

Pengukuran topografi untuk pekerjaan jalan dan jembatan

Buku 4

Pengenalan beberapa jenis alat ukur



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

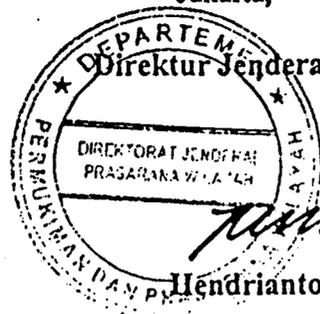
Buku 2 : Prinsip Dasar Pengukuran dan Perencanaan Topografi

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



Hendrianto Notosogondo

DAFTAR ISI

Prakata	
1. Ruang lingkup	1
2. Acuan normatif	1
3. Istilah dan definisi	1
3.1. almanak satelit	1
3.2. baseline	1
3.3. benang silang diafragma	1
3.4. bidang nivo	2
3.5. c/a code	2
3.6. carrier phase	2
3.7. datum	2
3.8. <i>edm (electronic distance measure)</i>	2
3.9. elevasi	2
3.10. garis arah nivo	3
3.11. garis bidik	3
3.12. <i>gps (global positioning system)</i>	3
3.13. jaring kontrol horizontal	3
3.14. koordinat <i>geocentre</i>	3
3.15. koordinat satelit	4
3.16. metode poligon	4
3.17. nivo	4
3.18. orde jaringan	4
3.19. perataan jaring	5
3.20. phase	5
3.21. post processing	5
3.22. p code	5
3.23. rambu ukur	5
3.24. receiver <i>gps</i>	5
3.25. real time	6
3.26. reflektor	6

3.27.	sistem koordinat	6
3.28.	sistem koordinat geografis	6
3.29.	sudut horizontal	6
3.30.	sudut vertikal	6
3.31.	sipat datar	6
3.32.	sumbu I	7
3.33.	sumbu II	7
3.34.	sudut tutupan (<i>mask angle</i>)	7
3.35.	survey <i>gps</i>	7
3.36.	titik kontrol horizontal	7
3.37.	teodolit	8
3.38.	wgs 84 (<i>world geodetic system 1984</i>)	8
4.	Alat ukur topografi	8
4.1.	Umum	8
4.2.	Alat ukur sipat datar	8
4.2.1.	Konstruksi alat ukur sipat datar	9
4.2.1.1.	Alat ukur sipat datar dengan skrup pengungkit	9
4.2.1.2.	Alat ukur sipat datar otomatis	10
4.2.2.	Alat ukur sipat datar berdasarkan teknologi perolehan data	11
4.2.2.1.	Alat ukur sipat datar manual	11
4.2.2.2.	Alat ukur sipat datar digital	12
4.2.3.	Cara pengoperasian alat ukur sipat datar	14
4.3.	Alat ukur teodolit	14
4.3.1.	Konstruksi alat ukur teodolit	15
4.3.1.1.	Alat ukur teodolit berdasarkan teknologi pembacaan datanya	16
4.3.1.2.	Alat ukur teodolit manual	17
4.3.1.3.	Alat ukur teodolit digital	22

4.3.2.	Pengoperasian alat ukur teodolit	24
4.4.	Alat ukur <i>EDM</i> (<i>electronic distance measure</i>)	25
4.4.1.	Konstruksi alat ukur <i>EDM</i>	25
4.4.2.	Pengoperasian alat ukur <i>EDM</i>	28
4.5.	Alat ukur <i>ETS</i> (<i>electronic total station</i>)	28
4.5.1.	Konstruksi alat ukur <i>ETS</i> (<i>electronic total station</i>)	29
4.5.2.	Pengoperasian alat ukur <i>ETS</i> (<i>electronic total station</i>)	31
5.	Prosedur perawatan dan kalibrasi alat	33
5.1.	Prosedur perawatan alat ukur	33
5.1.1.	Perawatan alat ukur pada saat tidak digunakan	33
5.1.2.	Perawatan alat ukur pada saat alat digunakan untuk pengukuran	33
5.1.3.	Perawatan alat ukur pada saat mobilisasi	33
5.2.	Prosedur kalibrasi alat	34
5.2.1.	Prosedur kalibrasi alat ukur sipat datar	34
5.2.1.1.	Kalibrasi garis arah nivo tegak lurus sumbu I	34
5.2.1.2.	Kalibrasi garis benang silang mendatar tegak lurus terhadap sumbu I	35
5.2.1.3.	Prosedur kalibrasi garis bidik sejajar garis arah nivo	36
5.2.2.	Prosedur kalibrasi alat ukur teodolit	38
5.2.2.1.	Prosedur kalibrasi sumbu I (vertikal) tegak lurus bidang nivo	38
5.2.2.2.	Prosedur kalibrasi benang silang diafragma tegak lurus sumbu I	39
5.2.2.3.	Prosedur kalibrasi garis bidik tegak lurus sumbu II	39

5.2.2.4. Prosedur kalibrasi kesalahan indeks vertikal	41
5.2.3. Kalibrasi alat ukur EDM	43
5.2.4. Kalibrasi alat ukur ETS (<i>electronic total station</i>)	43
6. Alat ukur Receiver GPS (<i>global positioning system</i>)	44
6.1. Alat GPS navigasi	45
6.2. Alat GPS geodesi	47
6.2.1. Konstruksi alat GPS geodesi	47
6.2.2. Cara pengoperasian alat GPS geodesi	48
6.3. Pengolahan data	49
7. Alat ukur Echosounder	53
7.1. Penggunaan <i>digitrace</i>	58
7.2. Pelaksanaan pekerjaan sounding	60
7.3. Pemasangan dan penyetelan awal	62
7.4. Pelaksanaan sounding	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1. Alat sipat datar dengan pengungkit	10
Gambar 4.2. alat ukur sipat datar otomatis	11
Gambar 4.3. Alat ukur sipat datar digital	12
Gambar 4.4. Konstruksi alat teodolit	16
Gambar 4.5. Teodolit manual yang dilengkapi kompas	17
Gambar 4.6. Contoh bacaan sudut teodolit manual	18
Gambar 4.7. Contoh bacaan sudut teodolit manual	19
Gambar 4.8. Contoh bacaan sudut teodolit manual	19
Gambar 4. 9. Contoh bacaan sudut teodolit manual	20

Gambar 4.10	Contoh bacaan sudut teodolit manual	20
Gambar 4.11.	Contoh bacaan sudut teodolit manual	20
Gambar 4.12.	Contoh bacaan sudut I teodolit manual	21
Gambar 4.13.	Contoh bacaan sudut teodolit manual	21
Gambar 4.14.	Contoh bacaan sudut horizontal teodolit manual	22
Gambar 4.15.	Alat ukur teodolit digital	23
Gambar 4.16.	Prisma untuk pengukuran jarak	26
Gambar 4.17.	Alat ukur EDM	27
Gambar 4.18.	Alat ukur electronic total station (ETS)	30
Gambar 4.19.	Benang silang tegak lurus sumbu I	36
Gambar 4.20.	Garis bidik sejajar garis arah nivo	36
Gambar 4.21.	Alat GPS Navigasi	46
Gambar 4.22.	Alat GPS Geodesi	48
Gambar 4.23.	Prosedur pengukuran kedalaman dengan <i>echosounder</i>	56
Gambar 4.24.	Alat <i>echosounder</i>	57
Gambar 4.25.	Hubungan antara <i>digitrace</i> dengan <i>echosounde</i>	59
Gambar 4.26.	Sketsa pemasangan transducer	63
Gambar 4.27.	Skema pemasangan echosounder jika menggunakan generator sebagai power suplaynya	68

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1.	Spesifikasi alat ukur sipat datar	13
Tabel 4.2.	Spesifikasi alat teodolit	24
Tabel 4.3.	Spesifikasi alat electronic total station (ETS)	31

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Formulir pengecekan alat ukur topografi

Lampiran 2. Formulir kalibrasi alat ukur topografi

1. Ruang lingkup

Alat ukur yang digunakan pada pengukuran rencana dan pengukuran pelaksanaan jalan dan jembatan antara lain adalah alat ukur sipat datar manual/digital, alat ukur teodolit manual/digital, alat ukur *ETS (electronic total station)*, alat ukur jarak elektronik *EDM (electronic distance measure)*, metode dan cara kalibrasi dan cara penggunaannya, peralatan penunjang survey topografi teristis seperti alat pengukur posisi *GPS (global positioning system)* dan *echosounder* serta prosedur pengukurannya, lampiran formulir pengukuran lampiran formulir hitungan dan contoh pengisian formulir pengukuran dan contoh formulir perhitungan serta contoh – contoh aplikasi lainnya .

2. Acuan normatif

SNI 19-6724-2002 : Jaring kontrol horizontal

3. Istilah dan definisi

3.1

almanak satelit

sejumlah informasi tentang koordinat satelit dalam bentuk parameter-parameter orbit satelit

3.2

baseline

vektor koordinat relatif tiga-dimensi (dX , dY , dZ) antar dua titik pengamatan

3.3

benang silang diafragma

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

3.4

bidang nivo

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

3.5

c/a code

informasi data koordinat satelit *GPS* yang dapat di akses untuk kepentingan umum (sipil)

3.6

carrier phase

phase gelombang pembawa dari sinyal satelit *GPS*.

3.7

datum

jumlah parameter yang digunakan untuk mendefinisikan bentuk dan ukuran elipsoid referensi yang digunakan untuk pendefinisian koordinat geodetik, serta kedudukan dan orientasinya dalam ruang terhadap fisik bumi yang dalam hal ini direpresentasikan oleh sistem koordinat geocenter.

3.8

edm (electronic distance measure)

alat ukur jarak yang menggunakan pancaran gelombang elektromagnetik.

3.9

elevasi

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

3.10

garis arah nivo

garis imajiner yang berimpit pada bidang nivo.

3.11

garis bidik

garis imajiner yang menghubungkan pusat sistem lensa pembidik (okuler) dengan pusat sistem lensa obyektif pada teropong.

3.12

gps (global positioning system)

sistem satelit navigasi dan penentuan posisi yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat yang didesain untuk memberikan posisi tiga dimensi dan kecepatan serta informasi mengenai waktu secara kontinyu diseluruh dunia kepada banyak orang secara simultan tanpa tergantung pada waktu dan cuaca.

3.13

jaring kontrol horizontal

sekumpulan titik kontrol horizontal yang satu sama lainnya terikatkan dengan data ukuran jarak dan/atau sudut, dan koordinatnya ditentukan dengan metode pengukuran/pengamatan tertentu dalam suatu sistem referensi koordinat horizontal tertentu.

3.14

koordinat *geocentre*

sistem koordinat yang lokasi titik asalnya berada di (sekitar) pusat bumi.

3.15

koordinat satelit

koordinat yang mendefinisikan posisi satelit dalam sistem global.

3.16

metode poligon

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

3.17

nivo

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

3.18

orde jaringan

atribut yang mengkarakterisasi tingkat ketelitian (akurasi) jaring, yaitu tingkat kedekatan jaring tersebut terhadap jaring titik kontrol yang sudah ada yang digunakan sebagai referensi; dan orde jaringan ini akan bergantung pada kelasnya, tingkat presisi dari titik –titiknya terhadap titik-titik ikat yang digunakan, serta tingkat presisi dari proses transformasi yang diperlukan untuk mentransformasikan koordinat dari suatu datum ke datum lainnya.

3.19

perataan jaring

proses pengolahan secara terpadu dalam suatu jaringan dari vektor-vektor baseline yang telah dihitung sebelumnya secara sendiri-sendiri, untuk mendapatkan koordinat final dari titik-titik dalam jaringan tersebut.

3.20

phase

panjang gelombang penuh dari sinyal satelit *GPS*

3.21

post processing

proses pengolahan data setelah dilakukan pengamatan *GPS*.

3.22

p code

informasi data koordinat satelit *GPS* yang dapat di akses hanya untuk kepentingan militer

3.23

rambu ukur

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

3.24

receiver *gps*

alat untuk menerima dan memproses sinyal dari satelit *GPS*.

3.25

real time

informasi posisi yang di peroleh secara langsung ketika melakukan pengamatan *GPS*.

3.26

reflektor

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

3.27

sistem koordinat

sistem untuk mendefinisikan koordinat dari suatu titik.

3.28

sistem koordinat geografis

sistem koordinat yang lokasi titik asalnya berada di permukaan bumi.

3.29

sudut horizontal

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

3.30

sudut vertikal

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

3.31

sipat datar

alat untuk mengukur beda tinggi antara dua titik atau lebih.

3.32

sumbu I

sumbu vertikal yang melalui poros putar piringan horizontal.

3.33

sumbu II

sumbu horizontal yang melalui poros putar piringan vertikal

3.34

sudut tutupan (*mask angle*)

sudut ketinggian (elevasi) minimum satelit, dihitung dari horizon pengamat, yang akan diamati oleh *receiver GPS*.

3.35

survey *gps*

survey penentuan posisi dengan pengamatan satelit *GPS*, yang merupakan proses penentuan koordinat dari sejumlah titik terhadap beberapa buah titik yang telah diketahui koordinatnya dengan menggunakan metode penentuan posisi diferensial (*differential positioning*) serta data pengamatan fase (*carrier phase*) dari sinyal *GPS*.

3.36

titik kontrol horizontal

titik kontrol yang koordinatnya dinyatakan dalam sistim koordinat horizontal yang sifatnya dua-dimensi; dan dalam hal ini ada dua jenis 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)

3.37

teodolit

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

3.38

wgs 84 (*world geodetic system 1984*)

sistem referensi koordinat *CTS* yang didefinisikan, direalisasikan dan dipantau oleh *NIMA (national imagery and mapping)* Amerika Serikat.

4. Alat ukur topografi

4.1. Umum

Alat ukur topografi berfungsi sebagai alat bantu untuk mengetahui posisi suatu obyek yang didapat melalui pengukuran sudut, jarak dan beda tinggi. Pengukuran posisi suatu obyek dapat dilakukan secara teristris maupun ekstra teristris dengan menggunakan media satelit.

Alat ukur topografi yang digunakan pada pekerjaan pengukuran secara teristris pada perencanaan dan pelaksanaan jalan dan jembatan antara lain yaitu alat ukur untuk pengukuran secara teristris yaitu alat ukur sipat datar, alat ukur teodolit, alat ukur jarak elektronik *EDM (electronic distance measure)* / alat ukur *ETS electronic total station* dan alat ukur ekstra teristris yaitu *GPS (global positioning system)*.

4.2. Alat ukur sipat datar

Alat ukur sipat datar adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur beda tinggi secara teliti antara dua titik atau lebih di atas permukaan bumi. Titik-titik tersebut dinyatakan di atas suatu bidang persamaan atau bidang *referensi* tertentu. Alat ukur sipat datar mempunyai sumbu vertikal (sumbu I) dan garis *imajiner* yaitu garis bidik dan garis arah

nivo. Dengan pembacaan benang atas dan benang bawah alat ini dapat dipakai untuk pengukuran jarak secara optis.

Alat ukur sipat datar terdiri dari sipat datar unguhit dan otomatis. Ketelitian alat ukur sipat datar tergantung pada kemampuan perbesaran lensa dan tingkat kepekaan nivo. Dalam penggunaannya alat ukur sipat datar memerlukan alat bantu yaitu rambu ukur dan nivo rambu.

Syarat teknis alat ukur sipat datar adalah :

- garis arah nivo tegak lurus sumbu I
- garis bidik sejajar garis arah nivo.
- benang silang horizontal diafragma tegak lurus sumbu I

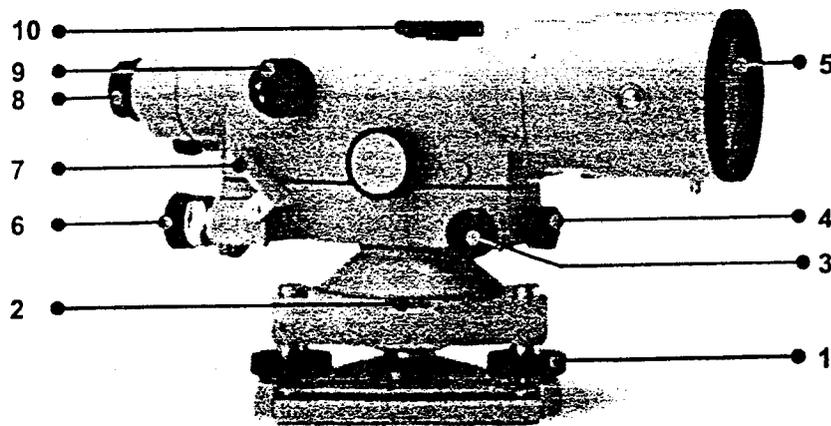
4.2.1. Konstruksi alat ukur sipat datar

Konstruksi utama dari alat ukur sipat datar adalah garis bidik yang dilengkapi dengan teropong sebagai alat pembidik. Semakin besar kemampuan perbesaran teropong dan semakin peka nivo maka semakin teliti alat ukur sipat datar. Berdasarkan bentuk konstruksinya, alat ukur sipat datar dapat dibedakan menjadi :

- alat ukur sipat datar dengan sekrup pengungkit
- alat ukur sipat datar otomatis.

