

## Pengukuran topografi untuk pekerjaan jalan dan jembatan

### Buku 1 Penjelasan Umum



DEPARTEMEN PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH  
DIREKTORAT JENDERAL PRASARANA WILAYAH

## **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 Notosoegondo**

## DAFTAR ISI

Prakata	
1. Ruang lingkup	1
2. Acuan normative	1
3. Istilah dan definisi	1
3.1. <i>ascii</i>	1
3.2. <i>data recorder</i>	2
3.3. <i>down load</i>	2
3.4. <i>edm (electronic distance measure)</i>	2
3.5. <i>ets (electronic total station)</i>	2
3.6. <i>file batch</i>	2
3.7. <i>ground model</i>	3
3.8. <i>internal memory card</i>	3
3.9. <i>gps (global positioning system)</i>	3
3.10. jaring kontrol horizontal	3
3.11. metode poligon	4
3.12. <i>raw data</i>	4
3.13. sudut horizontal	4
3.14. sipat datar	4
3.15. <i>surface</i>	4
3.16. survey gps	5
3.17. titik kontrol horizontal	5
3.18. teodolit	5
3.19. <i>triangulated irregular networks (tin)</i>	5
3.20. titik kontrol horizontal	5
4. Sistematika pedoman	6
5. Penjelasan umum	6
6. Pengukuran perencanaan jalan	8
6.1. Persiapan	8

6.1.1. Persiapan personil	8
6.1.2. Persiapan bahan dan peralatan	8
6.2. Survey pendahuluan	9
6.3. Pemasangan monumen	9
6.4. Pengukuran kerangka kontrol vertikal	10
6.5. Pengukuran kerangka kontrol horizontal	11
6.6. Pengukuran penampang memanjang	12
6.7. Pengukuran penampang melintang	12
6.8. Pengukuran situasi	13
6.9. Pengukuran azimuth jurusan	13
6.10. Pengukuran pengikatan titik-titik referensi	14
7. Pengukuran perencanaan jembatan	14
7.1. Pemasangan monumen	15
7.2. Pengukuran kerangka kontrol vertikal	15
7.3. Pengukuran kerangka kontrol horizontal	16
7.4. Pengukuran penampang memanjang jalan	16
7.5. Pengukuran penampang melintang jalan	17
7.6. Pengukuran penampang melintang sungai	17
7.7. Pengukuran situasi	17
7.8. Pengikatan titik-titik referensi	18
8. Pengukuran pelaksanaan jalan	18
8.1. Pengukuran <i>stake-out</i> untuk <i>center line</i>	19
8.2. Pengukuran <i>stake-out</i> untuk pembuatan <i>shop- drawing</i>	19
8.3. Pengukuran <i>stake-out</i> untuk rencana pembebasan lahan	19
8.4. Pengukuran <i>stake-out</i> untuk monitoring pelaksanaan konstruksi	20
9. Pengukuran pelaksanaan pembangunan jembatan	20
9.1. Pengukuran <i>stake-out</i> untuk <i>center line</i> , posisi <i>abutmen</i> , posisi <i>pier</i> dan elevasi jembatan.	20
9.2. Pengukuran <i>stake-out</i> untuk monitoring pelaksanaan	20

10. Pengolahan data	21
11. Penggambaran	22
11.1. Penggambaran secara manual	22
11.2. Penggambaran secara digital	23

## **1. Ruang lingkup**

Penyusunan laporan ini dibagi menjadi empat buku, dengan tujuan agar pembaca dapat lebih mudah membaca buku yang sesuai dengan bahasan yang diperlukan, karena masing-masing buku menyajikan hal yang berbeda substansinya. Buku I ini memuat sistematika pedoman dan penjelasan umum yang terdapat dalam buku II sampai dengan buku IV.

Buku ini menjelaskan secara garis besar mengenai pengukuran topografi pada pekerjaan jalan dan jembatan, mulai dari tahap persiapan, pengukuran di lapangan, sampai dengan pengolahan data dan penggambaran. Buku ini juga membahas berbagai macam alat ukur topografi teristis yang meliputi pengenalan alat, cara merawat dan cara melakukan kalibrasi, serta pengukuran – pengukuran yang menunjang pengukuran topografi teristis bidang jalan dan jembatan, seperti pengukuran posisi dengan teknologi GPS dan pengukuran kedalaman sungai dengan menggunakan alat ukur *echosounder*.

## **2. Acuan normative**

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**

#### ***data recorder***

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

### **3.3**

#### ***download***

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

### **3.4**

#### ***edm (electronic distance measure)***

alat ukur jarak yang menggunakan pancaran gelombang elektromagnetik.

### **3.5**

#### ***ets (electronic total station)***

alat ukur jarak yang menggunakan pancaran gelombang elektromagnetik yang telah terintegrasi dengan alat pembacaan sudut digital.

