalah ukuran dalam **meter**, **skala** penggambaran, **satuan** sudut yang digunakan.

8.2. Penggambaran situasi

Plotting/penggambaran situasi berdasarkan data-data koordinat yang telah dihitung dan di *input* ke dalam program penggambaran. Data-data situasi yang telah dilengkapi dengan elevasi dan atribut/diskripsinya. Proses selanjutnya

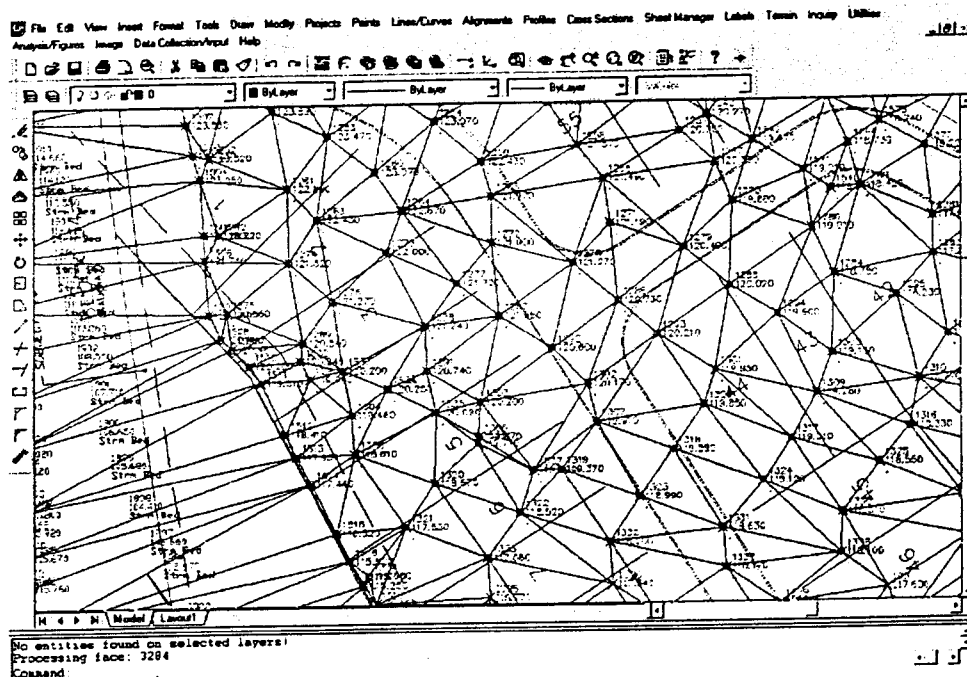
adalah penarikan garis-garis antara 2 titik yang menggambarkan dari kondisi yang ada di lapangan, seperti yang terlihat pada gambar 2.37 di bawah ini. Seperti garis-garis tepi jalan, rumah-rumah, jembatan, sungai dan sebagainya dengan menggunakan fasilitas penggambaran yang terdapat pada menu.



Gambar 2.37. Penarikan garis-garis dari titik koordinat untuk menggambarkan kondisi situasi di lapangan.

8.3. Digital terrain model

Apabila perhitungan dan penggambaran kondisi detail situasi yang diukur di lapangan sudah selesai dikerjakan semua, proses selanjutnya adalah pembuatan *ground model* dari kondisi permukaan tanah asli hasil dari pengukuran (lihat gambar 2.37). Pembuatan *ground model* ini lebih sering dikenal dengan nama *surface*. Bentuk *surface* ini adalah pembuatan interpolasi data di antara 3 titik koordinat yang terdekat. Proses ini lebih dikenal dengan nama pembentukan TIN (*triangulated irregular network*), pembuatan jaring-jaring segitiga yang tidak beraturan.



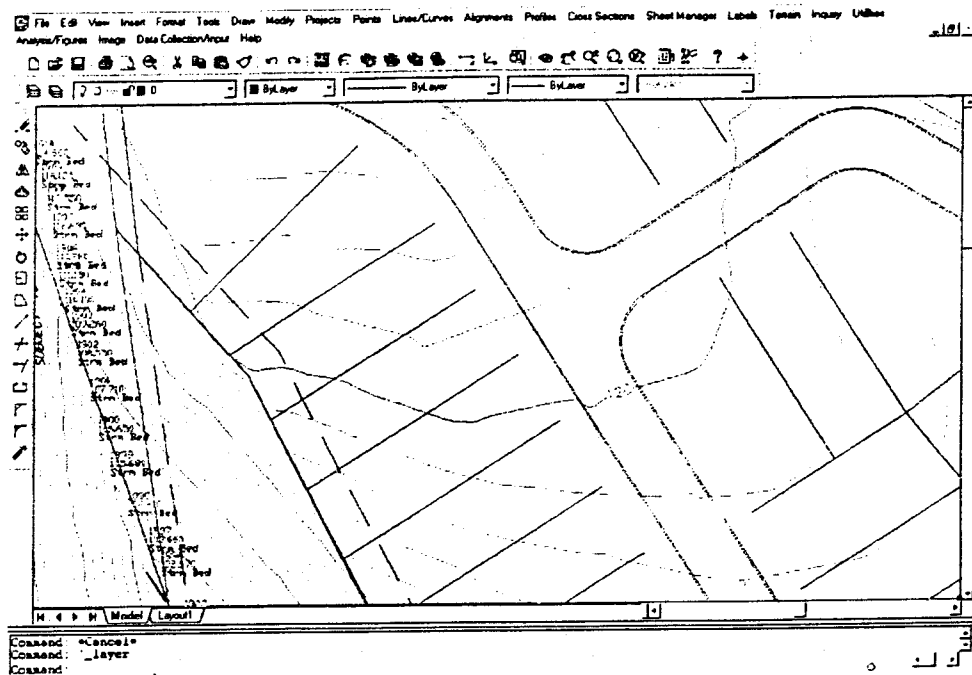
Gambar 2.38. Pembentukan jaring-jaring segitiga yang tidak beraturan

Garis-garis jaring segitiga ini selanjutnya di edit, proses interpolasi data ini disesuaikan dengan kondisi yang ada di lapangan, sebagai misal garis *surface* yang berada di tepi jalan sebelah kiri harus dihubungkan dengan dengan titik yang berada disebelah kiri jalan juga, begitu juga dengan *surface* yang mengkondisikan sungai, titik koordinat yang berada di tepi bawah sungai sebelah kanan juga harus dihubungkan dengan titik koordinat tepi bawah sungai sebelah kanan juga dan tidak biperbolehkan garis tersebut dihubungkan dengan garis tepi atas sungai sebelah kiri. Sehingga kondisi sungai dapat tervisualisasikan.

Setelah pembentukan *surface* selesai dikerjakan, proses selanjutnya adalah penarikan garis kontour, garis yang menghubungkan titik-titik yang mempunyai elevasi yang sama (lihat gambar 2.39).

Garis kontour ini dibuat berdasarkan *surface* yang diperoleh dari interpolasi-interpolasi *TIN*. Kontour yang telah selesai dikerjakan selanjutnya diberikan label elevasinya.

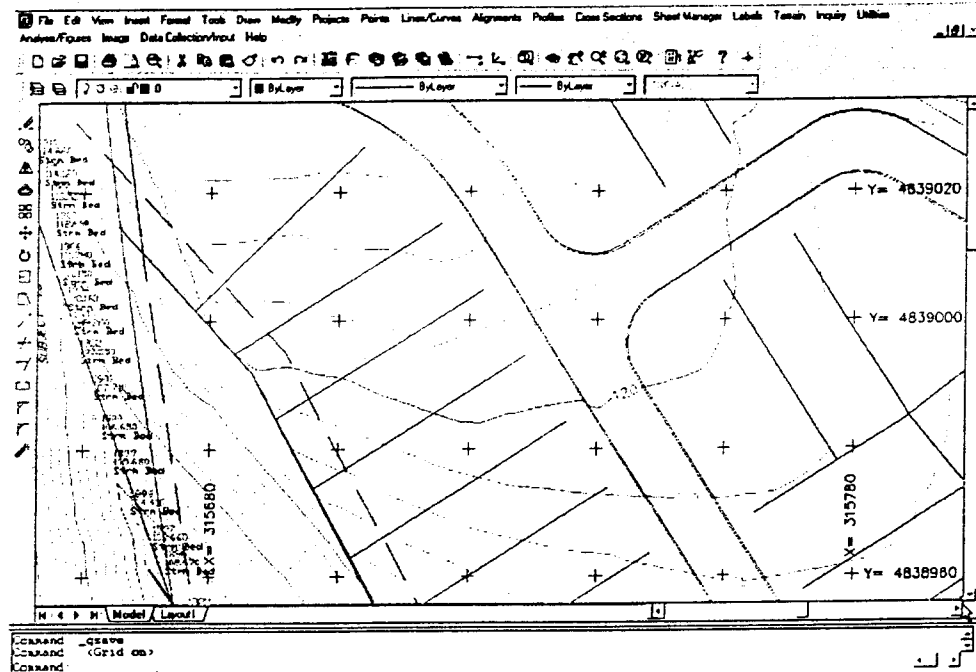
Interval garis kontour dan kontour index disesuaikan dengan skala peta yang akan dibuat.



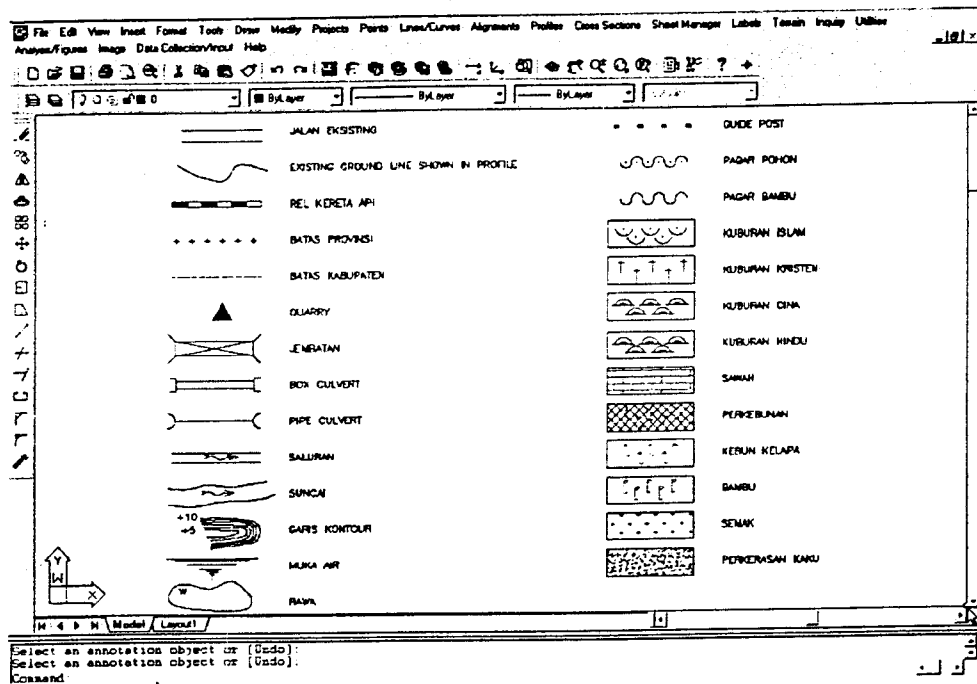
Gambar 2.39. Pembuatan garis kontour dan pelabelannya

8.4. Penggambaran garis grid, arah utara peta dan legenda

Peta situasi yang telah selesai di gambar garis kontournya selanjutnya dilengkapi dengan garis-garis grid dan legendanya. Garis-garis grid yang digambar pada peta situasi tergantung dari skala gambar yang akan dihasilkan.



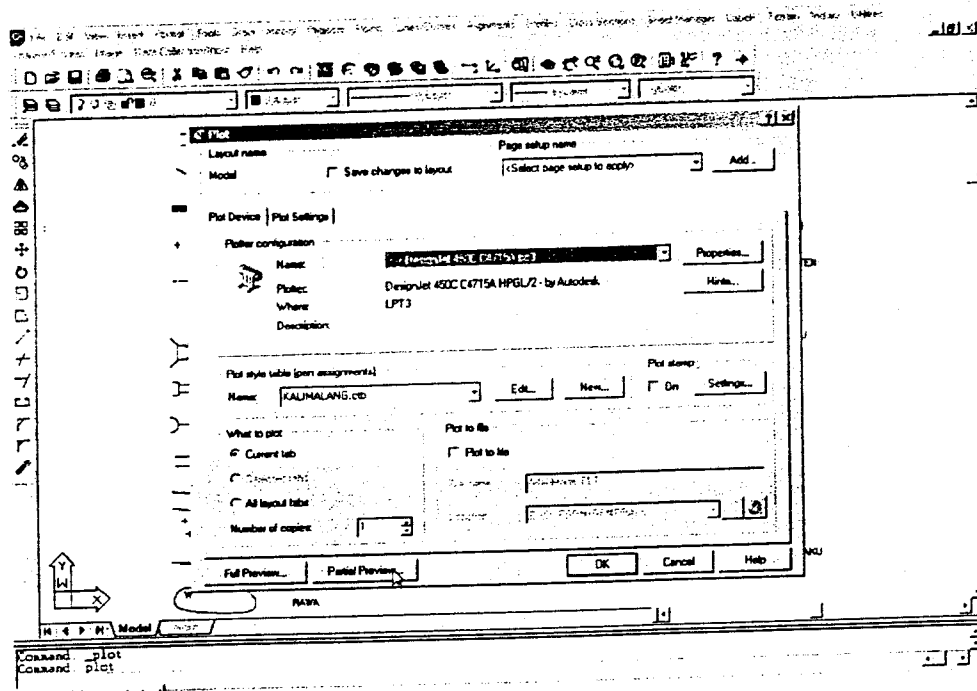
Gambar 2.40 Pemberian garis-garis grid pada basemap