4.2.1.1. Alat ukur sipat datar dengan skrup pengungkit

Konstruksi alat ukur sipat datar ini terdiri dari sebuah teropong yang dilengkapi dengan nivo tabung pada teropong dan sekrup pengungkit dan nivo kotak pada plat dasar.. Nivo tabung pada teropong digunakan untuk membuat garis bidik menjadi searah dengan garis arah nivo saat akan dilakukan pembacaan pada rambu dengan cara menyeimbangkan nivo tabung pada teropong dengan menyetel sekrup pengungkit. Alat ukur sipat datar dengan pengungkit dapat dilihat pada gambar 4.1.



Keterangan Gambar

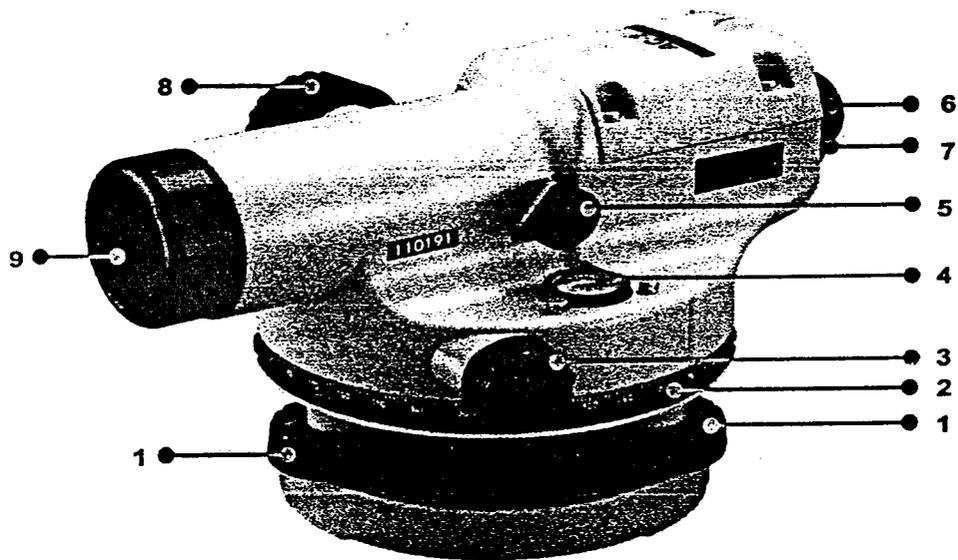
1. Skrup Pendatar
2. Nivo Kotak
3. Penggerak Halus Horizontal
4. Klem Horizontal
5. Obyektif Teropong
6. Skrup Pengungkit
7. Nivo Teropong
8. Okuler Teropong
9. Penguat Bayang Target
10. Pengarah Target

Gambar 4.1. Alat sipat datar dengan pengungkit

4.2.1.2. Alat ukur sipat datar otomatis

Konstruksi alat ukur sipat datar otomatis terdiri dari teropong yang didalamnya dilengkapi dengan kompensator berpendulum, dan nivo kotak pada plat dasar. Kompensator berpendulum berfungsi menyetel secara otomatis garis bidik menjadi horizontal bila sumbu I vertikal telah diseimbangkan dengan penyetel skrup pendatar.

Alat ukur sipat datar dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2. alat ukur sipat datar otomatis

Keterangan gambar :

- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| 1. Skrup pendatar | 6. Lensa okuler |
| 2. Bacaan sudut horizontal | 7. Pemokus diafragma |
| 3. Klem Horizontal | 8. Skrup pengatur bayangan |
| 4. Nivo Kotak | 9. Lensa obyektif |
| 5. Cermin pengintai | |

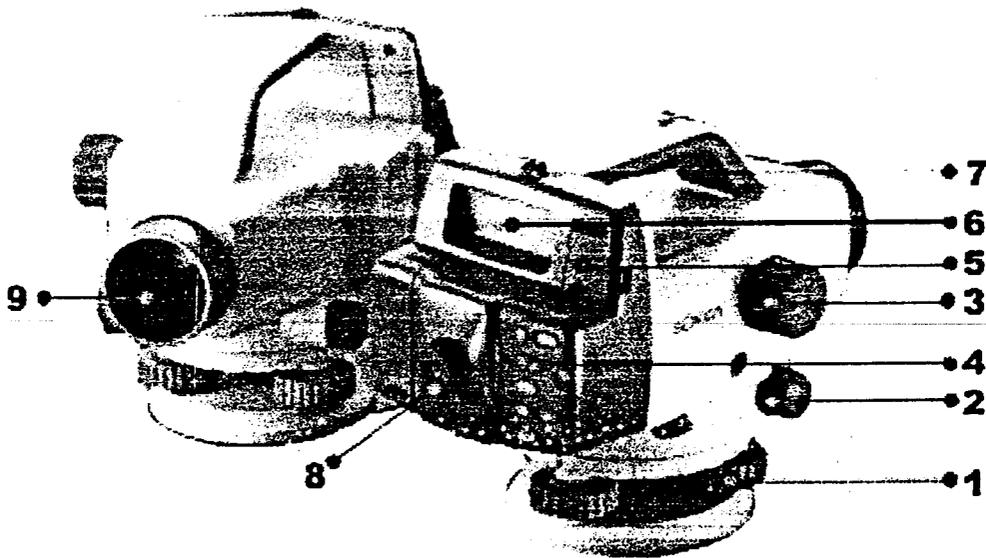
4.2.2. Alat ukur sipat datar berdasarkan teknologi perolehan data

4.2.2.1. Alat ukur sipat datar manual

Dikatakan sipat datar manual adalah karena cara mendapatkan hasil bacaan benang tengah diafragma yang diarahkan ke rambu ukur berskala dilakukan dengan pembacaan interpolasi secara manual.

4.2.2.2. Alat ukur sipat datar digital

Data bacaan benang tengah diafragma diperoleh dengan pengukuran secara elektronik ke arah *bar code*. Data hasil bacaan ditampilkan secara digital pada *display monitor* yang terdapat pada alat ukur. Selanjutnya data dicatat secara manual ataupun disimpan dalam bentuk file pada alat penyimpan data elektronik (*electronic data recorder*). Alat ukur sipat datar digital dapat dilihat pada gambar 4.3.



Alat Ukur Sipat Datar Digital

Keterangan

1. Sekrup Pendatar
2. Klem Horizontal
3. Skrup Pengatur Bayangan Objek
4. Tombol Menu
5. Internal Memori
6. Display Monitor
7. Pengarah Objek
8. Lensa Okuler dan Pemfokus Diafragma
9. Lensa Objektif

Gambar 4.3. Alat ukur sipat datar digital

Type	Jenis	Perbesaran Lensa	Minimum Focus	Ketelitian Per 1 Km
AS-2/2C	Otomatis	34 X	1,0 m	0,8 mm
AE-7/7C	Otomatis	30 X	0,3 m	1,0 mm
SDL30	Digital	32 X	0.9	1,0 mm
NA 0	Otomatis	20	0.9	2.5 mm
NAK 0	Otomatis	20	0.9	2.5 mm
NA 1	Otomatis	24	1.0	1.5 mm
NAK 1	Otomatis	24	1.0	1.5 mm
NA 2	Otomatis	32	1.6	0.7 mm
NAK 2	Otomatis	40	1.6	0.7 mm
N 05	Otomatis	19	0.8	5.0 mm
NK 05	Otomatis	19	0.8	5.0 mm
N1	Otomatis	23	0.7	2.5 mm
NK 1	Otomatis	23	0.7	2.5 mm
N 2	Otomatis	30	1.6	1.0 mm
NK 2	Otomatis	30	1.6	1.0 mm
N 3	Otomatis	47	0.4	0.2 mm
AP-8	Otomatis	28 X	0,75 m	1,5 mm
B21	Otomatis	30 X	0,3 m	2,0 mm
B20	Otomatis	32 X	0,3 m	2,0 mm
B1C	Otomatis	32 X	2,3 m	2,0 mm
B1	Otomatis	32 X	2,3 m	2,0 mm
C300	Otomatis	28 X	0,3 m	2,0 mm
C310	Otomatis	26 X	0,3 m	2,0 mm
C320	Otomatis	24 X	0,3 m	2,0 mm
C330	Otomatis	22 X	0,3 m	2,0 mm
AC-2	Otomatis	24 X	0,75 m	2,0 mm
AC-2S	Otomatis	24 X	0,75 m	2,0 mm
AZ-2S	Otomatis	24 X	0,75 m	2,0 mm
AZ-2	Otomatis	24 X	0,75 m	2,0 mm
TTL6	Ungkit	25 X	1,8 m	2,0 mm
C410	Otomatis	20 X	0,9 m	2,5 mm
AX-2S	Otomatis	20 X	0,75 m	2,5 mm
PL1	Ungkit	42 X	2,0 m	0.2 mm

Tabel 4.1. Spesifikasi alat ukur sipat datar

4.2.3. Cara pengoperasian alat ukur sipat datar

Cara pengoperasian alat ukur sipat datar adalah sebagai berikut :

- dirikan statif dengan kuat di atas tanah dan letakkan alat ukur sipat datar di atasnya dan kencangkan baud (sekrup ulir) statif pada plat dasar alat sipat datar
- atur sumbu I vertikal dengan cara menyeimbangkan nivo kotak dengan sekrup pendatar.
- atur garis bidik sejajar garis arah nivo dengan menggunakan sekrup pengungkit untuk alat sipat datar ungit. Untuk alat sipat datar otomatis pengaturan garis bidik sejajar garis arah nivo tidak perlu dilakukan, karena pada alat tipe ini kondisi garis bidik secara otomatis telah sejajar dengan garis arah nivo bila sumbu I sudah vertikal
- arahkan teropong ke target, kencangkan klem horizontal kemudian tepatkan bayangan rambu ukur dengan penggerak halus horizontal dan baca benang tengah diafragma pada rambu.
- untuk kontrol bacaan (benang bawah + benang atas) = $\frac{1}{2}$ benang tengah ($bb + ba = \frac{1}{2} bt$)

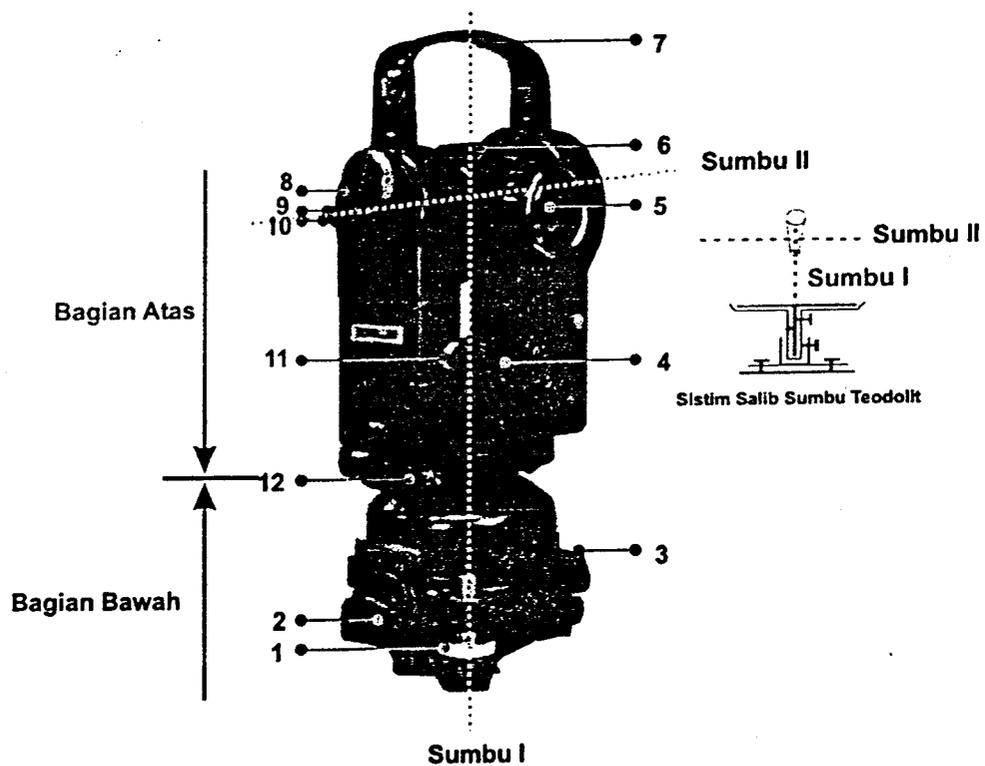
4.3. Alat ukur teodolit

Alat ukur teodolit merupakan alat ukur yang berfungsi untuk mengukur sudut horizontal antara dua obyek yang berurutan. Selain piringan horizontal, alat ini juga dilengkapi dengan piringan vertikal. Ketelitian alat teodolit tergantung pada kemampuan perbesaran teropong dan pembagian micrometer bacaan sudut.

Dengan bantuan rambu ukur, alat ini juga dapat digunakan untuk melakukan pengukuran jarak secara optis dan beda tinggi suatu obyek

4.3.1. Konstruksi alat ukur teodolit.

Konstruksi alat ukur teodolit terdiri dari dua buah bagian utama yaitu bagian atas dan bagian bawah. Pada bagian atas terdapat teleskop/teropong, piringan vertikal, nivo tabung, dan alat pembaca piringan horizontal dan vertikal. Pada bagian bawah terdapat pelat bawah, piringan horizontal, tabung sumbu luar dari sumbu vertikal yang terpasang tegak lurus dengan piringan horizontal, pelat sejajar dan sekrup pendatar. Pada alat teodolit dikenal dengan sistem salib sumbu, yaitu sumbu vertikal (sumbu I) dan sumbu horizontal (sumbu II). Sumbu I adalah sumbu putar teodolit ke arah kiri dan kanan, sedang sumbu II adalah sumbu putar teropong teodolit berputar ke arah atas dan bawah. Semakin kecil skala mikrometer yang dapat dibaca, semakin teliti alat tersebut dan semakin besar perbesaran teropong suatu alat, semakin teliti alat ukur tersebut. Konstruksi alat teodolit manual dapat dilihat pada gambar 4.4.



Keterangan gambar :

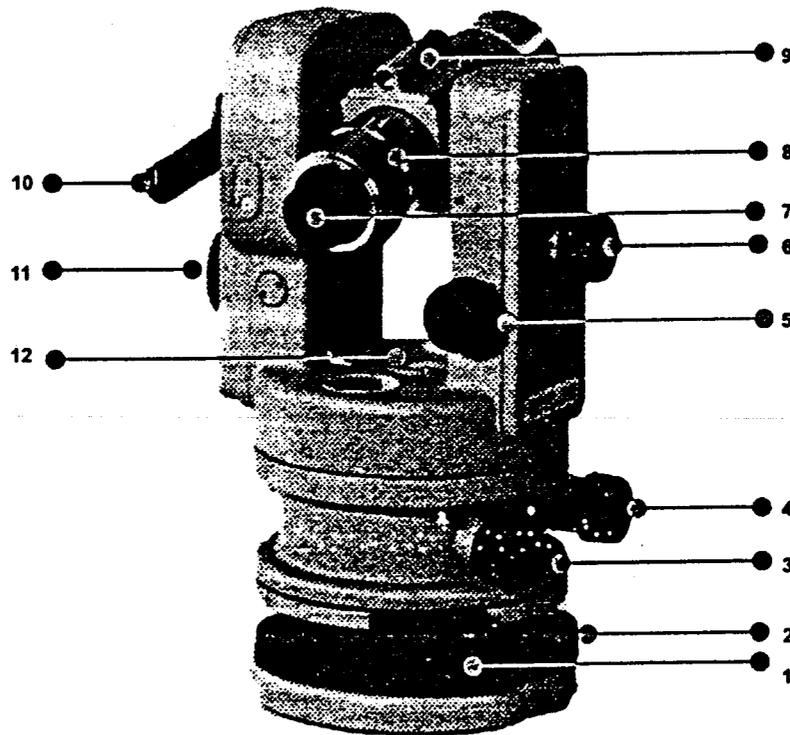
- | | |
|------------------------------|--|
| 1. skrup pendatar | 7. Pegangan |
| 2. cermin pencahayaan bacaan | 8. Pengatur mikrometer |
| 3. Nivo kotak | 9. Lensa okuler |
| 4. Nivo tabung | 10. Mekroskop pembacaan |
| 5. Lensa obyektif | 11. Skrup pengatur pembacaan vertikal/horizontal |
| 6. Pengarah target | 12. Klem horizontal |

Gambar 4.4. Konstruksi alat teodolit

4.3.2. Alat ukur teodolit berdasarkan teknologi pembacaan datanya
 Berdasarkan teknologi pembacaan datanya teodolit dibedakan menjadi dua yaitu teodolit manual dan teodolit digital.