### **3.6**

#### ***file batch***

file data yang berformat *ASCII*, file ini hasil penghitungan dengan menggunakan program khusus survey topografi yang selanjutnya akan digunakan dalam penggambaran topografi secara digital.

### **3.7**

#### ***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

### **3.8**

#### ***internal memory card***

kartu elektronik tambahan yang berfungsi sebagai penyimpan data hasil pengukuran

### **3.9**

#### ***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.

### **3.10**

#### ***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.



### **3.11**

#### **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.

### **3.12**

#### **raw data**

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

### **3.13**

#### **sudut horizontal**

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

### **3.14**

#### **sipat datar**

alat untuk mengukur beda tinggi antara dua titik atau lebih.

### **3.15**

#### **surface**

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

### **3.16**

#### **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 deferensial (*differential positioning*) serta data pengamatan fase (*carier phase*) dari sinyal GPS.

### **3.17**

#### **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  $\phi$  (lintang) dan  $\lambda$  (bujur), serta koordinat dalam bidang proyeksi peta, yaitu E (timur) dan N (utara)

### **3.18**

#### **teodolit**

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

### **3.19**

#### ***triangulated irregular networks (tin)***

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.

### **3.20**

#### **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 geodetik dua-dimensi, yaitu  $\phi$  (lintang) dan  $\lambda$  (bujur), serta koordinat dalam bidang proyeksi peta, yaitu E (timur) dan N (utara)

#### **4. Sistematika pedoman**

Laporan pedoman teknik pengukuran topografi pada pekerjaan jalan dan jembatan terdiri dari empat buku yaitu :

- buku I : sistematika pedoman, penjelasan umum pengukuran untuk perencanaan dan pelaksanaan jalan dan jembatan.
- buku II : prinsip dasar pengukuran topografi dan pengukuran topografi pada pekerjaan perencanaan jalan dan jembatan.
- buku III : pengukuran topografi pada pelaksanaan jalan dan jembatan.
- buku IV : alat ukur topografi, pengukuran GPS, pengukuran kedalaman dengan *echosounding*

#### **5. Penjelasan umum**

Pada buku II dibahas mengenai prinsip-prinsip dasar pengukuran topografi, cara serta tahapan pengukuran topografi pada pekerjaan perencanaan jalan dan jembatan

Prinsip –prinsip dasar pengukuran topografi teristis antara lain:

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

Tahapan- tahapan dan prosedur pengukuran topografi teristis 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

Pada buku III dibahas mengenai pengukuran topografi untuk pekerjaan pelaksanaan jalan dan jembatan.

Pengukuran topografi untuk pekerjaan pelaksanaan jalan bersifat pengukuran *stake-out*, yaitu pengukuran yang dilakukan untuk mengimplementasikan gambar rencana (*design drawing*) dengan kondisi lapangan sebenarnya, dengan bantuan titik-titik tetap yang ada di lapangan dari hasil pengukuran topografi sebelumnya. Pengukuran stake out. antara lain bertujuan untuk penentuan *center line*, penentuan batas ROW, pembebasan lahan, pengukuran untuk pembuatan *shop drawing*, maupun pengukuran untuk monitoring pelaksanaan konstruksi.

Pengukuran stake out untuk pelaksanaan jembatan meliputi, pengukuran *stake-out* untuk *center line*, stake-out posisi *abutment* dan *pier* jembatan, pengukuran *stake-out* untuk monitoring pelaksanaan konstruksi.

Buku IV alat ukur topografi, pengukuran GPS, pengukuran kedalaman dengan *echosounding*.

Pada buku ini dibahas mengenai pengenalan alat ukur topografi. Pengenalan alat ukur topografi dilakukan terhadap alat-alat ukur untuk pengukuran topografi teristris seperti; alat ukur sipat datar, alat ukur teodolit, alat ukur EDM/ETS, yang meliputi pengenalan terhadap fungsi-fungsi alat serta cara pemakaian, perawatan, kalibrasi berikut dengan formulir kalibrasinya. Untuk menunjang pengukuran topografi teristris, pada buku ini juga dikenalkan pengukuran posisi (koordinat) dengan menggunakan metode GPS, serta pengukuran kedalaman sungai dengan metode pengukuran *echosounding* (perum gema).

## **6. Pengukuran perencanaan jalan**

### **6.1. Persiapan**

Pada tahap persiapan ini yang utama dilakukan adalah persiapan terhadap personil dan persiapan peralatan dan bahan serta data penunjang. Selain itu perlu juga disiapkan kelengkapan administrasi guna koordinasi dengan instansi terkait di daerah..