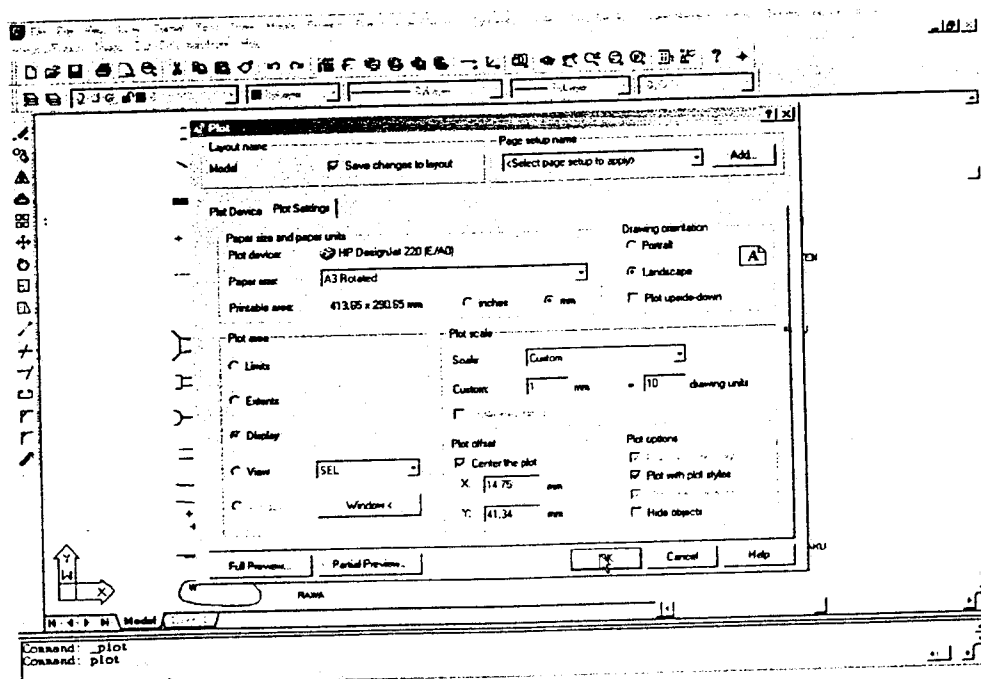
Gambar 2.41. Legenda yang biasa digunakan pada pembuatan peta dasar

8.5. Pencetakan

Tahap terakhir dari proses perhitungan dan penggambaran peta secara digital adalah pencetakan di atas kertas. Pencetakan atau *plotting* ini adalah memvisualisasikan gambar situasi yang telah dibuat dengan perbandingan 1:1 dengan skala yang lebih kecil, sehingga memudahkan orang untuk membaca atau melihatnya. Skala gambar peta secara teknis dibuat sesuai dengan kebutuhan pemakai, baik untuk kebutuhan desain maupun kebutuhan konstruksi. Untuk gambar dengan kertas ukuran A3 pencetakan gambar bisa menggunakan printer format kecil, akan tetapi untuk gambar-gambar yang mengharuskan bisa dilihat secara detail dengan gambar yang mempunyai ukuran kertas A1 atau lebih, biasanya pencetakan menggunakan bantuan printer format besar atau yang lebih dikenal dengan nama *plotter*. Prosedur pencetakan dilakukan dengan bantuan menu-menu yang terdapat pada perangkat lunak penggambaran (lihat gambar 2.42 dan gambar 2.43).



Gambar 2.42. Menu pencetakan dari gambar digital ke skala yang lebih kecil lagi, pemilihan jenis plotter seting ketebalan pena



Gambar 2.43. Menu pencetakan untuk memilih skala gambar hasil pencetakan, ukuran kertas, posisi kertas dsb.

LAMPIRAN 1

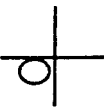
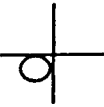
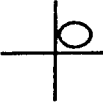
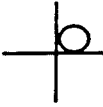
FORMULIR PENGUKURAN TOPOGRAFI

FORMULIR SURVEY RECONNAISSANCE

Proyek :
Lokasi :
Diukur oleh :

[illegible]

**FORMULIR PENGAMATAN MATAHARI
UNTUK PENENTUAN ASIMUT METODE TINGGI / SUDUT WAKTU**

TITIK PENGAMAT : TITIK ACUAN : TGL. PENGAMATAN : DAERAH / PROYEK : DIAMATI OLEH :	MERK/NO. THEODOLIT : BAYANGAN DALAM THEODOLIT : CARA PENGUKURAN : TADAH			
KEDUDUKAN TEROPONG	B	LB	LB	B
Kedudukan Matahari				
Waktu Pengamatan				
Bacaan lingk. vertikal terhadap tepi matahari				
Tinggi matahari (h)				
Bacaan lingk. mendatar - ke titik acuan (Hs) - ke tepi / pusat matahari (Hm)				
Sudut horisontal - terhadap tepi matahari (Ψ)				
<u>Sketsa :</u> 		Matahari sebelah : Timur / Barat Koordinat lintang pengamat $\varphi =$ Data untuk koreksi refraksi Temperatur : Barometer : Tinggi Lokasi : (Dari MSL)		

FORMULIR HITUNGAN AZIMUTH MATAHARI

TITIK PENGAMAT	:	DIAMATI	:
TITIK ACUAN	:	DIHITUNG	:
TGL. PENGAMATAN	:	DIPERIKSA	:
PROYEK	:	ALAT	:

KEDUDUKAN	MATAHARI	WAKTU AMAT	VERTIKAL	HORISONTAL
I. Biasa				
II. Luar Biasa				
III. Biasa				
IV. Luar Biasa				
	B	LB	B	LB
	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "
Tinggi Mthr = hu				
Refraksi = 58"ctg hu (-)				
Paralaks = 8.8 cos hu (+)				
Koreksi 1/2 d				
tinggi mthr (h)				
lintang (l)				
deklinasi (d)				
sin d = L				
sin l = I				
sin h				
sin l . sin h = M				
L - M = N				
cos l				
cos h				
cos l . cos h = D				
cos A = N/D				
A				
Koreksi (1/2 d) cos h (- / +)				
Asimuth Pusat Mthr				
sdt hor. ke titik acuan (+)				
Sdt. hor ke Mthr (-)				
Azimuth ke Target				
Azimuth Rata-rata	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 100px; height: 20px;"></div>			

Petunjuk pengisian formulir hitungan Azimut matahari :

Bagian atas formulir berisikan data hasil pengamatan seperti kedudukan teropong (biasa atau luar biasa), kedudukan bayangan matahari (menyinggung benang silang teropong diposisi mana atau dengan menggunakan prisma Roelof), waktu amat berisikan jam pada saat matahari tepat menyinggung benang silang diafragma atau tepat berada ditengah diafragma, bacaan sudut vertikal dan bacaan sudut horizontal kearah matahari.

Bagian kiri kebawah :

Tinggi Mthr = hu	: di isi data hasil pengamatan yaitu bacaan sudut vertikal pada saat pengamatan
Refraksi = $58'' \text{ ctg } hu$: di isi hasil hitungan koreksi refraksi yaitu dengan menggunakan rumus $58'' \cos hu$, dimana hu adalah bacaan sudut vertical.
Paralaks = $8,8 \cos hu$: di isi hitungan koreksi paralaks dengan rumus $8,8 \cos hu$, dimana hu adalah bacaan sudut vertical.
Koreksi $\frac{1}{2} d$: di isi koreksi $\frac{1}{2}$ diameter matahari yang dapat dilihat dari tabel almanak matahari pada menit, jam, tanggal dan tahun pada saat pengamatan dilakukan.
Tinggi mthr (h)	: di isi hasil perhitungan dari tinggi matahari ukuran dikoreksi dengan koreksi refraksi, koreksi paralaks dan koreksi $\frac{1}{2}$ diameter matahari.
Lintang	: di isi dari hasil interpolasi posisi lintang titik amat berdasarkan peta topografi dari Bakosurtanal.
Deklinasi	: di dapat dari table almanak matahari untuk jam, tanggal, bulan dan tahun pada saat pengamatan dengan cara diinterpolasi.
Sin d	: nilai sinus dari deklinasi.
Sin l	: nilai sinus dari lintang pengamatan
Sin h	: nilai sinus dari tinggi matahari terkoreksi
Sin l . sin h	: perkalian antara nilai sinus lintang dengan sinus tinggi matahari terkoreksi
L – M	: nilai sin deklinasi dikurangi (sinus lintang kali sinus tinggi matahari).
Cos l	: nilai cosinus dari lintang pengamatan
Cos h	: nilai cosinus dari tinggi matahari terkoreksi
Cosl. Cos h	: nilai perkalian dari cosinus lintang dengan nilai cosinus tinggi matahari terkoreksi.
Cos A	: nilai (sinus deklinasi dikurangi (sinus lintang kali sinus tinggi matahari terkoreksi)) dibagi (cosinus lintang kali cosinus tinggi matahari terkoreksi))
A	: nilai arcossinus dari cos A.
Koreksi $\frac{1}{2} d/\cos h$: nilai koreksi, dihitung dengan menghitung koreksi $\frac{1}{2}$ diameter matahari dibagi cosinus tinggi matahari terkoreksi

Asimut pusat matahari	: dihitung berdasarkan nilai A ditambah atau dikurangi dengan koreksi $\frac{1}{2} d/\cos h$. tanda + atau - berdasarkan posisi bayangan matahari terhadap benang silang mendatar.
Sdt hor. Ke titik acuan	: data bacaan ke titik acuan pada saat pengamatan
Sdt. Hor ke Mthr	: bacaan sudut horizontal ke matahari pada saat pengamatan.
Nilai azimuth matahari	: nilai Azimut pusat matahari ditambah sudut horizontal ke titik acuan, dikurangi sudut horizontal ke matahari.

HITUNGAN AZIMUTH MATAHARI

TITIK PENGAMAT
TITIK ACUAN
TGL. PENGAMATAN
PROYEK

DIAMATI
DIHITUNG
DIPERIKSA
ALAT
THEODOLITE T-2

KEDUDUKAN	MATAHARI	WAKTU AMAT	VERTIKAL	HORISONTAL
I. Biasa		17 2 6	76 59 55	249 32 30
II. Luar Biasa		17 5 10	282 15 42	69 34 22
III. Biasa		17 7 26	78 33 33	249 2 11
IV. Luar Biasa		17 3 55	282 2 41	69 0 42
	B	LB	B	LB
	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "
Tinggi Mthr = hu	13 0 5	12 15 42	11 26 27	12 2 41
Refraksi = 58"ctg hu (-)	0 4 11,2	0 4 26,87	0 4 46,6	0 4 31,8
	0,00238178	0,002388681	0,002395873	0,00239063
Paralaks = 8.8 cos hu (+)	0 0 8,6	0 0 8,6	0 0 8,6	0 0 8,6
Koreksi 1/2 d	-0 16 6	-0 16 6	0 16 6	0 16 6
tinggi mthr (h)	12 39 56,4	11 55 17,7	11 37 55,0	12 14 23,8
lintang (l)	-0 27 14,4	-0 27 14,4	-0 27 14,4	-0 27 14,4
deklinasi (d)	13 45 46,9	13 45 49,4	13 45 51,3	13 45 48,4
sin d = L	-0,237906748	-0,23791852	-0,237927467	-0,237913811
sin l = l	-0,007923712	-0,007923712	-0,007923712	-0,007923712
sin h	0,219261485	0,206572915	0,201624188	0,212006073
sin l . sin h = M	-0,001737365	-0,001636824	-0,001597612	-0,001679875
L - M = N	-0,236169383	-0,236281696	-0,236329855	-0,236233936
cos l	0,999968607	0,999968607	0,999968607	0,999968607
cos h	0,975666132	0,978431209	0,979462958	0,977268348
cos l . cos h = D	0,975635503	0,978400493	0,97943221	0,977237669
cos A = N/D	-0,242067229	-0,241497932	-0,241292713	-0,24173642
	255,9914179	256,0250336	256,0371501	256,010952
A	255 59 29,1	256 1 30,1	256 2 13,7	256 0 39,4
Koreksi 1/2 d / cos h (- / +)	0,275025774	0,274248543	0,273959654	0,274574873
	0 16 30,1	0 16 27,3	0 16 26,3	0 16 28,5
Asimuth Pusat Mthr	256 15 59,2	256 17 57,4	255 45 47,5	255 44 11,0
sdt hor. ke titik acuan (+)	101 12 36	281 12 32	101 12 36	281 12 32
Sdt. hor ke Mthr (-)	249 32 30	69 34 22	249 2 11	69 0 42
	107 56 5,2	107 56 7,4	107 56 12,5	107 56 1,0
Azimuth Rata-rata	107 56 6,5			

DATA UKUR SIPAT DATAR

Proyek :
Diukur oleh :
Tanggal :

Jenis Alat
No. Seri
Halaman

[illegible]

Formulir HITUNGAN SIPAT DATAR

[illegible]

Petunjuk pengisian formulir hitungan waterpass :

- No patok : di isi nomor patok tempat berdiri rambu atau tempat berdiri alat, contoh alat berdiri di titik BM 1 dan rambu ditempatkan di titik P211.
- Jarak : jarak di isi dari hasil perhitungan jarak antara BM1 dengan titik P211. Jarak dihitung dengan menggunakan rumus jarak optis pada pengukuran sipat datar. $D = 100 (ba - bb)$
- Beda tinggi : Beda tinggi di isi hasil perhitungan beda tinggi antara dua titik yang diamat. Contoh beda tinggi antara BM1 dengan titik P211 dihitung berdasarkan bacaan benang tengah rambu di titik P211 dengan bacaan benang tengah rambu di titik BM1, atau perbedaan antara bacaan benang tengah rambu di titik P211 dengan tinggi alat di titik BM1.
- Stand I : di isi beda tinggi stand I atau pengukuran pergi antara titik BM1 dengan titik P211.
- Stand II : di isi beda tinggi stand II atau pengukuran pulang antara titik BM1 dengan titik P211.
- Rata-rata : di isi beda tinggi rata-rata antara pengukuran stand I dengan stand II atau rata-rata antara pengukuran pergi dengan pengukuran pulang.
- Kor : di isi koreksi kesalahan rata-rata antara pengukuran pergi dengan pengukuran pulang.
- Definitif : di isi beda tinggi definitive yaitu beda tinggi rata-rata ditambah koreksi kesalahan.
- Elevasi di atas patok : BM1 tingginya diketahui maka elevasi diatas patok adalah tinggi BM1(diketahui) ditambah beda tinggi definitive.

