

## Jaring kontrol horizontal



## Daftar isi

|  |    |
|--|----|
| Daftar isi.....  | i  |
| Jaring kontrol horizontal .....  | 1  |
| 1 Ruang lingkup.....   | 1  |
| 2 Istilah dan definisi .....   | 1  |
| 3 Klasifikasi jaring titik kontrol horizontal.....   | 9  |
| 4 Konvensi dalam pembangunan dan pengembangan jaring titik kontrol horizontal .....                | 10 |
| 5 Spesifikasi teknis pembangunan dan pengembanganan jaring titik kontrol horizontal....            | 12 |
| Lampiran A (normatif) Formulir rekoinasans titik .....   | 26 |
| Lampiran B (normatif) Desain dan ukuran tugu untuk Orde-0, Orde-1, Orde-2, Orde-3, dan Orde-4..... | 28 |
| Lampiran C (normatif) Formulir-formulir deskripsi titik, sketsa lokasi serta foto tugu.....        | 34 |
| Lampiran D (normatif) Formulir catatan lapangan .....  | 41 |
| Lampiran E (normatif) Formulir daftar koordinat titik kontrol .....                                | 46 |
| Lampiran F Pedoman Pelaksanaan Survei GPS.....   | 48 |
| Lampiran G Pedoman Pelaksanaan Metode Poligon .....  | 85 |
| Bibliografi .....  | 90 |



## Jaring kontrol horizontal

### 1 Ruang lingkup

Standar ini meliputi ruang lingkup, istilah dan definisi, klasifikasi, konvensi, dan spesifikasi teknis dari pembangunan dan pengembangan jaring titik kontrol geodetik horizontal nasional.

### 2 Istilah dan definisi

#### 2.1

##### **CIS (*Conventional Inertial System*)**

sistem referensi koordinat kartesian tiga-dimensi yang geosentrik dan terikat langit, dan dinamakan juga sistem ECSF (*Earth-Centered Space-Fixed*).

CATATAN sistem CIS umumnya digunakan untuk mendefinisikan posisi dan pergerakan satelit atau benda-benda langit lainnya, dan sistem koordinat ini tidak berotasi dengan bumi, tapi berevolusi bersama bumi mengelilingi matahari.

#### 2.2

##### **CTS (*Conventional Terrestrial System*)**

sistem referensi koordinat kartesian tiga-dimensi yang geosentrik dan terikat bumi, dan dinamakan juga sistem ECEF (*Earth-Centered Earth-Fixed*).

CATATAN sistem CTS umumnya digunakan untuk pendeskripsian posisi dan pergerakan titik-titik di permukaan bumi; dan sistem koordinat ini berotasi dengan bumi, dan juga berevolusi bersama bumi mengelilingi matahari.

#### 2.3

##### **datum geodetik**

sejumlah 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 CTS

#### 2.4

##### **DOP (*Dilution of Precision*)**

bilangan yang umum digunakan untuk merefleksikan kekuatan geometri dari konstelasi satelit, dimana nilai DOP yang kecil menunjukkan geometri satelit yang kuat (baik), dan nilai DOP yang besar menunjukkan geometri satelit yang lemah (buruk)

KETERANGAN Bergantung pada parameter yang diestimasi, dikenal beberapa jenis DOP, yaitu:

## SNI 19-6724-2002

GDOP = *geometrical* DOP (posisi-3D dan waktu);

PDOP = *positional* DOP (posisi-3D);

HDOP = *horizontal* DOP (posisi horizontal);

VDOP = *vertical* DOP (tinggi);

TDOP = *time* DOP (waktu).

### 2.5

#### elips kesalahan absolut

elips yang menggambarkan daerah kepercayaan (*confidence region*) dari ketelitian koordinat suatu titik

#### CATATAN

1. elips kesalahan absolut dinamakan juga elips kesalahan titik;
2. bentuk dan ukuran elips kesalahan absolut dihitung berdasarkan matriks kovariansi dari koordinat titik yang bersangkutan;
3. dalam hitung perataan suatu jaring kerangka, indikator kualitas yang formal seperti elips kesalahan titik ini, umumnya hanya akan dihitung apabila uji-uji statistik telah sukses dilalui;
4. dalam suatu perataan jaring bebas (terkendala minimal), maka besar, bentuk, dan orientasi elips kesalahan absolut akan terpengaruh oleh lokasi titik datum dalam jaringan.

### 2.6

#### elips kesalahan relatif

elips yang menggambarkan daerah kepercayaan (*confidence region*) dari ketelitian koordinat suatu titik relatif terhadap titik lainnya

#### CATATAN

1. elips kesalahan relatif dinamakan juga elips kesalahan garis;
2. bentuk dan ukuran elips kesalahan relatif dihitung berdasarkan matriks kovariansi dari koordinat relatif suatu titik terhadap titik lainnya;
3. dalam suatu hitung perataan jaring bebas (terkendala minimal), besar, bentuk, dan orientasi elips kesalahan relatif tidak akan terpengaruh oleh lokasi titik datum dalam jaringan;
4. elips kesalahan relatif baik digunakan untuk mengecek kualitas data ukuran *baseline* antar dua titik pengamatan.

### 2.7

#### garis basis (*baseline*)

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

**2.8****garis basis trivial**

garis basis (*baseline*) yang dapat diturunkan (kombinasi linear) dari garis-garis basis lainnya dari satu sesi pengamatan

**2.9****garis basis non-trivial**

garis basis bukan *trivial* (garis basis bebas)

CATATAN Seandainya ada  $n$  receiver yang beroperasi secara simultan pada satu sesi pengamatan maka hanya ada  $(n-1)$  garis basis bebas yang boleh digunakan untuk perataan jaringan

**2.10****GPS (*Global Positioning System*)**

sistem satelit navigasi dan penentuan posisi yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat yang didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi serta informasi mengenai waktu, secara kontinu di seluruh dunia kepada banyak orang secara simultan tanpa bergantung pada waktu dan cuaca

CATATAN

1. nama formalnya adalah NAVSTAR GPS, kependekan dari "*Navigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System*";
2. satelit GPS yang pertama diluncurkan pada tahun 1978, dan secara totalitas sistem dinyatakan operasional pada tahun 1994.

**2.11****hitung perataan kuadrat terkecil (*least squares adjustment*)**

hitung perataan (*adjustment*) yang berbasiskan pada minimalisasi jumlah kuadrat dari residual pengamatan

**2.12****ITRS (*International Terrestrial Reference System*)**

sistem referensi koordinat global ITRS yang didefinisikan, direalisasikan dan dipantau oleh IERS (*International Earth Orientation System*)

**2.13****ITRF (*International Terrestrial Reference Frame*)**

kerangka referensi koordinat global yang merupakan realisasi dari ITRS

Keterangan

1. ITRF direpresentasikan dengan koordinat dan kecepatan dari sejumlah titik yang tersebar di

seluruh permukaan bumi, dengan menggunakan metode-metode pengamatan VLBI, LLR, GPS, SLR, dan DORIS ;

2. jaring kerangka ITRF dipublikasikan setiap tahunnya oleh IERS, dan diberi nama ITRF-yy, dalam hal ini yy menunjukkan tahun terakhir dari data yang digunakan untuk menentukan kerangka tersebut, misalnya ITRF94 adalah kerangka koordinat dan kecepatan yang dihitung pada tahun 1995 dengan menggunakan semua data IERS sampai akhir 1994.

## **2.14**

### **jaring kontrol horizontal**

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

## **2.15**

### **kelas jaringan**

atribut yang mengkarakteristikan ketelitian internal (tingkat presisi) dari jaringan, yang pada prinsipnya bergantung pada tiga faktor utama, yaitu kualitas data, geometri jaringan, serta metode pengolahan data

CATATAN Kelas dinilai melalui analisis ketelitian hasil proses perataan terkendala minimal.

## **2.16**

### **kerangka referensi koordinat**

realisasi praktis dari sistem referensi koordinat sehingga sistem tersebut dapat digunakan untuk pendeskripsian secara kuantitatif posisi dan pergerakan titik-titik, baik di permukaan bumi (kerangka terestris) maupun di luar bumi (kerangka selestial atau ekstra-terestris)

KETERANGAN Kerangka referensi biasanya direalisasikan dengan melakukan pengamatan-pengamatan geodetik, dan umumnya direpresentasikan dengan menggunakan suatu set koordinat dari sekumpulan titik maupun objek (seperti bintang dan kuasar).

## **2.17**

### **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

## **2.18**

### **metode pseudo-kinematik**

metode survei GPS yang pengamatan di suatu titik dilakukan dua kali secara singkat (5

sampai 10 menit), dengan selang waktu yang relatif cukup lama (1sampai 2 jam) antara keduanya

#### KETERANGAN

1. pengamatan dalam dua sesi yang berselang waktu relatif lama dimaksudkan untuk mencakup perubahan geometri yang cukup, untuk dapat menyelesaikan penentuan ambiguitas fase guna mendapatkan ketelitian posisi yang lebih baik;
2. metode pseudo-kinematik yang kadang dinamakan metode intermiten (*intermittent*) ataupun metode reokupasi (*reoccupation*), dapat dilihat sebagai realisasi dari dua metode statik singkat (lama pengamatan beberapa menit) yang dipisahkan oleh selang waktu yang relatif cukup lama (sekitar satu sampai beberapa jam).

### 2.19

#### metode statik

metode survei GPS dengan waktu pengamatan yang relatif lama (beberapa jam) di setiap titiknya

CATATAN Titik-titik yang akan ditentukan posisinya diam (tidak bergerak).

### 2.20

#### metode statik singkat (*rapid static*)

metode survei GPS dengan waktu pengamatan yang lebih singkat di setiap titiknya, yaitu sekitar 5 sampai 20 menit daripada 1 sampai 2 jam seperti pada metode statik

CATATAN Metode statik singkat ini bertumpu pada proses penentuan ambiguitas fase yang cepat; dan disamping memerlukan perangkat lunak yang andal dan canggih, metode statik singkat ini juga memerlukan geometri pengamatan yang baik.

### 2.21

#### metode *stop-and-go*

metode survei GPS dimana pada proses pengamatannya, setelah melakukan inisialisasi di titik awal untuk penentuan ambiguitas fase, receiver GPS bergerak dari titik ke titik dan melakukan pengamatan dalam waktu yang relatif singkat (sekitar 1 menit) pada setiap titiknya

CATATAN

1. metode penentuan posisi ini kadang disebut juga sebagai metode semi-kinematik;
2. metode ini mirip dengan metode kinematik ; hanya pada metode ini titik-titik yang akan ditentukan posisinya tidak bergerak dan receiver GPS bergerak dari titik ke titik.

## 2.22

### ***multipath***

fenomena apabila sinyal dari satelit tiba di antena GPS melalui dua atau lebih lintasan yang berbeda, dalam hal ini satu sinyal merupakan sinyal langsung dari satelit ke antena dan yang lainnya merupakan sinyal-sinyal tidak langsung yang dipantulkan oleh benda-benda di sekitar antena sebelum tiba di antena

CATATAN Adanya perbedaan panjang lintasan antara sinyal langsung dan sinyal pantulan menyebabkan sinyal-sinyal tersebut berinterferensi ketika tiba di antena yang pada akhirnya menyebabkan kesalahan pada hasil pengamatan GPS, baik pseudorange maupun fase.

## 2.23

### **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 ke datum ke datum lainnya

## 2.24

### **perataan jaring (*network adjustment*)**

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

## 2.25

### **perataan jaring bebas**

perataan jaringan terkendala minimal, yaitu perataan dengan hanya menggunakan satu titik kontrol (titik tetap)

CATATAN Perataan jaring bebas dilakukan untuk mengecek konsistensi antar sesama data ukuran (tingkat presisinya).

## 2.26

### **perataan jaring terikat**

perataan jaringan terkendala penuh, yaitu perataan dengan menggunakan lebih dari satu titik kontrol (titik tetap) dan data ukuran yang kualitasnya dinyatakan baik oleh hasil analisis perataan jaring bebas

CATATAN

1. perataan jaring terikat dilakukan setelah perataan jaring bebas dianggap sukses;
2. koordinat titik-titik yang diperoleh dari perataan jaring terikat dan sukses melalui proses kontrol kualitas akan dinyatakan sebagai koordinat yang final.