#### **6.1.1. Persiapan personil**

Personil yang dibutuhkan pada pekerjaan perencanaan jalan dan jembatan meliputi tenaga ahli pengukuran topografi (*Geodetic Engineer*) asisten ahli pengukuran topografi dan surveyor topografi. Surveyor topografi yang terlibat dalam pekerjaan ini disyaratkan mempunyai keahlian yang memadai, minimal telah mengikuti pelatihan dasar-dasar dan aplikasi survey topografi.

#### **6.1.2. Persiapan bahan dan peralatan**

Persiapan bahan (data) penunjang antara lain peta topografi skala 1 : 25.000, peta tata guna tanah, 1 : 50.000, almanak matahari untuk tahun berjalan yang diterbitkan oleh institusi yang berwenang, data koordinat nasional (X, Y, Elevasi) existing yang terdapat di sekitar lokasi proyek.

Persiapan peralatan topografi meliputi alat ukur sudut, alat ukur jarak dan alat ukur sipat datar, alat ukur *GPS*.

Alat ukur sudut yang diperlukan adalah teodolit dengan tingkat ketelitian bacaan sudut minimal 1" (detik) untuk pengukuran kerangka kontrol horizontal, alat ukur teodolit yang dilengkapi dengan kompas ketelitian bacaan 20" (detik) untuk pengukuran situasi dan pengukuran penampang. Prisma *Roeloeff* untuk pengamatan matahari. Alat *EDM* (*electronic distance measure*) / alat ukur *ETC* (*elektronik total station*) untuk pengukuran jarak dengan ketelitian antara  $2\text{mm} + 2\text{ppm} \times D$  sampai dengan  $5\text{mm} + 5\text{ppm} \times D$ . Alat sipat datar yang diperlukan adalah sipat datar otomatis atau yang

sederajat dengan deviasi standar pengukuran dalam 1 km pergi pulang  $\leq 5$  mm. Alat ukur GPS tipe *navigasi* untuk keperluan survai pendahuluan, dan alat GPS tipe *geodetic* untuk pengukuran titik-titik ikat (bila diperlukan).

Peralatan ukur harus dikalibrasi dengan metode yang tepat sesuai dengan jenis dan spesifikasi masing-masing alat sebelum digunakan.

Dalam tahap persiapan ini, dilakukan penarikan beberapa alternatif trase rencana diatas peta dengan mempertimbangkan jarak terdekat, kondisi topografi ( elevasi), tata guna lahan yang ada, serta dari aspek geologi dan hidrologi setempat.

## **6.2. Survey pendahuluan**

Survai pendahuluan (*reconnaissance*) dilakukan untuk mengahui secara faktual kondisi rencana trase jalan yang telah dibuat.

Peralatan dan bahan yang diperlukan antara lain peta rencana trase jalan diatas peta topografi skala 1 : 50.000 atau skala 1: 25.000, GPS *Navigasi*, *heling meter/clinometer*, kompas, fomulir survey dan *calculator*. GPS *Navigasi* dan kompas berfungsi untuk penentuan posisi (X, Y) di lapangan, sedangkan *heling meter/clinometer* berfungsi untuk menentukan prosentase kemiringan vertikal pada as rencana.

Jika trase rencana yang telah dibuat tidak memungkinkan diterapkan di lapangan maka dilakukan pemilihan alternatif trase lain.

## **6.3. Pemasangan monumen**

Sebelum dilakukan pengukuran, dilakukan pemasangan patok sebagai sarana penyimpanan informasi koordinat hasil pengukuran. Monumen pengukuran jalan dan jembatan berupa *bench mark* (BM), patok CP (*concrete point*) dan patok kayu pengukuran. *Bench mark* (BM) dipasang disepanjang ruas jalan yang akan diukur pada setiap interval jarak  $\pm 1$  Km. Setiap pemasangan BM harus disertai pemasangan patok CP.(*concrete point*)

sebagai pasangannya untuk mendapatkan azimut arahan pada pekerjaan *stake out* pada tahap pelaksanaan.

Pemasangan BM untuk jalan eksisting sebaiknya dipasang di kiri jalan dan CP di kanan jalan searah dengan jalur pengukuran dengan posisi saling tampak satu sama lain.

Pemasangan patok kayu dilakukan setiap interval 50 m pada jalur yang lurus dan datar serta setiap 25 m pada jalur yang berbelok/perbukitan pada sisi jalan yang sama. 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 diberi tanda khusus.

#### **6.4. Pengukuran kerangka kontrol vertikal**

Pengukuran kerangka kontrol vertikal dilakukan dengan metode sipat datar disepanjang trase jalan melewati BM, CP dan semua patok kayu.