HITUNGAN WATERPASS

Dihitung		:						Halaman	:	1
Lokasi		:	BANDARA KALIMARAU					Diperiksa	:	
Seksi		:	BM1 - P220 (LOOP LUAR)					Alat Hitung	:	

NO. PATOK		JARAK	BEDA TINGGI					ELEVASI DI ATAS PATOK	TINGGI PATOK	NAMA PATOK
DARI	KE		STAND I	STAND II	RATA-RATA	KOR (mm)	DEFINITIF			
BM1	P211		-0,0220	-0,0220	-0,02200			8,13800		BM1
P211	P211+15		-0,1480	-0,1480	-0,14800			8,11600		P211
P211+15	P212		0,4550	0,4550	0,45500			7,96800		P211+15
P212	P213		-0,0710	-0,0710	-0,07100			8,42300		P212
P213	P214		-0,0620	-0,0620	-0,06200			8,35200		P213
P214	P215		-0,0730	-0,0720	-0,07250			8,29000		P214
P215	P216		0,2050	0,2060	0,20550			8,21750		P215
P216	P217		0,2530	0,2530	0,25300			8,42300		P216
P217	P218		0,0080	0,0080	0,00800			8,67600		P217
P218	P219		0,1940	0,1940	0,19400			8,68400		P218
P219	P220		-0,0340	-0,0340	-0,03400			8,87800		P219
P220								8,84400		P220
TOTAL			0,7050	0,7070	0,7060			0,70600		

TOLERANSI	:	7,07
SALAH PENUTUP	:	2,00
JUMLAH JARAK	:	

DATA UKUR POLIGON

Proyek :
Diukur oleh :
Tanggal :

Jenis Alat
No. Seri
Halaman

[illegible]

Nama Proyek :
Ruas / Daerah :
Dihitung oleh :

Banyak Titik	:
Kesalahan Sudut (fs)	:
Kesalahan Absis (fx)	:
Kesalahan Ordinat (fy)	:
Kesalahan Linier	:

Petunjuk pengisian formulir hitungan poligon :

No titik	: di isi nomor titik tempat berdiri alat (melakukan pengamatan) contoh titik BM-0.
Sudut dalam	: di isi hasil hitungan bacaan sudut horizontal titik di depan titik tempat berdiri alat di kurangi bacaan sudut horizontal titik di belakang titik berdiri alat.
Kor	: di isi hasil hitungan koreksi kesalahan sudut, menggunakan rumus $d\beta = (f\beta/n)$
Azimut	: di isi azimuth hasil perhitungan berdasarkan azimuth sisi sebelumnya ditambah sudut dalam di titik yang bersangkutan dikurangi 180 derajat.
Jarak	: di isi dai hasil perhitungan jarak dari titik pengamatan ke titik berikutnya dengan menggunakan rumus $D = 100 (b_a - b_b) \cos^2 h$ atau $D = 100 (b_a - b_b) \sin^2 z$.
D sin	: di isi hasil perhitungan beda absisi antara titik tempat pengamatan dengan titik di depannya dengan menggunakan rumus $D_x = D$ $\sin \alpha$.
dX	: di isi hasil perhitungan koreksi arah absis dengan menggunakan rumus $fDX = \sum D_{ij} - \sum DX_{ij}$
D cos	: di isi hasil perhitungan beda ordinat antara titik tempat pengamatan dengan titik di depannya dengan menggunakan rumus $D_y = D \cos \alpha$
dY	: di isi hasil perhitungan koreksi arah ordinat dengan menggunakan rumus $fDY = \sum D_{ij} - \sum DY_{ij}$
Koordinat	: di isi hasil perhitungan koordinat dengan menggunakan rumus $X_2 = X_1 + D_{12} \cdot \sin \alpha_{12} \pm fDX$ $Y_2 = Y_1 + D_{12} \cdot \cos \alpha_{12} \pm fDY$

CONTOH HITUNGAN POLIGON TERTUTUP

Proyek :
 okasi/Ruas :
 Tanggal :

Diukur :
 Halaman :

Titik	Sudut Horizontal			Koreksi	Azimuth			Jarak	D Sin	dX	D Cos	dY	Koordinat		Titik
	o	'	"		o	'	"		(M)	(M)	(M)	(M)	X (M)	Y (M)	
CP0													577871.1033	9427833.9769	CP0
BM0	292	54	23.0	2	276	29	17.0	19.4075	-19.28320	-0.0014	2.19297	0.0000	577851.8187	9427836.1698	BM0
E1	159	14	43.0	1	29	23	42.0	63.8030	31.31628	-0.0045	55.58879	0.0000	577883.1306	9427891.7586	E1
P0.3+25	169	52	41.0	1	8	38	26.0	129.0410	19.38650	-0.0090	127.57842	-0.0001	577902.5081	9428019.3349	P0.3+25
E2	191	45	8.0	1	358	31	8.0	256.1925	-6.62191	-0.0179	256.10691	-0.0002	577895.8683	9428275.4416	E2
P0.13	206	6	25.5	1	10	16	17.0	219.0095	39.05178	-0.0153	215.49970	-0.0002	577934.9048	9428490.9411	P0.13
P0.15	200	45	20.0	3	36	22	43.5	103.2790	61.25687	-0.0072	83.15135	-0.0001	577996.1544	9428574.0924	P0.15
P0.16	165	40	3.5	3	57	8	6.5	45.9405	38.58785	-0.0032	24.93004	0.0000	578034.7391	9428599.0224	P0.16
P0.17	160	25	21.5	1	42	48	13.0	49.4580	33.80610	-0.0035	36.28669	0.0000	578068.3417	9428635.3091	P0.17
P0.18+26	180	0	2.5	1	23	13	35.5	75.8280	29.90409	-0.0053	69.68236	-0.0001	578098.2405	9428704.9914	P0.18+26
CP 1	78	39	26.0	4	23	13	39.0	76.5680	30.19712	-0.0053	70.36187	-0.0001	578128.4323	9428775.3532	CP.1
BM1	69	55	2.0	2	281	53	9.0	17.4315	-17.05777	-0.0012	3.59023	0.0000	578111.3733	9428778.9434	BM1
X1	294	17	17.5	3	171	48	13.0	70.2315	10.01266	-0.0049	-69.51410	-0.0001	578121.3811	9428709.4292	X1
SECH06	33	14	12.0	3	286	5	33.5	41.0305	-39.42271	-0.0029	11.37329	0.0000	578081.9555	9428720.8025	SECH06
X2	249	32	32.0	1	139	19	48.5	33.7555	21.99844	-0.0024	-25.60278	0.0000	578103.9516	9428695.1997	X2
					208	52	21.5	112.3185	-54.23459	-0.0078	-98.35677	-0.0001			

CONTOH HITUNGAN POLIGON TERTUTUP

Proyek :
 okasi/Ruas :
 Tanggal :

Diukur :
 Halaman :

Titik	Sudut Horizontal			Koreksi			Azimuth			Jarak (M)	D Sin		D Cos		dY		Koordinat		Titik
	o	'	"	o	'	"	o	'	"		(M)	(M)	(M)	(M)	(M)	(M)	X (M)	Y (M)	
X3	164	4	55.0	1			192	57	17.5	231.9420	-51.99754	-0.0162	-226.03833	-0.0002			578049.7092	9428596.8428	X3
X4	180	53	0.0	1			193	50	18.5	344.5420	-82.40945	-0.0240	-334.54129	-0.0003			577997.6954	9428370.8043	X4
X5	179	53	17.0	1			193	43	36.5	192.8810	-45.76924	-0.0135	-187.37197	-0.0001			577915.2619	9428036.2627	X5
X6	160	3	11.5	4			173	46	52.0	15.0020	1.62512	-0.0010	-14.91372	0.0000			577869.4792	9427848.8906	X6
CP0	282	42	21.0	4			278	29	17.0		0.00000	0.0000	0.00000	0.0000			577871.1033	9427833.9769	CP0
BMO																			BMO
Σ	3419	59	22.0	38						2097.6615	0.14641		0.00162						

Analisa Ketelitian Pengukuran

Σ Titik	19
=> Kes. Penutup Sudut (IS)	-38.0 "
Kesalahan Absis (IX)	0.1464147 M
Kesalahan Ordinat (IY)	0.0016184 M
Kesalahan Linier Jarak	0.0000698
1 :	14325.973
Batas Toleransi :	
$\pm 10'' \sqrt{n}$	= 43.5890
\leq	1 : 10.000 =

Contoh hitungan reduksi dari data terestris ke ellipsoid referensi.

Data awal :

No Zone : 48.2

Bo = $106^{\circ}30'$

Titik	X (m)	Y (m)	H (m)
P _A	82 017,574	- 590 662,930	827,92
P _B	82 404,531	- 590 335,919	828,22

Data ukuran :

titik	Sudut mendatar (β)	Jarak mendatar (Su)	Beda tinggi (ΔH)
P _A		150,296	+ 0,55
P ₁	234° 25' 42"	150,548	- 0,34
P ₂	108° 12' 50"	150,204	+ 0,07
P ₃	254° 03' 12"	150,767	+ 0,02
P _B			

Azimut : $A_{A1} = 26^{\circ} 02' 12''$

$A_{B3} = 262^{\circ} 43' 53''$

Tahapan hitungan :

a) Menghitung konvergensi grid di P_A dan P_B, menggunakan rumus :

$$\gamma'' = [q] \cdot X \cdot 10^{-3}$$

$$\gamma_A = + 4'08''$$

$$\gamma_B = + 4'08''$$

b) Menghitung sudut jurusan α_{A1} dan α_{B3} , menggunakan rumus

$$\beta = \beta_e + (\psi_{23} - \psi_{21})$$

$$\alpha_{A1} = A_{A1} + \gamma_A = 26^{\circ} 02' 12'' + 4'08'' = 26^{\circ}06'20''$$

$$\alpha_{B3} = A_{B3} + \gamma_B = 262^{\circ} 43' 53'' + 4'08'' = 262^{\circ}48'01''$$

$$\alpha_{3B} = A_{B3} - 180^{\circ} = 26^{\circ} 02' 12'' + 4'08'' = 82^{\circ}48'01''$$

c) Menghitung tinggi P₁, P₂, P₃ dari P_A dan tinggi rata-rata .

Titik	Beda tinggi	tinggi	Tinggi rata-rata
P _A		827,92	
	+ 0,55		828,20
P ₁		828,47	
	- 0,34		828,30
P ₂		828,13	
	+ 0,07		828,16
P ₃		828,16	
	+ 0,02		828,21
P _B		828,22	

d) Menghitung jarak mendatar pada ellipsoid referensi (S) menggunakan rumus : $S = [F] \cdot S''$

Titik	Jarak ukuran	Tinggi rata-rata	Sea level factor[F]	Jarak datar pada ellipsoid (S)
P _A	150,296	828,20	0,999.87	150,276
P ₁	150,548	828,30	0,999.87	150,528
P ₂	150,204	828,16	0,999.87	150,184
P ₃	150,767	828,21	0,999.87	150,747
P _B				

e) Menghitung koordinat sementara P₁, P₂ dan P₃

Titik	β d β	α	S (m)	X (m) Δx	Y (m) Δy
P _A				+82 017,574	-590 662,930
P ₁	234° 25' 42" -1"	26° 06' 20"	150,276	+66,125 _{-0,011} +82 083,688	+134,946 _{-0,005} -590 527,989
P ₂	108° 12' 50" -1"	80° 32' 01"	150,528	+148,478 _{-0,011} +82 232,155	+24,757 _{-0,005} -590 503,238
P ₃	254° 03' 12" -1"	8° 44' 50"	150,184	+22,839 _{-0,011} +82 254,984	+148,437 _{-0,005} -590 354,806
P _B		82° 48' 01"	150,747	+149,558 _{-0,011} +82 404,531	+18,893 _{-0,005} -590 335,919

$W\beta = +3''$

$Wx = +0,043$ $Wy = +0,022$

f) Menghitung faktor skala titik setiap sisi dan jarak pada bidang proyeksi menggunakan rumus $D = k \cdot S$

Titik	Absis rata-rata	Jarak datar pada ellipsoid	Faktor skala (k)	D (m)
P _A	+82 050,631	150,276	0,999983	150,273
P ₁	+82 157,922	150,528	0,999983	150,525
P ₂	+82 246,569	150,184	0,999984	150,182
P ₃	+82 329,757	150,747	0,999984	150,745
P _B				

g) Menghitung koordinat definitif (TM-3°) titik P₁, P₂ dan P₃

Titik	azimut	Jarak (D)	Absis X (m) ΔX	Ordinat Y (m) ΔY
P _A			+82 017,574	-590 662,930
P ₁	26°06'20"	150,273	+66,124 _{-0,009} +82 083,689	+134,943 _{-0,004} -590 527,991
P ₂	80°32'01"	150,525	+148,475 _{-0,009} +82 232,155	+24,757 _{-0,004} -590 503,238
P ₃	8°44'50"	150,182	+22,839 _{-0,009} +82 254,985	+148,435 _{-0,004} -590 354,807
P _B	82°48'01"	150,745	+149,556 _{-0,010} +82 404,531	+18,893 _{-0,005} -590 335,919

$$\sum D \sin \alpha = +386,994$$

$$\Delta X_{AB} = +386,957$$

$$W_x = +0,037$$

$$dx = 3 \times (-0,009)$$

$$+1 \times (-0,010)$$

$$\sum D \cos \alpha = +327,028$$

$$\Delta X_{AB} = +327,011$$

$$W_y = +0,017$$

$$dy = 3 \times (0,004)$$

$$+1 \times (-0,005)$$

h) Hasil akhir :

Titik	X (m)	Y (m)
P ₁	+ 82 083,689	- 590 527,991
P ₂	+ 82 232,155	- 590 503,238
P ₃	+82 254,985	- 590 354,807

FORMULIR UKUR DETAIL SITUASI

Proyek
Lokasi
Diukur oleh

Jenis Alat :
No. Seri :
Tanggal :

[illegible]

Skets :

Proyek	Dihitung Oleh	Tgl
:	:	:
:	:	:
:	:	:

[illegible]

Proyek
Dibitung Oleh
Tgl

[illegible]

Petunjuk pengisian formulir hitungan situasi:

- No titik Alat : di isi nomor titik tempat mendirikan alat pada saat pengukuran detail situasi contoh titik P7-11.
- No titik target : di isi nomor titik acuan (*back sight atau for sight*) sebagai acuan azimuth contoh titik P7-12. Selain itu diisi nomor titik detail yang akan diamat. contoh titik 1, titik 2.
- Azimut acuan : di isi azimuth dari titik tempat berdiri alat ke titik acuan.
- Horizontal : di isi bacaan sudut horizontal titik yang diamat.
- Hasil Azimut : di isi azimuth titik acuan dari data perhitungan koordinat titik control horizontal. Untuk titik detail azimuthnya diisi hasil perhitungan azimuth titik detail tersebut berdasarkan perbedaan bacaan sudut horizontal titik acuan dengan bacaan horizontal titik detail tersebut.
- BT, BA dan BB : di isi data hasil bacaan sudut horizontal hasil pengukuran detail situasi titik yang bersangkutan.
- Vertikal : di isi data hasil bacaan sudut vertikal hasil pengukuran titik detail yang bersangkutan
- Jarak datar : di isi hasil hitungan jarak datar antara titik detail tersebut terhadap titik tempat berdiri alat dengan menggunakan rumus $D = 100(ba-bb) \cos^2 h$ atau $D = 100 (ba-bb) \sin^2 z$.
- Beda tinggi : di isi hasil perhitungan beda tinggi antar titik detail yang diamat dengan titik tempat berdiri alat. Dihitung dengan menggunakan rumus $\Delta H = 100 (ba - bb) \cdot \cos h \cdot \sin^2 h$ atau $\Delta H = 100 (ba - bb) \cdot [\sin(2 z)/2]$
- DX : di isi hasil perhitungan beda absis antara titik tempat pengamatan dengan titik detail dengan menggunakan rumus $D_x = D \sin \alpha$
- DY : di isi hasil perhitungan beda ordinat antara titik tempat pengamatan dengan titik detail dengan menggunakan rumus $D_y = D \cos \alpha$
- X : di isi hasil perhitungan koordinat titik detail yang bersangkutan, dengan menggunakan rumus $X_{detail} = X_{titik\ amat} + D_x \sin \alpha_{detail}$
- Y : di isi hasil perhitungan koordinat titik detail yang bersangkutan, dengan menggunakan rumus $Y_{detail} = Y_{titik\ amat} + D_y \sin \alpha_{detail}$
- Tinggi tanah : di isi hasil perhitungan tinggi titik detail, yaitu tinggi titik tempat pengamatan ditambah beda tinggi titik yang bersangkutan.

LAMPIRAN 2

CONTOH TABEL ALMANAK MATAHARI

OKTOBER 2003

DEKLINASI MATAHARI							PERATAAN WAKTU							
Tgl	WAKTU JAM		PERU-BAHAN	WAKTU JAM		PERU-BAHAN			WAKTU JAM		PERU-BAHAN	WAKTU JAM		PERU-BAHAN
	INOBAR 7.00	INDTENG 8.00	N	INOBAR 15.00	INDTENG 16.00	N	1/2 d Mthr	P.H	INOBAR 7.00	INDTENG 8.00	TIAP JAM	INOBAR 15.00	INDTENG 16.00	TIAP JAM
	INDTIM 9.00		TIAP JAM	INDTIM 17.00		TIAP JAM			INDTIM 9.00			INDTIM 17.00		TIAP JAM
1	- 2 58 24.0		-58.2	- 3 4 3.9		-58.2	15 58.3	8.8	- 0 10 3.3		-0.3	- 0 10 9.3		-0.3
2	- 3 13 40.9		-58.1	- 3 27 26.0		-58.1	15 58.6	8.8	- 0 10 22.7		-0.3	- 0 10 29.1		-0.3
3	- 3 42 55.5		-58.0	- 3 50 39.5		-58.0	15 58.9	8.8	- 0 10 41.5		-0.3	- 0 10 48.1		-0.3
4	- 4 8 7.4		-57.9	- 4 13 50.7		-57.8	15 59.2	8.8	- 0 11 0.7		-0.2	- 0 11 8.9		-0.2
5	- 4 29 16.3		-57.7	- 4 35 58.5		-57.7	15 59.5	8.8	- 0 11 19.2		-0.2	- 0 11 25.3		-0.2
6	- 4 52 21.8		-57.6	- 5 0 2.8		-57.5	15 59.7	8.8	- 0 11 37.4		-0.7	- 0 11 43.3		-0.7
7	- 5 15 23.5		-57.4	- 5 23 3.2		-57.3	16 0.0	8.8	- 0 11 55.2		-0.7	- 0 12 1.0		-0.7
8	- 5 38 21.2		-57.2	- 5 45 59.4		-57.2	16 0.3	8.8	- 0 12 12.6		-0.7	- 0 12 18.3		-0.7
9	- 6 1 14.4		-57.0	- 6 8 51.0		-56.9	16 0.6	8.8	- 0 12 29.6		-0.7	- 0 12 35.2		-0.7
10	- 6 24 2.8		-56.8	- 6 31 37.6		-56.7	16 0.9	8.8	- 0 12 48.2		-0.7	- 0 12 51.6		-0.7
11	- 6 46 46.2		-56.6	- 6 54 19.4		-56.5	16 1.1	8.8	- 0 13 2.3		-0.7	- 0 13 7.8		-0.6
12	- 7 9 24.0		-56.3	- 7 16 55.4		-56.3	16 1.4	8.8	- 0 13 18.0		-0.6	- 0 13 23.1		-0.6
13	- 7 31 56.1		-56.1	- 7 39 25.5		-56.0	16 1.7	8.8	- 0 13 33.1		-0.6	- 0 13 38.1		-0.6
14	- 7 54 22.1		-55.8	- 8 1 49.4		-55.7	16 2.0	8.8	- 0 13 47.3		-0.6	- 0 13 52.6		-0.6
15	- 8 16 41.7		-55.5	- 8 24 6.7		-55.4	16 2.2	8.8	- 0 14 1.3		-0.6	- 0 14 6.4		-0.6
16	- 8 38 54.3		-55.2	- 8 46 17.0		-55.1	16 2.5	8.8	- 0 14 15.4		-0.5	- 0 14 19.8		-0.5
17	- 9 0 59.8		-54.9	- 9 8 20.0		-54.8	16 2.8	8.8	- 0 14 28.4		-0.5	- 0 14 32.5		-0.5
18	- 9 22 57.6		-54.6	- 9 30 15.1		-54.5	16 3.0	8.8	- 0 14 40.7		-0.5	- 0 14 44.7		-0.5
19	- 9 44 47.5		-54.2	- 9 52 2.3		-54.1	16 3.3	8.8	- 0 14 52.5		-0.5	- 0 14 56.2		-0.5
20	- 10 6 29.1		-53.9	- 10 13 41.0		-53.7	16 3.6	8.8	- 0 15 3.6		-0.4	- 0 15 7.1		-0.4
21	- 10 28 1.8		-53.5	- 10 35 10.7		-53.4	16 3.8	8.8	- 0 15 14.1		-0.4	- 0 15 17.4		-0.4
22	- 10 49 25.4		-53.1	- 10 58 31.1		-52.9	16 4.1	8.8	- 0 15 23.9		-0.4	- 0 15 27.0		-0.4
23	- 11 10 39.4		-52.7	- 11 17 41.9		-52.5	16 4.4	8.8	- 0 15 33.0		-0.4	- 0 15 35.9		-0.3
24	- 11 31 43.5		-52.2	- 11 38 42.5		-52.1	16 4.6	8.8	- 0 15 41.4		-0.3	- 0 15 44.1		-0.3
25	- 11 52 37.1		-51.8	- 11 59 32.8		-51.6	16 4.8	8.8	- 0 15 49.1		-0.3	- 0 15 51.6		-0.3
26	- 12 13 20.0		-51.3	- 12 20 11.7		-51.2	16 5.1	8.8	- 0 15 56.2		-0.3	- 0 15 58.3		-0.3
27	- 12 33 51.4		-50.8	- 12 40 39.4		-50.7	16 5.4	8.9	- 0 16 2.4		-0.2	- 0 16 4.4		-0.2
28	- 12 54 11.3		-50.3	- 13 0 55.3		-50.2	16 5.7	8.9	- 0 16 8.0		-0.2	- 0 16 9.7		-0.2
29	- 13 14 13.2		-49.8	- 13 20 59.0		-49.5	16 5.9	8.9	- 0 16 12.9		-0.2	- 0 16 14.3		-0.2
30	- 13 34 14.4		-49.3	- 13 40 50.0		-49.1	16 6.2	8.9	- 0 16 19.9		-0.1	- 0 16 18.1		-0.1
31	- 13 53 56.7		-48.7	- 14 0 27.0		-48.5	16 6.5	8.9	- 0 16 27.3		-	- 0 16 27.5		-

NOVEMBER 2003

DEKLINASI MATAHARI							PERATAAN WAKTU						
Tgl	WAKTU JAM			PERU-BAHAN	WAKTU JAM			1/2 d Mthr	P.H	WAKTU JAM			PERU-BAHAN
	INDBAR 7.00	INDTENG 8.00	INDTIM 9.00		INDBAR 15.00	INDTENG 16.00	INDTIM 17.00			INDBAR 7.00	INDTENG 8.00	INDTIM 9.00	
				TIAP JAM								TIAP JAM	
	0	-	-		0	-	-			0	-	-	
1	- 14 13 25.6			-48.1	- 14 19 52.2		16 6.7	8.9		- 0 16 22.8		- 0 16 23.5	
2	- 14 32 40.8			-47.5	- 14 39 2.7		16 7.0	8.9		- 0 16 24.6		- 0 16 25.1	
3	- 14 51 41.7			-46.9	- 14 57 58.7		16 7.2	8.9		- 0 16 25.6		- 0 16 25.8	
4	- 15 10 28.0			-46.3	- 15 16 40.1		16 7.5	8.9		- 0 16 25.8		- 0 16 25.8	
5	- 15 26 58.2			-45.7	- 15 35 6.3		16 7.7	8.9		- 0 16 25.3		- 0 16 24.9	
6	- 15 47 15.1			-45.0	- 15 53 17.0		16 8.0	8.8		- 0 16 23.9		- 0 16 23.2	
7	- 16 5 15.3			-44.3	- 16 11 11.8		16 8.2	8.9		- 0 16 21.7		- 0 16 20.0	
8	- 16 22 58.4			-43.6	- 16 28 50.4		16 8.5	8.9		- 0 16 18.6		- 0 16 17.4	
9	- 16 40 28.9			-42.9	- 16 46 12.4		16 8.7	8.9		- 0 16 14.7		- 0 16 13.3	
10	- 16 57 37.8			-42.2	- 17 3 17.3		16 8.9	8.9		- 0 16 10.0		- 0 16 8.3	
11	- 17 14 31.0			-41.5	- 17 20 4.9		16 9.2	8.9		- 0 16 4.4		- 0 16 2.4	
12	- 17 31 6.6			-40.7	- 17 36 34.7		16 9.4	8.8		- 0 15 58.0		- 0 15 55.7	
13	- 17 47 24.5			-40.0	- 17 52 46.4		16 9.6	8.9		- 0 15 50.7		- 0 15 48.1	
14	- 18 3 23.8			-39.2	- 18 8 39.5		16 9.8	8.9		- 0 15 42.6		- 0 15 39.7	
15	- 18 19 4.4			-38.4	- 18 24 13.7		16 10.1	8.9		- 0 15 33.6		- 0 15 30.4	
16	- 18 34 25.7			-37.6	- 18 39 28.5		16 10.3	8.9		- 0 15 23.7		- 0 15 20.2	
17	- 18 49 27.5			-36.7	- 18 54 23.7		16 10.5	8.9		- 0 15 12.9		- 0 15 9.2	
18	- 19 4 9.4			-35.9	- 19 3 58.8		16 10.7	8.9		- 0 15 1.4		- 0 14 57.3	
19	- 19 18 30.8			-35.0	- 19 23 13.3		16 10.9	8.9		- 0 14 48.9		- 0 14 44.6	
20	- 19 32 31.5			-34.1	- 19 37 7.1		16 11.1	8.9		- 0 14 35.6		- 0 14 31.0	
21	- 19 46 11.1			-33.3	- 19 50 39.6		16 11.3	8.8		- 0 14 21.5		- 0 14 16.6	
22	- 19 59 29.2			-32.3	- 20 3 50.4		16 11.5	8.8		- 0 14 6.5		- 0 14 1.4	
23	- 20 12 25.4			-31.4	- 20 16 39.2		16 11.7	8.9		- 0 13 50.8		- 0 13 45.3	
24	- 20 24 59.4			-30.5	- 20 29 5.7		16 11.9	8.9		- 0 13 34.2		- 0 13 28.5	
25	- 20 37 10.7			-29.5	- 20 41 9.4		16 12.0	8.9		- 0 13 16.9		- 0 13 10.9	
26	- 20 43 53.0			-28.5	- 20 52 50.0		16 12.2	8.9		- 0 12 58.9		- 0 12 52.8	
27	- 21 0 24.1			-27.6	- 21 4 7.2		16 12.4	8.9		- 0 12 39.9		- 0 12 33.5	
28	- 21 11 25.5			-26.6	- 21 15 0.6		16 12.6	8.9		- 0 12 20.4		- 0 12 13.7	
29	- 21 22 2.8			-25.5	- 21 25 29.8		16 12.8	8.9		- 0 12 0.1		- 0 11 53.2	
30	- 21 32 15.8			-24.5	- 21 35 34.6		16 12.9	8.9		- 0 11 39.2		- 0 11 32.1	