**2.27****receiver GPS**

alat untuk menerima dan memproses sinyal dari satelit GPS

KETERANGAN Berdasarkan peningkatan kualitasnya dikenal tiga tipe receiver GPS, yaitu tipe navigasi, tipe pemetaan dan tipe geodetik.

**2.28****sistem elipsoid**

sistem koordinat yang mempunyai karakteristik sebagai berikut : titik nol sistem koordinat adalah pusat elipsoid; sumbu-X berada dalam bidang meridian nol dan terletak pada bidang ekuator elipsoid; sumbu-Z berimpit dengan sumbu pendek elipsoid; sumbu-Y tegak lurus sumbu-sumbu X dan Z, dan membentuk sistem koordinat tangan-kanan

KETERANGAN Dalam sistem referensi elipsoid, koordinat suatu titik umumnya dinyatakan sebagai  $(\varphi, \lambda, h)$ , dalam hal ini  $\varphi$  adalah lintang geodetik,  $\lambda$  adalah bujur geodetik, dan  $h$  adalah tinggi elipsoid.

**2.29****sistem koordinat**

sistem untuk mendefinisikan koordinat dari suatu titik, yang sistem koordinat itu sendiri didefinisikan dengan menspesifikasi tiga parameter berikut, yaitu lokasi titik asal (titik nol) dari sistem koordinat, orientasi dari sumbu-sumbu koordinat, dan besaran (jarak dan/atau sudut) yang digunakan untuk mendefinisikan posisi suatu titik dalam sistem koordinat tersebut

**2.30****sistem koordinat geosentrik**

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

**2.31****sistem koordinat toposentrik**

sistem koordinat yang lokasi titik asalnya berada di permukaan bumi

**2.32****sistem referensi koordinat**

sistem (termasuk teori, konsep, deskripsi fisis dan geometris, serta standar dan parameter) yang digunakan dalam pendefinisian koordinat

### **2.33**

#### **sudut tutupan (*mask angle*)**

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

CATATAN Satelit dengan elevasi lebih kecil dari *mask angle*, tidak akan diamati oleh receiver GPS.

### **2.34**

#### **survei GPS**

survei 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

### **2.35**

#### **titik kontrol geodetik**

titik yang dimanifestasikan di lapangan dalam bentuk monumen, dan koordinatnya ditentukan dengan metode pengukuran geodetik serta dinyatakan dalam sistem referensi koordinat tertentu

### **2.36**

#### **titik kontrol horizontal**

titik kontrol yang koordinatnya dinyatakan dalam sistem koordinat horizontal yang sifatnya dua-dimensi

KETERANGAN Dalam hal ini ada dua jenis koordinat horizontal yang umum digunakan : koordinat geodetik dua-dimensi, yaitu  $\varphi$  (lintang) dan  $\lambda$  (bujur), serta koordinat dalam bidang proyeksi peta, yaitu E (Timur) dan N (Utara).

### **2.37**

#### **WGS 84 (*World Geodetic System 1984*)**

sistem referensi koordinat CTS yang didefinisikan, direalisasikan dan dipantau oleh NIMA (*National Imagery and Mapping*) Amerika Serikat

CATATAN

1. WGS 84 adalah sistem yang saat ini digunakan oleh sistem satelit navigasi GPS (*Global Positioning System*) ;
2. Berdasarkan peningkatan kualitas dari WGS 84 yang dilakukan secara berkesinambungan, sudah dikenal tiga sistem WGS 84, yaitu WGS 84, WGS 84 (G730), dan WGS 84 (G873) yang terbaru pada saat ini.

### 3 Klasifikasi jaring titik kontrol horizontal

#### 3.1 Klasifikasi jaring titik kontrol

Kasifikasi suatu jaring kontrol didasarkan pada tingkat presisi dan tingkat akurasi dari jaring yang bersangkutan, yang tingkat presisi diklasifikasikan berdasarkan kelas, dan tingkat akurasi diklasifikasikan berdasarkan orde.

#### 3.2 Penetapan kelas jaringan

Kelas suatu jaring titik kontrol horizontal ditentukan berdasarkan panjang sumbu-panjang (*semi-major axis*) dari setiap elips kesalahan relatif (antar titik) dengan tingkat kepercayaan (*confidence level*) 95% yang dihitung berdasarkan statistik yang diberikan oleh hasil hitung perataan jaringan kuadrat terkecil terkendala minimal (*minimal constrained*). Dalam hal ini panjang maksimum dari sumbu-panjang elips kesalahan relatif 95% yang digunakan untuk menentukan kelas jaringan adalah :

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

dengan pengertian :

- :  $r$  = panjang maksimum dari sumbu-panjang yang diperbolehkan, dalam mm;
- $c$  = faktor empirik yang menggambarkan tingkat presisi survei;
- $d$  = jarak antar titik , dalam km.

Berdasarkan nilai faktor  $c$  tersebut, kategorisasi kelas jaring titik kontrol horizontal yang diusulkan diberikan pada Tabel 1 berikut:

**Tabel 1 Kelas (pengukuran) jaring titik kontrol horizontal**

| Kelas | $c$ (ppm) | Aplikasi tipikal                  |
|-------|-----------|-----------------------------------|
| 3A    | 0.01      | jaring tetap (kontinu) GPS        |
| 2A    | 0.1       | survei geodetik berskala nasional |
| A     | 1         | survei geodetik berskala regional |
| B     | 10        | survei geodetik berskala lokal    |
| C     | 30        | survei geodetik untuk perapatan   |
| D     | 50        | survei pemetaan                   |

#### 3.3 Penetapan orde jaringan

Orde suatu jaring titik kontrol horizontal ditentukan berdasarkan panjang sumbu-panjang (*semi-major axis*) dari setiap elips kesalahan relatif (antar titik) dengan tingkat kepercayaan (*confidence level*) 95% yang dihitung berdasarkan statistik yang diberikan oleh hasil hitung perataan jaringan kuadrat terkecil. Dalam penentuan Orde, hitung perataan jaringannya

adalah hitung perataan berkendala penuh (*full constrained*). Dalam hal ini panjang maksimum dari sumbu-panjang elips kesalahan relatif (satu deviasi standar) yang digunakan juga dihitung berdasarkan persamaan di atas.

Berdasarkan nilai faktor **c** tersebut, dapat dibuat kategorisasi orde jaring titik kontrol horizontal yang diperoleh dari suatu survei geodetik, seperti yang diberikan pada Tabel 2.

**Tabel 2 Orde jaring titik kontrol horizontal**

| <b>Orde</b> | <b>c</b> | <b>Jaring kontrol</b>                       | <b>Jarak*</b> | <b>Kelas</b> |
|-------------|----------|---|---------------|--------------|
| 00          | 0.01     | Jaring fidusial nasional (Jaring tetap GPS) | 1000          | 3A           |
| 0           | 0.1      | Jaring titik kontrol geodetik nasional      | 500           | 2A           |
| 1           | 1        | Jaring titik kontrol geodetik regional      | 100           | A            |
| 2           | 10       | Jaring titik kontrol geodetik lokal         | 10            | B            |
| 3           | 30       | Jaring titik kontrol geodetik perapatan     | 2             | C            |
| 4           | 50       | Jaring titik kontrol pemetaan               | 0.1           | D            |

\* jarak tipikal antar titik yang berdampingan dalam jaringan (dalam km)

Dalam klasifikasi jaring titik kontrol perlu diingat bahwa orde yang ditetapkan untuk suatu jaring titik kontrol :

- 1) tidak boleh lebih tinggi orde jaring titik kontrol yang sudah ada yang digunakan sebagai jaring referensi (jaring pengikat);
- 2) tidak lebih tinggi dari kelasnya.

#### **4 Konvensi dalam pembangunan dan pengembangan jaring titik kontrol horizontal**

##### **4.1 Sistem referensi koordinat**

Koordinat titik-titik kontrol dari semua orde harus dinyatakan dalam sistem referensi koordinat nasional, yang pada saat ini dinamakan Datum Geodesi Nasional 1995 (DGN 95).

##### **4.2 Kerangka referensi koordinat**

Dalam pengadaannya, suatu jaring titik kontrol harus terikat secara langsung dengan jaring titik kontrol yang ordenya lebih tinggi. Jaring titik kontrol pengikat (kerangka referensi koordinat) untuk setiap jaringan adalah seperti yang dispesifikasikan pada Tabel 3.

**Tabel 3 Kerangka referensi koordinat**

| <b>Jaring</b> | <b>Kerangka referensi</b> |
|---------------|---------------------------|
| Orde -00      | ITRF 2000                 |
| Orde -0       | minimal Orde -00          |
| Orde -1       | minimal Orde -0           |
| Orde -2       | minimal Orde -1           |
| Orde -3       | minimal Orde -2           |
| Orde -4       | minimal Orde -3           |

Pengadaan suatu jaring titik kontrol sebaiknya dimulai dari orde yang lebih tinggi. Jika karena sesuatu hal suatu jaring titik kontrol tidak dapat diikat ke jaring yang ordenya lebih tinggi, maka jaring yang bersangkutan harus dispesifikasikan kelasnya saja. Pada waktu lain begitu pengikatan dapat dilaksanakan, maka kelas jaringan dapat dikonversikan menjadi orde jaringan.

#### **4.3 Ketelitian**

Ketelitian koordinat titik-titik dalam jaringan harus memenuhi persyaratan untuk kelas dan orde jaringannya.

#### **4.4 Konfigurasi jaringan**

- a. setiap jaringan harus terikat minimal ke beberapa buah titik kontrol dari jaringan yang ordenya lebih tinggi, yang jumlahnya seperti ditetapkan pada spesifikasi teknis;
- b. setiap titik dalam jaringan harus terikat minimal ke beberapa buah titik lainnya dalam jaringan tersebut, yang jumlahnya seperti ditetapkan pada spesifikasi teknis;
- c. titik-titik kontrol terdistribusi secara merata dalam jaringan.

#### **4.5 Sistem peralatan**

Sistem peralatan yang digunakan dalam pengadaan jaring titik kontrol harus memenuhi klasifikasi dan persyaratan untuk survei geodetik seperti yang dijabarkan dalam spesifikasi teknis.

#### **4.6 Metode dan strategi pengamatan**

Metode pengamatan yang harus diterapkan untuk pengadaan jaring kerangka horizontal nasional adalah seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4 berikut

**Tabel 4 Metode pengamatan untuk pengadaan jaring titik kontrol**

| <b>Jaring</b> | <b>Metode Pengamatan</b> |
|---------------|--------------------------|
| Orde -00      | Jaring GPS Kontinu       |
| Orde -0       | Survei GPS               |
| Orde -1       | Survei GPS               |
| Orde -2       | Survei GPS               |
| Orde -3       | Survei GPS               |
| Orde -4       | Poligon, atau Survei GPS |

Metode dan strategi pengamatan yang diterapkan untuk pengadaan jaring titik kontrol harus memenuhi kaidah-kaidah survei geodetik seperti yang dijabarkan dalam spesifikasi teknis.

#### **4.7 Metode dan strategi pengolahan data**

- a. pengolahan data untuk memperoleh koordinat titik pada semua jenis orde jaringan, harus berbasiskan pada hitung perataan kuadrat terkecil berkendala penuh;
- b. pengolahan data survei GPS untuk jaring-jaring orde-00, orde-0 dan orde-1 harus menggunakan perangkat lunak ilmiah, seperti Bernesse dan GAMIT;
- c. pengolahan data survei GPS untuk jaring-jaring orde-2, orde-3, dan orde-4 (*GPS*) dapat menggunakan perangkat lunak komersial, seperti SKI dan GPSurvey.

#### **4.8 Sistem pelaporan hasil**

Sistem pelaporan hasil dari survei pengadaan jaring titik kontrol harus memenuhi kaidah-kaidah pelaporan hasil survei geodetik seperti yang dijabarkan dalam spesifikasi teknis.

### **5 Spesifikasi teknis pembangunan dan pengembangan jaring titik kontrol horizontal**

#### **5.1 Sistem referensi koordinat**

Koordinat titik-titik kontrol dari semua orde jaringan harus dinyatakan dalam sistem referensi koordinat nasional, yang pada saat ini dinamakan Datum Geodesi Nasional 1995 (DGN 95).