Pengukuran sipat datar dilakukan pergi-pulang secara kring pada setiap seksi. Panjang seksi  $\pm 1 - 2$  km dengan persyaratan (toleransi) ketelitian  $\leq$  (kurang dari atau sama dengan)  $10 \text{ mm } \sqrt{D}$ . Dimana D adalah jumlah jarak dalam Km. Elevasi titik referensi yang digunakan sebagai elevasi awal harus dihitung dari tinggi MSL (muka air laut rata-rata)

Pengukuran sipat datar harus menggunakan alat sipat datar otomatis atau yang sederajat dengan deviasi standar ketelitian pengukuran alat per 1 km pergi pulang ketelitian  $\leq 5 \text{ mm}$ , pembacaan rambu harus dilakukan pada 3 benang silang yaitu benang atas (ba), benang tengah (bt) dan benang bawah (bb) sebagai kontrol bacaan.

Rambu ukur harus dilengkapi nivo kotak untuk pengecekan vertikalnya rambu.

### 6.5. Pengukuran kerangka kontrol horizontal

Pengukuran titik-titik kontrol horizontal dilakukan untuk merapatkan titik-titik kontrol horizontal yang telah ada (*exsisting*) di sekitar lokasi proyek. Titik-titik koordinat yang dipakai sebagai kontrol horizontal tersebut dianjurkan dalam sistem koordinat nasional dengan sistem proyeksi yang digunakan adalah UTM (Universal Transverse Mecator), dengan pertimbangan bahwa pengukuran topografi bidang jalan bersifat memanjang sehingga membutuhkan zone yang cukup besar ( lebar zone pada sistem proyeksi UTM sebesar  $6^\circ$ , sedangkan lebar zone untuk TM-3 sebesar  $3^\circ$ ). Jika tidak terdapat titik-titik kontrol horizontal *exsisting* maka dianjurkan untuk dilakukan pengukuran *GPS*.

Pengukuran/perapatan titik-titik kontrol horizontal dilakukan dengan metode poligon terbuka terikat sempurna atau dengan poligon tertutup. Pengukuran poligon kerangka kontrol horizontal meliputi pengukuran sudut tiap titik poligon, pengukuran jarak sisi poligon dan pengukuran azimuth.

Panjang setiap seksi poligon terbuka terikat sempurna menyesuaikan dengan jarak antara 2 BM *GPS* yang berurutan, sebaiknya kurang dari 5 km. Tiap sudut poligon diukur dengan satu seri rangkap dengan hasil 4 (empat) kali sudut, dari bacaan 2 biasa (B) dan 2 Luar Biasa (LB). Kesalahan penutup sudut poligon tidak boleh lebih dari  $10''\sqrt{n}$ , dimana  $n$  adalah jumlah titik poligon. Setiap 5 km pengukuran, pengukuran sudut dikontrol dengan pengamatan matahari.

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.

Jarak sisi-sisi poligon dianjurkan diukur dengan alat *EDM* atau dengan *electronic total station (ETS)* diukur pergi-pulang 3 kali.



#### **6.6. Pengukuran penampang memanjang**

Pengukuran penampang memanjang dalam pelaksanaannya dilakukan bersamaan dengan pengukuran sipat datar (jalan baru), atau pengukuran penampang melintang (*jalan existing*).

Pengambilan data penampang memanjang dilakukan pada setiap perubahan muka tanah dan sesuai dengan kerapatan detail yang ada disepanjang trase. Pembacaan rambu harus dilakukan pada ketiga benang silang mendatar yaitu benang atas (ba), benang tengah (bt) dan benang bawah (bb) sebagai kontrol bacaan.

#### **6.7. Pengukuran penampang melintang**

Pengukuran penampang melintang ruas jalan dilakukan alat sipat datar pada daerah datar dan terbuka, tetapi pada daerah dengan topografi bergelombang sebaiknya dilakukan dengan menggunakan teodolit-kompas dengan ketelitian bacaan 20 “.

Pengukuran penampang melintang ruas jalan dilakukan harus tegak lurus dengan ruas jalan. Pengambilan data dilakukan pada setiap perubahan muka tanah dan sesuai dengan kerapatan detail yang ada dengan mempertimbangkan faktor skala peta yang dihasilkan dan tingkat kepentingan data yang akan ditonjolkan.

Sketsa penampang melintang tidak boleh terbalik antara sisi kiri dengan sisi kanan. Untuk mempermudah pengecekan, pada masing –masing sisi koridor diberi notasi yang berbeda, misal koridor sebelah kiri dari *center line* jalan diberi notasi *alphabetic* dan untuk koridor sebelah kanan diberi notasi *numeric*.

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

Pengukuran penampang melintang 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 as trase jalan.

- kondisi pegunungan dilakukan pada interval tiap 25 m dengan lebar koridor 75 m ke kiri dan 75 m ke kanan
- kondisi tikungan dilakukan pada interval tiap 25 m dengan lebar koridor 75 m ke arah luar dan 125 m ke arah dalam.