4.3.2.1. Alat ukur teodolit manual

Alat ukur teodolit manual adalah alat ukur sudut dengan sistem pembacaan terhadap piringan horizontal maupun piringan vertikal berskala dilakukan secara manual. Pada alat ini dilengkapi dengan mikroskop pembacaan sudut.

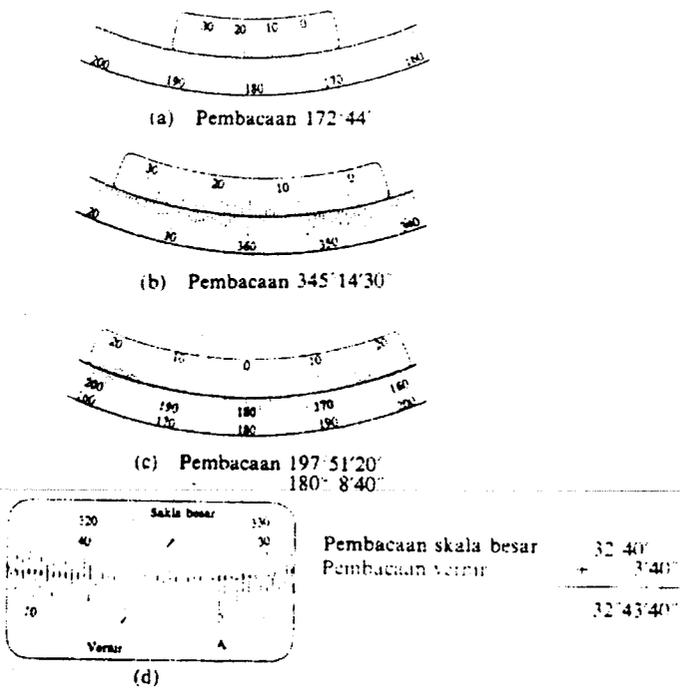


Keterangan gambar :

- | | |
|-------------------------------------|--|
| 1. Klem pengunci kompas | 7. Okuler teropong |
| 2. Skrup pendatar | 8. Gelang pengatur obyek |
| 3. Klem horizontal | 9. Pengarah obyek |
| 4. Skrup penggerak halus Horizontal | 10. Mikroskop pembacaan |
| 5. Klem vertikal | 11. Skrup pengatur pembacaan vertikal/horizontal |
| 6. Skrup penggerak halus vertikal | 12. Mikrometer |

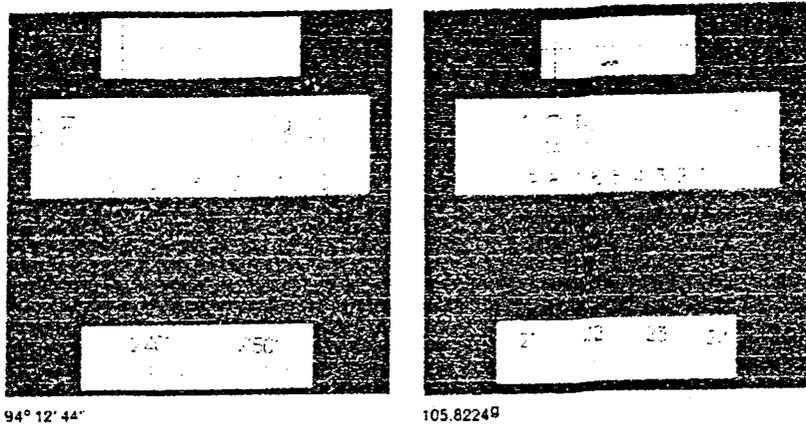
Gambar 4.5. Teodolit manual yang dilengkapi kompas

Beberapa alat ukur teodolit manual ada yang dilengkapi dengan kompas sehingga dapat digunakan pengukuran azimuth magnetis. Teodolit manual yang dilengkapi dengan kompas dapat dilihat pada gambar 4.5.



Pembacaan berbagai macam vernier.

Gambar 4.6. Contoh bacaan sudut teodolit manual



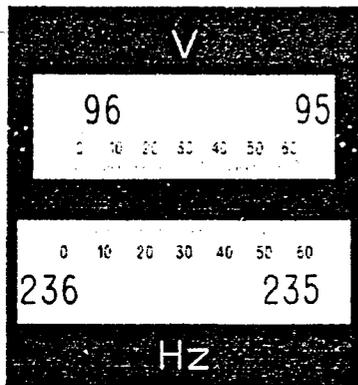
94° 12' 44"

105.82249

Pembacaan koinsidensi lingkaran horisontal dan lingkaran vertikal berskala pada teodolit universal Wild T12

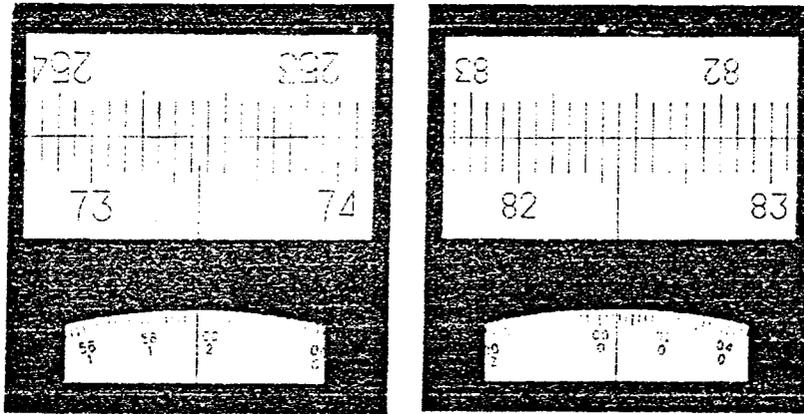
Dalam bidang pandang mikroskop, pembacaan timbul pada serenteng

Gambar 4.7. Contoh bacaan sudut teodolit manual



Pembacaan T16: V = 96°06,5'
Hz = 235°56,5'

Gambar 4.8. Contoh bacaan sudut teodolit manual



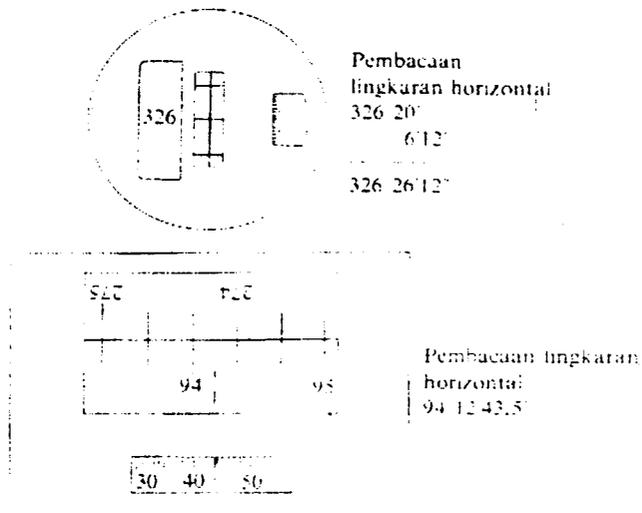
pembacaan

73 H: 1
 73° 26'
 1' 59.5
 73° 27' 59.5"

pembacaan

73 V: 1
 73° 24'
 0' 00.5
 73° 24' 00.5"

Gambar 4.12. Contoh bacaan sudut I teodolit manual

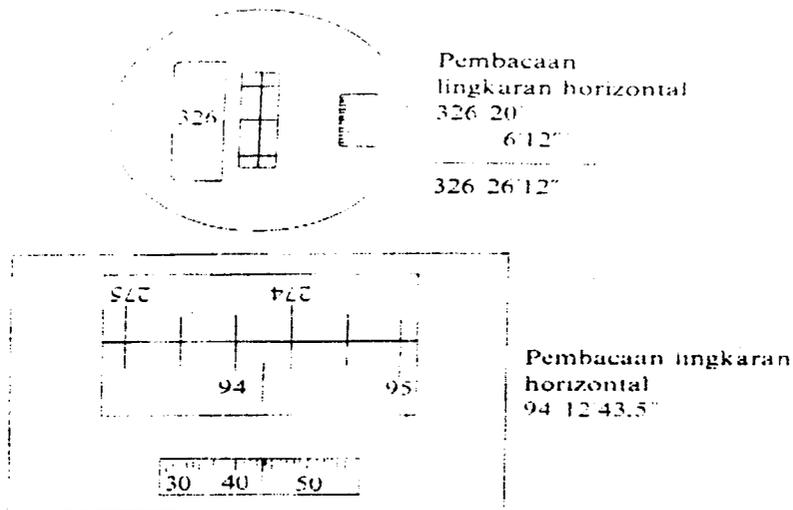


Pembacaan
 lingkaran horizontal
 326 20'
 6' 12"
 326 26' 12"

Pembacaan lingkaran
 horizontal
 94 12' 43.5"

Contoh pembacaan mikro-
 meter tipe berhimpit.

Gambar 4.13. Contoh bacaan sudut teodolit manual

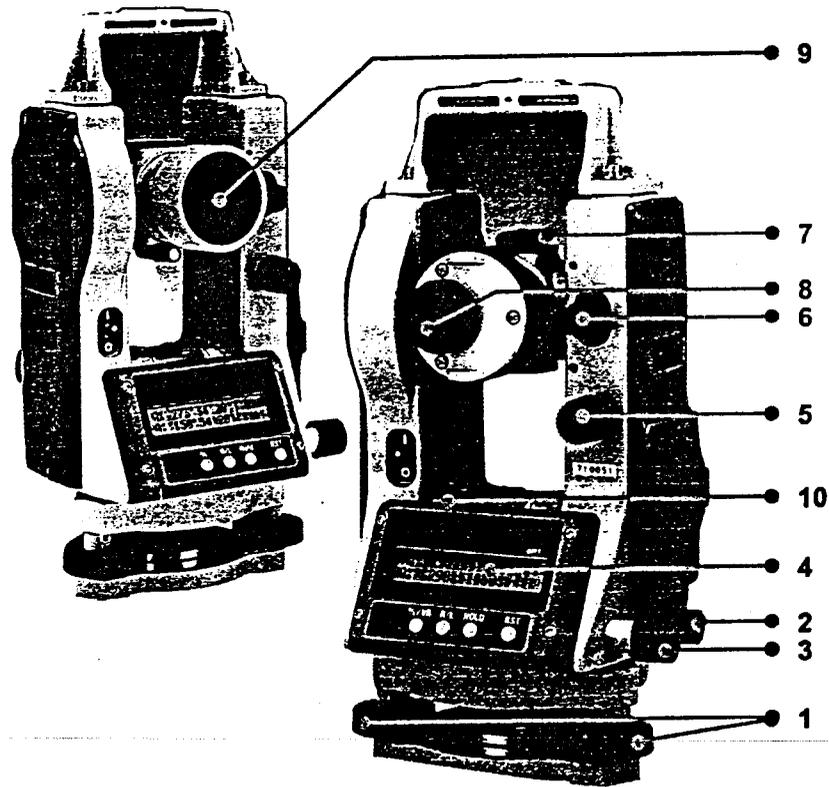


Contoh pembacaan mikro-meter tipe berhimpit.

Gambar 4.14. Contoh bacaan sudut horizontal teodolit manual

4.3.2.2. Alat ukur teodolit digital

Bacaan hasil pengukuran dari obyek yang diamat berupa data digital. Data bacaan piringan horizontal dan piringan vertikal dapat dilihat langsung pada layar monitor yang terdapat pada alat ukur. Pada alat ini tidak terdapat alat penyimpanan data elektronik. Dalam penggunaanya alat ini dilengkapi dengan target baca yang ditempatkan tepat diatas titik yang diukur sudutnya. Alat ukur teodolit digital dapat dilihat pada gambar 4.15.



Keterangan gambar :

- | | |
|--|-------------------|
| 1. Skrup pendatar | 6. Klem vertikal |
| 2. Klem horizontal | 7. Pengarah obyek |
| 3. Skrup penggerak halus
Horizontal | 8. Lensa okuler |
| 4. Layar display pembacaan | 9. Lensa obyektif |
| 5. Skrup penggerak halus
horizontal | 10. Nivo tabung |

Gambar 4.15. Alat ukur teodolit digital

Tipe	Bacaan Terkecil		Perbesaran	Jenis
	Horizontal	Vertikal		
T05	5'	5'	19 X	Manual
T0- Fnr	20"	1'		Manual
T0- Tabung	30"	1'		Manual
T1	6"	6"		Manual
T16	20"	20"		Manual
T2	1"	1"		Manual
T3	12"	12"		Manual
NT-4D	6"	6"	30 X	Manual
NT-3D	10"	10"	30 X	Manual
NT-2D	20"	20"	30 X	Manual
NT-2S	20"	20"	30 X	Manual
NE-20H	10'	10'	26 X	Digital
NE-20S	20'	20'	26 X	Digital
NE-203	5"	5"	30 X	Digital
NE-202	5"	5"	30 X	Digital
DT5 ₀₀	5"	5"	30 X	Digital
DT5 _{00A}	5"	5"	30 X	Digital
DT6 ₀₀	7"	7"	30 X	Digital
DT4E	4"	4"	30 X	Digital
DT2E	2"	2"	30 X	digital

Tabel 4.2. Spesifikasi alat teodolit

4.3.3. Pengoperasian alat ukur teodolit

- pasang teodolit pada statif di atas patok yang akan diukur sudutnya.
- tepatkan poros sumbu I diatas titik berdiri alat dengan bantuan unting-unting ataupun dengan *centering optis*.
- atur sumbu I vertikal dengan cara seimbangkan nivo kotak dan nivo tabung dengan mengatur sekrup pendatar.
- arahkan teropong pada target yang akan diamat, lalu kencangkan klem horizontal dan vertikal.
- tepatkan benang silang diafragma pada target yang diukur dengan menggunakan skrup penggerak halus horizontal dan penggerak halus vertical.
- baca sudut horizontal, vertikal dan bacaan rambu jika diperlukan.

- lepaskan klem vertikal dan horizontal.
- arahkan teropong pada target yang lain, lalu kencangkan klem horizontal dan klem vertikal.
- tepatkan benang silang diafragma pada target yang diukur dengan menggunakan skrup penggerak halus horizontal dan penggerak halus vertikal.
- ulangi mulai poin d sampai l untuk bacaan luar biasa.

Catatan:

Kondisi bacaan biasa (B) adalah kondisi pada saat piringan vertikal berada pada posisi disebelah kiri teropong.

Kondisi bacaan luar biasa (LB) adalah kondisi pada saat piringan vertikal berada pada posisi di sebelah kanan teropong .

4.4. Alat ukur EDM (*electronic distance measure*)

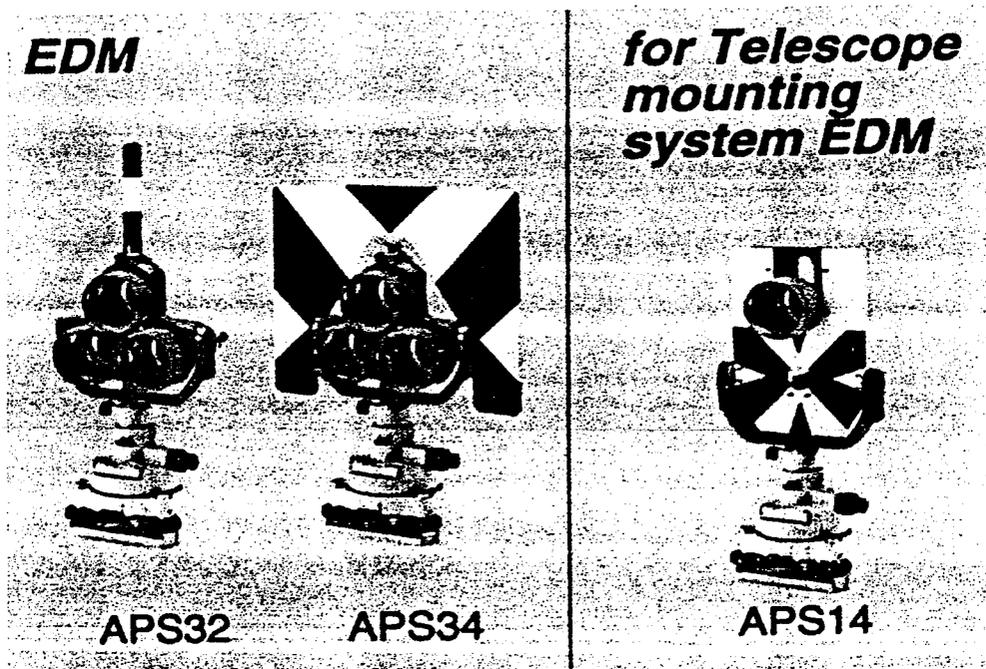
EDM adalah sebuah alat ukur jarak dengan menggunakan gelombang elektromagnetik. Jarak dapat dihitung dari waktu tempuh gelombang elektro magnetik dari alat EDM ke titik target yang berupa prisma atau reflektor dan kembali lagi ke alat dikalikan kecepatan rambat gelombang.