Sistem DGN 95 ini pada prinsipnya adalah sistem koordinat WGS (*World Geodetic System*) 1984, yang merupakan sistem koordinat kartesian geosentrik tangan kanan. ellipsoid referensi yang digunakan sistem ini adalah ellipsoid geosentrik WGS 84 yang didefinisikan oleh empat parameter utama yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Empat parameter utama ellipsoid WGS 84 [NIMA, 2000]

| Parameter  | Notasi   | Nilai  |
|--|----------|--|
| Sumbu panjang                                      | a        | 6378137.0 m  |
| Pengepengan  | 1/f      | 298.257223563  |
| Kecepatan sudut bumi                               | $\omega$ | $7292115.0 \times 10^{-11} \text{ rad s}^{-1}$       |
| Konstanta gravitasi bumi (termasuk massa atmosfer) | GM       | $3986004.418 \times 10^8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$ |

Untuk titik-titik kontrol orde-00 s/d orde-3 dan orde-4 (*GPS*), karena penentuan koordinatnya dilakukan dengan pengamatan satelit *GPS*, maka koordinat titik yang diperoleh adalah koordinat kartesian tiga dimensi (X, Y, Z) atau koordinat geodetik (L, B, h). Sedangkan untuk titik kontrol orde-4 (*Poligon*), koordinat titik kontrol harus dinyatakan dalam sistem proyeksi peta UTM atau TM-3.

Untuk sistem UTM, spesifikasi dasar yang harus digunakan adalah :

- lebar zone =  $6^{\circ}$ ,
- titik nol adalah perpotongan meridian sentral dengan ekuator,
- koordinat semu dari titik nol (N,E) adalah (0 m, 500.000 m) untuk titik di Utara ekuator, dan (10.000.000 m, 500.000 m) untuk titik di Selatan ekuator,
- faktor skala meridian sentral = 0.9996.

Sedangkan untuk sistem TM-3, spesifikasi dasar yang harus digunakan :

- lebar zone =  $3^{\circ}$ ,
- titik nol adalah perpotongan meridian sentral dengan ekuator,
- koordinat semu dari titik nol (N,E) adalah (1.500.000 m, 200.000 m),
- faktor skala meridian sentral = 0.9999.

## 5.2 Kerangka referensi koordinat

Dalam pengadaan suatu jaring titik kontrol, jaring tersebut harus diikatkan ke beberapa titik dari suatu jaring referensi yang ordenya lebih tinggi yang berada di sekitar wilayah cakupan jaring tersebut, dengan spesifikasikan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 6.

**Tabel 6 Spesifikasi teknis kerangka referensi koordinat**

|   | Orde jaringan |    |   |   |   |   |
|---|---------------|----|---|---|---|---|
|   | 00            | 0  | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Orde jaring referensi (minimal)   | ITRF<br>2000  | 00 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| Jumlah minimum titik dalam jaring referensi yang dipakai sebagai titik ikat | 4             | 3  | 3 | 3 | 3 | 2 |

### 5.3 Ketelitian

Untuk pengadaan jaring titik kontrol, spesifikasi teknis untuk ketelitian jaring kontrol tersebut ditentukan oleh kelas jaringan (pengukuran) serta Orde dari jaring referensi (pengikat), adalah seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7.

**Tabel 7 Spesifikasi ketelitian jaringan titik kontrol**

|                                     | Orde jaringan |    |   |   |   |   |
|-------------------------------------|---------------|----|---|---|---|---|
|                                     | 00            | 0  | 1 | 2 | 3 | 4 |
| kelas minimal jaringan (pengukuran) | 3A            | 2A | A | B | C | D |
| Orde jaring referensi (minimal)     | ITRF<br>2000  | 00 | 0 | 1 | 2 | 3 |

### 5.4 Konfigurasi jaringan

Dalam pengadaan suatu jaring titik kontrol, ada beberapa kriteria dan syarat yang harus dipenuhi oleh konfigurasi jaring tersebut, yaitu seperti yang diberikan pada Tabel 8.

Berkaitan dengan perencanaan konfigurasi jaringan, disamping yang diberikan pada Tabel 7, ada beberapa spesifikasi teknis yang perlu diperhatikan, yaitu:

- desain jaringan harus dibuat diatas fotokopi peta topografi atau peta rupabumi dengan skala yang memadai sehingga dapat menunjukkan desain, geometri, dan kekuatan jaringan sedemikian rupa sehingga spesifikasi ketelitian yang diinginkan dapat terpenuhi;
- seluruh baseline dalam jaringan sebaiknya terdistribusi secara relatif homogen, yang ditunjukkan dengan panjang baseline yang relatif sama;
- sebelum diimplementasikan, desain jaringan yang digunakan untuk pengamatan harus

telah disetujui oleh pihak pemberi kerja dengan dibubuhi tanda tangan atau paraf penanggung jawab kegiatan yang bersangkutan.

**Tabel 8 Spesifikasi teknis konfigurasi jaringan titik kontrol**

|  | Orde jaringan |     |     |    |    |     |
|--|---------------|-----|-----|----|----|-----|
|  | 00            | 0   | 1   | 2  | 3  | 4   |
| Jarak tipikal antar titik yang berdampingan (km)                         | 1000          | 500 | 100 | 10 | 2  | 0.1 |
| Jumlah minimum titik ikat berorde lebih tinggi                           | 4             | 3   | 3   | 3  | 3  | 3   |
| Koneksi titik ke titik-titik lainnya dalam jaring (jumlah minimum)       | semua         | 3   | 3   | 3  | 3  | 2   |
| Jumlah baseline minimum yang diamati dua kali ( <i>common baseline</i> ) | 100%          | 20% | 10% | 5% | 5% | 5%  |
| Jumlah <i>baseline</i> dalam suatu suatu <i>loop</i> (maks.)             | -             | 4   | 4   | 4  | 4  | -   |

### 5.5 Sistem peralatan

Untuk pengadaan jaring titik kontrol Orde-00 s/d Orde-3 dan Orde-4 (*GPS*) yang berbasiskan pada pengamatan satelit GPS, maka secara umum spesifikasi teknis untuk peralatan yang sebaiknya digunakan diberikan pada Tabel 9. Sedangkan untuk pengadaan jaring titik kontrol Orde-4 (*poligon*) yang pengadaannya berdasarkan pengukuran poligon, spesifikasi teknis umum untuk sistem peralatannya diberikan pada Tabel 10.

**Tabel 9 Spesifikasi teknis sistem peralatan pengadaan jaring titik kontrol**

#### Orde -00 s/d Orde 3

|   | Orde jaringan           |   |   |       |                         |         |
|---|-------------------------|---|---|-------|-------------------------|---------|
|   | 00                      | 0 | 1 | 2     | 3                       | 4 (GPS) |
| Tipe receiver <i>gps</i>                  | geodetik<br>2-frekuensi |   |   |       | geodetik<br>1-frekuensi |         |
| Pengukur suhu, temperatur, dan kelembaban | ya                      |   |   | Tidak |                         |         |

**Tabel 10 Spesifikasi teknis sistem peralatan  
pengadaan jaring titik kontrol Orde-4 (*poligon*)**

|                | <b>Orde – 4 (<i>Poligon</i>)</b>                         |
|----------------|--|
| Pengukur sudut | alat ukur Theodolit 1"                                   |
| Pengukur jarak | alat ukur EDM ( <i>electronic distance measurement</i> ) |

Berkaitan dengan pengadaan jaring kontrol orde-4 (*poligon*), penggunaan ETS (*Electronic Total Station*) yang memenuhi spesifikasi pada Tabel 5.6 di atas, sangatlah dianjurkan.

Secara lebih spesifik, dalam pengadaan jaring titik kontrol horizontal dengan menggunakan pengamatan satelit GPS, maka spesifikasi teknis untuk sistem peralatan juga harus memenuhi hal-hal berikut :

- a. receiver GPS yang digunakan sebaiknya mampu mengamati secara simultan semua satelit yang berada di atas horison (*all in view capability*);
- b. seluruh pengamatan harus menggunakan receiver GPS tipe geodetik yang mampu mengamati data kode (*pseudorange*) dan fase pada dua frekuensi L1 dan L2, kecuali untuk pengamatan jaring Orde-3 yang cukup pada frekuensi L1 saja;
- c. antena receiver GPS berikut kelengkapannya (seperti kabel dan alat pengukur tinggi antena) merupakan satu kesatuan dari tipe dan jenis receiver yang digunakan sesuai standar pabrik;
- d. tripod (kaki segitiga) yang digunakan harus kokoh dan dilengkapi dengan dudukan (*mounting*) untuk pengikat unting-unting dan *tribrach* yang dilengkapi *centering optis* sebagai dudukan antena GPS;
- e. untuk pengadaan jaring Orde-00 s/d Orde-1, peralatan pengukur parameter meteorologis, yaitu termometer, barometer, dan hygrometer, harus tersedia untuk setiap unit receiver;
- f. pada lokasi dimana pemantulan sinyal GPS (*multipath*) mudah terjadi seperti di pantai, danau, tebing, bangunan bertingkat, antena harus dilengkapi dengan *ground plane* untuk mereduksi pengaruh tersebut;
- g. setiap unit receiver GPS di lapangan sebaiknya dilengkapi dengan satu unit komputer *laptop*, untuk penyimpanan data serta pengolahan awal baseline;
- h. setiap unit receiver GPS di lapangan sebaiknya dilengkapi dengan peralatan radio komunikasi yang mempunyai kemampuan jangkauan yang lebih panjang dari baseline terpanjang dalam jaringan;
- i. pihak pelaksana pekerjaan disarankan untuk membawa generator, pengisi baterai (*battery charger*) dan alat pemotong pepohonan (seperti golok dan gergaji), sebagai peralatan lapangan untuk setiap tim pengamat.

## **5.6 Rekonaisans dan monumentasi**

Sebelum pelaksanaan survei untuk pengadaan jaring titik kontrol, ada dua pekerjaan penting yang perlu dilakukan, yaitu rekonaisans (kaji lapangan) dan monumentasi. Pekerjaan rekonaisans dimaksudkan untuk mencari lokasi yang terbaik untuk penempatan titik-titik kontrol di lapangan serta mengumpulkan informasi terkait yang diperlukan nantinya untuk proses monumentasi maupun pengukuran / pengamatan. Proses monumentasi dimaksudkan untuk membuat monumen (tugu) yang merepresentasikan titik kontrol di lapangan.

### **5.6.1. Rekonaisans**

Terkait dengan proses rekonaisans, ada beberapa hal yang perlu dispesifikasikan yaitu sebagai berikut :

**5.6.1.1** Sebelum dilakukan rekonaisans, pelaksana pekerjaan diwajibkan untuk mengadakan koordinasi dengan pihak dan instansi pemda yang terkait mengenai rencana pemasangan monumen titik kontrol. Hal yang diharapkan dari proses koordinasi ini adalah adanya informasi dari pemda setempat mengenai rencana pengembangan fisik di daerah bersangkutan yang dapat berakibat terhadap terganggunya keamanan monumen titik kontrol yang akan dipasang di masa mendatang.

**5.6.1.2** Lokasi titik-titik kontrol yang dipilih diusahakan sesuai dengan desain jaringan yang dibuat sebelumnya, dan apabila memungkinkan, selain untuk jaring Orde-4, titik-titik tersebut dipilih pada halaman instansi pemerintah ataupun institusi pendidikan dengan persetujuan pihak-pihak yang bersangkutan.

**5.6.1.3** Lokasi titik kontrol yang dipilih sebaiknya memenuhi persyaratan berikut:

- a. distribusinya sesuai dengan desain jaringan yang telah dibuat;
- b. kondisi dan struktur tanahnya yang stabil ;
- c. mudah dicapai (lebih baik dengan kendaraan bermotor) dan ditemukan kembali;
- d. sebaiknya ditempatkan di tanah milik negara;
- e. tidak mengganggu (terganggu oleh) fasilitas dan utilitas umum;
- f. ditempatkan pada lokasi sehingga monumen tidak mudah terganggu atau rusak, baik akibat gangguan, manusia, binatang, ataupun alam;
- g. penempatan titik pada suatu lokasi juga harus memperhatikan rencana penggunaan lokasi yang bersangkutan pada masa depan;
- h. titik-titik harus dapat diikatkan ke beberapa titik yang telah diketahui koordinatnya dari orde yang lebih tinggi, untuk keperluan perhitungan, pendefinisian datum, serta penjagaan konsistensi dan homogenitas dari datum dan ketelitian titik-titik dalam jaringan.