#### **6.8. Pengukuran situasi**

Pengukuran situasi dilakukan pada sepanjang rencana trase jalan dengan menggunakan teodolit dengan ketelitian bacaan  $\leq 20''$  (detik). Untuk lokasi-lokasi jalan di perkotaan yang ramai lalulintasnya dan banyak detail situasinya, dianjurkan menggunakan alat *ETS (electronic total station)*. Untuk pengukuran metode *tachimetry*, pembacaan rambu harus dilakukan pada ketiga benang silang mendatar yaitu benang atas (ba), benang tengah (bt) dan benang bawah (bb) sebagai kontrol bacaan. Pengukuran dilakukan terhadap semua obyek-bentukan alam dan buatan manusia yang ada di sepanjang ruas jalan, seperti alur, sungai, bukit, jembatan, gedung, rumah, batas ROW dsb. Dalam pengambilan data harus diperhatikan kerapatan detail yang diambil serta faktor skala peta yang akan digunakan serta tingkat kepentingan data yang akan ditonjolkan, sehingga diharapkan data yang dihasilkan dari pengukuran detail situasi dapat mewakili kondisi sebenarnya dilapangan.

Pada pengukuran situasi khusus seperti perpotongan sungai dan persimpangan jalan pengambilan titik detail situasi harus lebih rapat. Hal ini dikarenakan pada lokasi-lokasi tersebut data dilapangan cukup kompleks dan padat. Selain itu pada lokasi-lokasi tersebut biasanya akan dilakukan desain-desain yang bersifat khusus yang memerlukan skala peta yang lebih besar misal skala 1 : 500.

#### **6.9. Pengukuran azimuth jurusan**

Pengukuran azimuth jurusan awal dilakukan dengan pengamatan matahari metode tinggi matahari biasanya dilakukan antara jam 7.00 WIB sampai

dengan 9.00 WIB untuk pengamatan pagi hari dan pukul 15.00 WIB sampai dengan 16.30 WIB untuk pengamatan sore hari. Pengamatan dilakukan minimal dalam satu seri (rangkaian) pengamatan yaitu 4 kali pengamatan (B, LB, LB, B). Ketelitian azimuth hasil pengamatan antara satu pengamatan dengan pengamatan lainnya tidak boleh lebih dari 5" (detik). Pengamatan dilakukan dengan menggunakan prisma roeloff atau dengan cara tadah. Alat yang digunakan adalah teodolit dengan pembacaan piringan horizontal terkecil 1". Untuk titik awal yang menggunakan dua titik tetap yang telah diketahui harga koordinatnya, azimuth jurusan langsung dapat dihitung.

#### **6.10. Pengukuran pengikatan titik-titik referensi**

Pengukuran kerangka kontrol horizontal diikatkan pada titik-titik ikat (referensi) horizontal eksisting yang ada. Informasi keberadaan posisi/lokasi titik-titik ikat tersebut dapat dicari dari institusi yang terkait antara BAKOSURTANAL, BPN, atau dari hasil pengukuran proyek sebelumnya. Pengukuran pengikatan horizontal dilakukan dengan metoda poligon, yaitu diukur sudut titik poligon, jarak sisi antar poligon dan azimuth awal dari titik referensi dilakukan dengan alat ukur teodolit dan EDM atau dengan alat *electronic total station*. Toleransi ketelitian pengukuran sudut dan jarak linier pengukuran pengikatan titik-titik ikat adalah sama dengan toleransi pengukuran kerangka kontrol horizontal.

Pengikatan titik tinggi dilakukan dari titik ikat (referensi) tinggi tersebut ke koordinat awal pengukuran dengan menggunakan alat sipat datar otomatis atau yang sederajat. Toleransi ketelitian pengukuran pengikatan titik-titik ikat tinggi adalah sama dengan dengan pengukuran kerangka kontrol vertikal.

#### **7. Pengukuran perencanaan jembatan**

Pengukuran jembatan terdiri dari kegiatan persiapan, survey pendahuluan, pemasangan patok BM 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 situasi.

Pekerjaan persiapan dan survey pendahuluan sama seperti pada pekerjaan pengukuran perencanaan jalan.

### **7.1. Pemasangan monumen**

Monumen yang dipasang pada pengukuran jembatan terdiri dari patok BM (*Bench Mark*) / CP (*Concrete Point*). Untuk sungai dengan lebar  $\leq 50$  BM dan CP masing-masing dipasang ditepi sungai yang berseberangan disekitar as rencana jembatan. Untuk sungai dengan lebar  $> 50$  BM dan CP dipasang berpasangan untuk masing-masing tepi sungai yang berseberangan disekitar as rencana jembatan.