LAMPIRAN 3

CONTOH TABEL TRANSFORMASI UTM

LINTANG DER. MEN	(I)	SELISIH TIAP 1"	(II)	SELISIH TIAP 1"	(III)	(A6)	(IV)	SELISIH TIAP 1"	(V)	SELISIH TIAP 1"	(B5)	D"(IV)	
0	0	30.70289	0.0	0.03633	0.0	0.0	309098.2341	-0.00022	121.9024	-0.00000	0.0725	0"	0.0
1	14421.737	30.70289	0.1796	0.03633	0.0022	0.0000	309098.2211	-0.00065	121.9024	-0.00000	0.0725	1"	0.0002
2	30843.473	30.70289	0.3591	0.03633	0.0043	0.0000	309098.1821	-0.00108	121.9023	-0.00000	0.0725	2"	0.0004
3	47265.210	30.70289	0.5387	0.03633	0.0065	0.0000	309098.1172	-0.00152	121.9022	-0.00000	0.0725	3"	0.0006
4	63686.946	30.70289	0.7182	0.03633	0.0086	0.0000	309098.0262	-0.00195	121.9020	-0.00000	0.0725	4"	0.0008
5	80108.683	30.70289	0.8978	0.03633	0.0108	0.0000	309097.9093	-0.00238	121.9017	-0.00000	0.0725	5"	0.0010
6	96530.420	30.70289	1.0773	0.03633	0.0130	0.0000	309097.7504	-0.00281	121.9015	-0.00001	0.0725	6"	0.0012
7	112952.158	30.70289	1.2568	0.03633	0.0151	0.0000	309097.5476	-0.00325	121.9011	-0.00001	0.0725	7"	0.0013
8	129373.895	30.70289	1.4364	0.03633	0.0173	0.0000	309097.4027	-0.00368	121.9007	-0.00001	0.0725	8"	0.0015
9	145795.633	30.70289	1.6159	0.03633	0.0194	0.0000	309097.1819	-0.00411	121.9003	-0.00001	0.0725	9"	0.0017
10	162217.371	30.70289	1.7954	0.03633	0.0216	0.0000	309096.9335	-0.00455	121.8998	-0.00001	0.0725	10"	0.0018
11	178639.109	30.70289	1.9749	0.03633	0.0238	0.0000	309096.6623	-0.00498	121.8993	-0.00001	0.0725	11"	0.0019
12	195060.847	30.70289	2.1544	0.03633	0.0259	0.0000	309096.3636	-0.00541	121.8987	-0.00001	0.0725	12"	0.0021
13	211482.585	30.70289	2.3339	0.03633	0.0281	0.0000	309096.0388	-0.00585	121.8980	-0.00001	0.0725	13"	0.0022
14	227904.323	30.70289	2.5134	0.03633	0.0302	0.0000	309095.6881	-0.00628	121.8973	-0.00001	0.0725	14"	0.0023
15	244326.061	30.70289	2.6929	0.03633	0.0324	0.0000	309095.3114	-0.00671	121.8966	-0.00001	0.0725	15"	0.0024
16	260747.799	30.70289	2.8724	0.03633	0.0346	0.0000	309094.9037	-0.00714	121.8958	-0.00001	0.0725	16"	0.0025
17	277169.537	30.70289	3.0519	0.03633	0.0367	0.0000	309094.4680	-0.00758	121.8949	-0.00002	0.0725	17"	0.0026
18	293591.275	30.70289	3.2314	0.03633	0.0389	0.0000	309094.0254	-0.00801	121.8940	-0.00002	0.0725	18"	0.0027
19	310013.013	30.70289	3.4109	0.03633	0.0410	0.0000	309093.5648	-0.00844	121.8931	-0.00002	0.0725	19"	0.0028
20	326434.751	30.70289	3.5904	0.03633	0.0432	0.0000	309093.0802	-0.00888	121.8921	-0.00002	0.0725	20"	0.0029
21	342856.489	30.70289	3.7699	0.03633	0.0454	0.0000	309092.5756	-0.00931	121.8910	-0.00002	0.0725	21"	0.0030
22	359278.227	30.70289	3.9494	0.03633	0.0475	0.0000	309092.0540	-0.00974	121.8899	-0.00002	0.0725	22"	0.0031
23	375700.065	30.70289	4.1289	0.03633	0.0497	0.0000	309091.5025	-0.01018	121.8888	-0.00002	0.0725	23"	0.0031
24	392121.803	30.70289	4.3084	0.03633	0.0518	0.0000	309090.9321	-0.01061	121.8876	-0.00002	0.0725	24"	0.0031
25	408543.541	30.70289	4.4879	0.03633	0.0540	0.0000	309090.3448	-0.01104	121.8863	-0.00002	0.0725	25"	0.0032
26	424965.279	30.70289	4.6674	0.03633	0.0561	0.0000	309089.7350	-0.01147	121.8851	-0.00002	0.0725	26"	0.0032
27	441387.017	30.70289	4.8469	0.03633	0.0583	0.0000	309089.1060	-0.01191	121.8836	-0.00002	0.0725	27"	0.0032
28	457808.755	30.70289	5.0264	0.03633	0.0604	0.0000	309088.4580	-0.01234	121.8822	-0.00002	0.0725	28"	0.0032
29	474230.493	30.70289	5.2059	0.03633	0.0626	0.0000	309087.7997	-0.01277	121.8807	-0.00002	0.0725	29"	0.0032
30	490652.231	30.70289	5.3854	0.03633	0.0648	0.0000	309087.1343	-0.01321	121.8792	-0.00003	0.0725	30"	0.0032
31	507073.969	30.70289	5.5649	0.03633	0.0670	0.0000	309086.4510	-0.01364	121.8776	-0.00003	0.0725	31"	0.0032
32	523495.707	30.70289	5.7444	0.03633	0.0691	0.0000	309085.7506	-0.01407	121.8760	-0.00003	0.0725	32"	0.0032
33	539917.445	30.70289	5.9239	0.03633	0.0713	0.0000	309085.0383	-0.01451	121.8743	-0.00003	0.0725	33"	0.0032
34	556339.183	30.70289	6.1034	0.03633	0.0734	0.0000	309084.3132	-0.01494	121.8726	-0.00003	0.0725	34"	0.0032
35	572760.921	30.70289	6.2829	0.03633	0.0756	0.0000	309083.5767	-0.01537	121.8708	-0.00003	0.0725	35"	0.0032
36	589182.659	30.70289	6.4624	0.03633	0.0777	0.0000	309082.8295	-0.01580	121.8690	-0.00003	0.0725	36"	0.0031
37	605604.397	30.70289	6.6419	0.03633	0.0799	0.0000	309082.0762	-0.01624	121.8671	-0.00003	0.0725	37"	0.0031
38	622026.135	30.70289	6.8214	0.03633	0.0821	0.0000	309081.3100	-0.01667	121.8652	-0.00003	0.0725	38"	0.0030
39	638447.873	30.70289	7.0009	0.03633	0.0842	0.0000	309080.5350	-0.01710	121.8632	-0.00003	0.0725	39"	0.0030
40	654869.611	30.70289	7.1804	0.03633	0.0863	0.0000	309079.7527	-0.01754	121.8612	-0.00003	0.0725	40"	0.0029
41	671291.349	30.70289	7.3599	0.03633	0.0885	0.0000	309078.9630	-0.01797	121.8591	-0.00003	0.0725	41"	0.0028
42	687713.087	30.70289	7.5394	0.03633	0.0907	0.0000	309078.1604	-0.01840	121.8570	-0.00003	0.0725	42"	0.0027
43	704134.825	30.70289	7.7189	0.03633	0.0928	0.0000	309077.3463	-0.01883	121.8548	-0.00003	0.0725	43"	0.0026
44	720556.563	30.70289	7.8984	0.03633	0.0950	0.0000	309076.5250	-0.01927	121.8525	-0.00003	0.0725	44"	0.0025
45	736978.301	30.70289	8.0779	0.03633	0.0972	0.0000	309075.6963	-0.01970	121.8502	-0.00003	0.0725	45"	0.0024
46	753400.039	30.70289	8.2574	0.03633	0.0994	0.0000	309074.8600	-0.02013	121.8479	-0.00003	0.0725	46"	0.0023
47	769821.777	30.70289	8.4369	0.03633	0.1015	0.0000	309074.0167	-0.02057	121.8455	-0.00003	0.0725	47"	0.0022
48	786243.515	30.70289	8.6164	0.03633	0.1037	0.0000	309073.1660	-0.02100	121.8431	-0.00003	0.0725	48"	0.0021
49	802665.253	30.70289	8.7959	0.03633	0.1058	0.0000	309072.3083	-0.02143	121.8406	-0.00003	0.0725	49"	0.0019
50	819086.991	30.70289	8.9754	0.03633	0.1080	0.0000	309071.4443	-0.02187	121.8380	-0.00003	0.0725	50"	0.0018
51	835508.729	30.70289	9.1549	0.03633	0.1101	0.0000	309070.5750	-0.02230	121.8354	-0.00003	0.0725	51"	0.0017
52	851930.467	30.70289	9.3344	0.03633	0.1123	0.0000	309069.7017	-0.02273	121.8328	-0.00003	0.0725	52"	0.0015
53	868352.205	30.70289	9.5139	0.03633	0.1145	0.0000	309068.8250	-0.02316	121.8301	-0.00003	0.0725	53"	0.0013
54	884773.943	30.70289	9.6934	0.03633	0.1166	0.0000	309067.9450	-0.02359	121.8273	-0.00003	0.0725	54"	0.0012
55	901195.681	30.70289	9.8729	0.03633	0.1188	0.0000	309067.0617	-0.02402	121.8245	-0.00003	0.0725	55"	0.0010
56	917617.419	30.70289	10.0524	0.03633	0.1209	0.0000	309066.1750	-0.02445	121.8216	-0.00003	0.0725	56"	0.0008
57	934039.157	30.70289	10.2319	0.03633	0.1231	0.0000	309065.2850	-0.02488	121.8187	-0.00003	0.0725	57"	0.0006
58	950460.895	30.70289	10.4114	0.03633	0.1252	0.0000	309064.3917	-0.02531	121.8158	-0.00003	0.0725	58"	0.0004
59	966882.633	30.70289	10.5909	0.03633	0.1274	0.0000	309063.4950	-0.02574	121.8126	-0.00003	0.0725	59"	0.0002

p = 0.0001 x DB"

Untuk UTARA Khatulistiwa : $U = (I) + (II) \cdot p^2 + (III) \cdot p^4 + (A6) \cdot p^6$

T = (IV) \cdot p + (V) \cdot p^3 + (B5) \cdot p^5

Untuk SELATAN Khatulistiwa : $U = 10.000.000.0000 - [(I) + (II) \cdot p^2 + (III) \cdot p^4 + (A6) \cdot p^6]$