Untuk pengamatan dengan satelit GPS, yaitu untuk jaring Orde-0 s/d Orde-3 dan jaring orde-4 (GPS), persyaratan berikut juga harus diperhatikan yaitu :

- a. mempunyai ruang pandang langit yang bebas ke segala arah di atas elevasi 15°;

- b. jauh dari objek-objek reflektif yang mudah memantulkan sinyal GPS, untuk meminimalkan atau mencegah terjadinya multipath;
- c. jauh dari objek-objek yang dapat menimbulkan interferensi elektris terhadap penerimaan sinyal GPS.

**5.6.1.4** Jika pada proses rekonaisans posisi titik kontrol yang telah direncanakan harus dipindah karena ternyata lokasi tersebut tidak baik dan memadai untuk pelaksanaan pengamatan, pihak pelaksana harus membuat laporan kepada petugas penanggung jawab teknis untuk memastikan bahwa perubahan tersebut tidak akan mempengaruhi fungsi titik kontrol.

**5.6.1.5** Dalam proses pelaksanaan *reconnaissance* ini, untuk setiap lokasi titik tim lapangan harus mengisi secara lengkap semua informasi yang diminta pada formulir rekonaisans titik pada saat berada di lokasi, termasuk :

- a. diagram lokasi yang akurat;
- b. diagram aksesibilitas (pencapaian) lokasi;
- c. diagram obstruksi.

## **5.6.2 Monumentasi**

Setelah lokasi titik di lapangan ditentukan, maka proses monumentasi selanjutnya dilaksanakan. Dalam monumentasi ini ada beberapa hal yang perlu di spesifikasikan, yaitu sebagai berikut :

- a. setiap monumen pada setiap titik harus dilengkapi dengan tablet logam dan marmer yang dipasang pada tugu beton;
- b. monumen harus dibuat dari campuran semen, pasir, dan kerikil (1:2:3), sesuai dengan desain dan ukuran yang dispesifikasikan, yang ditunjukkan pada lampiran B ;
- c. untuk membedakan jenis monumen dari setiap Orde jaring titik kontrol dan untuk sistemisasi pengarsipan, titik-titik kontrol harus diberi nomor berdasarkan suatu sistem yang baku. Nomor titik harus merefleksikan Orde jaringan serta lokasi (propinsi dan kabupaten) dari titik tersebut;
- d. untuk setiap monumen yang dibangun harus dibuatkan sketsa lapangan dan deskripsinya. Foto dari empat arah (utara, timur, selatan, dan barat) juga harus dibuat sehingga bisa didapatkan gambaran latar belakang lokasi dari setiap arah. spesifikasi untuk formulir-formulir deskripsi titik, sketsa lokasi serta foto monumen diberikan pada lampiran C.

### 5.7 Metode dan strategi pengamatan

Untuk pengadaan jaring titik kontrol orde-00 sampai dengan orde-4 (*GPS*) yang berbasiskan pada pengamatan satelit *GPS*, maka spesifikasi teknis untuk metode dan strategi pengamatan yang sebaiknya digunakan diberikan pada Tabel 11 berikut. Untuk pengadaan jaring titik kontrol orde-4 (*poligon*) yang berbasiskan pada pengukuran poligon, spesifikasi teknis yang terkait dengan pengamatan diberikan pada Tabel 12.

Berkaitan dengan pengamatan satelit untuk pengadaan jaring titik kontrol geodetik orde-1 sampai dengan orde-3 dan orde-4 (*GPS*), maka disamping spesifikasi teknis yang diberikan pada Tabel 11, ada beberapa spesifikasi lainnya yang perlu diperhatikan, yaitu :

- a. pengamatan satelit *GPS* minimal melibatkan penggunaan 3 (tiga) penerima (*receiver*) *GPS* secara bersamaan;
- b. setiap penerima *GPS* yang digunakan sebaiknya dapat menyimpan data minimum untuk satu hari pengamatan;
- c. pada setiap titik, ketinggian dari antena harus diukur sebelum dan sesudah pengamatan satelit, minimal tiga kali pembacaan untuk setiap pengukurannya. perbedaan antara data-data ukuran tinggi antena tersebut tidak boleh melebihi 2 mm;
- d. minimal ada satu titik sekutu yang menghubungkan dua sesi pengamatan, dan akan lebih baik jika terdapat *baseline* sekutu;
- e. di akhir suatu hari pengamatan, seluruh data yang diamati pada hari tersebut harus diunggah (*download*) ke komputer dan disimpan sebagai cadangan (*backup*) dalam disket ataupun CD ROM;
- f. pada suatu sesi pengamatan, pengukuran data meteorologi dilaksanakan minimal tiga kali, yaitu pada awal, tengah, dan akhir pengamatan;
- g. setiap kejadian selama pengamatan berlangsung yang diperkirakan dapat mempengaruhi kualitas data pengamatan yang harus dicatat.

Data dan informasi dari pengamatan satelit *GPS* di lapangan di atas harus dicatat dalam formulir catatan lapangan (lihat lampiran D).

Tabel 11 Spesifikasi teknis metode dan strategi pengamatan jaring titik kontrol geodetik Orde-00 s/d Orde-4(GPS)

|  | Orde jaringan      |                     |                    |                    |   |                     |      |      |      |      |   |
|--|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---|---------------------|------|------|------|------|---|
|  | 00                 | 0                   | 1                  | 2                  | 3   | 4 (GPS)             |      |      |      |      |   |
| Metode pengamatan                            | GPS kontinu        | survei GPS          | survei GPS         | survei GPS         | survei GPS                                | survei GPS          |      |      |      |      |   |
| Lama pengamatan per sesi (minimum)           | kontinu            | 24 jam              | 6 jam              | 2 jam              | 1 jam                                     | 0.25 jam            |      |      |      |      |   |
| Data pengamatan utama untuk penentuan posisi | fase dua frekuensi | fase dua frekuensi  | fase dua frekuensi | fase dua frekuensi | fase satu frekuensi                       | fase satu frekuensi |      |      |      |      |   |
| Moda pengamatan                              | Jaring tetap       | jaring              | jaring             | Jaring             | jaring                                    | radial              |      |      |      |      |   |
| Pengamatan independen di setiap titik        |                    |                     |                    |                    |   |                     |      |      |      |      |   |
|  |                    |                     |                    |                    | - setidaknya 3 kali (% dari jumlah titik) | 100%                | 50%  | 40%  | 20%  | 10%  | - |
|  |                    |                     |                    |                    | - setidaknya 2 kali (% dari jumlah titik) | 100%                | 100% | 100% | 100% | 100% | - |
| Interval data pengamatan (detik)             | 30                 | 30                  | 30                 | 15                 | 15  | 15                  |      |      |      |      |   |
| Jumlah satelit minimum                       | tidak ada          | 4 satelit           |                    |                    |   |                     |      |      |      |      |   |
| Nilai PDOP yang diperlukan                   | tidak ada          | lebih kecil dari 10 |                    |                    |   |                     |      |      |      |      |   |
| Elevasi satelit minimum                      | 15°                |                     |                    |                    |   |                     |      |      |      |      |   |
| Pengamatan data meteorologist                | ya                 | ya                  | ya                 | Tidak              | tidak                                     | tidak               |      |      |      |      |   |

**Tabel 12 Spesifikasi teknis metode dan strategi pengamatan jaring titik kontrol geodetik Orde-4 (poligon)**

|  | <b>Orde – 4 (Poligon)</b>                 |
|--|---|
| Selisih bacaan B dan LB dalam pengukuran sudut     | $\leq 10''$                               |
| Jumlah seri pengamatan suatu sudut (minimum)       | 2 seri                                    |
| Selisih ukuran sudut antar sesi                    | $\leq 5''$                                |
| Pengecekan kesalahan kolimasi                      | sebelum pengamatan                        |
| Jumlah pembacaan untuk satu ukuran jarak (minimum) | 5 kali                                    |
| Sudut jurusan (minimal)                            | di awal dan akhir jaringan                |
| Teknik pengadaan sudut jurusan                     | pengamatan matahari atau dari 2 titik GPS |

### 5.8 Metode dan strategi pengolahan data

Untuk pengadaan jaring titik kontrol orde-00 sampai dengan orde-4 (GPS) yang berbasiskan pada pengamatan satelit GPS, spesifikasi teknis untuk metode dan strategi pengolahan data yang sebaiknya digunakan diberikan pada Tabel 13 Untuk pengadaan jaring titik kontrol orde-4 yang berbasiskan pada pengukuran poligon, spesifikasi teknis yang terkait dengan pengolahan datanya diberikan pada Tabel 14.

Berkaitan dengan pengolahan data survei GPS, di samping spesifikasi yang diberikan pada Tabel 5.9, ada beberapa hal yang juga perlu dispesifikasikan yaitu:

1. seluruh *data* pengamatan GPS di konversi ke *rinex (receiver independent exchange format)* ;
2. untuk pengolahan baseline GPS, perangkat lunak yang digunakan sebaiknya disesuaikan dengan penerima GPS yang digunakan;
3. dalam pengolahan baseline GPS, koordinat dari titik referensi yang digunakan untuk penentuan vektor baseline tidak boleh berasal dari hasil penentuan posisi secara absolut;
4. untuk pengolahan data survei GPS untuk pengadaan jaringan orde-1 s.d. orde-4 (GPS), perangkat lunak untuk perataan jaring (bebas maupun terikat) boleh tidak sama dengan perangkat lunak yang digunakan untuk pengolahan *baseline*;

Tabel 13 Spesifikasi teknis metode dan strategi pengolahan data jaring titik kontrol Orde-00 s/d Orde-3 dan Orde-4(GPS)

|                                     | Orde Jaringan   |                                |   |                     |                     |                            |
|-------------------------------------|---|--------------------------------|---|---------------------|---------------------|----------------------------|
|                                     | 00  | 0                              | 1   | 2                   | 3                   | 4 (GPS)                    |
| Tipe perangkat lunak yang digunakan | Ilmiah  | ilmiah                         | ilmiah  | komersil            | komersil            | komersil                   |
| Tipe orbit satelit yang digunakan   | <i>Precise (IGS)</i>  | <i>Precise (IGS)</i>           | <i>Precise (IGS)</i>  | <i>broadcast</i>    | <i>broadcast</i>    | <i>broadcast</i>           |
| Ambiguitas fase                     | <i>Float</i>  | <i>float</i>                   | <i>fixed</i>  | <i>fixed</i>        | <i>fixed</i>        | <i>fixed</i>               |
| Eliminasi kesalahan dan bias        | <i>differencing + estimasi</i>  | <i>differencing + estimasi</i> | <i>differencing + estimasi</i>  | <i>differencing</i> | <i>differencing</i> | <i>differencing</i>        |
| Tahapan penentuan koordinat         | pengolahan <i>multi-baseline</i> , penentuan koordinat  |                                | pengolahan <i>baseline</i> , perataan jaring bebas, perataan jaring terikat |                     |                     | pengolahan <i>baseline</i> |
| Mekanisme kontrol kualitas          | uji-uji statistik terhadap parameter ketelitian koordinat serta terhadap panjang <i>baseline</i> yang diukur lebih dari satu kali ( <i>common baselines</i> ) |                                |   |                     |                     |                            |

**Tabel 14 Spesifikasi teknis metode dan strategi pengolahan data jaring titik kontrol Orde-4 (poligon)**

|                            | <b>Orde – 4 (Poligon)</b>   |
|----------------------------|---|
| Metode pengolahan data     | hitung perataan kuadrat terkecil metode parameter atau metode <i>bowditch</i> |
| Salah penutup sudut        | $\leq 10\sqrt{n}$ , dimana n adalah jumlah titik poligon                      |
| Salah penutup linier jarak | $\leq 1/6.000$  |

5. proses pengolahan data survei GPS, sebaiknya menghasilkan informasi berikut :
  - a. daftar koordinat definitif dari semua titik dalam jaringan yang dihasilkan dari perataan jaring terikat berikut matriks variansi-kovariansinya;
  - b. daftar nilai baseline definitif hasil perataan jaring terikat berikut nilai simpangan bakunya serta nilai koreksinya terhadap nilai baseline hasil pengamatan;
  - c. elips kesalahan titik untuk setiap titik;
  - d. elips kesalahan relatif untuk setiap baseline yang diamati;
  - e. hasil dari uji-uji statistik yang dilakukan terhadap nilai residual setelah perataan.
6. koordinat definitif dari titik kontrol Orde-00 sampai dengan Orde-3 serta Orde-4 (*GPS*) harus dinyatakan dalam datum DGN-95, dalam bentuk :
  - a. koordinat kartesian 3-D (X,Y,Z);
  - b. koordinat geodetik (lintang, bujur, tinggi ellipsoid);
  - c. koordinat proyeksi UTM (utara, timur).