4.4.1. Konstruksi alat ukur EDM

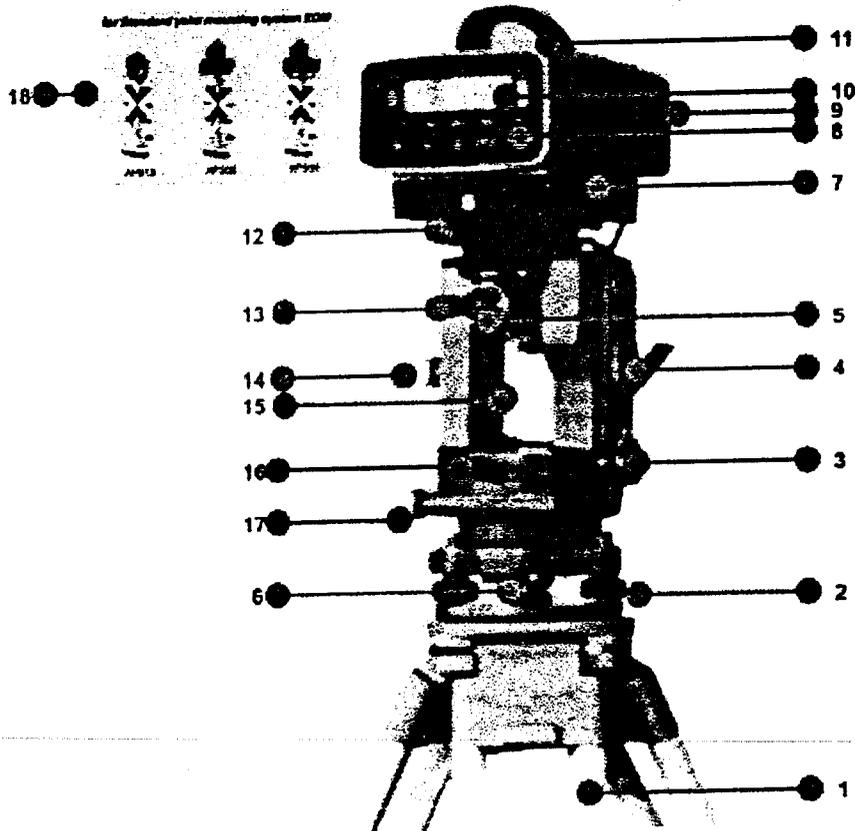
Alat ukur jarak EDM terdiri dari alat EDM yang dilengkapi dengan teropong pengarah, power supply/batere, monitor, rangkaian elektronik, dan micro processor. Untuk mendapatkan sinyal balik, alat ukur EDM dilengkapi dengan reflektor yang diletakkan pada target yang akan diamat.

- Konstruksi pada alat EDM tidak dilengkapi dengan sistem pembacaan piringan horisontal maupun vertikal, sehingga jarak yang diperoleh masih berupa jarak miring yang kemudian harus dirubah ke jarak datar . Untuk kegiatan pengukuran jarak, alat EDM ditempatkan

di atas alat ukur teodolit. Jarak miring kemudian dihitung menjadi jarak datar dengan masukan bacaan sudut vertikal dari teodolit. Prisma dapat dilihat pada gambar 4.16 dan alat ukur jarak EDM dapat dilihat pada gambar 4.17.



Gambar 4.16. Prisma untuk pengukuran jarak



Alat Ukur EDM

Keterangan :

1. Statif
2. Klem Pendatar
3. Klem Horizontal
4. Sistem Pencahayaan
5. Okuler Teropong
6. Klem Tribach
7. Baterai EDM
8. Tombol Menu
9. Objektiv Teropong sekaligus Pengarah Gelombang Elektromagnetik
10. Display Monitor
11. Pegangan
12. Skrup Pengatur EDM
13. Mikroskop Pembacaan Sudut
14. Klem Vertikal
15. Penggerak Halus Vertikal
16. Sentring Optis
17. Penggerak Halus Horizontal
18. Prisma sebagai Reflektor

Gambar 4.17. Alat ukur EDM

4.4.2. Pengoperasian alat ukur EDM

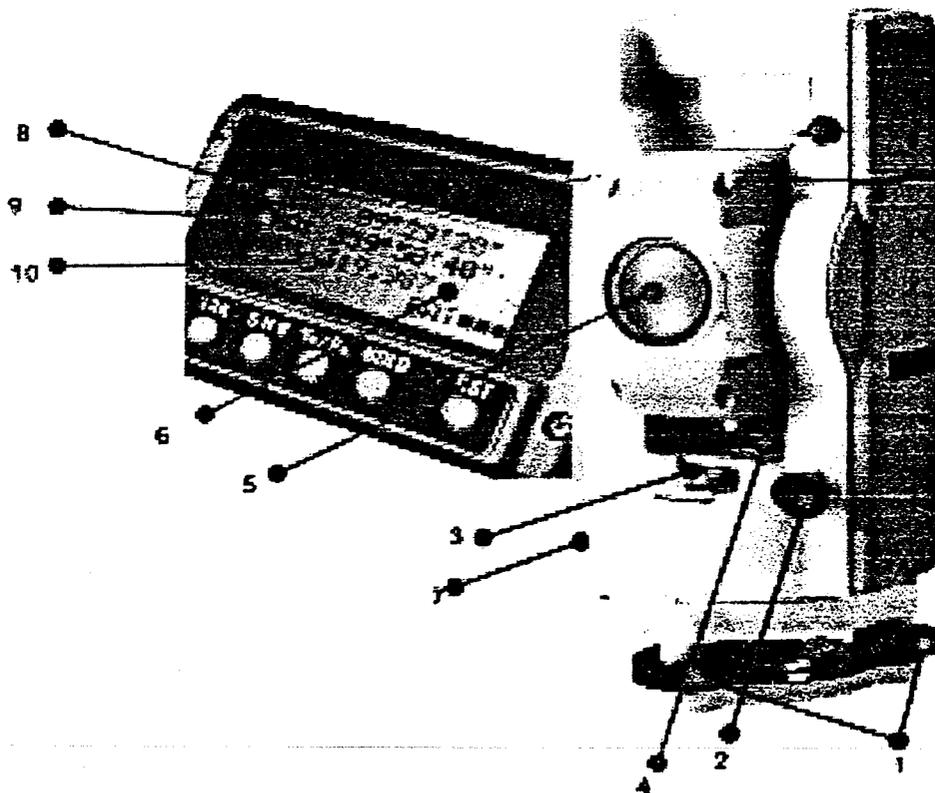
- letakkan alat ukur teodolit pada statif tepat di atas patok yang akan diukur jaraknya.
- atur sumbu I vertikal alat teodolit dengan mengatur sekrup pendatar alat ukur teodolit
- pasang alat ukur jarak EDM diatas teodolit yang telah disiapkan tempatnya.
- catat temperatur dan tekanan udara untuk melakukan koreksi terhadap refraksi bila diperlukan.
- pasang reflektor di atas statif yang telah di atur sumbu I tepat diatas target yang akan diamat.
- arahkan teropong pada target yang akan di amat kencangkan klem horizontal dan klem vertikal teodolit, tepatkan bidikan pada target dengan sekrup penggerak halus vertikal dan penggerak halus horizontal.
- hidupkan saklar pada alat EDM, maka display monitor pada EDM akan menampilkan besaran jarak yang terukur.

4.5. Alat ukur ETS (electronic total station)

Alat ukur ETS (*electronic total station*) adalah alat ukur jarak elektronik yang telah dilengkapi dengan bacaan sudut horizontal dan vertikal. ETS selain dapat digunakan untuk mengukur jarak secara elektronik, juga dapat digunakan untuk mengukur sudut horizontal maupun vertikal secara elektronik, yang pada akhirnya dapat menentukan posisi suatu obyek secara cepat dan teliti. Alat ini dilengkapi pencatat data elektronik (*electronic data recorder*) sehingga pengukuran dengan ETS dapat langsung dihitung dan digambar dengan cara digital.

4.5.1. Konstruksi alat ukur *ETS* (*electronic total station*)

Konstruksi alat ukur *ETS* terdiri dari perangkat keras berupa teropong untuk mengamati obyek yang dilengkapi dengan piringan vertikal, piringan horizontal serta pengukur jarak elektronis, serta perangkat lunak yang berupa pengolah data yang dapat digunakan untuk menyimpan data ukuran baik secara internal maupun eksternal. Alat ini dilengkapi dengan prisma yang berfungsi sebagai *reflektor*. Pada alat *ETS*, hasil pengukuran jarak, bacaan piringan horizontal dan bacaan sudut vertikal, koordinat maupun beda tinggi dapat langsung diketahui dilayar monitor. Alat ukur *ETS* dapat dilihat pada gambar 4.18.



Alat Ukur Total Station

KETERANGAN

1. Sekrup pendatar
2. Mikroskop pemusatan optis
3. Nivo Kocak
4. Nivo Tabung
5. Lensa Obyektif
6. Layar Display
7. Klem Horizontal
8. Hasil bacaan vertikal
9. Hasil bacaan horizontal
10. Hasil pengukuran jarak

Gambar 4.18. Alat ukur electronic total station (ETS)

Tipe	Bacaan Terkecil		Perbesaran
	Horizontal	Vertikal	
SET230R	2"	2"	30 X
SET330R	3"	3"	30 X
SET530R	5"	5"	30 X
SET630R	6"	6"	26 X
SET210	2"	2"	30 X
SET310	3"	3"	30 X
SET510	5"	5"	26 X
SET610	6"	6"	26 X
GTS-300	1"	1'	30 X
GTS-311	2"	2'	30 X
GTS-312	3"	3'	30 X
GTS-313	5"	5'	30 X
GTS-211	5"	5'	26 X
GTS-212	6"	6'	26 X
GTS-213	10"	10'	26 X
5601	1"	1"	26 X
5602	2"	2"	26 X
5603	3"	3"	26 X
5605	5"	5"	26 X
C100	6"	6"	26 X
D-50	10"	10"	26 X
DTM-50210		20"	33 X
DTM-801	10"	20"	33 X
EZS20	20"	20"	24 X
NET21003-D	2"	2"	30 X

Tabel. 4.3. Spesifikasi alat electronic total station (ETS)

4.5.2. Pengoperasian alat ukur *ETS (electronic total station)*

- a. pasang alat ukur *ETS (electronic total station)* pada statif tepat di atas patok yang akan diukur.
- b. atur sumbu I vertikal alat *ETS (electronic total station)* seperti pada pengaturan alat ukur teodolit.
- c. pasang reflektor di atas statif yang telah di atur sumbu I tepat pada target yang akan diamat.

- d. catat temperatur dan tekanan udara
- e. arahkan teropong pada target yang akan di amat, kencangkan klem vertikal dan klem horizontal. Tepatkan benang silang diafragma pada target dengan menggunakan sekrup penggerak halus vertikal dan penggerak halus horizontal.
- f. hidupkan saklar
- g. pada alat *ETS (electronic total station)* pada layar monitor terdapat display untuk harga jarak, bacaan horizontal dan vertikal.
- h. pilih jenis mode pengukuran (berkaitan jenis pengukuran yang akan dilakukan : jarak, koordinat, beda tinggi)
- i. atur (*setting*) konstanta prisma
- j. setel koreksi refraksi dengan memasukkan data tekanan udara dan temperatur.
- k. untuk pengukuran koordinat masukkan parameter koordinat tempat berdiri alat dan azimut awal
- l. untuk pengukuran beda tinggi, masukan parameter tinggi alat dan tinggi prisma.
- m. untuk pengukuran dengan perekaman langsung, sebelum pengukuran dilakukan *setting* terlebih dahulu ke mode perekaman
- n. parameter yang perlu dimasukkan kedalam pengukuran adalah data/informasi tempat berdiri alat dengan cara memasukan nomor titik, tinggi alat dan keterangan stasiun, kemudian mengarahkan teropong ke target belakang (*back sight*) dan masukkan nomor titik target belakang, kode target, dan tinggi reflektor.
- o. ulangi tahapan di atas untuk memasukkan data target depan (*fore sight*).

5. Prosedur perawatan dan kalibrasi alat

5.1. Prosedur perawatan alat ukur

5.1.1. Perawatan alat ukur pada saat tidak digunakan.

- bersihkan dari kotoran dan debu.
- keluarkan alat dari kotak (*casing*), kemudian letakkan di almari penyimpanan.
- pasang lampu pada ruang penyimpanan agar tidak lembab, sehingga alat ukur terhindar dari jamur (*fungi*)
- bersihkan alat secara periodik.

5.1.2. Perawatan alat ukur pada saat alat digunakan untuk pengukuran

- pastikan baut-pengait statif dengan alat ukur sudah terpasang dengan kuat.
- lindungi alat dengan payung dari panas matahari dan hujan untuk mencegah pecahnya nivo akibat menguapnya eter dan menghindari terkenanya alat (sistem optik) dari air hujan.
- lepaskan alat dari statif dan menyimpan ke dalam alat pembawa (*casing*) saat pemindahan alat dari titik pengamatan ke titik pengamatan berikutnya.
- jaga alat jangan sampai terjatuh atau terbentur dengan benda keras.
- alat teodolit yang dilengkapi dengan sistem elektronis tidak boleh digunakan untuk pengamatan matahari

5.1.3. Perawatan alat ukur pada saat mobilisasi

- masukkan alat kedalam kotak penyimpanan (*casing*)
- letakkan alat pada posisi tegak /tidak terbalik dan tidak boleh ditimpa dengan benda yang berat
- jaga dan lindungi alat pada saat perjalanan.

5.2. Prosedur kalibrasi alat

Kalibrasi dilakukan pada saat akan dimulai pengukuran, saat pelaksanaan pengukuran dan pada akhir kegiatan pengukuran. Prosedur kalibrasi alat ukur tergantung dari jenis dan fungsinya. Dibawah ini akan dijelaskan prosedur kalibrasi masing-masing alat ukur.

5.2.1. Prosedur kalibrasi alat ukur sipat datar.

Kalibrasi alat ukur sipat datar dilakukan untuk mengetahui apakah alat memenuhi kondisi sebagai berikut :

- garis arah nivo tegak lurus sumbu I (vertikal)
- garis benang silang horizontal tegak lurus sumbu I (posisi benang silang tidak miring)
- garis bidik sejajar garis arah nivo

5.2.1.1. Kalibrasi garis arah nivo tegak lurus sumbu I

Tujuan kalibrasi ini adalah untuk membuat garis arah nivo tegak lurus sumbu I (sumbu vertikal). Garis arah nivo akan tegak lurus sumbu I apabila didapatkan kondisi dimana nivo kotak dan nivo tabung telah seimbang di semua posisi. Pada alat ukur sipat datar otomatis kondisi garis arah nivo tegak lurus sumbu I cukup dengan menyeimbangkan nivo kotak.

Prosedur kalibrasi untuk membuat garis arah nivo tegak lurus sumbu I adalah sebagai berikut :

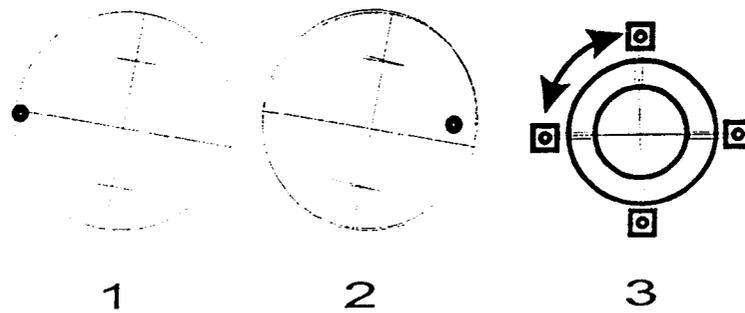
- dirikan alat ukur sipat datar pada statifnya, kemudian seimbangkan nivo kotak dengan menggunakan ketiga sekrup pendatar.
- pada alat ukur sipat datar otomatis pengaturan ini telah selesai apabila nivo kotak sudah seimbang.
- pada alat ukur sipat datar biasa pengaturan dilanjutkan dengan mengatur nivo tabung teropong

- atur nivo tabung dengan cara sejajarkan nivo tabung pada salah satu sisi dari dua sekrup pendatar, kemudian seimbangkan setengah kesalahan dengan mengatur dua sekrup pendatar, setengah kesalahan berikutnya dikoreksi dengan sekrup koreksi nivo
- ulangi pekerjaan ini sampai nivo tabung seimbang pada semua posisi.