Patok kayu dipasang dengan interval jarak 10, 15 dan 25 meter sepanjang 100 meter dari masing-masing tepi sungai ke arah as rencana jalan. Patok kayu juga dipasang di tepi sungai dengan interval jarak setiap 10, 15 dan 25 meter sepanjang 125 meter ke arah hulu dan ke arah hilir sungai.

### **7.2. Pengukuran kerangka kontrol vertikal**

Pengukuran kerangka kontrol vertikal jembatan dilakukan dengan metode sipat datar tertutup (*Loop*) dengan melalui semua patok BM, CP dan patok kayu yang terdapat disekitar tepi sungai yang akan diukur, dengan persyaratan (toleransi) ketelitian  $\leq$  (kurang dari atau sama dengan)  $10 \text{ mm} \sqrt{D}$ . Dimana D = jumlah jarak dalam Km.

Pengukuran sipat datar menggunakan alat sipat datar otomatis atau yang sederhana dengan deviasi standar ketelitian pengukuran alat per 1 km pergi pulang ketelitian  $\leq$  (kurang dari atau sama dengan) 5 mm. Pembacaan rambu harus dilakukan pada 3 benang silang yaitu benang atas (ba), nenang tengah (bt) dan benang bawah (bb).

Rambu ukur harus dilengkapi nivo kotak untuk pengecekan vertikalnya rambu.

### **7.3. Pengukuran kerangka kontrol horizontal**

Pengukuran kerangka kontrol horizontal dilakukan dengan metode poligon tertutup, yang terikat pada satu titik ikat eksisting yang diketahui.

Pengukuran kerangka kontrol horizontal melewati semua BM / CP dan patok kayu, sehingga BM, CP dan patok kayu, sehingga titik-titik tersebut 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).

Azimut poligon didapatkan dari pengamatan matahari atau dari 2 (dua) titik kontrol horizontal yang telah diketahui koordinatnya. Pengamatan matahari dilakukan dengan sistem tinggi matahari, dilakukan pengamatan pagi dan sore.

### **7.4. Pengukuran penampang memanjang jalan**

Pengukuran penampang memanjang jalan disekitar as jembatan dilakukan dengan alat ukur sipat datar atau dengan menggunakan teodolit dengan ketelitian bacaan  $\leq 20$  ".

Pengambilan data dilakukan pada setiap perubahan permukaan tanah pada as jalan eksisting / rencana sepanjang 100 m dari masing-masing tepi sungai.

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

### **7.5. Pengukuran penampang melintang jalan**

Pengukuran penampang melintang jalan dilakukan dengan menggunakan alat ukur sipat datar atau dengan menggunakan teodolit dengan ketelitian bacaan  $\leq 20''$ . Pengambilan data dilakukan setiap interval jarak 10, 15 dan 25 m sepanjang 100 m dari tepi masing-masing sungai ke arah rencana jalan/jalan eksisting, dengan koridor 50 m as rencana jalan/exsisting.

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 pengukuran penampang melintang yang dilakukan harus dibuat sketsanya.

### **7.6. Pengukuran penampang melintang sungai**

Koridor pengukuran kearah hulu dan hilir masing-masing 125 meter dari as rencana jembatan, dengan interval pengukuran 10, 15 dan 25 meter.

Pengukuran kedalaman 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 sounder*. Tata cara pengukuran dengan echo sounding (perum gema) selengkapnya dapat dilihat pada buku IV.

### **7.7. Pengukuran situasi**

Pengukuran situasi dilakukan dengan menggunakan *electronic total station (ETS)* atau alat ukur teodolit dengan ketelitian bacaan  $\leq 20''$ . Data yang diukur mencakup semua obyek bentukan alam dan buatan manusia yang ada disekitar rencana jembatan seperti bentuk sungai, posisi *pier* dan *abutmen* jembatan exsisting, gedung, rumah, dermaga, dan sebagainya.

Pada pengukuran situasi tersebut, pengambilan titik detail situasi harus lebih rapat. Hal ini dikarenakan pada lokasi-lokasi tersebut data di lapangan cukup kompleks dan padat. Selain itu pada lokasi-lokasi tersebut biasanya akan dilakukan desain-desain yang bersifat khusus yang memerlukan skala peta yang lebih besar misal skala 1 : 500.

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

#### **7.8. Pengikatan titik-titik referensi**

Untuk pengukuran jembatan yang dilakukan bersamaan dengan pengukuran jalan maka koordinat (X,Y) horizontal, maupun elevasi (Z) menggunakan sistem koordinat nasional dan elevasi menggunakan tinggi muka air laut rata-rata (MSL) yang juga dipakai bersama pada sistem koordinat dari pengukuran jalan. Untuk pengukuran jembatan yang berdiri sendiri maka koordinat (X, Y) diikatkan pada koordinat eksisting yang terdekat, atau dari pengukuran GPS Navigasi. Titik ikat tinggi diambil dari titik tinggi (*peil*) eksisting terdekat, atau dengan interpolasi peta topografi.