Pada suatu formulir daftar koordinat titik kontrol seperti yang ditunjukkan pada lampiran E;
7. koordinat definitif dari titik kontrol orde-4 harus dinyatakan dalam datum DGN-95, dalam bentuk koordinat proyeksi TM-3 atau UTM, pada suatu formulir daftar koordinat titik kontrol seperti yang ditunjukkan pada lampiran E.

### 5.9 Format pelaporan hasil

Untuk pelaporan hasil survei pengadaan jaring titik kontrol. Secara umum, spesifikasi teknis untuk format pelaporan hasil yang sebaiknya digunakan diberikan pada Tabel 15 berikut.

Secara lebih terperinci, format pelaporan suatu proyek pengadaan jaring titik kontrol horizontal umumnya akan berupa :

1. pelaporan pelaksanaan pekerjaan dalam bentuk laporan pendahuluan, laporan antara

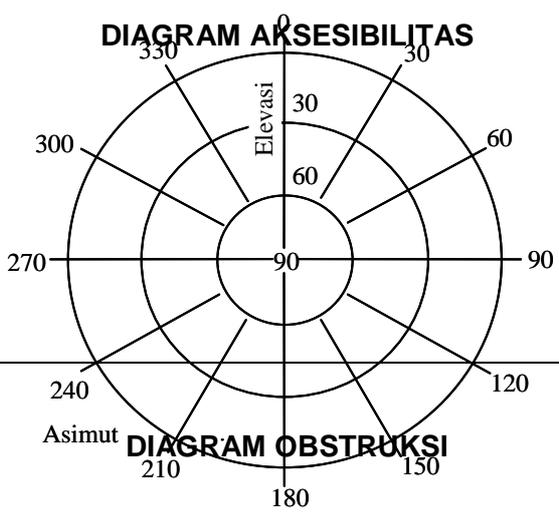
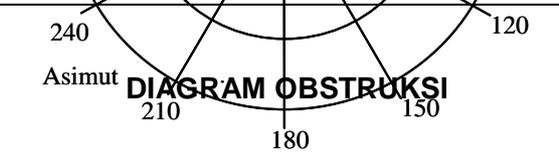
dan laporan akhir.

2. hasil akhir yang harus diserahkan umumnya adalah sebagai berikut :
  - a. monumen titik kontrol di lapangan;
  - b. deskripsi tugu titik kontrol berikut foto dan peta lokasi;
  - c. daftar koordinat titik kontrol berikut matriks variansi kovariansinya;
  - d. peta distribusi titik kontrol dalam bentuk peta digital dan cetakannya;
  - e. data pengamatan baik berupa salinan lunak (*soft copy*) maupun salinan keras (*hard copy*);
  - f. seluruh formulir-formulir lapangan, yaitu formulir rekonaisans titik, deskripsi titik, sketsa lokasi, foto tugu, serta formulir catatan lapangan ;
  - g. seluruh hasil pengamatan dan pengolahan data.

Tabel 15 Spesifikasi teknis sistem pelaporan jaring titik kontrol

|  | Orde Jaringan   |   |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|---|---|
|  | 00  | 0 | 1 | 2 | 3 | 4   |
| Bentuk laporan                                   | buku dan file komputer (dalam CD ROM)   |   |   |   |   |   |
| Isi laporan<br>(minimal)                         | pendahuluan, perencanaan dan persiapan survei, desain jaringan, pelaksanaan survei, pengolahan data dan analisis, hasil-hasil yang diperoleh, lampiran-lampiran yang terkait. |   |   |   |   |   |
| Data dan hasil<br>Pengolahan                     | dalam CD ROM  |   |   |   |   |   |
| Koordinat titik<br>yang dilaporkan               | geodetik (L,B,h), geosentrik (X,Y,Z), dan proyeksi peta (UTM atau TM-3)   |   |   |   |   | geodetik ,<br>geosentrik, dan/atau<br>koordinat<br>proyeksi peta<br>(UTM atau TM-3) |
| Parameter<br>ketelitian titik<br>yang dilaporkan | Matriks varians-kovarians koordinat dan kelas jaringan  |   |   |   |   |   |

**Lampiran A  
(normatif)  
Formulir rekoinasans titik**

|  |                                  |
|--|----------------------------------|
| <b>Logo, Nama, dan Alamat Perusahaan Pelaksana Pekerjaan</b>   |                                  |
| <b>FORMULIR REKONASANS TITIK</b>   |                                  |
| Nomor Titik :  | Tanggal rekonaisans :            |
| Proyek :   | Baru/Sudah Ada :                 |
| Nama Surveyor :  | Aman/Tidak Aman :                |
| Kabupaten :  | Dapat Dicapai Mobil (ya/tidak) : |
| Kelurahan :  | Obstruksi (ya/tidak) :           |
|  <p style="text-align: center;"><b>DIAGRAM AKSESIBILITAS</b></p> | <b>DIAGRAM LOKASI</b>            |
|  <p style="text-align: center;"><b>DIAGRAM OBSTRUKSI</b></p>    | <b>CATATAN</b>                   |
| Diperiksa oleh :   | Tanggal :                        |

Logo, Nama dan Alamat Perusahaan atau Instansi Pelaksana Pekerjaan

**FORMULIR RINGKASAN REKONASANS**

Jaring Titik Kontrol Geodetik Orde :

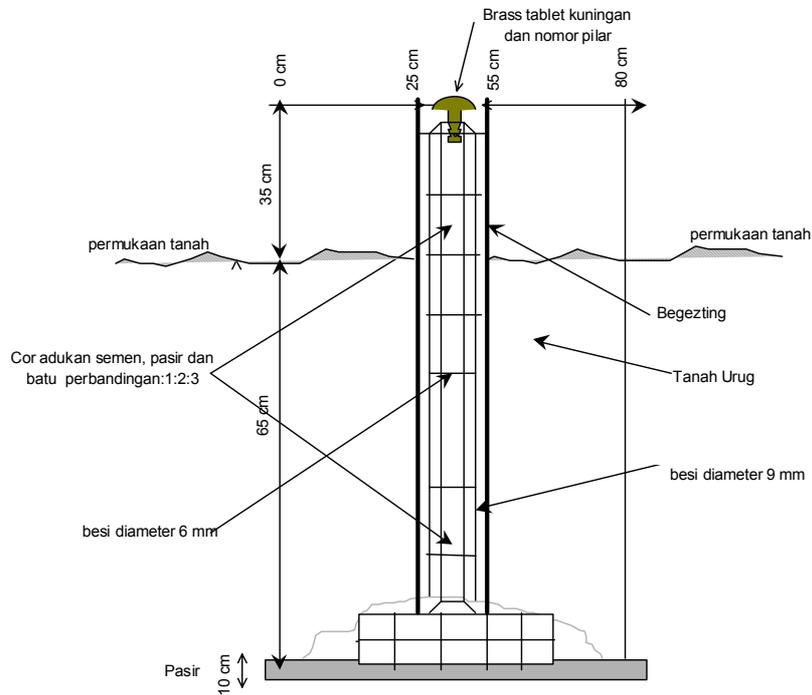
Proyek :

| Titik | Kelurahan | Surveyor | Tanggal<br>Rekoinasans | Baru/<br>Sudah<br>Ada | Aman/Tidak<br>Aman | Dicapai<br>Mobil ? | Obstruksi | Keberadaan<br>Tugu | Penggunaan<br>dalam proyek<br>ini |
|-------|-----------|----------|------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|-----------|--------------------|-----------------------------------|
|       |           |          |                        |                       |                    |                    |           |                    |                                   |
|       |           |          |                        |                       |                    |                    |           |                    |                                   |
|       |           |          |                        |                       |                    |                    |           |                    |                                   |
|       |           |          |                        |                       |                    |                    |           |                    |                                   |
|       |           |          |                        |                       |                    |                    |           |                    |                                   |
|       |           |          |                        |                       |                    |                    |           |                    |                                   |
|       |           |          |                        |                       |                    |                    |           |                    |                                   |
|       |           |          |                        |                       |                    |                    |           |                    |                                   |
|       |           |          |                        |                       |                    |                    |           |                    |                                   |
|       |           |          |                        |                       |                    |                    |           |                    |                                   |



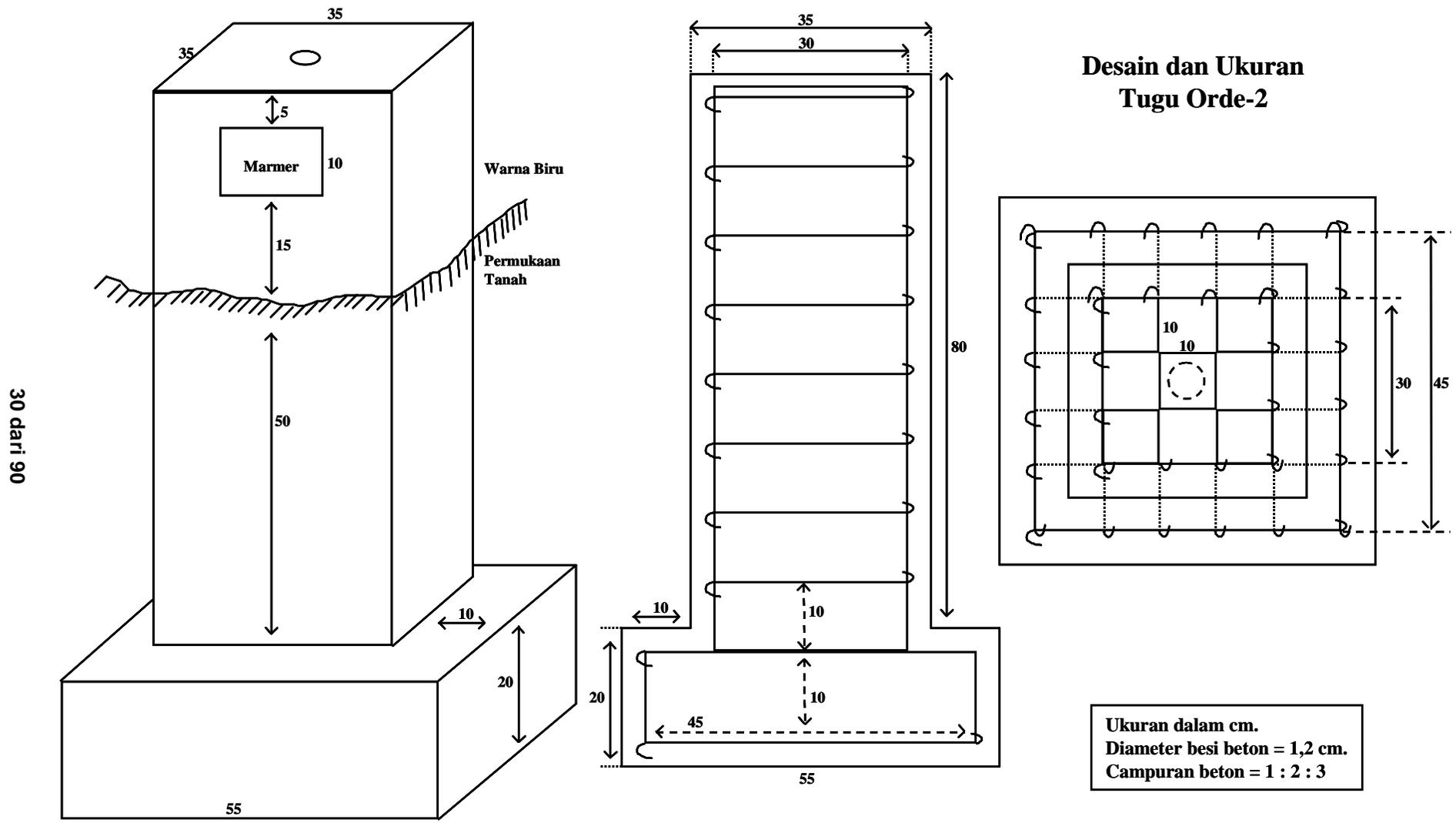
**Pilar GPS Orde-1**

Dicat dengan warna biru  
(tanpa skala)