5.2.1.2. Kalibrasi garis benang silang mendatar tegak lurus terhadap sumbu I

Prosedur kalibrasi garis benang silang mendatar tegak lurus sumbu I adalah seperti berikut (lihat gambar 1.19):

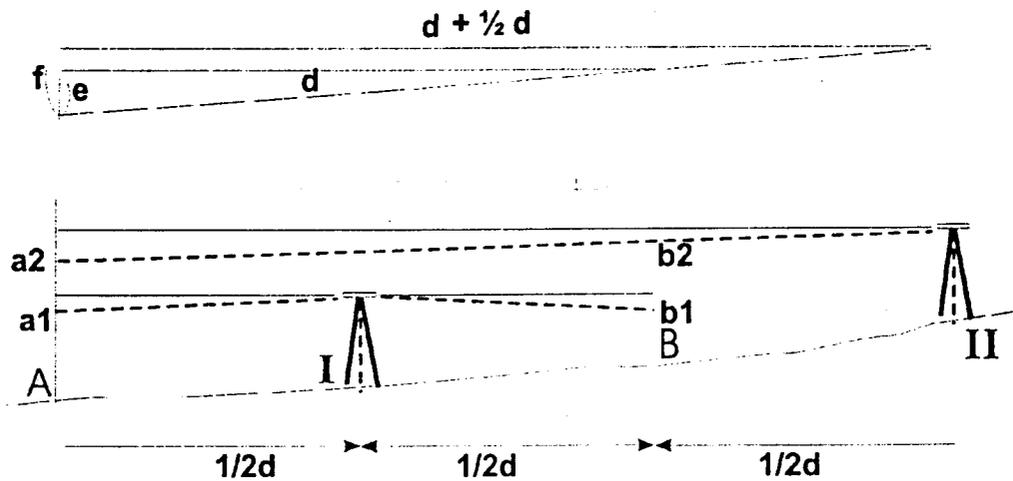
- dirikan alat pada statif dan seimbangkan nivo kotak dan nivo tabung dengan mengatur ketiga sekrup pendatar.
- arahkan teropong pada suatu titik ditembok atau dipohon.
- buat tanda berupa tanda titik pada target tersebut.
- tepatkan titik target tersebut pada ujung sebelah kiri benang silang mendatar diafragma, kemudian gerakkan teropong secara horizontal ke kiri dengan sekrup penggerak halus horizontal.
- amati posisi titik apakah bergeser / menyimpang terhadap benang silang mendatar.
- atur/setel posisi benang silang diafragma dengan sekrup diafragma apabila ternyata posisi titik target menyimpang dari benang silang horizontal diafragma, kendorkan sekrup diafragma, geser posisi diafragma secara hati-hati sampai benang silang mendatar tegak lurus sumbu I.



Gambar 4.19. Benang silang tegak lurus sumbu I

5.2.1.3. Prosedur kalibrasi garis bidik sejajar garis arah nivo.

Kondisi garis bidik sejajar garis arah nivo merupakan syarat utama yang harus dipenuhi sebelum alat ukur sipat datar digunakan. Cara kalibrasi garis bidik sejajar garis arah nivo adalah sebagai berikut (lihat gambar 1.20) :



Gambar 4.20. Garis bidik sejajar garis arah nivo

- pilih lokasi yang lapang dan datar, kemudian buat garis sepanjang 60 meter ditanah . Beri tanda pada posisi 0 m, 20 m, 40 m dan 60 m.

- dirikan alat ukur sipat datar pada titik 20 m sebagai posisi I, dan seimbangkan nivo dengan sekrup pendatar . Pasang rambu A pada titik 0 m dan rambu B pada titik 40 m. Arahkan bidikan teropong pada rambu A, baca dan catat benang tengahnya (bt) sebagai a_1 . Arahkan bidikan teropong pada rambu B, baca dan catat benang tengahnya (bt) sebagai b_1 .
- pada posisi alat I, beda tinggi antara titik A dan B adalah $\Delta_1 = a_1 - b_1$.
- pindahkan alat ukur sipat datar pada titik 60 m sebagai posisi II, dan seimbangkan nivonya dengan mengatur sekrup pendatar. Rambu tetap pada posisi titik A dan titik B.
- arahkan teropong pada titik A, baca dan catat benang tengahnya (bt) sebagai a_2 , kemudian arahkan teropong pada titik B, baca dan catat benang tengahnya (bt) sebagai b_2 .
- pada posisi alat II, beda tinggi antara titik A dan B adalah $\Delta_2 = a_2 - b_2$.
- apabila hasil pengukuran beda tinggi antara rambu A dan rambu B dari kedua posisi berdiri alat tidak sama, maka lakukan koreksi dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\Delta_1 = a_1 - b_1 \neq \Delta_2 = a_2 - b_2.$$

Nilai kesalahan dapat dihitung dengan rumus :

$$(1) \quad f/e = (d+1/2d)/d$$

$$(2) \quad f = 3/2 e, \text{ dengan } e = (b_2 - b_1) - (a_2 - a_1)$$

Cara melakukan koreksi kesalahan akibat garis bidik tidak sejajar dengan garis arah nivo untuk alat ukur beda tinggi otomatis dengan alat ukur beda tinggi dengan sekrup ungkit adalah berbeda yaitu :

- untuk alat ukur beda tinggi otomatis. Alat masih tetap berdiri di titik 60 m, arahkan teropong ke rambu A pada nilai bacaan benang tengah (bt) : $a_2 + f$, dengan merubah posisi diafragma yaitu dengan skrup diafragma.
- untuk alat ukur beda tinggi dengan sekrup pengungkit. Alat masih tetap berdiri di titik 60 m, arahkan teropong ke rambu A pada nilai bacaan benang tengah (bt) $a_2 + f$, dengan memutar sekrup pengungkit, akibatnya gelembung nivo teropong menjadi tidak seimbang, selanjutnya seimbangkan posisi nivo teropong dengan sekrup koreksi nivo.

5.2.2. Prosedur kalibrasi alat ukur teodolit

Prosedur kalibrasi alat ukur teodolit meliputi sumbu I (vertikal) tegak lurus bidang nivo, benang silang diafragma tegak lurus sumbu I, garis bidik (kolimasi) tegak lurus sumbu II dan kesalahan indeks vertikal,

5.2.2.1. Prosedur kalibrasi sumbu I (vertikal) tegak lurus bidang nivo

- pasang alat ukur sudut teodolit pada statif.
- seimbangkan nivo kotak (pendekatan) pada alat ukur sudut teodolit dengan mengatur ketiga kaki statif, kemudian seimbangkan nivo kotak dengan menggunakan sekrup pendatar.
- apabila nivo kotak sudah seimbang biasanya gelembung pada nivo tabung tidak menyimpang. Bila ternyata gelembung nivo tabung menyimpang berarti sumbu I belum benar-benar vertikal.
- seimbangkan nivo tabung dengan cara mengatur skrup penggerak pendatar dan skrup koreksi nivo.

5.2.2.2. Prosedur kalibrasi benang silang diafragma tegak lurus sumbu I.

Pada alat ukur sudut kondisi yang benar yaitu benang silang horizontal diafragma tegak lurus sumbu I (lihat gambar 1.19) . Jika tidak demikian maka harus dilakukan kalibrasi pada alat tersebut.

Prosedur kalibrasinya adalah sebagai berikut :

- pasang alat ukur sudut pada statif
- atur sumbu I (vertikal) tegak lurus bidang nivo (lihat cara pengaturan pada sub bahasan sumbu I tegak lurus dengan bidang nivo)
- buat tanda silang di atas kertas yang akan digunakan sebagai target, kemudian ditempel pada dinding atau pohon.
- arahkan teropong tepat kearah target tersebut, kemudian kencangkan klem horizontal dan vertikal,
- gerakkan teropong naik turun dengan sekrup penggerak halus vertikal, sambil melihat pada teropong apakah titik tersebut tetap berada dalam garis vertikal benang silang atau tidak. Untuk mengecek benang silang mendatar, gerakkan teropong ke kiri-kanan dengan sekrup penggerak halus horizontal sambil melihat apakah titik tersebut tetap berada di garis benang silang mendatar atau tidak. Apabila kondisi diatas tidak terpenuhi, berarti perlu dilakukan koreksi pada benang silang.
- koreksi dilakukan dengan menggunakan sekrup koreksi diafragma. Kendorkan semua sekrup diafragma, geser diafragma perlahan lahan dan hati-hati sampai benang silang sesuai yang diharapkan. Kuatkan kembali semua sekrup diafragma.

5.2.2.3. Prosedur kalibrasi garis bidik tegak lurus sumbu II.

Kondisi alat ukur sudut yang baik apabila nilai bacaan piringan horizontal luar biasa = bacaan piringan biasa + 180° ($B = LB + 180^\circ$). Apabila

kondisi tidak demikian berarti ada kesalahan garis bidik tidak tegak lurus sumbu II.

Cara kalibrasi kesalahan tersebut adalah :

- pasang alat ukur sudut teodolit pada statif, atur sumbu I vertikal.
- buat tanda silang di atas kertas yang akan digunakan sebagai target, kemudian ditempel pada dinding atau pohon.
- arahkan teropong ke titik tersebut, kemudian kencangkan klem horizontal dan vertikal, tepatkan bidikan pada titik tersebut dengan penggerak halus horizontal dan vertikal.
- lakukan pembacaan piringan horizontal, dan dicatat sebagai bacaan biasa (B).
- kemudian kendurkan klem horizontal dan vertikal, lalu arahkan kembali teropong ke target pada kedudukan luar biasa (LB) dengan cara memutar teropong sebesar 180° terhadap sumbu I dan sumbu II.
- lakukan pembacaan piringan horizontal dan dicatat bacaan piringan horizontal sebagai bacaan sudut luar biasa (LB).
- seharusnya $LB = B + 180^\circ$. Bila tidak demikian berarti garis bidik tidak tegak lurus sumbu II. Besarnya kesalahan adalah $K = (A - LB)/2$, dimana $A = B + 180^\circ$. Jika $A > 360^\circ$ maka $A = A - 360^\circ$.
- lakukan koreksi sebesar nilai K. Koreksi dilakukan dengan arahkan pembacaan piringan horizontal ke nilai $LB + K$ pada posisi teropong LB dengan menggunakan sekrup penggerak halus horizontal, sambil melihat nilai di mikroskop pembacaan piringan horizontal.
- akibat perlakuan diatas maka teropong tidak mengarah ke titik target lagi.
- selanjutnya arahkan kembali bidikan agar mengarah tepat ke titik di kertas tadi dengan menggeser benang silang diafragma menggunakan sekrup koreksi diafragma.

- ulangi tahapan pekerjaan di atas, cek sampai kesalahan K benar-benar hilang.

5.2.2.4. Prosedur kalibrasi kesalahan indeks vertikal.

Kesalahan indeks adalah kesalahan titik nol dalam lingkaran vertikal terhadap titik nol sebenarnya. Sehingga tujuan pengaturan indeks vertikal ini dimaksudkan untuk mendapatkan kondisi dimana saat teropong dalam keadaan benar-benar mendatar, bacaan sudut vertikal (heling) akan bernilai : $0^\circ / 90^\circ / 180^\circ / 270^\circ$.

Kesalahan ini disebabkan oleh ketidak tepatan posisi posisi indeks vertikalnya.

Alat ukur sudut yang baik memenuhi persyaratan :

- nilai bacaan luar biasa (LB) = $360^\circ - \text{bacaan biasa (B)}$ untuk tipe piringan vertikal, besar kesalahan indeks $p = 180^\circ - ((B + LB)/2)$ masih lebih kecil dari pada nilai bacaan terkecil pada alat.
- nilai bacaan LB = $180^\circ - \text{bacaan B}$ untuk tipe piringan vertikal, besar kesalahan indeks $p = 90^\circ - ((B + LB)/2)$ masih lebih kecil dari pada nilai bacaan terkecil pada alat.
- nilai bacaan LB = bacaan B untuk tipe piringan vertikal, besar kesalahan indeks $p = -(B + LB)/2$ masih lebih kecil dari pada nilai bacaan terkecil pada alat.

Prosedur pengecekan/kalibrasi pada kesalahan indeks vertikal:

- pasang alat ukur sudut teodolit pada statif, kemudian atur sumbu I tegak lurus bidang nivo (lihat cara pengaturan pada sub bahasan membuat sumbu I tegak lurus bidang nivo).
- pilih/tentukan 3 titik sebagai target, berikan nama sebagai titik A, B dan C.
- arahkan teropong ke titik tersebut, kemudian kencangkan klem horizontal dan vertikal, tepatkan bidikan pada titik A dengan penggerak halus horizontal dan vertikal.

- lakukan pembacaan piringan vertikal, dan dicatat sebagai bacaan biasa (B).
- kendurkan klem horisontal dan vertikal, lalu arahkan kembali teropong ke target pada kedudukan luar biasa (LB) dengan cara putar teropong sebesar 180° terhadap sumbu I dan sumbu II.
- lakukan pembacaan piringan vertikal dan dicatat bacaan piringan luar biasa (LB).
- ulangi tahapan diatas untuk titik B dan C.

Kesalahan indeks vertikal adalah $\frac{1}{2}$ selisih nilai sudut vertikal (heling) kondisi biasa dengan luar biasa. $p = \frac{1}{2} (h B - h LB)$

Dari pengukuran sudut vertikal tiga titik, kesalahan indeks vertikalnya dirata-rata. Apabila nilai $p >$ dari nilai bacaan terkecil alat, maka harus dilakukan koreksi.

Prosedur pelaksanaan koreksi/kalibrasi adalah :

Pada alat ukur sudut yang mempunyai nivo alhidade vertikal :

- ubah bacaan LB (posisi terakhir) ke bacaan sebesar $LB + p$ (bila p positif) atau $LB - p$ (bila p negatif) dengan menggunakan sekrup penggerak halus vertikal sambil melihat pada mikroskop pembacaan vertikal.
- akibatnya posisi nivo alhidade vertikal menjadi tidak seimbang, tetapi arah bidik teropong akan tetap kearah target.
- seimbangkan nivo alhidade vertikal dengan memutar sekrup koreksi nivo.

Pada alat ukur sudut yang tidak mempunyai nivo alhidade vertikal :

- ubah bacaan LB ke bacaan sebesar $LB + p$ (bila p positif) atau $LB - p$ (bila p negatif) dengan menggunakan sekrup penggerak halus vertikal (naik/turun) sambil membaca bacaan piringan vertikal.
- akibatnya arah bidikan teropong ke target akan berubah tidak tepat pada target.

- kembalikan arah bidikan teropong ke target dengan menggunakan sekrup koreksi diafragma.

5.2.3. Kalibrasi alat ukur EDM

Kalibrasi alat ukur EDM dilakukan terhadap ketelitian jarak hasil pengukuran dengan besaran jarak yang telah diketahui pada satu sisi yang sama. Prosedur kalibrasi alat ukur jarak EDM adalah sebagai berikut :

- pasang alat ukur EDM lengkap dengan teodolitnya pada titik pengamatan dan reflektor pada titik target yang akan diamat, jarak sisi (basis) antara kedua titik tersebut telah diketahui.
- apabila belum terdapat basis yang diketahui besaran sisinya, maka terlebih dahulu lakukan pengukuran jarak dengan menggunakan rol meter, minimal sebanyak tiga kali.
- kemudian lakukan pengukuran jarak dengan EDM minimal tiga kali
- kemudian cari harga rata-rata pengukuran EDM tersebut dan bandingkan dengan jarak basis tersebut

5.2.4. Kalibrasi alat ukur ETS (*electronic total station*)

Metode kalibrasi dilakukan terhadap dua komponen utama, yaitu kalibrasi terhadap komponen teodolit yang terdiri sumbu I vertikal tegak lurus bidang nivo, benang silang diafragma tegak lurus sumbu I, garis bidik tegak lurus sumbu II, serta kesalahan indeks vertikal, dan kalibrasi terhadap komponen ETS (*electronic total station*) yaitu ketelitian terhadap pengukuran jarak. Kalibrasi terhadap komponen teodolit dapat dilihat pada sub bahasan kalibrasi alat ukur teodolit, dan kalibrasi komponen pengukuran jarak dapat dilihat pada sub bahasan kalibrasi EDM

6. Alat ukur Receiver GPS (*global positioning system*)

GPS (*Global Positioning System*) adalah kontrol 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.