LINTANG DER MEN	(I)	SELISIH TIAP 1"	(II)	SELISIH TIAP 1"	(III)	(A6)	(IV)	SELISIH TIAP 1"	(V)	SELISIH TIAP 1"	(B5)	D"(IV)
0	110530.5317	30.70349	130.7458	0.03651	0.1270	0.0001	30.7051.4725	-0.012019	121.8497	-0.012019	121.724	0.0
1	112370.7113	30.70349	130.7458	0.03651	0.1317	0.0001	30.7049.9053	-0.02003	121.8700	-0.02003	121.724	0.0002
2	114210.8909	30.70349	130.7458	0.03651	0.1365	0.0001	30.7048.3327	-0.02750	121.8903	-0.02750	121.723	0.0004
3	116050.9705	30.70349	130.7458	0.03651	0.1413	0.0001	30.7046.7601	-0.03497	121.9106	-0.03497	121.723	0.0006
4	117890.9501	30.70349	130.7458	0.03651	0.1461	0.0001	30.7045.1875	-0.04244	121.9309	-0.04244	121.723	0.0008
5	119730.9297	30.70349	130.7458	0.03651	0.1509	0.0001	30.7043.6149	-0.04991	121.9512	-0.04991	121.723	0.0010
6	121570.9093	30.70349	130.7458	0.03651	0.1557	0.0001	30.7041.0423	-0.05738	121.9715	-0.05738	121.723	0.0012
7	123410.8889	30.70349	130.7458	0.03651	0.1605	0.0001	30.7039.4697	-0.06485	121.9918	-0.06485	121.723	0.0014
8	125250.8685	30.70349	130.7458	0.03651	0.1653	0.0001	30.7037.8971	-0.07232	122.0121	-0.07232	121.723	0.0016
9	127090.8481	30.70349	130.7458	0.03651	0.1701	0.0001	30.7036.3245	-0.07979	122.0324	-0.07979	121.723	0.0018
10	128930.8277	30.70349	130.7458	0.03651	0.1749	0.0001	30.7034.7519	-0.08726	122.0527	-0.08726	121.723	0.0020
11	130770.8073	30.70349	130.7458	0.03651	0.1797	0.0001	30.7033.1793	-0.09473	122.0730	-0.09473	121.723	0.0022
12	132610.7869	30.70349	130.7458	0.03651	0.1845	0.0001	30.7031.6067	-0.10220	122.0933	-0.10220	121.723	0.0024
13	134450.7665	30.70349	130.7458	0.03651	0.1893	0.0001	30.7030.0341	-0.10967	122.1136	-0.10967	121.723	0.0026
14	136290.7461	30.70349	130.7458	0.03651	0.1941	0.0001	30.7028.4615	-0.11714	122.1339	-0.11714	121.723	0.0028
15	138130.7257	30.70349	130.7458	0.03651	0.1989	0.0001	30.7026.8889	-0.12461	122.1542	-0.12461	121.723	0.0030
16	140000.7053	30.70349	130.7458	0.03651	0.2037	0.0001	30.7025.3163	-0.13208	122.1745	-0.13208	121.723	0.0032
17	141840.6849	30.70349	130.7458	0.03651	0.2085	0.0001	30.7023.7437	-0.13955	122.1948	-0.13955	121.723	0.0034
18	143680.6645	30.70349	130.7458	0.03651	0.2133	0.0001	30.7022.1711	-0.14702	122.2151	-0.14702	121.723	0.0036
19	145520.6441	30.70349	130.7458	0.03651	0.2181	0.0001	30.7020.5985	-0.15449	122.2354	-0.15449	121.723	0.0038
20	147360.6237	30.70349	130.7458	0.03651	0.2229	0.0001	30.7019.0259	-0.16196	122.2557	-0.16196	121.723	0.0040
21	149200.6033	30.70349	130.7458	0.03651	0.2277	0.0001	30.7017.4533	-0.16943	122.2760	-0.16943	121.723	0.0042
22	151040.5829	30.70349	130.7458	0.03651	0.2325	0.0001	30.7015.8807	-0.17690	122.2963	-0.17690	121.723	0.0044
23	152880.5625	30.70349	130.7458	0.03651	0.2373	0.0001	30.7014.3081	-0.18437	122.3166	-0.18437	121.723	0.0046
24	154720.5421	30.70349	130.7458	0.03651	0.2421	0.0001	30.7012.7355	-0.19184	122.3369	-0.19184	121.723	0.0048
25	156560.5217	30.70349	130.7458	0.03651	0.2469	0.0001	30.7011.1629	-0.19931	122.3572	-0.19931	121.723	0.0050
26	158400.5013	30.70349	130.7458	0.03651	0.2517	0.0001	30.7009.5903	-0.20678	122.3775	-0.20678	121.723	0.0052
27	160240.4809	30.70349	130.7458	0.03651	0.2565	0.0001	30.7008.0177	-0.21425	122.3978	-0.21425	121.723	0.0054
28	162080.4605	30.70349	130.7458	0.03651	0.2613	0.0001	30.7006.4451	-0.22172	122.4181	-0.22172	121.723	0.0056
29	163920.4401	30.70349	130.7458	0.03651	0.2661	0.0001	30.7004.8725	-0.22919	122.4384	-0.22919	121.723	0.0058
30	165760.4197	30.70349	130.7458	0.03651	0.2709	0.0001	30.7003.3000	-0.23666	122.4587	-0.23666	121.723	0.0060
31	167600.3993	30.70349	130.7458	0.03651	0.2757	0.0001	30.7001.7274	-0.24413	122.4790	-0.24413	121.723	0.0062
32	169440.3789	30.70349	130.7458	0.03651	0.2805	0.0001	30.6999.1548	-0.25160	122.4993	-0.25160	121.723	0.0064
33	171280.3585	30.70349	130.7458	0.03651	0.2853	0.0001	30.6997.5822	-0.25907	122.5196	-0.25907	121.723	0.0066
34	173120.3381	30.70349	130.7458	0.03651	0.2901	0.0001	30.6996.0096	-0.26654	122.5399	-0.26654	121.723	0.0068
35	174960.3177	30.70349	130.7458	0.03651	0.2949	0.0001	30.6994.4370	-0.27401	122.5602	-0.27401	121.723	0.0070
36	176800.2973	30.70349	130.7458	0.03651	0.2997	0.0001	30.6992.8644	-0.28148	122.5805	-0.28148	121.723	0.0072
37	178640.2769	30.70349	130.7458	0.03651	0.3045	0.0001	30.6991.2918	-0.28895	122.6008	-0.28895	121.723	0.0074
38	180480.2565	30.70349	130.7458	0.03651	0.3093	0.0001	30.6989.7192	-0.29642	122.6211	-0.29642	121.723	0.0076
39	182320.2361	30.70349	130.7458	0.03651	0.3141	0.0001	30.6988.1466	-0.30389	122.6414	-0.30389	121.723	0.0078
40	184160.2157	30.70349	130.7458	0.03651	0.3189	0.0001	30.6986.5740	-0.31136	122.6617	-0.31136	121.723	0.0080
41	186000.1953	30.70349	130.7458	0.03651	0.3237	0.0001	30.6985.0014	-0.31883	122.6820	-0.31883	121.723	0.0082
42	187840.1749	30.70349	130.7458	0.03651	0.3285	0.0001	30.6983.4288	-0.32630	122.7023	-0.32630	121.723	0.0084
43	189680.1545	30.70349	130.7458	0.03651	0.3333	0.0001	30.6981.8562	-0.33377	122.7226	-0.33377	121.723	0.0086
44	191520.1341	30.70349	130.7458	0.03651	0.3381	0.0001	30.6980.2836	-0.34124	122.7429	-0.34124	121.723	0.0088
45	193360.1137	30.70349	130.7458	0.03651	0.3429	0.0001	30.6978.7110	-0.34871	122.7632	-0.34871	121.723	0.0090
46	195200.0933	30.70349	130.7458	0.03651	0.3477	0.0001	30.6977.1384	-0.35618	122.7835	-0.35618	121.723	0.0092
47	197040.0729	30.70349	130.7458	0.03651	0.3525	0.0001	30.6975.5658	-0.36365	122.8038	-0.36365	121.723	0.0094
48	198880.0525	30.70349	130.7458	0.03651	0.3573	0.0001	30.6974.9932	-0.37112	122.8241	-0.37112	121.723	0.0096
49	200720.0321	30.70349	130.7458	0.03651	0.3621	0.0001	30.6973.4206	-0.37859	122.8444	-0.37859	121.723	0.0098
50	202560.0117	30.70349	130.7458	0.03651	0.3669	0.0001	30.6971.8480	-0.38606	122.8647	-0.38606	121.723	0.0100
51	204400.0013	30.70349	130.7458	0.03651	0.3717	0.0001	30.6970.2754	-0.39353	122.8850	-0.39353	121.723	0.0102
52	206240.0009	30.70349	130.7458	0.03651	0.3765	0.0001	30.6968.7028	-0.40100	122.9053	-0.40100	121.723	0.0104
53	208080.0005	30.70349	130.7458	0.03651	0.3813	0.0001	30.6967.1302	-0.40847	122.9256	-0.40847	121.723	0.0106
54	210000.0001	30.70349	130.7458	0.03651	0.3861	0.0001	30.6965.5576	-0.41594	122.9459	-0.41594	121.723	0.0108
55	211840.0000	30.70349	130.7458	0.03651	0.3909	0.0001	30.6964.9850	-0.42341	122.9662	-0.42341	121.723	0.0110
56	213680.0000	30.70349	130.7458	0.03651	0.3957	0.0001	30.6963.4124	-0.43088	122.9865	-0.43088	121.723	0.0112
57	215520.0000	30.70349	130.7458	0.03651	0.4005	0.0001	30.6961.8398	-0.43835	123.0068	-0.43835	121.723	0.0114
58	217360.0000	30.70349	130.7458	0.03651	0.4053	0.0001	30.6960.2672	-0.44582	123.0271	-0.44582	121.723	0.0116
59	219200.0000	30.70349	130.7458	0.03651	0.4101	0.0001	30.6958.6946	-0.45329	123.0474	-0.45329	121.723	0.0118
60	221040.0000	30.70349	130.7458	0.03651	0.4149	0.0001	30.6957.1220	-0.46076	123.0677	-0.46076	121.723	0.0120

p = 0.0001 x DB"

Untuk UTARA Khatulistiwa : $U = (I) + (II) \cdot p^2 + (III) \cdot p^4 + (A6) \cdot p^6$

T' = (IV) \cdot p + (V) \cdot p^3 + (B5) \cdot p^5

Untuk SELATAN Khatulistiwa : $U = 10.000.000.000 - [(I) + (II) \cdot p^2 + (III) \cdot p^4 + (A6) \cdot p^6]$

INTANG DER MEN	(I)	SELISIH TIAP 1"	(II)	SELISIH TIAP 1"	(III)	(A6)	(IV)	SELISIH TIAP 1"	(V)	SELISIH TIAP 1"	(B5)	D"(IV)
0	221.691.7346	30.70327	261.3351	0.03624	0.2567	0.0003	308911.1992	-0.05217	121.5319	-0.00010	0.0720	C ⁰ 0.0
1	222.703.7361	30.70326	261.5093	0.03624	0.2658	0.0003	308904.9693	-0.05260	121.5257	-0.00010	0.0719	1 ⁰ 0.0002
2	223.715.7376	30.70325	261.6835	0.03623	0.2750	0.0003	308897.9134	-0.05303	121.5194	-0.00010	0.0719	2 ⁰ 0.0004
3	224.727.7391	30.70324	261.8577	0.03623	0.2841	0.0003	308891.7315	-0.05346	121.5131	-0.00011	0.0719	3 ⁰ 0.0006
4	225.739.7406	30.70323	262.0319	0.03623	0.2933	0.0003	308884.5237	-0.05389	121.5068	-0.00011	0.0719	4 ⁰ 0.0008
5	226.751.7421	30.70322	262.2061	0.03623	0.3024	0.0003	308877.2899	-0.05433	121.5004	-0.00011	0.0719	5 ⁰ 0.0010
6	227.763.7436	30.70321	262.3803	0.03623	0.3115	0.0003	308870.0301	-0.05476	121.4941	-0.00011	0.0719	6 ⁰ 0.0012
7	228.775.7451	30.70320	262.5545	0.03623	0.3207	0.0003	308862.7444	-0.05519	121.4878	-0.00011	0.0719	7 ⁰ 0.0013
8	229.787.7466	30.70319	262.7287	0.03622	0.3298	0.0003	308855.4327	-0.05563	121.4815	-0.00011	0.0719	8 ⁰ 0.0015
9	230.799.7481	30.70318	262.9029	0.03622	0.3389	0.0003	308848.0951	-0.05606	121.4752	-0.00011	0.0719	9 ⁰ 0.0017
10	231.811.7496	30.70317	263.0771	0.03622	0.3481	0.0003	308840.7315	-0.05649	121.4689	-0.00011	0.0719	10 ⁰ 0.0018
11	232.823.7511	30.70316	263.2513	0.03622	0.3572	0.0003	308833.3419	-0.05693	121.4626	-0.00011	0.0719	11 ⁰ 0.0019
12	233.835.7526	30.70315	263.4255	0.03622	0.3664	0.0003	308825.9264	-0.05736	121.4563	-0.00011	0.0718	12 ⁰ 0.0021
13	234.847.7541	30.70314	263.5997	0.03622	0.3755	0.0003	308818.4844	-0.05779	121.4500	-0.00012	0.0718	13 ⁰ 0.0022
14	235.859.7556	30.70313	263.7739	0.03621	0.3847	0.0003	308810.9175	-0.05822	121.4437	-0.00012	0.0718	14 ⁰ 0.0023
15	236.871.7571	30.70312	263.9481	0.03621	0.3938	0.0003	308803.3241	-0.05866	121.4374	-0.00012	0.0718	15 ⁰ 0.0024
16	237.883.7586	30.70311	264.1223	0.03621	0.4030	0.0003	308795.7047	-0.05909	121.4311	-0.00012	0.0718	16 ⁰ 0.0025
17	238.895.7601	30.70310	264.2965	0.03621	0.4121	0.0003	308788.0594	-0.05952	121.4248	-0.00012	0.0718	17 ⁰ 0.0026
18	239.907.7616	30.70309	264.4707	0.03621	0.4213	0.0003	308780.3881	-0.05995	121.4185	-0.00012	0.0718	18 ⁰ 0.0027
19	240.919.7631	30.70308	264.6449	0.03621	0.4304	0.0003	308772.6908	-0.06038	121.4122	-0.00012	0.0718	19 ⁰ 0.0028
20	241.931.7646	30.70307	264.8191	0.03621	0.4396	0.0003	308764.9676	-0.06081	121.4059	-0.00012	0.0718	20 ⁰ 0.0029
21	242.943.7661	30.70306	264.9933	0.03621	0.4487	0.0003	308757.2184	-0.06124	121.4000	-0.00012	0.0717	21 ⁰ 0.0030
22	243.955.7676	30.70305	265.1675	0.03621	0.4579	0.0003	308749.4431	-0.06167	121.3937	-0.00012	0.0717	22 ⁰ 0.0031
23	244.967.7691	30.70304	265.3417	0.03620	0.4670	0.0003	308741.6418	-0.06210	121.3874	-0.00012	0.0717	23 ⁰ 0.0032
24	245.979.7706	30.70303	265.5159	0.03620	0.4762	0.0003	308733.8145	-0.06253	121.3811	-0.00012	0.0717	24 ⁰ 0.0033
25	246.991.7721	30.70302	265.6901	0.03620	0.4853	0.0003	308725.9612	-0.06296	121.3748	-0.00012	0.0717	25 ⁰ 0.0034
26	248.003.7736	30.70301	265.8643	0.03619	0.4945	0.0003	308718.0819	-0.06339	121.3685	-0.00012	0.0717	26 ⁰ 0.0035
27	249.015.7751	30.70300	266.0385	0.03619	0.5036	0.0003	308710.1766	-0.06382	121.3622	-0.00012	0.0717	27 ⁰ 0.0036
28	250.027.7766	30.70299	266.2127	0.03619	0.5128	0.0003	308702.2453	-0.06425	121.3559	-0.00012	0.0717	28 ⁰ 0.0037
29	251.039.7781	30.70298	266.3869	0.03619	0.5219	0.0003	308694.2880	-0.06468	121.3496	-0.00012	0.0717	29 ⁰ 0.0038
30	252.051.7796	30.70297	266.5611	0.03619	0.5311	0.0003	308686.3047	-0.06511	121.3433	-0.00012	0.0717	30 ⁰ 0.0039
31	253.063.7811	30.70296	266.7353	0.03619	0.5402	0.0003	308678.2954	-0.06554	121.3370	-0.00012	0.0716	31 ⁰ 0.0040
32	254.075.7826	30.70295	266.9095	0.03618	0.5494	0.0003	308670.2601	-0.06597	121.3307	-0.00012	0.0716	32 ⁰ 0.0041
33	255.087.7841	30.70294	267.0837	0.03618	0.5585	0.0003	308662.1988	-0.06640	121.3244	-0.00012	0.0716	33 ⁰ 0.0042
34	256.099.7856	30.70293	267.2579	0.03618	0.5677	0.0003	308654.1115	-0.06683	121.3181	-0.00012	0.0716	34 ⁰ 0.0043
35	257.111.7871	30.70292	267.4321	0.03618	0.5768	0.0003	308646.0082	-0.06726	121.3118	-0.00012	0.0716	35 ⁰ 0.0044
36	258.123.7886	30.70291	267.6063	0.03618	0.5860	0.0003	308637.8789	-0.06769	121.3055	-0.00012	0.0716	36 ⁰ 0.0045
37	259.135.7901	30.70290	267.7805	0.03617	0.5951	0.0003	308629.7236	-0.06812	121.2992	-0.00012	0.0716	37 ⁰ 0.0046
38	260.147.7916	30.70289	267.9547	0.03617	0.6043	0.0003	308621.5423	-0.06855	121.2929	-0.00012	0.0716	38 ⁰ 0.0047
39	261.159.7931	30.70288	268.1289	0.03617	0.6134	0.0003	308613.3350	-0.06898	121.2866	-0.00012	0.0716	39 ⁰ 0.0048
40	262.171.7946	30.70287	268.3031	0.03617	0.6226	0.0003	308605.1017	-0.06941	121.2803	-0.00012	0.0716	40 ⁰ 0.0049
41	263.183.7961	30.70286	268.4773	0.03617	0.6317	0.0003	308596.8424	-0.06984	121.2740	-0.00012	0.0716	41 ⁰ 0.0050
42	264.195.7976	30.70285	268.6515	0.03617	0.6409	0.0003	308588.5571	-0.07027	121.2677	-0.00012	0.0716	42 ⁰ 0.0051
43	265.207.7991	30.70284	268.8257	0.03617	0.6500	0.0003	308580.2458	-0.07070	121.2614	-0.00012	0.0716	43 ⁰ 0.0052
44	266.219.8006	30.70283	268.9999	0.03617	0.6592	0.0003	308571.9085	-0.07113	121.2551	-0.00012	0.0716	44 ⁰ 0.0053
45	267.231.8021	30.70282	269.1741	0.03617	0.6683	0.0003	308563.5452	-0.07156	121.2488	-0.00012	0.0716	45 ⁰ 0.0054
46	268.243.8036	30.70281	269.3483	0.03617	0.6775	0.0003	308555.1559	-0.07199	121.2425	-0.00012	0.0716	46 ⁰ 0.0055
47	269.255.8051	30.70280	269.5225	0.03617	0.6866	0.0003	308546.7406	-0.07242	121.2362	-0.00012	0.0716	47 ⁰ 0.0056
48	270.267.8066	30.70279	269.6967	0.03617	0.6958	0.0003	308538.3093	-0.07285	121.2299	-0.00012	0.0716	48 ⁰ 0.0057
49	271.279.8081	30.70278	269.8709	0.03617	0.7049	0.0003	308529.8520	-0.07328	121.2236	-0.00012	0.0716	49 ⁰ 0.0058
50	272.291.8096	30.70277	270.0451	0.03617	0.7141	0.0003	308521.3687	-0.07371	121.2173	-0.00012	0.0716	50 ⁰ 0.0059
51	273.303.8111	30.70276	270.2193	0.03617	0.7232	0.0003	308512.8594	-0.07414	121.2110	-0.00012	0.0716	51 ⁰ 0.0060
52	274.315.8126	30.70275	270.3935	0.03617	0.7324	0.0003	308504.3241	-0.07457	121.2047	-0.00012	0.0716	52 ⁰ 0.0061
53	275.327.8141	30.70274	270.5677	0.03617	0.7415	0.0003	308495.7628	-0.07500	121.1984	-0.00012	0.0716	53 ⁰ 0.0062
54	276.339.8156	30.70273	270.7419	0.03617	0.7507	0.0003	308487.1755	-0.07543	121.1921	-0.00012	0.0716	54 ⁰ 0.0063
55	277.351.8171	30.70272	270.9161	0.03617	0.7598	0.0003	308478.5622	-0.07586	121.1858	-0.00012	0.0716	55 ⁰ 0.0064
56	278.363.8186	30.70271	271.0903	0.03617	0.7690	0.0003	308469.9239	-0.07629	121.1795	-0.00012	0.0716	56 ⁰ 0.0065
57	279.375.8201	30.70270	271.2645	0.03617	0.7781	0.0003	308461.2606	-0.07672	121.1732	-0.00012	0.0716	57 ⁰ 0.0066
58	280.387.8216	30.70269	271.4387	0.03617	0.7873	0.0003	308452.5733	-0.07715	121.1669	-0.00012	0.0716	58 ⁰ 0.0067
59	281.399.8231	30.70268	271.6129	0.03617	0.7964	0.0003	308443.8620	-0.07758	121.1606	-0.00012	0.0716	59 ⁰ 0.0068