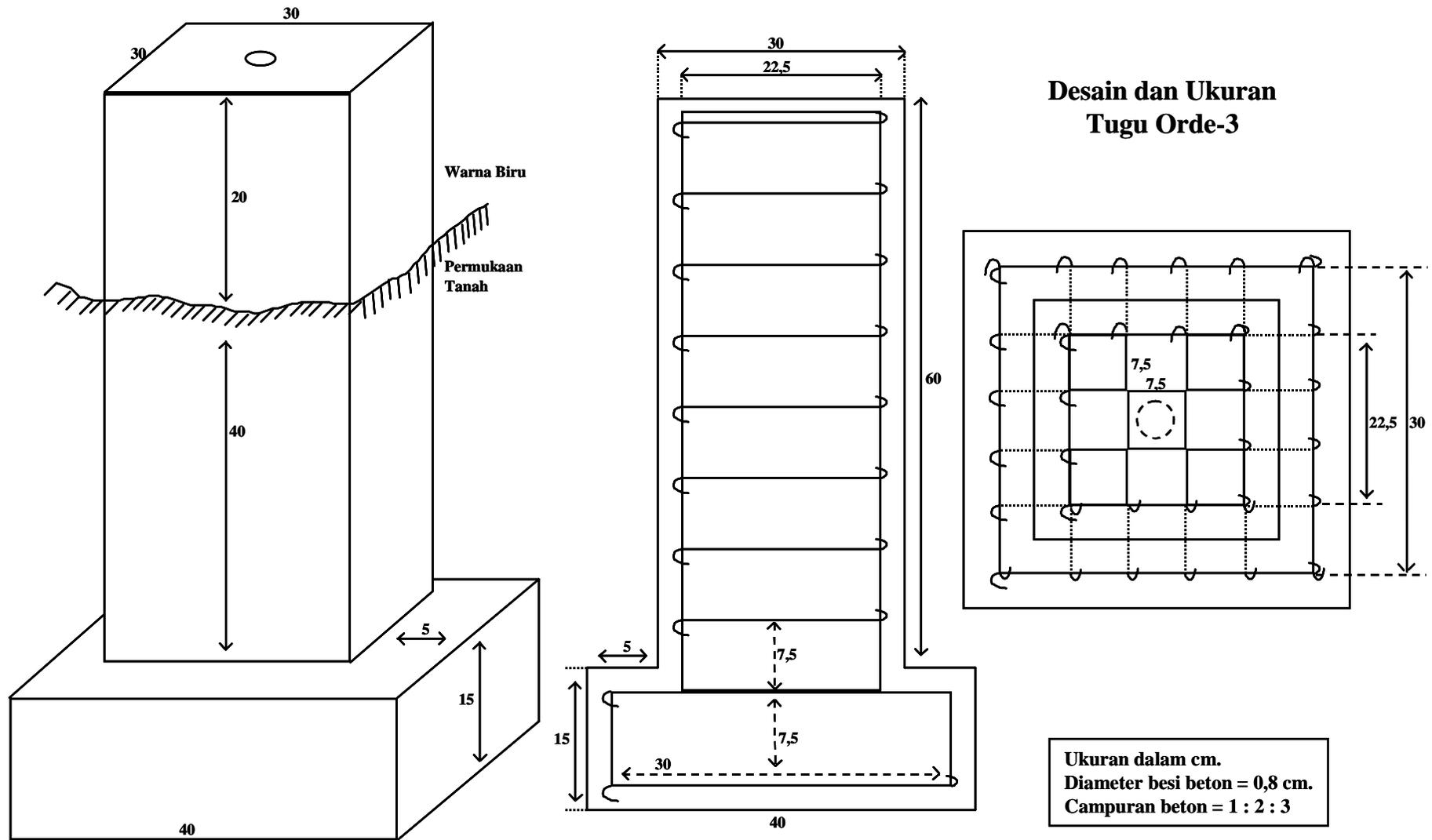


Brass-tablet dan nomor pilar  
Tampak atas diameter 10 cm

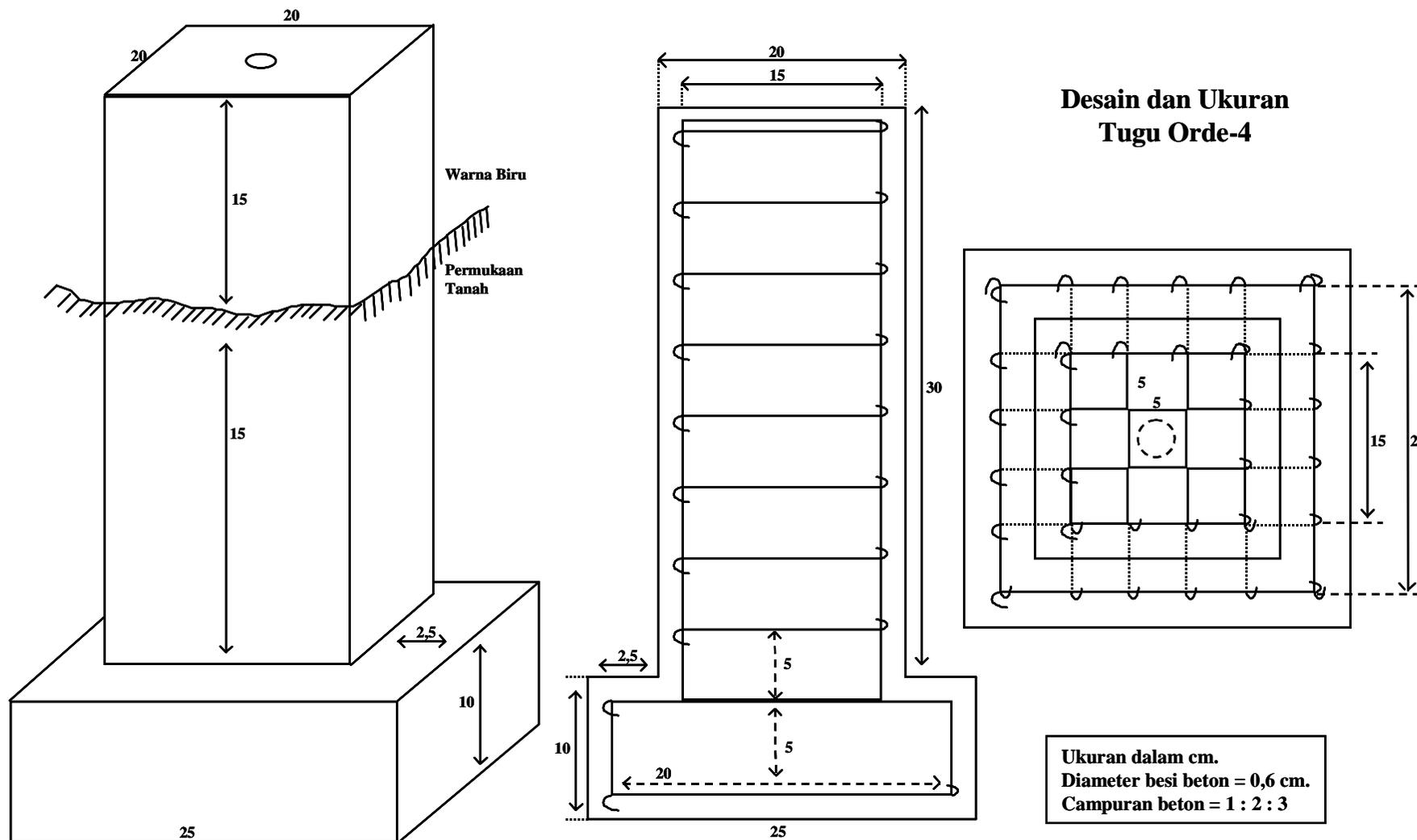
**Gambar B.2 Pilar GPS orde-1**



Gambar B.3 Desain dan ukuran tugu orde-2



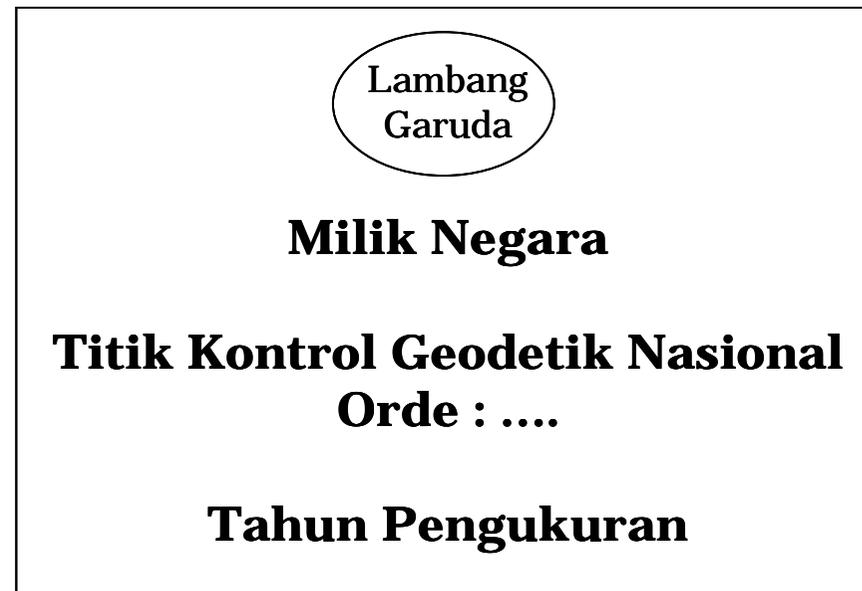
Gambar B.4 Desain dan ukuran tugu orde-3



Gambar B.5 Desain dan ukuran tugu orde-4



Untuk titik yang orde jaringannya  
sudah dapat ditetapkan



Untuk titik yang orde jaringannya  
belum dapat ditetapkan

Gambar B.6 Keterangan tugu dalam bentuk kuningan yang ditempelkan pada badan tugu

Lampiran C  
(normatif)

Formulir-formulir deskripsi titik, sketsa lokasi serta foto tugu

|           |                                  |           |
|-----------|----------------------------------|-----------|
| Logo      | NAMA INSTANSI PEMBERI PEKERJAAN  | No. TITIK |
| Instansi  |                                  |           |
| Pemberi   | DESKRIPSI TITIK KONTROL GEODETIK |           |
| Pekerjaan | Orde :                           |           |

|                     |   |               |   |
|---------------------|---|---------------|---|
| 01. NOMOR PILAR     | : | 02. NAMA      | : |
| 03. DESA/KAMPUNG    | : | 04. KECAMATAN | : |
| 05. KABUPATEN/KODYA | : | 06. PROPINSI  | : |

|                        |   |
|------------------------|---|
| 07. PENGAMATAN OLEH    | : |
| 08. RECEIVER           | : |
| 09. WAKTU (utc)        | : |
| 10. TANGGAL/JULIAN DAY | : |
| 11. KETERANGAN PILAR   | : |

|                      |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----------------------|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| COORDINAT PENDEKATAN | : |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12. LINTANG          | : | <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table> <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> </table> <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> </table> <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> </table> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                      |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                      |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                      |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                      |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                      |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                      |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                      |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                      |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13. BUJUR            | : | <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table> <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> </table> <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> </table> <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> </table> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                      |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                      |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                      |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                      |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                      |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                      |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                      |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                      |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|                               |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------------------------|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 14. TINGGI (diatas ellipsoid) | : | <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td> </tr> </table> . <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td> </tr> </table> meter |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                               |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                               |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|                                     |   |  |
|-------------------------------------|---|--|
| <b>15. URAIAN LOKASI STASIUN</b>    | : |  |
| <b>16. KENAMPAKAN YANG MENONJOL</b> | : |  |
| <b>17. JALAN KE LOKASI</b>          | : |  |
| <b>18. TRANSPORTASI/AKOMODASI</b>   |   |  |