Sinyal satelit GPS berisi data yang dimodulasikan di dalam dua gelombang pembawa dengan frekuensi berbeda yakni gelombang L1 dengan Frekuensi 1575.42 MHz dan L2 dengan Frekuensi 1227.6 MHz. Data yang dimodulasikan dalam gelombang pembawa, berbentuk coding yaitu *C/A Code* dan *P Code*, dan *Broadcast message*. Data *C/A* dan *P code* berisi data tentang koordinat satelit dan informasi waktu satelit, sedang *Broadcast Message* berisi tentang sejarah perjalanan dari satelit atau dikenal dengan kontrol satelit serta informasi tentang data-data koreksi serta kesehatan atau tingkat kelaikan dari satelit bersangkutan.

Data *C/A code* dan *P Code* membawa data koordinat satelit, metode yang menggunakan data ini dikenal dengan istilah *Pseudo Range*. Metode penentuan posisinya ditentukan dari jarak antara satelit dan receiver pada saat sinyal dipancarkan dan diterima berdasarkan data waktu dan kecepatan perambatan sinyal. Penggunaan metode ini banyak dipakai untuk keperluan navigasi. Metode ini secara real time langsung memberikan informasi posisi yang diamat. Receiver jenis ini dikategorikan pada klas *receiver navigasi*.

Untuk keperluan yang lebih teliti seperti pada pekerjaan surveying menggunakan data phase gelombang pembawa L1 dan L2 (*carrier phase observable*). Jarak antara receiver dan satelit ditentukan dengan pengukuran beda phase. Posisi pengamatan ditentukan melalui pengolahan data paska survey (*postprocessing*). Kelebihan penggunaan data ini dilakukan berbagai model yang dipakai untuk mengeliminasi

beberapa sumber kesalahan yang muncul. Receiver jenis ini dikategorikan sebagai kelas *receiver Geodetic*.

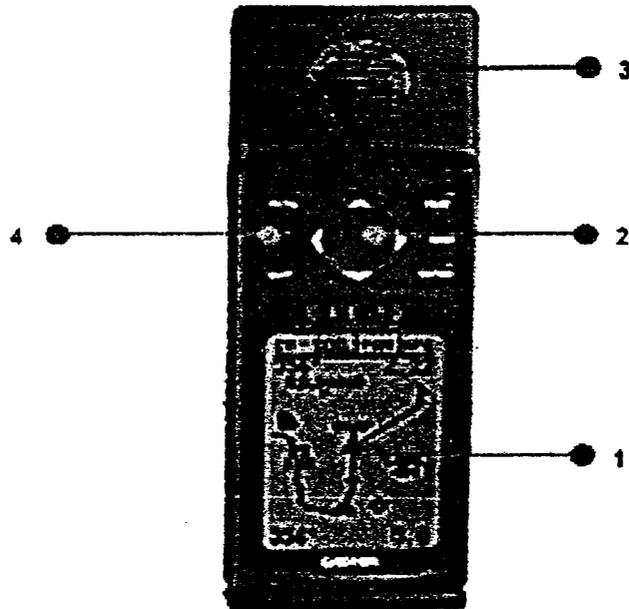
Komponen dasar receiver *GPS* terdiri dari dua komponen utama, yaitu perangkat keras dan perangkat lunak

- Komponen perangkat keras *GPS* terdiri dari beberapa bagian yaitu :
 - ontrol, frekuensi radio, *Microprocessor*, unit □ontrol dan tampilan, alat perekam data.
- Komponen perangkat lunak terdiri dari beberapa modul program pengolah data yang merupakan satu kesatuan dengan perangkat keras yang berfungsi sebagai pengendali operasi. Perangkat lunak berisi tentang algoritma pemrograman dan pemrosesan data untuk mengkonversi data sinyal *GPS* menjadi informasi posisi dan navigasi.

6.1. Alat *GPS* navigasi

Pada alat *GPS* tipe navigasi informasi data posisi diberikan secara *real time*. Posisi yang diberikan dalam bentuk koordinat geografi dan koordinat sistem proyeksi tertentu.

Alat *GPS* navigasi dapat dilihat pada gambar 4.21.



Keterangan :

- | | |
|----------------|--------------------|
| 1 . Layar LCD | 3. Antena dalam |
| 2. Tombol menu | 4. Tombol On / Off |

Gambar 4.21. Alat GPS Navigasi

Cara pengoperasian alat *GPS* navigasi

- hidupkan alat *GPS*
- atur / pilih sistem koordinat yang akan dipakai
- atur / pilih sistem datum
- atur / pilih sistem waktu
- atur / pilih unit satuan jarak dan kecepatan
- atur / pilih sistem koneksi (*Interface Setup*) dengan PC
- atur atau menyimpan dalam file hasil pengamatan
- beri keterangan tentang gambaran lokasi pengamatan

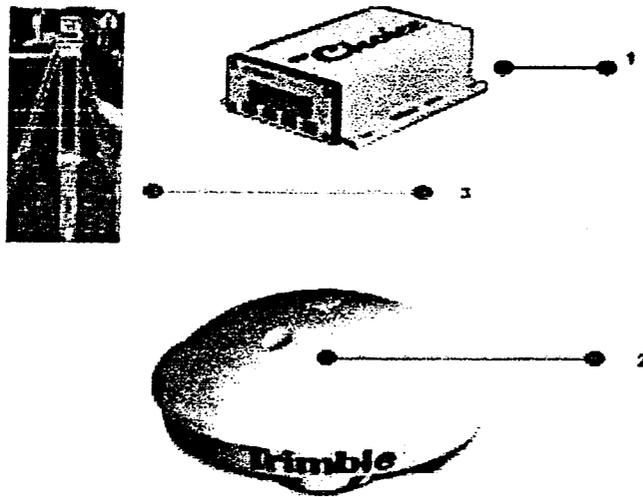
6.2. Alat GPS geodesi

Pada alat *GPS* tipe Geodesi informasi data posisi selain dapat diperoleh secara real time juga dapat diperoleh melalui pengolahan data secara lebih ekstensif pasca pengamatan (*post processing*). Posisi yang diperoleh dari hasil pengolahan data pasca pengamatan dapat berbentuk koordinat *geocenter*, koordinat *geografi* dan koordinat sistem proyeksi tertentu (untuk wilayah Indonesia berupa sistem proyeksi *UTM/TM*).

6.2.1. Konstruksi alat GPS geodesi

Alat jenis ini terdiri dari dua komponen yaitu komponen perangkat keras dan perangkat lunak Alat GPS Geodesi (lihat pada gambar 4.22.)

Perangkat keras terdiri dari dua komponen yaitu receiver dan antena yang terpisah. Perangkat lunak terdiri dari beberapa algoritma hitungan untuk pemrosesan data satelit dan modul program untuk komunikasi dengan pengguna. Untuk pengolahan data secara teliti dilakukan metode pengolahan data pasca pengamatan (*postprocessing*) dengan menggunakan perangkat lunak. *Postprocessing* yang terdiri dari modul pengolahan data baseline, modul program perencanaan pengamatan dan modul program perataan jaring (*network adjustment*).



Keterangan :

1. Receiver GPS
2. Antena Luar
3. Pengukuran posisi dengan GPS

Gambar 4.22. Alat GPS Geodesi

6.2.2. Cara pengoperasian alat GPS geodesi

Secara umum prosedur baku yang harus dilakukan sebelum pengamatan dilakukan, terdiri dari :

- dirikan antena pada statif di atas titik yang akan diamat dan ukur tinggi antena
- hubungkan antena dengan receiver melalui kabel penghubung, kemudian GPS dihidupkan
- atur / pilih sistem koordinat yang akan dipakai
- atur / pilih datum yang dipakai
- atur sudut tutupan (*angle mask*) dengan persyaratan minimal 5°
- atur / pilih sistem waktu
- atur / pilih unit satuan jarak dan kecepatan
- atur / pilih sistem koneksi dengan PC
- lakukan pengamatan sesuai jadwal yang telah diprogram
- lakukan perekaman data

- transfer (*download*) data pengamatan dari alat GPS ke personal computer

6.3. Pengolahan data

Pada survei GPS, pemrosesan data GPS untuk menentukan koordinat dari titik-titik dalam jaringan pada umumnya akan mencakup tiga tahap utama perhitungan, yaitu :

1. Pengolahan data dari setiap baseline dalam jaringan
2. Perataan jaringan yang melibatkan semua baseline untuk menentukan koordinat dari titik-titik dalam jaringan
3. Transformasi koordinat titik-titik tersebut dari datum WGS-84 ke datum yang diperlukan oleh pengguna.

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

Hasil pemrosesan pengamatan GPS akan berbeda satu sama lain tergantung dari perangkat lunak dan jenis receiver yang digunakan. Di bawah ini akan dijelaskan beberapa karakteristik perangkat lunak pemrosesan baseline sehingga pemrosesan dapat berjalan optimal, yaitu :

- * mampu mengolah/memproses data *carrier beat phase* dan *pseudorange*.
- * mampu memecahkan *cycle slips* dan *cycle ambiguity*
- * mampu memproses data dalam *single* dan *dual frekuensi*
- * mampu menghitung besarnya koreksi *troposfer* untuk data pengamatan.
- * mampu menghitung besarnya koreksi *ionosfer* untuk data pengamatan.
- * pemrosesan menyertakan tinggi antena di atas titik (BM) dan dapat dikonversi ke dalam komponen vertikal.

- * dapat melakukan pemrosesan untuk semua metoda pengukuran.
- * mudah digunakan.

Tahap pengolahan data dilakukan setelah tahap pengukuran atau pengambilan data selesai dilaksanakan. Tujuan pengolahan data adalah untuk mendapatkan koordinat titik-titik *GPS* dalam jaringan.

Dalam proses perhitungan *baseline* di atas terdapat tiga tahap proses yaitu :

1. Tahap *triple-difference* yaitu membentuk persamaan pengamatan *triple-difference* untuk mendeteksi, melokalisir serta sekaligus mengeliminasi *cycle slips* sehingga dapat ditentukan besar parameter *integer-ambiguity*. Selain itu, solusi hitungan parameter posisinya digunakan sebagai harga koordinat pendekatan untuk tahap hitungan selanjutnya.
2. Tahap *float double-difference* adalah menghitung parameter posisi dan semua *integer-ambiguity* berdasarkan persamaan pengamatan *double-difference*, yang pada dasarnya posisi *baseline* dihitung dengan menggunakan nilai *integer-ambiguity* dalam bentuk bilangan real.
3. Tahap *fixed double-difference*, besaran parameter yang dihitung adalah parameter posisi saja, dengan terlebih dahulu meng-*integerkan* nilai *integer-ambiguity* yang diperoleh dari tahap sebelumnya (*float double-difference*).

Keluaran dari pemrosesan *baseline* adalah parameter koordinat baik dalam sistem kartesian maupun lintang bujur geodetik pada datum WGS'84 dan komponen *baseline*. Selain itu dihasilkan estimasi standard deviasi dan matriks korelasi parameter dan indikator dari kualitas hasil hitungan.

Hal-hal yang penting untuk diperhatikan dalam proses pengolahan data antara lain adalah :

A. Reduksi baseline :

1. seluruh reduksi baseline dilakukan dengan menggunakan *GPSurvey software, post processing software*.
2. koordinat pendekatan (*aproksimasi*) dari titik referensi yang digunakan dalam reduksi *baseline* tidak lebih dari 10 meter dari nilai sebenarnya.
3. dalam proses reduksi *baseline* untuk menghitung besarnya koreksi *troposfer* untuk data pengamatan digunakan model *hopfield* atau model *saastamoinen*.
4. model *klobuchar* digunakan dalam proses reduksi *baseline* untuk menghitung besarnya koreksi *ionosfer*.
5. jika *bias double-difference* tidak dapat dipecahkan, akan dilaporkan dengan menyebutkan situasi dimana resolusi dari bias tersebut tidak dapat dipecahkan.

B. Perataan jaring :

Sebagai pemrosesan akhir untuk mendapatkan hubungan antara satu titik dengan titik lainnya dilakukan perataan jaring (*network adjustment*). Sebagai masukan pada perataan jaring adalah *baseline* yang telah memenuhi kontrol kualitas yang telah ditetapkan pada pemrosesan *baseline*.

Penilaian integritas pengamatan jaring berdasarkan pada analisis dari *baseline* yang diamati dua kali (penilaian keseragaman), analisis terhadap perataan kuadrat terkecil jaring bebas (untuk menilai konsistensi data dan analisis perataan terkecil untuk jaring terikat dengan titik ber-orde lebih tinggi (untuk menilai konsistensi terhadap titik kontrol). Perangkat lunak yang digunakan adalah *GPSurvey*.

Perataan jaring bebas dan terikat dari seluruh jaring dilakukan dengan menggunakan *GPSurvey software* dan *GeoLAB*. Informasi yang dihasilkan dari setiap perataan adalah :

- hasil dari test *chi-square* atau *variance ratio* pada residual setelah perataan (tes ini harus melalui *confidence level* 68 %, yang berarti bahwa data tersebut konsisten terhadap model matematika yang digunakan).
- daftar koordinat hasil perataan
- daftar *baseline* hasil perataan, termasuk koreksi dari komponen-komponen hasil pengamatan
- analisis statistik mengenai *residual baseline* termasuk jika ditemukan koreksi yang besar (*outlier*) pada *confidence level* yang digunakan.
- elips kesalahan titik untuk setiap stasiun/titik.
- elips kesalahan garis.

C. Transformasi koordinat :

Transformasi koordinat untuk setiap stasiun dalam jaring dilakukan dengan hasil-hasil sebagai berikut :

- lintang, bujur dan tinggi terhadap *spheroid* pada datum WGS-84.
- koordinat dengan menggunakan proyeksi UTM /TM 3⁰ pada datum WGS-84.

D. Analisis pengukuran GPS

Analisis atau kontrol kualitas dilakukan untuk mengetahui kualitas dari pengukuran serta konsistensinya terhadap ketentuan ataupun toleransi yang telah diberikan.

Seperti yang telah diuraikan dalam bab terdahulu, bahwasanya kontrol kualitas dilaksanakan dalam tiga parameter, yaitu : berdasarkan standar deviasi dari setiap *baseline*, *common baseline* (*baseline* yang diukur dua kali) serta semi major axis dari elips kesalahan hasil perataan dengan *geolab*.

1. Analisis standar deviasi dari reduksi baseline :

Berdasarkan hasil reduksi *baseline* dan nilai toleransi yang diberikan, standar deviasi untuk masing-masing komponen lintang, bujur dan tinggi dapat dihitung.

2. Analisis terhadap *common baseline* dapat dianalisis dari beda jarak yang dihasilkan oleh kedua baseline.

3. Analisis terhadap elips kesalahan dari perataan jaring

Kriteria yang ditetapkan untuk mengetahui akurasi dari hasil perataan jaring baik bebas maupun jaring terikat adalah :

a. elips kesalahan garis harus dihasilkan untuk setiap baseline yang diamati dan untuk setiap pasang station.

b. semi-major axis dari elips kesalahan garis yang dihasilkan harus lebih kecil dari harga parameter r yang dihitung sebagai berikut :

$$r = 15 (d + 0.2)$$

Dengan : r = panjang maksimum untuk semi-major axis (mm)

d = jarak dalam km

7. Alat ukur Echosounder

Survei batimetri adalah pengukuran kedalaman air terhadap sistem referensi yang dipakai, seperti pada laut, danau, sungai dll. Dalam pelaksanaan survei ada dua komponen utama yang akan ditentukan yaitu posisi horizontal (X,Y) dan kedalaman (H).

Penentuan posisi pada setiap kedalaman yang diukur dilakukan secara periodik sepanjang jalur pemeruman. Titik-titik yang ditentukan tersebut disebut Fix perum. Penentuan titik fix perum dilakukan dengan pengikatan ke titik referensi yang ada di darat, sedangkan kedalaman terukur juga dikonversi ke referensi titik tinggi yang digunakan.

Penentuan kedalaman yang lazim dipakai dan memenuhi standart hidrografi yaitu dengan alat *Echosounder*.

Beberapa metode penentuan posisi horizontal pada fix perum yang sering digunakan yaitu *differential GPS (DGPS)*, pemotongan kemuka, pengukuran secara tachimetri, dan sebagainya.