p = 0.0001 x DB"

Untuk UTARA Khatulistiwa : U = (I) + (II).p² + (III).p⁴ + (A6).p⁶T = (IV).p + (V).p³ + (B5).p⁵Untuk SELATAN Khatulistiwa : U = 10.000.000.0000 - [(I) + (II).p² + (III).p⁴ + (A6).p⁶]

$$k = k_0 \cdot (1 + (XX) \cdot p^2 + (XXI) \cdot p^4)$$

LINTANG DER MEN	XII	SELISIH TIAP 1"	XIII	BIL.CS	XX	XXI	LINTANG DER MEN	XII	SELISIH TIAP 1"	XIII	BIL.CS	XX	XXI
0	697.5647	0.04830	0.5544	0.00000	0.001177	0.000000	5	871.5574	0.04830	0.6913	0.00003	0.001174	0.000001
1	700.4400	0.04830	0.5571	0.00001	0.001177	0.000000	5	874.4454	0.04833	0.6936	0.00003	0.001174	0.000001
2	703.3152	0.04830	0.5598	0.00002	0.001177	0.000000	5	877.3324	0.04829	0.6956	0.00003	0.001174	0.000001
3	706.1904	0.04830	0.5617	0.00003	0.001177	0.000000	5	880.2150	0.04829	0.6981	0.00004	0.001174	0.000001
4	709.0656	0.04830	0.5643	0.00004	0.001177	0.000000	5	883.1001	0.04829	0.7004	0.00004	0.001174	0.000001
5	711.9408	0.04830	0.5668	0.00005	0.001177	0.000001	5	886.0450	0.04829	0.7026	0.00004	0.001174	0.000001
6	714.8160	0.04830	0.5688	0.00006	0.001177	0.000001	5	888.9430	0.04829	0.7049	0.00004	0.001174	0.000001
7	717.6912	0.04830	0.5720	0.00006	0.001177	0.000001	5	891.8403	0.04829	0.7071	0.00004	0.001174	0.000001
8	720.5664	0.04835	0.5751	0.00007	0.001177	0.000001	5	894.7375	0.04829	0.7094	0.00005	0.001174	0.000001
9	723.4416	0.04835	0.5784	0.00008	0.001177	0.000001	5	897.6347	0.04829	0.7117	0.00005	0.001174	0.000001
10	726.3168	0.04835	0.5777	0.00009	0.001177	0.000001	5	900.5319	0.04828	0.7139	0.00005	0.001173	0.000001
11	729.1920	0.04835	0.5800	0.00009	0.001177	0.000001	5	903.4291	0.04828	0.7162	0.00005	0.001173	0.000001
12	732.0672	0.04835	0.5823	0.00009	0.001177	0.000001	5	906.3258	0.04828	0.7184	0.00005	0.001173	0.000001
13	734.9424	0.04835	0.5845	0.00009	0.001177	0.000001	5	909.2227	0.04828	0.7207	0.00006	0.001173	0.000001
14	737.8176	0.04835	0.5868	0.00009	0.001177	0.000001	5	912.1195	0.04828	0.7230	0.00006	0.001173	0.000001
15	740.6928	0.04835	0.5891	0.00009	0.001177	0.000001	5	915.0162	0.04828	0.7252	0.00006	0.001173	0.000001
16	743.5680	0.04835	0.5914	0.00009	0.001177	0.000001	5	917.9128	0.04828	0.7275	0.00006	0.001173	0.000001
17	746.4432	0.04835	0.5937	0.00009	0.001176	0.000001	5	920.8094	0.04827	0.7297	0.00006	0.001173	0.000001
18	749.3184	0.04834	0.5959	0.00009	0.001176	0.000001	5	923.7059	0.04827	0.7320	0.00007	0.001173	0.000001
19	752.1936	0.04834	0.5982	0.00009	0.001176	0.000001	5	926.6023	0.04827	0.7342	0.00007	0.001173	0.000001
20	755.0688	0.04834	0.6005	0.00009	0.001176	0.000001	5	929.4988	0.04827	0.7365	0.00007	0.001173	0.000001
21	757.9440	0.04834	0.6028	0.00009	0.001176	0.000001	5	932.3949	0.04827	0.7387	0.00007	0.001173	0.000001
22	760.8192	0.04834	0.6051	0.00009	0.001176	0.000001	5	935.2910	0.04827	0.7410	0.00007	0.001173	0.000001
23	763.6944	0.04834	0.6073	0.00009	0.001176	0.000001	5	938.1871	0.04827	0.7432	0.00007	0.001173	0.000001
24	766.5696	0.04834	0.6096	0.00009	0.001176	0.000001	5	941.0831	0.04827	0.7455	0.00007	0.001173	0.000001
25	769.4448	0.04834	0.6119	0.00009	0.001176	0.000001	5	943.9791	0.04826	0.7478	0.00007	0.001173	0.000001
26	772.3200	0.04834	0.6142	0.00009	0.001176	0.000001	5	946.8749	0.04826	0.7500	0.00007	0.001172	0.000001
27	775.1952	0.04833	0.6165	0.00009	0.001176	0.000001	5	949.7707	0.04826	0.7523	0.00007	0.001172	0.000001
28	778.0704	0.04833	0.6187	0.00009	0.001176	0.000001	5	952.6664	0.04826	0.7545	0.00007	0.001172	0.000001
29	780.9456	0.04833	0.6210	0.00009	0.001176	0.000001	5	955.5623	0.04826	0.7568	0.00007	0.001172	0.000001
30	783.8208	0.04833	0.6233	0.00009	0.001176	0.000001	5	958.4579	0.04826	0.7590	0.00007	0.001172	0.000001
31	786.6960	0.04833	0.6255	0.00009	0.001176	0.000001	5	961.3533	0.04826	0.7613	0.00007	0.001172	0.000001
32	789.5712	0.04833	0.6278	0.00009	0.001176	0.000001	5	964.2483	0.04825	0.7635	0.00007	0.001172	0.000001
33	792.4464	0.04833	0.6301	0.00009	0.001176	0.000001	5	967.1430	0.04825	0.7658	0.00007	0.001172	0.000001
34	795.3216	0.04833	0.6324	0.00009	0.001176	0.000001	5	970.0388	0.04825	0.7680	0.00007	0.001172	0.000001
35	798.1968	0.04833	0.6346	0.00009	0.001176	0.000001	5	972.9340	0.04825	0.7702	0.00007	0.001172	0.000001
36	801.0720	0.04832	0.6369	0.00009	0.001175	0.000001	5	975.8290	0.04825	0.7725	0.00007	0.001172	0.000001
37	803.9472	0.04832	0.6392	0.00009	0.001175	0.000001	5	978.7243	0.04825	0.7747	0.00007	0.001172	0.000001
38	806.8224	0.04832	0.6414	0.00009	0.001175	0.000001	5	981.6188	0.04825	0.7770	0.00007	0.001172	0.000001
39	809.6976	0.04832	0.6437	0.00009	0.001175	0.000001	5	984.5136	0.04825	0.7792	0.00007	0.001172	0.000001
40	812.5728	0.04832	0.6460	0.00009	0.001175	0.000001	5	987.4083	0.04824	0.7815	0.00007	0.001172	0.000001
41	815.4480	0.04832	0.6483	0.00009	0.001175	0.000001	5	990.3030	0.04824	0.7837	0.00007	0.001171	0.000001
42	818.3232	0.04832	0.6505	0.00009	0.001175	0.000001	5	993.1975	0.04824	0.7860	0.00007	0.001171	0.000001
43	821.1984	0.04832	0.6528	0.00009	0.001175	0.000001	5	996.0923	0.04824	0.7882	0.00007	0.001171	0.000001
44	824.0736	0.04832	0.6551	0.00009	0.001175	0.000001	5	998.9868	0.04824	0.7904	0.00007	0.001171	0.000001
45	826.9488	0.04831	0.6573	0.00009	0.001175	0.000001	5	1001.8808	0.04824	0.7927	0.00007	0.001171	0.000001
46	829.8240	0.04831	0.6596	0.00009	0.001175	0.000001	5	1004.7748	0.04824	0.7949	0.00007	0.001171	0.000001
47	832.6992	0.04831	0.6619	0.00009	0.001175	0.000001	5	1007.6689	0.04823	0.7972	0.00007	0.001171	0.000001
48	835.5744	0.04831	0.6641	0.00009	0.001175	0.000001	5	1010.5630	0.04823	0.7994	0.00007	0.001171	0.000001
49	838.4496	0.04831	0.6664	0.00009	0.001175	0.000001	5	1013.4569	0.04823	0.8017	0.00007	0.001171	0.000001
50	841.3248	0.04831	0.6687	0.00009	0.001175	0.000001	5	1016.3508	0.04823	0.8039	0.00007	0.001171	0.000001
51	844.1999	0.04831	0.6710	0.00009	0.001175	0.000001	5	1019.2447	0.04823	0.8062	0.00007	0.001171	0.000001
52	847.0751	0.04831	0.6732	0.00009	0.001175	0.000001	5	1022.1386	0.04823	0.8084	0.00007	0.001171	0.000001
53	849.9503	0.04830	0.6755	0.00009	0.001175	0.000001	5	1025.0324	0.04823	0.8106	0.00007	0.001171	0.000001
54	852.8255	0.04830	0.6777	0.00009	0.001174	0.000001	5	1027.9263	0.04822	0.8129	0.00007	0.001171	0.000001
55	855.7007	0.04830	0.6800	0.00009	0.001174	0.000001	5	1030.8200	0.04822	0.8151	0.00007	0.001170	0.000001
56	858.5759	0.04830	0.6823	0.00009	0.001174	0.000001	5	1033.7137	0.04822	0.8173	0.00007	0.001170	0.000001
57	861.4511	0.04830	0.6845	0.00009	0.001174	0.000001	5	1036.6073	0.04822	0.8196	0.00007	0.001170	0.000001
58	864.3263	0.04830	0.6868	0.00009	0.001174	0.000001	5	1039.5008	0.04822	0.8218	0.00007	0.001170	0.000001
59	867.2015	0.04830	0.6891	0.00009	0.001174	0.000001	5	1042.3943	0.04822	0.8240	0.00007	0.001170	0.000001