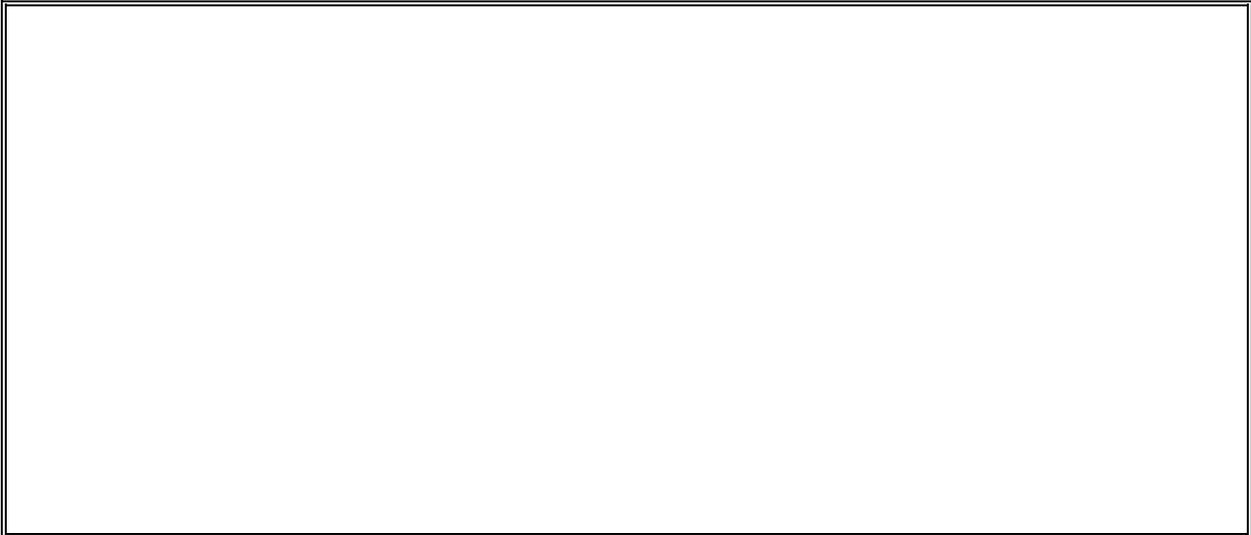
|                            |   |                    |   |
|----------------------------|---|--------------------|---|
| <b>19. DIBUAT OLEH</b>     | : | <b>20. TANGGAL</b> | : |
| <b>21. DIPERIKASA OLEH</b> | : | <b>22. TANGGAL</b> | : |

|                  |   |                  |
|------------------|---|------------------|
| <b>Logo</b>      | <b>NAMA INSTANSI PEMBERI PEKERJAAN</b>      | <b>No. TITIK</b> |
| <b>Instansi</b>  |   |                  |
| <b>Pemberi</b>   | <b>SKETSA LOKASI TITIK KONTROL GEODETIK</b> |                  |
| <b>Pekerjaan</b> | <b>Orde :</b>                               |                  |

**Sketsa Umum :**

U

↑



**Sketsa Detail (tanpa skala) :**

**U**

**↑**

**Dibuat Oleh :**

**Tanggal Pembuatan :**

**Diperiksa Oleh :**

**Tanggal Pemeriksaan :**

|  |   |                         |
|--|---|-------------------------|
| <p><b>Logo</b><br/><b>Instansi</b><br/><b>Pemberi</b><br/><b>Pekerjaan</b></p> | <p><b>NAMA INSTANSI PEMBERI PEKERJAAN</b></p> <p><b>FOTO PENCAPAIAN LOKASI</b></p> <p><b>TITIK KONTROLGEODETIK</b></p> <p><b>Orde :</b></p> | <p><b>No. TITIK</b></p> |
|--|---|-------------------------|

|  |  |
|--|--|
| <p><b>MENUJU LOKASI</b><br/><b>( ..... km dari lokasi)</b></p> | <p><b>MENUJU LOKASI</b><br/><b>( ..... km dari lokasi)</b></p> |
| <p><b>SEKITAR LOKASI</b><br/><b>( ..... m dari lokasi)</b></p> | <p><b>SEKITAR LOKASI</b><br/><b>( ..... m dari lokasi)</b></p> |

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

|                         |                              |
|-------------------------|------------------------------|
| <b>Dibuat Oleh :</b>    | <b>Tanggal Pembuatan :</b>   |
| <b>Diperiksa Oleh :</b> | <b>Tanggal Pemeriksaan :</b> |

|  |  |                  |
|--|--|------------------|
| <b>Logo</b><br><b>Instansi</b><br><b>Pemberi</b><br><b>Pekerjaan</b> | <b>NAMA INSTANSI PEMBERI PEKERJAAN</b><br><br><b>FOTO TITIK KONTROLGEODETIK</b><br><br><b>Orde :</b> | <b>No. TITIK</b> |
|--|--|------------------|

|                                |                              |
|--------------------------------|------------------------------|
| <b>ARAH PANDANG KE UTARA</b>   | <b>ARAH PANDANG KE TIMUR</b> |
| <b>ARAH PANDANG KE SELATAN</b> | <b>ARAH PANDANG KE BARAT</b> |

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

|                         |                              |
|-------------------------|------------------------------|
| <b>Dibuat Oleh :</b>    | <b>Tanggal Pembuatan :</b>   |
| <b>Diperiksa Oleh :</b> | <b>Tanggal Pemeriksaan :</b> |



**TINGGI ANTENA**

|  |                         |                             |                         |                          |
|--|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|
| <p>(Gunakan tongkat ukur yang telah disediakan untuk mengukur ketinggian antenna diatas titik / marker pada 3 tempat dari hole piringan antenna. Perbedaan maksimum hasil ukurannya <math>\leq 2</math> mm. Tinggi antenna rata dari ke-3 ukuran dimasukkan dalam receiver. Lakukan pengukuran tinggi antenna pada saat akhir pengamatan)</p> <p>Apakah antenna menghadap ke Utara ?<br/> <input type="checkbox"/> Ya, <input type="checkbox"/> Tidak, Azimut : _____<sup>o</sup></p> <p>Apakah benang silang berimpit dengan marker ?</p> <p>Sebelum <input type="checkbox"/> Ya, <input type="checkbox"/> Tidak<br/>         Sesudah <input type="checkbox"/> Ya, <input type="checkbox"/> Tidak</p> <p>Apakah benang silang berimpit dengan unting-unting ?<br/> <input type="checkbox"/> Ya, <input type="checkbox"/> Tidak</p> <p>Gambarkan pergeserannya pada kolom sebelah kiri</p> | <p>+</p>                |                             |                         |                          |
|  | Sebelum                 |                             | Sesudah                 |                          |
| Posisi ke-   | Meter<br>(s.d. 0.001 m) | Inchi<br>s.d. 1/32<br>inchi | Meter<br>(s.d. 0.001 m) | Inchi<br>s.d. 1/32 inchi |
| 1.   |                         |                             |                         |                          |
| 2.   |                         |                             |                         |                          |
| 3.   |                         |                             |                         |                          |
| Rata-rata  |                         |                             |                         |                          |



**PARAMETER PENGAMATAN**

|                     |         |                 |
|---------------------|---------|-----------------|
| Interval Pengamatan | Elevasi | Minimum Satelit |
|                     |         |                 |

**CATATAN PENGAMATAN**

| Waktu (UTC)  | Nomor Satelit | %<br>Memori |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|---------------|-------------|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%; text-align: center;">:</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> </table> |               |             | : |  |  |  | <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 12.5%;"></td><td style="width: 12.5%;"></td> </tr> </table> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 100%;"></td> </tr> </table> |  |
|  |               | :           |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |               |             |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |               |             |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%; text-align: center;">:</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> </table> |               |             | : |  |  |  | <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 12.5%;"></td><td style="width: 12.5%;"></td> </tr> </table> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 100%;"></td> </tr> </table> |  |
|  |               | :           |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |               |             |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |               |             |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%; text-align: center;">:</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> </table> |               |             | : |  |  |  | <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 12.5%;"></td><td style="width: 12.5%;"></td> </tr> </table> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 100%;"></td> </tr> </table> |  |
|  |               | :           |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |               |             |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |               |             |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%; text-align: center;">:</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> </table> |               |             | : |  |  |  | <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 12.5%;"></td><td style="width: 12.5%;"></td> </tr> </table> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 100%;"></td> </tr> </table> |  |
|  |               | :           |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |               |             |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |               |             |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%; text-align: center;">:</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> </table> |               |             | : |  |  |  | <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 12.5%;"></td><td style="width: 12.5%;"></td> </tr> </table> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 100%;"></td> </tr> </table> |  |
|  |               | :           |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |               |             |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |               |             |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%; text-align: center;">:</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> </table> |               |             | : |  |  |  | <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 12.5%;"></td><td style="width: 12.5%;"></td> </tr> </table> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 100%;"></td> </tr> </table> |  |
|  |               | :           |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |               |             |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |               |             |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%; text-align: center;">:</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> </table> |               |             | : |  |  |  | <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 12.5%;"></td><td style="width: 12.5%;"></td> </tr> </table> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 100%;"></td> </tr> </table> |  |
|  |               | :           |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |               |             |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |               |             |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**GANGGUAN SERIUS SELAMA PENGAMATAN**

(beri keterangan jika terjadi gangguan yang mempengaruhi data pengamatan)

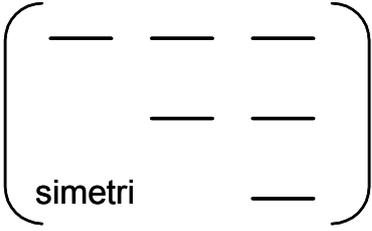
| Waktu (UTC)   | Uraian Kejadian |   |   |  |  |  |
|---|-----------------|---|---|--|--|--|
| <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20px;"> </td> <td style="width: 20px;"> </td> <td style="width: 20px;">:</td> <td style="width: 20px;"> </td> <td style="width: 20px;"> </td> </tr> </table> |                 |   | : |  |  |  |
|   |                 | : |   |  |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20px;"> </td> <td style="width: 20px;"> </td> <td style="width: 20px;">:</td> <td style="width: 20px;"> </td> <td style="width: 20px;"> </td> </tr> </table> |                 |   | : |  |  |  |
|   |                 | : |   |  |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20px;"> </td> <td style="width: 20px;"> </td> <td style="width: 20px;">:</td> <td style="width: 20px;"> </td> <td style="width: 20px;"> </td> </tr> </table> |                 |   | : |  |  |  |
|   |                 | : |   |  |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20px;"> </td> <td style="width: 20px;"> </td> <td style="width: 20px;">:</td> <td style="width: 20px;"> </td> <td style="width: 20px;"> </td> </tr> </table> |                 |   | : |  |  |  |
|   |                 | : |   |  |  |  |

**DATA METEOROLOGI**

| Waktu (UTC)<br>awal, tengah, akhir<br>pengamatan  | Temp.<br>Basah | Temp.<br>Kering | Tek. Udara | Catatan |  |  |  |  |  |
|---|----------------|-----------------|------------|---------|--|--|--|--|--|
| <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20px;"> </td> <td style="width: 20px;"> </td> <td style="width: 20px;">:</td> <td style="width: 20px;"> </td> <td style="width: 20px;"> </td> </tr> </table> |                |                 | :          |         |  |  |  |  |  |
|   |                | :               |            |         |  |  |  |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20px;"> </td> <td style="width: 20px;"> </td> <td style="width: 20px;">:</td> <td style="width: 20px;"> </td> <td style="width: 20px;"> </td> </tr> </table> |                |                 | :          |         |  |  |  |  |  |
|   |                | :               |            |         |  |  |  |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20px;"> </td> <td style="width: 20px;"> </td> <td style="width: 20px;">:</td> <td style="width: 20px;"> </td> <td style="width: 20px;"> </td> </tr> </table> |                |                 | :          |         |  |  |  |  |  |
|   |                | :               |            |         |  |  |  |  |  |