#### **8. Pengukuran pelaksanaan jalan**

Pengukuran pelaksanaan jalan bertujuan untuk mengimplementasikan gambar rencana (*design drawing*) di lapangan. Sesuai dengan tujuannya, maka implementasi tersebut dapat digunakan untuk penentuan *center line*, pembuatan *shop drawing*, rencana pembebasan lahan, dan monitoring pelaksanaan pekerjaan. Pengukuran untuk kegiatan pelaksanaan dilakukan dengan cara *stake out*, yaitu meletakkan posisi-posisi detail dari gambar rencana kedalam posisi sebenarnya di lapangan dengan dibantu oleh koordinat-koordinat yang ada di lapangan.

### **8.1. Pengukuran *stake-out* untuk *center line***

Pengukuran *stake out* untuk penentuan *center line* merupakan *stake out* bersifat garis, baik berupa garis lengkung maupun garis lurus. *Stake out* yang bersifat garis lurus dilakukan terhadap *center line* pada jalan yang lurus. *Stake out* dilakukan setiap interval 50 m. Untuk *stake out* yang bersifat garis lengkung dilakukan pada setiap tikungan jalan, di mana posisi-posisi yang akan di *stake out* antara lain posisi : PI (*point intersection*), TC (*tangent circle*), CT (*circle tangent*), untuk tikungan bentuk *full circle*; TS (*tangent spiral*), SC(*spiral circle*), CS (*circle spiral*), ST (*spiral tangent*) untuk tikungan bentuk *spiral – circle – spiral* . Koordinat /jarak dari titik-titik tersebut di atas sudah terdapat dalam gambar rencana (*design drawing*). Alat ukur yang digunakan dalam pekerjaan ini adalah teodolit /EDM/ETS.

### **8.2. Pengukuran *stake-out* untuk pembuatan *shop- drawing***

Pembuatan *shop drawing* dilakukan untuk pekerjaan-pekerjaan konstruksi yang bersifat parsial, seperti jembatan dan bangunan pelengkap lainnya. Pengukuran *stake out* ini bersifat *stake out* yang berupa titik yang bertujuan untuk menentukan posisi bangunan-bangunan tersebut di atas. Alat yang digunakan adalah teodolit/EDM/ETS.

### **8.3. Pengukuran *stake-out* untuk rencana pembebasan lahan**

Pengukuran *stake out* untuk rencana pembebasan lahan dilakukan bila dalam pelaksanaan pekerjaan diperlukan pembebasan lahan. Daerah yang di ukur adalah daerah yang terkena pembebasan lahan. Pada pengukuran ini dilakukan pemasangan patok-patok pada batas-batas daerah yang terkena pembebasan berdasarkan koordinat patok-patok batas yang telah terdapat dalam peta rencana pembebasan lahan. Alat yang digunakan adalah teodolit/EDM/ETS.



#### **8.4. Pengukuran *stake-out* untuk monitoring pelaksanaan konstruksi**

Tujuan pengukuran ini adalah untuk mengetahui kemajuan pekerjaan dan menentukan pekerjaan konstruksi jalan apakah telah sesuai dengan perencanaan. *Stake out* untuk monitoring pelaksanaan pekerjaan berupa *stake out* titik (posisi) dan garis *peil* tinggi (elevasi). Alat yang digunakan adalah teodolit/*EDM/ETS* untuk posisi dan alat sipat datar untuk tinggi (elevasi).

#### **9. Pengukuran pelaksanaan pembangunan jembatan**

Pengukuran pelaksanaan jembatan bertujuan untuk mengimplementasikan gambar rencana jembatan (*design drawing*) di lapangan. Pengukuran pelaksanaan pembangunan jembatan pada dasarnya sama dengan *stake out* untuk pembuatan *shop drawing*. Pengukuran ini bersifat menentukan posisi jembatan seperti *center line*, posisi *abutmen*, posisi *pier* (bila ada), dan elevasi jembatan.

##### **9.1. Pengukuran *stake-out* untuk *center line*, posisi *abutmen*, posisi *pier* dan elevasi jembatan.**

Pengukuran *stake out center line*, posisi *abutmen*, posisi *pier* dan elevasi jembatan diukur dengan bantuan koordinat (X, Y) maupun elevasi (Z) BM/CP jembatan yang ada di lapangan. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat ukur teodolit/ *EDM/ETS* untuk penentuan posisi dan alat ukur sipat datar untuk penentuan elevasi.