$$p = 0.000.1 \times \text{db}''$$

$$K_g = (XII) \cdot p + (XIII) \cdot p^3 + (CS) \cdot p^5$$

$$k_0 = 0.999.6$$

$$k = k_0 \cdot (1 + (XX) \cdot p^2 + (XXI) \cdot p^4)$$

LAMPIRAN 4

CONTOH TABEL TRANSFORMASI TM_3°

*Tabel Koefisien [p] Untuk Menghitung Konvergensi Grid Proyeksi TM-3

Lintang	$\Delta B (B - B_0)$											
	0 00'	0 10'	0 20'	0 30'	0 40'	0 50'	1 00'	1 10'	1 20'	1 30'		
0 0'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
10'	2.9089	2.9089	2.9089	2.9090	2.9090	2.9091	2.9092	2.9093	2.9094	2.9095		
20'	5.8177	5.8177	5.8178	5.8179	5.8180	5.8181	5.8183	5.8185	5.8188	5.8191		
30'	8.7265	8.7266	8.7266	8.7268	8.7269	8.7272	8.7274	8.7277	8.7281	8.7285		
40'	11.6353	11.6353	11.6354	11.6356	11.6358	11.6361	11.6364	11.6369	11.6374	11.6379		
50'	14.5439	14.5439	14.5441	14.5443	14.5446	14.5449	14.5454	14.5459	14.5465	14.5472		
1 0'	17.4524	17.4525	17.4526	17.4528	17.4532	17.4536	17.4542	17.4548	17.4556	17.4564		
10'	20.3608	20.3608	20.3610	20.3613	20.3617	20.3622	20.3628	20.3636	20.3644	20.3654		
20'	23.2690	23.2690	23.2692	23.2695	23.2700	23.2706	23.2713	23.2722	23.2732	23.2743		
30'	26.1769	26.1770	26.1772	26.1776	26.1781	26.1788	26.1796	26.1806	26.1817	26.1829		
40'	29.0847	29.0848	29.0850	29.0855	29.0860	29.0868	29.0877	29.0887	29.0900	29.0914		
50'	31.9922	31.9923	31.9926	31.9931	31.9937	31.9945	31.9955	31.9967	31.9980	31.9995		
2 0'	34.8995	34.8996	34.8999	34.9004	34.9011	34.9020	34.9030	34.9043	34.9058	34.9075		
10'	37.8065	37.8066	37.8069	37.8074	37.8082	37.8091	37.8103	37.8117	37.8133	37.8151		
20'	40.7131	40.7132	40.7136	40.7141	40.7149	40.7160	40.7172	40.7187	40.7204	40.7224		
30'	43.6194	43.6195	43.6199	43.6205	43.6214	43.6225	43.6238	43.6254	43.6272	43.6293		
40'	46.5253	46.5254	46.5258	46.5265	46.5274	46.5286	46.5300	46.5317	46.5337	46.5359		
50'	49.4308	49.4310	49.4314	49.4321	49.4331	49.4343	49.4359	49.4377	49.4397	49.4421		
3 0'	52.3360	52.3361	52.3365	52.3373	52.3383	52.3396	52.3413	52.3432	52.3454	52.3479		
10'	55.2406	55.2408	55.2412	55.2420	55.2431	55.2445	55.2462	55.2482	55.2506	55.2532		
20'	58.1448	58.1450	58.1455	58.1463	58.1474	58.1489	58.1507	58.1528	58.1553	58.1581		
30'	61.0485	61.0487	61.0492	61.0501	61.0513	61.0528	61.0547	61.0569	61.0595	61.0624		
40'	63.9517	63.9519	63.9525	63.9534	63.9546	63.9562	63.9582	63.9605	63.9632	63.9663		
50'	66.8544	66.8546	66.8551	66.8561	66.8574	66.8591	66.8611	66.8636	66.8664	66.8696		

Rumus : Konvergensi Grid = [...] x $\Delta B''/1000$
 [...] = tabel
 (dalam satuan detik ["'])

Tabel Koefisien [p] Untuk Menghitung Konvergensi Grid Proyeksi TM23

Lintang	$\Delta B (B - B_0)$										
	0 00'	0 10'	0 20'	0 30'	0 40'	0 50'	1 00'	1 10'	1 20'	1 30'	
4	0'	69.7565	69.7567	69.7573	69.7582	69.7596	69.7614	69.7635	69.7661	69.7690	69.7723
	10'	72.6580	72.6582	72.6588	72.6598	72.6612	72.6631	72.6653	72.6680	72.6710	72.6745
	20'	75.5589	75.5591	75.5597	75.5608	75.5622	75.5642	75.5665	75.5692	75.5724	75.5760
	30'	78.4591	78.4593	78.4600	78.4611	78.4626	78.4646	78.4670	78.4699	78.4732	78.4769
	40'	81.3587	81.3589	81.3596	81.3607	81.3623	81.3644	81.3669	81.3698	81.3733	81.3771
	50'	84.2576	84.2578	84.2585	84.2597	84.2613	84.2635	84.2661	84.2691	84.2727	84.2767
5	0'	87.1557	87.1560	87.1567	87.1579	87.1596	87.1618	87.1645	87.1677	87.1714	87.1755
	10'	90.0532	90.0534	90.0542	90.0555	90.0572	90.0595	90.0623	90.0655	90.0693	90.0736
	20'	92.9499	92.9501	92.9509	92.9522	92.9540	92.9564	92.9592	92.9626	92.9665	92.9709
	30'	95.8456	95.8460	95.8468	95.8482	95.8500	95.8524	95.8554	95.8589	95.8629	95.8674
	40'	98.7408	98.7411	98.7419	98.7433	98.7452	98.7477	98.7508	98.7543	98.7585	98.7632
	50'	101.6351	101.6354	101.6362	101.6376	101.6396	101.6422	101.6453	101.6490	101.6532	101.6581
6	0'	104.5285	104.5288	104.5296	104.5311	104.5331	104.5358	104.5390	104.5428	104.5471	104.5521
	10'	107.4210	107.4213	107.4222	107.4237	107.4258	107.4285	107.4317	107.4356	107.4401	107.4452
	20'	110.3126	110.3129	110.3138	110.3153	110.3175	110.3202	110.3236	110.3276	110.3322	110.3375
	30'	113.2032	113.2035	113.2045	113.2061	113.2083	113.2111	113.2146	113.2187	113.2234	113.2287
	40'	116.0929	116.0932	116.0942	116.0958	116.0981	116.1010	116.1045	116.1087	116.1136	116.1191
	50'	118.9816	118.9820	118.9830	118.9846	118.9869	118.9899	118.9935	118.9978	119.0028	119.0084
7	0'	121.8693	121.8697	121.8707	121.8724	121.8748	121.8778	121.8815	121.8859	121.8910	121.8968
	10'	124.7560	124.7564	124.7574	124.7591	124.7616	124.7647	124.7685	124.7730	124.7782	124.7841
	20'	127.6416	127.6420	127.6431	127.6448	127.6473	127.6505	127.6544	127.6590	127.6643	127.6703
	30'	130.5262	130.5266	130.5276	130.5294	130.5320	130.5352	130.5392	130.5439	130.5494	130.5555
	40'	133.4096	133.4100	133.4111	133.4130	133.4155	133.4189	133.4229	133.4277	133.4333	133.4396
	50'	136.2919	136.2923	136.2935	136.2953	136.2980	136.3014	136.3055	136.3104	136.3161	136.3225

Rumus : Konvergensi Grid = [...] x $\Delta B''/1000$
 [...] = tabel (dalam satuan detik ["'])

Tabel Koefisien [q] Untuk Menghitung Konvergensi Grid Proyeksi TM-5

Y (m)	Lintang	X (km)										
		0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150
0	0 0'	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
18434	10'	0.094080	0.094080	0.094080	0.094079	0.094077	0.094076	0.094074	0.094072	0.094069	0.094066	0.094063
36867	20'	0.188160	0.188160	0.188159	0.188157	0.188155	0.188152	0.188148	0.188143	0.188138	0.188132	0.188126
55301	30'	0.282242	0.282241	0.282239	0.282237	0.282233	0.282229	0.282223	0.282216	0.282208	0.282200	0.282190
73734	40'	0.376326	0.376325	0.376323	0.376320	0.376315	0.376309	0.376301	0.376292	0.376282	0.376270	0.376257
92168	50'	0.470415	0.470414	0.470411	0.470407	0.470401	0.470393	0.470384	0.470372	0.470359	0.470345	0.470328
110601	1 0'	0.564510	0.564509	0.564505	0.564500	0.564493	0.564484	0.564472	0.564459	0.564443	0.564426	0.564406
129035	10'	0.658612	0.658611	0.658607	0.658601	0.658593	0.658582	0.658569	0.658553	0.658535	0.658515	0.658492
147469	20'	0.752724	0.752723	0.752719	0.752712	0.752702	0.752690	0.752675	0.752657	0.752636	0.752613	0.752586
165902	30'	0.846847	0.846846	0.846841	0.846833	0.846822	0.846808	0.846791	0.846771	0.846748	0.846721	0.846692
184336	40'	0.940983	0.940981	0.940976	0.940967	0.940955	0.940940	0.940921	0.940898	0.940872	0.940843	0.940810
202770	50'	1.035132	1.035130	1.035125	1.035115	1.035102	1.035085	1.035064	1.035039	1.035011	1.034978	1.034942
221204	2 0'	1.129297	1.129295	1.129289	1.129279	1.129264	1.129246	1.129223	1.129196	1.129165	1.129130	1.129090
239637	10'	1.223480	1.223478	1.223471	1.223460	1.223444	1.223424	1.223399	1.223370	1.223336	1.223298	1.223256
258071	20'	1.317681	1.317679	1.317672	1.317660	1.317643	1.317621	1.317594	1.317563	1.317527	1.317486	1.317440
276505	30'	1.411903	1.411901	1.411893	1.411880	1.411862	1.411839	1.411810	1.411776	1.411738	1.411694	1.411644
294939	40'	1.506147	1.506145	1.506136	1.506123	1.506103	1.506078	1.506048	1.506012	1.505971	1.505924	1.505871
313373	50'	1.600415	1.600412	1.600404	1.600389	1.600368	1.600342	1.600310	1.600271	1.600227	1.600177	1.600122
331807	3 0'	1.694708	1.694705	1.694696	1.694680	1.694659	1.694631	1.694596	1.694556	1.694509	1.694456	1.694397
350241	10'	1.789028	1.789025	1.789015	1.788999	1.788976	1.788946	1.788910	1.788867	1.788818	1.788762	1.788700
368675	20'	1.883377	1.883374	1.883363	1.883346	1.883322	1.883291	1.883252	1.883208	1.883156	1.883097	1.883031
387109	30'	1.977756	1.977752	1.977741	1.977723	1.977698	1.977665	1.977625	1.977578	1.977523	1.977461	1.977392
405544	40'	2.072166	2.072163	2.072151	2.072132	2.072105	2.072071	2.072029	2.071980	2.071923	2.071858	2.071785
423978	50'	2.166610	2.166606	2.166594	2.166574	2.166546	2.166511	2.166467	2.166415	2.166355	2.166287	2.166212

Rumus : Konvergensi Grid = [...] x X (km) (dalam satuan detik ["'])
 [...] = tabel

Tabel III
Tabel Koefisien [q] Untuk Menghitung Konvergensi Grid Proyeksi TM-3

Y (km)	Lintang	X (km)											
		0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	
442412	4 0'	2.261089	2.261085	2.261072	2.261052	2.261023	2.260985	2.260939	2.260885	2.260823	2.260752	2.260673	
460847	10'	2.355605	2.355600	2.355587	2.355566	2.355535	2.355496	2.355449	2.355392	2.355327	2.355253	2.355171	
479281	20'	2.450158	2.450154	2.450140	2.450118	2.450086	2.450046	2.449996	2.449937	2.449870	2.449793	2.449707	
497716	30'	2.544752	2.544747	2.544733	2.544710	2.544677	2.544635	2.544583	2.544522	2.544452	2.544372	2.544283	
516150	40'	2.639387	2.639382	2.639368	2.639343	2.639309	2.639266	2.639212	2.639149	2.639076	2.638993	2.638901	
534585	50'	2.734065	2.734060	2.734045	2.734020	2.733985	2.733939	2.733884	2.733818	2.733743	2.733657	2.733561	
553020	5 0'	2.828789	2.828783	2.828768	2.828742	2.828705	2.828658	2.828601	2.828533	2.828455	2.828366	2.828267	
571455	10'	2.923558	2.923553	2.923536	2.923509	2.923472	2.923423	2.923364	2.923294	2.923213	2.923121	2.923018	
589890	20'	3.018376	3.018370	3.018353	3.018325	3.018286	3.018236	3.018175	3.018102	3.018019	3.017924	3.017818	
608325	30'	3.113243	3.113237	3.113220	3.113191	3.113151	3.113099	3.113036	3.112961	3.112875	3.112777	3.112668	
626760	40'	3.208161	3.208155	3.208138	3.208108	3.208066	3.208013	3.207948	3.207871	3.207782	3.207681	3.207568	
645195	50'	3.303133	3.303127	3.303108	3.303078	3.303035	3.302980	3.302913	3.302833	3.302742	3.302638	3.302522	
663631	6 0'	3.398159	3.398153	3.398134	3.398102	3.398058	3.398002	3.397933	3.397851	3.397757	3.397650	3.397530	
682066	10'	3.493242	3.493235	3.493216	3.493183	3.493138	3.493080	3.493009	3.492925	3.492828	3.492718	3.492595	
700502	20'	3.588382	3.588375	3.588356	3.588322	3.588276	3.588216	3.588143	3.588056	3.587957	3.587843	3.587717	
718938	30'	3.683582	3.683575	3.683555	3.683521	3.683473	3.683412	3.683336	3.683248	3.683145	3.683029	3.682899	
737374	40'	3.778844	3.778837	3.778816	3.778781	3.778732	3.778668	3.778591	3.778500	3.778395	3.778276	3.778143	
755809	50'	3.874168	3.874161	3.874139	3.874103	3.874053	3.873988	3.873909	3.873816	3.873708	3.873586	3.873449	
774246	7 0'	3.969557	3.969550	3.969528	3.969491	3.969439	3.969373	3.969292	3.969196	3.969085	3.968960	3.968820	
792682	10'	4.065013	4.065005	4.064983	4.064945	4.064892	4.064824	4.064741	4.064642	4.064529	4.064401	4.064257	
811118	20'	4.160536	4.160529	4.160505	4.160467	4.160413	4.160343	4.160258	4.160157	4.160041	4.159909	4.159762	
829554	30'	4.256130	4.256122	4.256098	4.256058	4.256003	4.255932	4.255844	4.255741	4.255622	4.255488	4.255337	
847991	40'	4.351794	4.351786	4.351762	4.351721	4.351665	4.351592	4.351503	4.351397	4.351275	4.351138	4.350983	
866428	50'	4.447532	4.447524	4.447499	4.447458	4.447400	4.447325	4.447234	4.447126	4.447002	4.446861	4.446703	

Rumus : Konvergensi Grid = [...] x X (km) (dalam satuan detik ["'])
 [...] = tabel