Prinsip pengukuran (pemeruman) dengan *Echosounder* adalah pengukuran kedalaman perairan dengan mempergunakan prinsip pantulan gelombang suara (lihat gambar 4.23). Alat yang dipergunakan dalam pengukuran disebut perum gema atau "*echosounder*"

Echosounder mengukur waktu yang diperlukan pulsa gelombang suara untuk menempuh jarak dari *transducer* (bagian *echosounder*) ke dasar laut dan kembali lagi ke *transducer*.

Interval waktu kemudian dikonversi menjadi kedalaman yaitu dengan mengalikan interval waktu tersebut dengan kecepatan gelombang suara dalam air (laut), sehingga :

$$D = \frac{1}{2} V \cdot t$$

Dimana : D = kedalaman air laut (meter)

V = kecepatan gelombang suara dalam air laut (m/det)

t = interval waktu (detik)

Besarnya nilai kedalaman hasil pengukuran oleh *echosounder* ditunjukkan dalam kertas grafik.

Prinsip pengukuran interval waktu pada *echosounder* terdiri dari dua komponen yaitu :

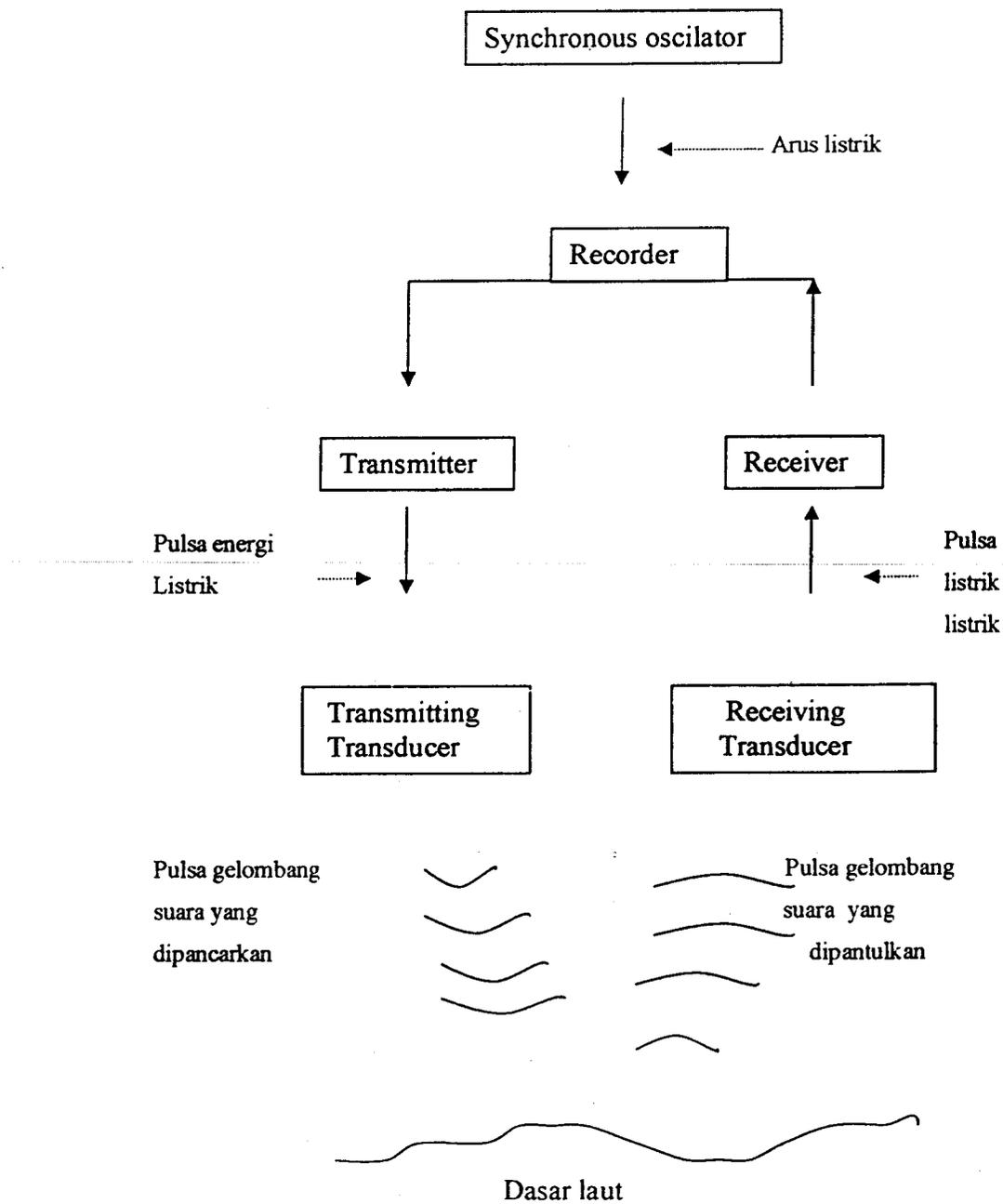
- *recorder*
- *transducer*.

Recorder berfungsi untuk :

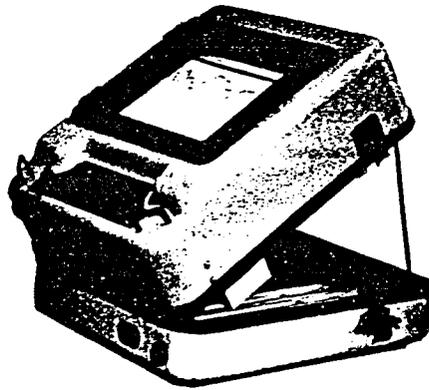
- menerima arus listrik dari "*synchronous oscillator*" dikirim ke transmitter, oleh transmitter diproses menjadi pulsa energi listrik dan mengirimnya ke *transmitting transducer*.
- menerima sinyal energi listrik dari *receiver*
- mengukur interval waktu yang diperlukan pulsa gelombang suara untuk menempuh jarak dari *transducer* ke dasar laut dan kembali ke *transducer*.

Transducer berfungsi untuk :

- merubah energi listrik / pulsa-pulsa listrik yang diterima dari recorder melalui *transmitting transducer* menjadi pulsa energi gelombang suara dan dipancarkan secara vertikal ke dasar laut.
- menerima pantulan gelombang suara dari dasar laut melalui *receiver transducer*. dan merubah pulsa energi gelombang suara pulsa energi listrik dan dikirimkan ke *receiver akustik* dan memancarkannya ke dasar perairan dan dirubah menjadi energi listrik / pulsa-pulsa listrik sebelum diteruskan ke bagian *recorder*.



Gambar 4.23. Prosedur pengukuran kedalaman dengan *echosounder*



Gambar 4.24. Alat echosounder

Alat echosounder dilengkapi dengan tombol-tombol dengan masing-masing fungsi antara lain :

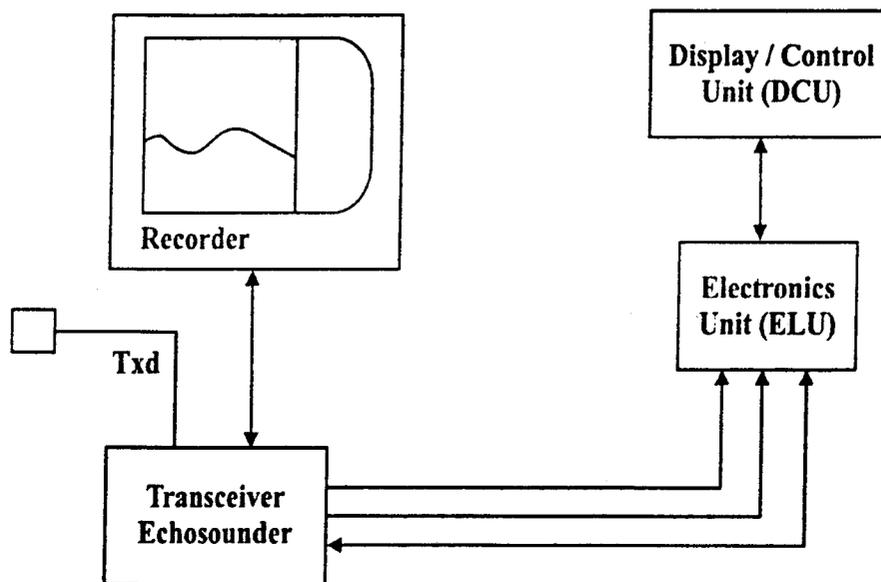
1. OFF/STANDBY/ON : menghubungkan sumber tenaga dengan alat.
Stand bay : motor penggerak kertas tidak bekerja tetapi motor penggerak stylus tetap berputar, dan rangkaian listrik didalamnya tetap mendapat arus listrik dari sumber tenaga, untuk memanaskannya, agar siap digunakan setiap waktu.
2. SENSITIVITY : menyetel kepekaan dari alat penerima (gain)
3. FIX MARK SWITCH : sakelar dengan per (pegas) yang membuat stylus menggoreskan sebuah garis untuk pedoman selebar kertas echo, pada saat tombol ini ditekan.
4. TIDE and DRAFT : digunakan untuk menyetel pendahuluan atau perlambatan permulaan start dari pulsa transmitter untuk mengimbangi besar (dalamnya) transducer dari permukaan air.
5. SPEED OF SOUND : memungkinkan operator untuk merubah putaran stylus untuk mengimbangi keadaan kadar garam dan temperatur air laut.

6. RANGE X1, X2 : merubah kecepatan motor penggerak stylus untuk melipat gandakan skala pembacaan. Misalnya dari 50 meter/phase ke 100 meter/phase.
7. CHART SPEED : memilih kecepatan dari kertas echo yang bergerak sepanjang plat horizontal.
8. CAL-ZERO : memungkinkan operator untuk menyetel garis nol (zero) sesuai dengan skala nol di kertas echo.
9. METER/FEET SWITCH : untuk memilih penggunaan unit kedalaman

7.1. Penggunaan *digitrace*

Jika survei batimetri yang akan dilakukan menggunakan sistem "*full computerization*", maka kedalaman yang direcord oleh *software logging data* yaitu kedalaman digital. Untuk mendapatkan nilai kadalaman digital diperlukan tambahan alat pada *echosounder* yang disebut *digitrace*.

Hubungan antara *digitrace* dengan *echosounder* dapat dilihat pada gambar 4.25



Gambar 4.25. Hubungan antara *digitrace* dengan *echosounder*

Power dari *digitrace* yaitu 12 volts DC berfungsi untuk pengubahan signal menjadi kedalaman digital dan disalurkan ke display dan komputer output oleh START dan STOP. MARK menyediakan eksternal akses ke pencatatan FIX MARK melalui data output *digitrace*.

Dalam *digitrace* disediakan fasilitas pemasukan koreksi kecepatan suara (*velocity*), draft dan pengaturan data blanking (pengabaian). Ada tiga tombol switch yang disediakan di sebelah display *Digitrace* yaitu *function*, *up*, *down*.

Function digunakan untuk memilih mode yang diaktifkan yang terdiri dari empat macam mode yaitu *depth*, *draft*, *velocity* dan *blanking*. Sedangkan tombol *up* dan *down* adalah tombol untuk merubah nilai dari

draft, velocity dan blanking dengan menaikkan (up) atau menurunkan (down) nilai dari mode yang diaktifkan.

7.2. Pelaksanaan pekerjaan sounding

Tahapan pelaksanaan sounding adalah sebagai berikut :

1. persiapan
2. pemasangan dan penyetelan awal
3. barcheck
4. pelaksanaan sounding

Persiapan sebelum sounding :

Persiapan ini adalah pemasangan dan pengujian kelayakan pemakaian dari kertas *roll echo*, *stylus*, *battery (power supply)*. Hal ini sangat penting untuk diperhatikan karena jika terjadi penggantian dari salah satu bagian tersebut, sebelum sounding hari itu selesai, maka harus dilakukan barcheck lagi untuk mendapatkan ketelitian yang tinggi. Persiapan tersebut dilakukan dengan cara sebagai berikut :

Kertas *roll echo*

Sebelum *sounding*, periksa kertas echo yang terpasang masih cukup untuk digunakan *souding* pada hari itu, jika tinggal sedikit sebaiknya diganti dengan roll echo yang baru.

Cara pengantian *kertas echo*

- lepaskan hubungan battery dengan recorder, kemudian lepaskan pengunci samping bagian atas dari tutup recorder
- putar *stylus belt* berlawanan dengan arah jarum jam sampai *stylus* berada di luar daerah kertas, kemudian buka kunci penahan dari *platen assy*.
- buka *platen assy* tersebut ke arah kanan sehingga kertas *roll echo* berada di sebelah atas.
- tarik kenop penahan roll kertas dan keluarkan roll kertas tersebut

- keluarkan roll kertas yang sudah habis di sebelah kiri dengan menarik knop pegas dan pindahkan ke sebelah kanan.
- kertas *echo* yang baru masukkan ke sebelah kiri, masukkan ke tempatnya. Lewatkan kertas melalui roller sebelah kiri dan teruskan menyeberang melalui *platen* dan kemudian melalui roll karet. Ujung dari kertas ditempelkan pada roll *echo* kosong penampung kertas yang sudah terpasang di sebelah kanan.
- putar kenop "*take up*" agar kertas menggulung pada *roll echo* penampung kertas. Periksa posisi dan kelurusan kertas diatas *platen assy*.

Jika posisi kertas sudah baik, maka tutup kembali *platen assy* ke arah kiri.

Stylus yang terpasang pada beltnya harus diperiksa, jika *stylus* tersebut diperkirakan sudah tidak dapat melakukan goresan-goresan pada kertas *echo* dengan baik (sudah pendek), maka harus diganti.

Cara penggantian *stylus* adalah sebagai berikut :

- buat status *echosounder* pada posisi off
- putar *stylus belt* berlawanan dengan arah jarum jam sampai *stylus* keluar dari daerah kertas.
- keluarkan *stylus* yang lama yang terdapat pada *stylus belt*.
- ambil *stylus* yang baru dan pasangkan pada pemegangnya kembali dengan baik.
- periksa *stylus* tersebut untuk menyakinkan sudah terpasang dengan baik dengan cara memutar *stylus belt* berlawanan dengan arah jarum jam lalu diperhatikan bagian atas *stylus* sudah berkontak baik dengan *trolley* dan bagian bawah sudah berkontak baik dengan kertas *echo*.
- jika sudah baik, lalu jalankan *recorder* dengan menempatkan posisi switch On, dicoba dijalankan \pm 5 menit atau sampai goresan *stylus*

tersebut halus dan membuat garis dengan lurus pada waktu ditekan
FIX MARK.

Sebelum pelaksanaan *sounding* atau sebelum *barcheck* harus diperiksa battery yang digunakan yaitu battery yang sudah *full charge*. Hal ini disebabkan karena jika sudah dilakukan *barcheck* maka status *echosounder* tidak boleh *off*, jika survey karena sesuatu hal harus berhenti atau istirahat makan, status *echosounder* pada posisi *standby*. Dengan demikian tetap tidak merubah *setting barcheck* dan tidak menghabiskan kertas.

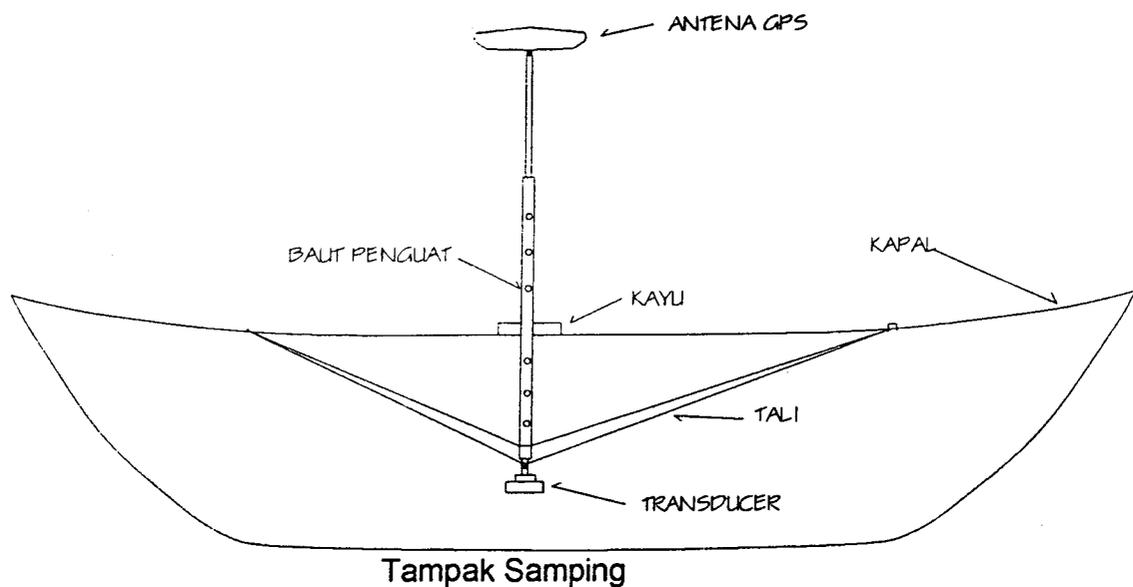
7.3. Pemasangan dan penyetelan awal

Tahap ini dilakukan di kapal yaitu berupa pemasangan *transducer*, penyambungan kabel power dan pengaturan awal alat *echosounder* sebelum dilakukan *barcheck*.