##### **9.2. Pengukuran *stake-out* untuk monitoring pelaksanaan jembatan**

Tujuan pengukuran ini adalah untuk mengetahui kemajuan pekerjaan dan menentukan pekerjaan konstruksi jembatan apakah telah sesuai dengan perencanaan. *Stake out* untuk monitoring pelaksanaan pekerjaan berupa *stake out* titik (posisi) dan membuat *peil* tinggi (elevasi). Alat yang digunakan

adalah teodolit/*EDM/ETS* untuk posisi dan alat sipat datar untuk tinggi (elevasi).

#### 10. Pengolahan data

Pengolahan data hasil pengukuran topografi terdiri dari beberapa tahapan hitungan, yaitu hitungan poligon untuk pengukuran kerangka kontrol horizontal (sudut, azimuth, jarak), hitungan sipat datar untuk pengukuran kerangka kontrol vertikal serta hitungan posisi dan beda tinggi untuk pengukuran situasi dan pengukuran penampang melintang.

Pengolahan data dapat dilakukan dengan cara manual dengan bantuan kalkulator, ataupun dengan bantuan komputer.

Data hasil pengukuran lapangan dapat berupa formulir yang berisi catatan hasil pengukuran maupun dapat berupa data yang direkam dalam file elektronik. Untuk pengukuran yang bersifat manual dan semi digital, data ukur dicatat dalam formulir pengukuran kemudian dihitung dengan bantuan kalkulator atau komputer dengan menggunakan perangkat lunak *spreadsheet* tertentu, maupun dihitung dengan menggunakan program yang terdapat pada beberapa modul survey. Hasil hitungan manual dan semi digital berupa koordinat masing-masing obyek yang selanjutnya akan digunakan sebagai masukan data untuk proses penggambaran. Untuk pengukuran dengan sistem digital murni, maka data hasil pengukuran direkam dalam bentuk file elektronik, hal ini disebabkan alat ukur digital yang sudah dilengkapi dengan *data recorder* atau *data collector*, sehingga prosesnya pengolahan data akan lebih mudah dan lebih cepat. Data ukur lapangan yang sudah 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.

## **11. 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 menggunakan tangan 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.

Pada proses penggambaran untuk pekerjaan jalan dan jembatan harus memperhatikan beberapa hal diantaranya: pemilihan skala peta yaitu; peta situasi jalan adalah 1 : 1000, peta situasi khusus (persimpangan jalan/jembatan) adalah 1 : 500, grid koordinat biasanya setiap 10 cm, arah utara, garis kontur normal yaitu  $1/2000 \times \text{skala peta}$  dan kontur index setiap kelipatan 5 dari kontur normal, gambar dan cara (format) penulisan kontur index, penggambaran legenda, penulisan huruf tegak dan huruf miring dan ukuran huruf.

### **11.1. 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 rendah karena sangat tergantung pada ketelitian interpolasi busur derajat, penggaris/mistar, besar kecilnya mata

pensil yang digunakan. Hasil gambar secara manual tidak dapat diperbanyak dan tidak dapat disimpan dalam bentuk file.

### **11.2. Penggambaran secara digital**

Penggambaran secara digital dilakukan dengan masukan data koordinat yang dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu data dari hasil rekaman file elektronik dan kemudian diproses dengan *software* topografi (Format *batch file*) yang disimpan dalam bentuk file *ASCII* atau data koordinat dari hitungan menggunakan *spreadsheet* yang kemudian disimpan dalam bentuk file *ASCII* (*American Standard Code for Information Interchange*). Data atau file yang dalam format *ASCII* ini dapat dibaca disemua perangkat lunak yang digunakan pada komputer. Urutan format koordinat tersebut di atas adalah X (*Easting*), Y (*Northing*), Z (*elevasi*) dan deskripsi.

Tahapan-tahapan yang dilakukan pada penggambaran digital adalah melakukan *setup* parameter-parameter pengukuran yang digunakan seperti ukuran dalam meter, skala penggambaran, satuan sudut yang digunakan; penggambaran situasi dengan cara penarikan garis-garis antara 2 titik yang menggambarkan dari kondisi yang ada di lapangan; pembuatan *ground model* (*pembentukan surface*) dari kondisi permukaan tanah asli hasil dari pengukuran, melakukan edit pada pembentukan *surface*; pembuatan garis kontur yaitu garis yang menghubungkan titik-titik yang mempunyai elevasi yang sama; pembuatan garis-garis grid dan legenda; pencetakan di atas kertas sesuai dengan format skala yang diminta.

Untuk meningkatkan ketelitian hasil penggambaran topografi maupun meningkatkan kualitas hasil dan efisiensi waktu dalam pembuatan desain geometrik dan bangunan pelengkap lainnya, serta kemudahan dalam pencetakan dan pendokumentasian, maka penggambaran secara digital sangat direkomendasikan.