Langkah kerja yang dilakukan adalah sebagai berikut :

Pemasangan alat :

1. pasang terlebih dahulu alat bantu yang akan digunakan untuk pemasangan *transducer*, jika memungkinkan antena *GPS real time* dipasang dalam satu garis lurus dengan *transducer*. Jika tidak dalam satu garis lurus secara vertikal maka besarnya offset posisi *transducer* dengan *GPS real time* dimasukkan dalam *software HydroNAV*. Secara umum sketsa pemasangan *transducer* dapat dilihat pada gambar 4.26.



Gambar 4.26. Sketsa pemasangan transducer

2. keluarkan kabel power, *transducer* dari belakang *echosounder*.
3. pasang pipa penyangga *tranducer* dan kencangkan dengan menggunakan baut yang terdapat dalam pipa. Kemudian pasang pada alat bantu yang sudah disiapkan pada samping kapal. Pemasangan ini harus dibuat tegak lurus supaya mendapatkan ketelitian yang tinggi dan diusahakan sekuat mungkin dengan mengikat bagian bawah pipa ke dua tempat di kapal agar *transducer* tidak lepas.
4. pilih tempat yang aman terutama dari kemungkinan air laut jika ada ombak untuk menempatkan alat Echosounder.
5. Hubungkan kabel power ke battery (accu) dan dijaga pemasangan kutub-kutub battery jangan sampai terbalik.
6. Pasang kabel dari transducer ke bagian belakang alat echosounder.
7. Hubungkan kabel dari digitrace ke komputer untuk perekaman data digital dengan menggunakan *port com1* atau *com2*. Penggunaan port

ini harus disesuaikan dengan pengaturan "*equipment*" pada *software HydroNAV*.

A. Penyetelan awal pada *echosounder* :

- nyalakan sakelar OFF/STAND BY/ON pada kedudukan STBY dan diamkan selama 5 menit untuk pemanasan, kemudian tempatkan pada posisi ON.
- putar knop CAL ZERO sehingga goresan-goresan *stylus* paling atas tepat pada garis skala nol dari kertas *echo*. Pada penyetelan ini, *transmission mark* akan berubah juga dan dapat dikembalikan dengan memutar knop "*tide and draft*". Setelah diadakan penyetelan CAL ZERO, setel kembali TIDE and DRAFT sampai *transmission mark* jatuh tepat pada angka skala sesuai dengan kedalaman *transducer* di bawah permukaan air.
- stel pengontrol SPEED of SOUND (terdapat di dalam jendela) sampai tanda kalibrasi jatuh tepat di garis *Calibrate* di bagian bawah dari kertas *echo*.
- setel kecepatan suara dalam air sebesar 4800 feet per detik atau \pm 1500 meter/detik.
- stel knop pengatur kecepatan kertas *echo* sesuai dengan yang dikehendaki : 1, 2, 3, 4 inci per menit.
- putar sakelar phase pada kedudukan kedalaman yang diperkirakan akan diukur.
catatan : *Transmission mark* hanya timbul pada phase 0-55 feet atau 0-16 meter.
- putar pengontrol SENSITIVITY ke arah jarum jam sampai kelihatan gambaran dari dasar laut pada kertas *echo*. Teruskan putaran sedikit demi sedikit sampai tak terlihat perubahan kedalaman. Bacalah bagian atas dari guratan-guratan di kertas *echo*.

B. *Barcheck* pada *echosounder* :

Tujuan *barcheck* yaitu agar kedalaman yang terbaca benar-benar sesuai dengan kedalaman perairan yang di *sounding*.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam *barcheck* yaitu :

- apabila *echosounder* sudah dikalibrasi, *echosounder* tidak boleh di-off-kan, selama *echosounder* tersebut masih akan diperlukan pada hari itu juga. Untuk penghematan kertas *echo*, pada saat beristirahat *echosounder* diset pada posisi stand by.
- *barcheck* dilakukan setiap hari pada saat *sounding* akan dimulai, dan untuk pengecekan juga dilaksanakan pada akhir *sounding*.
- jika sudah dilakukan *barcheck* dan masih ada perbedaan maka harus diadakan koreksi pada saat pembacaan *roll echo*.

Langkah kerja yang dilakukan yaitu :

1. switch feet/meter (phase) diset sesuai dengan perkiraan kedalaman maksimal daerah yang akan disurvei, misalnya 0-16 meter, kemudian switch "range x1,x2" pada kedudukan x1.
2. jalankan *echosounder* dengan menempatkan switch "STBY/OFF/ON" pada posisi STBY dan biarkan selama 5 menit sebagai pemanasan. Kemudian switch tadi dipindahkan ke posisi ON. Pada posisi ON ini, perhatikan goresan-goresan yang ditimbulkan *stylus* pada *roll echo*, antara lain, goresan skala nol, draft dan skala kalibrasi. Misalnya pada saat tersebut, goresan untuk skala nol, draft dan calibrate belum tepat pada posisi yang sebenarnya, dan juga *transducer* berada pada kedalaman 1 meter di bawah permukaan air.
3. set *speed of sound*, tide & draft dan call-zero secara bergantian agar goresan *stylus* paling atas tepat pada garis skala 1 meter dan goresan paling bawah tepat jatuh pada garis skala "calibrate".
4. turunkan *barcheck* ke dalam air tepat di bawah *transducer*. Penurunan dari *barcheck* dilakukan step by step mulai dari 1 meter sampai dengan 7 meter (misalnya kedalaman laut yang diukur

sampai 8 meter). Untuk setiap step penurunan, tekan fix mark sehingga pada kertas *echo* terlihat goresan berupa garis lurus selebar kertas *echo* tersebut. Setelah *barcheck* berada di kedalaman 7 meter, naikkan kembali *barcheck* step by step dan untuk setiap step fix mark ditekan seperti pada saat penurunan tadi.

5. turunkan *barcheck* pada kedalaman kira-kira $\frac{1}{2}$ dari jarak antara dasar laut dengan permukaan (misalnya 4 meter). Stel speed of sound, tide & draft dan call zero secara bergantian sampai goresan-goresan seperti step 3 diperoleh dan goresan-goresan pada kertas *echo* yang menunjukkan ke dalam *barcheck* dari permukaan air, persis tepat pada skala yang sebenarnya.
6. turunkan *barcheck* step by step sampai pada kedalaman 7 meter dan untuk setiap step penurunan tekan fix mark, seperti pada langkah no.4. Kemudian naikkan *barcheck* step by step dan juga tekan fix mark untuk setiap step kenaikan.
7. jika di *echosounder* sudah menunjukkan kedalaman sesuai dengan setiap step penurunan dari *barcheck*, maka *echosounder* secara analog sudah siap digunakan.

C. *Barcheck* pada digitrace :

Jika kita menggunakan data kedalaman digital sebagai data output-nya, maka pada waktu pelaksanaan *barcheck echosounder* kita juga harus melakukan *barcheck* pada *digitrace*, sehingga nilai kedalaman digital juga benar-benar sesuai dengan kedalaman daerah *sounding*.

Adapun tahapan *barcheck digitrace* adalah sebagai berikut :

- pilih mode "draft" dengan menekan tombol "function". Sesuaikan nilai draft di display dengan jarak *transducer* ke permukaan air. Untuk mengubah nilai draft menggunakan tombol "Up & Down".
- sesuaikan nilai kecepatan suara agar kedalaman yang direkam sama dengan kedalaman setiap step penurunan kedalaman *barcheck*

dengan menggunakan mode "velocity". Untuk merubah nilai velocity juga menggunakan tombol "up & down".

- langkah penyesuaian nilai kedalaman ini harus dilakukan sama dan bersamaan pada setiap step penurunan papan *barchek echosounder*.

7.4. Pelaksanaan sounding.

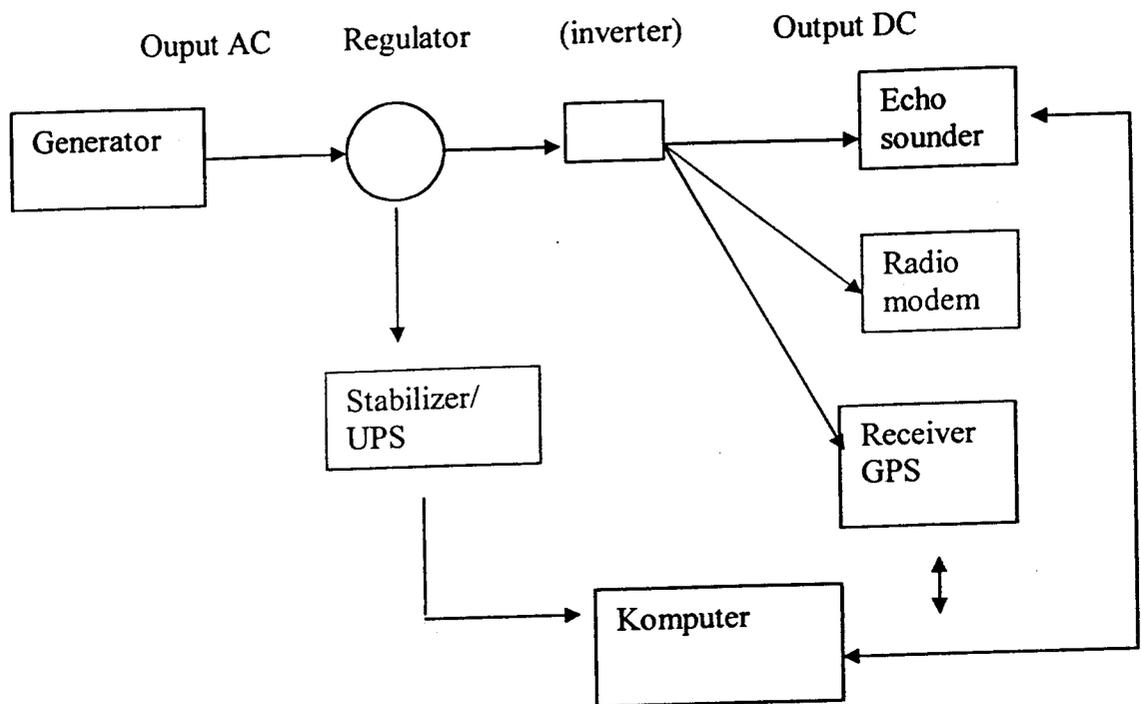
Memeriksa hubungan antar bagian peralatan :

Jika *barcheck* sudah selesai, diperiksa kembali pengaturan semua peralatan terutama mengenai hubungan antara satu bagian dengan bagian yang lain.

Hubungan peralatan tersebut, pengaturannya adalah sbb:

- *GPS Real time* sudah sesuai antara base (di darat) dengan *roving* (di kapal).
- kabel RS232 dari *receiver GPS roving* ke komputer bisa melalui com1 atau com 2 untuk transfer data *GPS RTK*.
- kabel RS232 dari *echosounder* ke komputer lewat Com1 atau com2 (jika kabel RS232 dari GPS sudah lewat com1, maka kabel *echosounder* harus lewat com2 pada komputer).

Jika menggunakan generator sebagai *power supply*, maka cara pemasangannya seperti yang terlihat pada gambar 4.27.



Gambar 4.27. Skema pemasangan echosounder jika menggunakan generator sebagai power suplaynya

Mengatur hubungan *echosounder* ke *software hidroNAV* :

Maksud dari pekerjaan ini adalah untuk mengatur agar data yang terekam *digitrace* dapat direkam dalam *software hidroNAV*.

Cara yang dilakukan yaitu :

- jika semua sudah terhubung, maka semua komponen posisi (*GPS RTK*) dan kedalaman (*H*), dilakukan pengaturannya dengan melalui menu "equipment" pada *software hidroNAV*, meliputi port, baud, parity, jenis alat yang digunakan.
- untuk memeriksa data sudah direcord *software hidroNAV*, tekan *F2* pada saat jenis data yang dikehendaki.

Pelaksanaan sounding sesuai dengan *runline*:

Setelah data *GPS* dan *echosounder* sudah direcord dalam *hidroNAV*, maka selanjutnya melakukan *sounding* sesuai dengan jalur pemeruman yang sudah dibuat dan diatur dengan *software hidroNAV* yang berupa *runline*.

Pembuatan *runline* ini dapat dilakukan sebelum survei ke lapangan jika data untuk pembuatan *runline* sudah ada yaitu berupa koordinat *boundary* daerah survey.

Cara pembuatannya dengan menggunakan menu "runline", pilih *boudary runline*, lalu dimasukkan koordinatnya satu persatu. Akan tetapi jika koordinat tersebut belum ada, dapat dilakukan pengamatan batas-batas daerah survey dengan *GPS* secara kasar, kemudian nilai koordinat dimasukkan dengan cara sama dengan di atas.

LAMPIRAN 1

FORMULIR PENGECEKAN ALAT UKUR TOPOGRAFI

FORMULIR KALIBRASI GARIS BIDIK SEJAJAR GARIS ARAH NIVO

No.	Posisi Alat Di Meter 25	Posisi Alat Di Meter 55	bt Rambu A	bt Rambu B

FORMULIR PENGECEKAN GARIS BIDIK TEGAK LURUS SUMBU II

No.	Pembacaan Target		B - LB	Nilai Koreksi $K = \frac{(B-LB) \cdot d}{4}$
	Biasa	Luar Biasa		

FORMULIR PENGECEKAN PENGATURAN INDEKS VERTIKAL

No.	Titik Alat	Titik Arah	Bacaan Piringan Vertikal	
			Biasa	Luar Biasa

FORMULIR REKAPITULASI HASIL KALIBRASI ALAT UKUR TEODOLIT

Nama Proyek :
 Lokasi :
 Tanggal :
 Merk Alat :
 Tipe :
 No. seri :

Jenis Kalibrasi	Kalibrasi dilakukan		Keterangan
	Ya	Tidak	
Sumbu I Tegak Lurus Garis Arah Nivo			
Benang Silang Diafragma Tegak Lurus Sumbu I			
Garis Bidik Tegak Lurus Sumbu II			
Kesalahan Indeks Vertikal			

Diukur :
 Nama :
 Ttd :

Diperiksa :
 Nama :
 Ttd :

FORMULIR KALIBRASI GARIS BIDIK TEGAK LURUS SUMBU II

Nama Proyek :
 Lokasi :
 Tanggal :
 Merk Alat :
 Tipe :
 No. seri :

Titik Target	Pembacaan Target		B - LB	Nilai Koreksi $K = \frac{(B-LB) - d}{4}$	Koreksi diarahkan ke bacaan
	Biasa	Luar Biasa			

Diukur
 Nama :
 Ttd :

Diperiksa
 Nama :
 Ttd :

FORMULIR KALIBRASI GARIS BIDIK SEJAJAR GARIS ARAH NIVO

Nama Proyek :
 Lokasi :
 Tanggal :
 Merk Alat :
 Tipe :
 No. seri :

Posisi Alat	benang tengah Rambu A	benang tengah Rambu B	Beda tinggi AB	Selisih posisi I posisi II	Nilai e	Nilai f	Koreksi di arahkan ke bacaan
I							
II							
I							
II							
I							
II							
I							
II							

Diukur
 Nama :
 Ttd :

Diperiksa
 Nama :
 Ttd :

FORMULIR
REKAPITULASI HASIL PEMERIKSAAN PERALATAN SIPAT DATAR

Nama Proyek :
Lokasi :
Tanggal :
Merk Alat :
No. Seri :

No.	Komponen yang diperiksa	Kondisi				
		Baik	Rusak			
			Optis		Mekanis	
			Buram	Berjamur	Keras	Mati
1	Sekrup Pendatar					
2	Klem Horizontal					
3	Sekrup Penggerak halus Horizontal					
4	Nivo Kotak					
5	Nivo Tabung					
6	Bayangan Objek					
7	Diafragma					
8	Pemfokus					
9	Bacaan Horizontal					
10	Sekrup Nivo Tabung					
11	Sekrup Diafragma					

Diperiksa :
Nama :

Diketahui :
Nama :