**Lampiran E**  
**(normatif)**  
**Formulir daftar koordinat titik kontrol**

|   |   |           |                           |                        |                       |                       |                       |                         |
|---|---|-----------|---------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| Logo dari<br>Instansi Pemberi<br>Pekerjaan  | NAMA DAN ALAMAT<br>INSTANSI PEMBERI PEKERJAAN   | NO. TITIK |                           |                        |                       |                       |                       |                         |
| <b>DAFTAR KOORDINAT TITIK KONTROL GEODETIK</b><br><br><b>ORDE :</b>   |   |           |                           |                        |                       |                       |                       |                         |
| <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">01. ALAT YANG DIGUNAKAN :</td> <td style="width: 50%;">04. METODE PENGAMATAN:</td> </tr> <tr> <td>02. JENIS/TIPE ALAT :</td> <td>05. PERANGKAT LUNAK :</td> </tr> <tr> <td>03. NOMOR SERI ALAT :</td> <td>06. TGL. PENGHITUNGAN :</td> </tr> </table> |   |           | 01. ALAT YANG DIGUNAKAN : | 04. METODE PENGAMATAN: | 02. JENIS/TIPE ALAT : | 05. PERANGKAT LUNAK : | 03. NOMOR SERI ALAT : | 06. TGL. PENGHITUNGAN : |
| 01. ALAT YANG DIGUNAKAN :   | 04. METODE PENGAMATAN:  |           |                           |                        |                       |                       |                       |                         |
| 02. JENIS/TIPE ALAT :   | 05. PERANGKAT LUNAK :   |           |                           |                        |                       |                       |                       |                         |
| 03. NOMOR SERI ALAT :   | 06. TGL. PENGHITUNGAN :   |           |                           |                        |                       |                       |                       |                         |
| DATUM DGN 1995<br><br>$A = 6378137.0 \text{ m}, f = 1/298.257223563$  |   |           |                           |                        |                       |                       |                       |                         |
| <b>KORDINAT KARTESIAN</b><br><br>12. X (meter) =<br>13. Y (meter) =<br>14. Z (meter) =  | <b>KORDINAT GEODETIK</b><br><br>15. LINTANG =<br>11. BUJUR =<br>12. TINGGI ELIPSOID = |           |                           |                        |                       |                       |                       |                         |
| MATRIKS VARIANS-KOVARIANS   | KOORDINAT : UTM/TM-3 *  |           |                           |                        |                       |                       |                       |                         |

|   |  |
|---|--|
| 13.<br> <p>simetri</p> | 14. TIMUR (m) =<br>15. UTARA (m) =<br>15. ZONE =<br>16. KONV. GRID = |
| 17. DIBUAT OLEH :<br>18. DIPERIKSA OLEH :<br>19. TGL. PEMERIKSAAN :                                     |  |

\* coret yang tidak berlaku

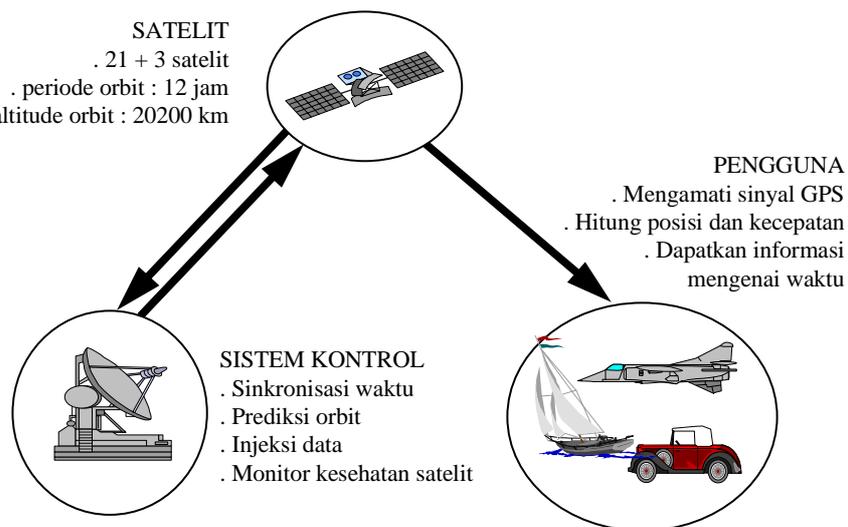
## Lampiran F Pedoman Pelaksanaan Survei GPS

Jaring titik kontrol geodetik orde-00 s/d orde-3 dan orde 4(GPS) dibangun dengan berbasiskan pada pengamatan satelit GPS. Untuk jaring kontrol orde-0 s/d orde-3 dan orde 4 (GPS), pengadaannya dilakukan dengan menggunakan metode survei GPS. Karena pentingnya sistem satelit GPS dalam pengadaan jaring titik kontrol di Indonesia, berikut ini akan dijelaskan secara umum sistem GPS ini berikut metode survei GPS dan mekanisme pelaksanaannya.

### F.1 GPS (*Global Positioning System*)

GPS (*Global Positioning System*) adalah sistem satelit navigasi dan penentuan posisi yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat. Sistem ini didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga-dimensi serta informasi mengenai waktu, secara kontinu di seluruh dunia tanpa tergantung waktu dan cuaca, kepada banyak orang secara simultan. Pada saat ini, sistem GPS sudah sangat banyak digunakan orang di seluruh dunia. Di Indonesia pun, GPS sudah banyak diaplikasikan, terutama yang terkait dengan aplikasi-aplikasi yang menuntut informasi tentang posisi.

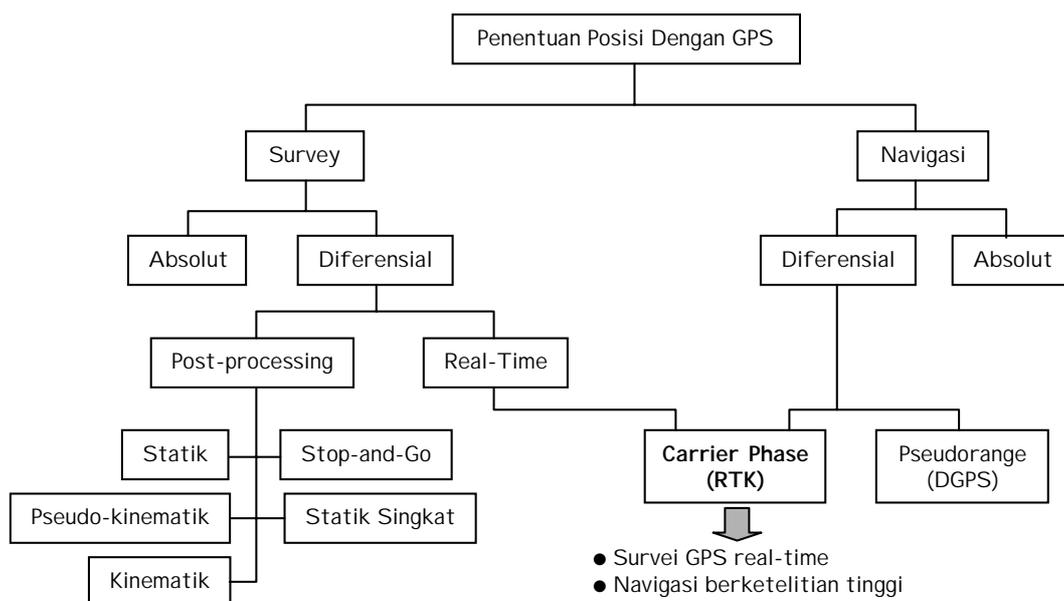
Pada dasarnya GPS terdiri atas tiga segmen utama, yaitu segmen angkasa (*space segment*) yang terdiri dari satelit-satelit GPS, segmen sistem kontrol (*control system segment*) yang terdiri dari station-station pemonitor dan pengontrol satelit, dan segmen pemakai (*user segment*) yang terdiri dari pemakai GPS termasuk alat-alat penerima dan pengolah sinyal dan data GPS. Ketiga segment GPS ini digambarkan secara skematik di Gambar 6.1.



**Gambar F.1 Sistem Penentuan Posisi Global, GPS**

Setiap satelit GPS secara kontinu memancarkan sinyal-sinyal gelombang pada 2 frekuensi L-band yang dinamakan L1 and L2. Sinyal L1 berfrekuensi 1575.42 MHz dan sinyal L2 berfrekuensi 1227.60 MHz. Sinyal L1 membawa 2 buah kode biner yang dinamakan kode-P (*P-code, Precise or Private code*) dan kode-C/A (*C/A-code, Clear Access or Coarse Acquisition*), sedangkan sinyal L2 hanya membawa kode-C/A. Perlu dicatat bahwa pada saat ini kode-P telah dirubah menjadi kode-Y yang strukturnya dirahasiakan untuk umum. Dengan mengamati sinyal-sinyal dari satelit dalam jumlah dan waktu yang cukup, seseorang kemudian dapat memrosesnya untuk mendapatkan informasi mengenai posisi, kecepatan, dan waktu, ataupun parameter-parameter turunannya.

Pada dasarnya konsep dasar penentuan posisi dengan GPS adalah reseksi (pengikatan ke belakang) dengan jarak, yaitu dengan pengukuran jarak secara simultan ke beberapa satelit GPS yang koordinatnya telah diketahui. Posisi yang diberikan oleh GPS adalah posisi tiga-dimensi (X,Y,Z ataupun L,B,h) yang dinyatakan dalam datum WGS (*World Geodetic System*) 1984. Dengan GPS, titik yang akan ditentukan posisinya dapat diam (*static positioning*) ataupun bergerak (*kinematic positioning*). Posisi titik dapat ditentukan dengan menggunakan satu receiver GPS terhadap pusat bumi dengan menggunakan metode *absolute (point) positioning*, ataupun terhadap titik lainnya yang telah diketahui koordinatnya (*monitor station*) dengan menggunakan metode *differential (relative) positioning* yang menggunakan minimal dua receiver GPS, yang menghasilkan ketelitian posisi yang relatif lebih tinggi. GPS dapat memberikan posisi secara instan (*real-time*) ataupun sesudah pengamatan setelah data pengamatannya di proses secara lebih ekstensif (*post processing*) yang biasanya dilakukan untuk mendapatkan ketelitian yang lebih baik. Secara umum kategorisasi metode dan sistem penentuan posisi dengan GPS ditunjukkan pada Gambar F.2 berikut.

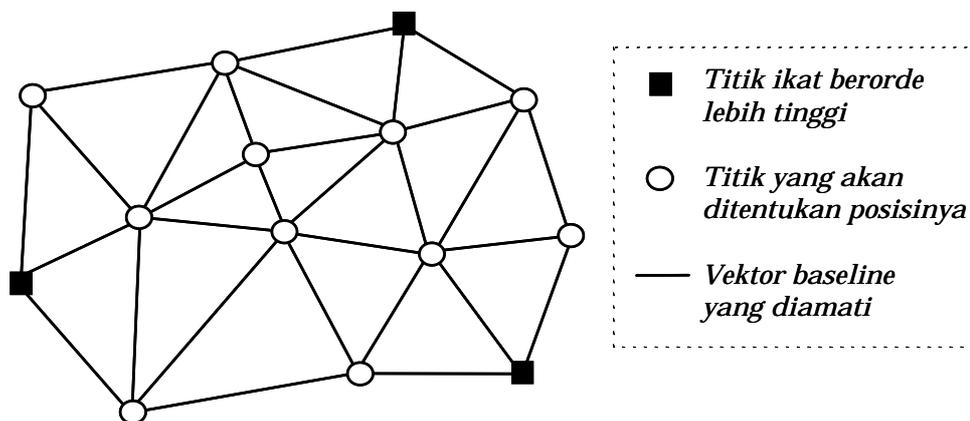


**Gambar F.2 Metode dan sistem penentuan posisi dengan GPS [Langley, 1998]**

## F.2 Karakteristik survei GPS

Survei penentuan posisi dengan pengamatan satelit GPS (survei GPS) secara umum dapat didefinisikan sebagai 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.

Pada survei GPS, pengamatan GPS dengan selang waktu tertentu dilakukan baseline per baseline dalam suatu jaringan dari titik-titik yang akan ditentukan posisinya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.3. Patut dicatat di sini bahwa seandainya lebih dari dua receiver GPS yang digunakan, maka pada satu sesi pengamatan (*observing session*) dapat diamati lebih dari satu baseline sekaligus.



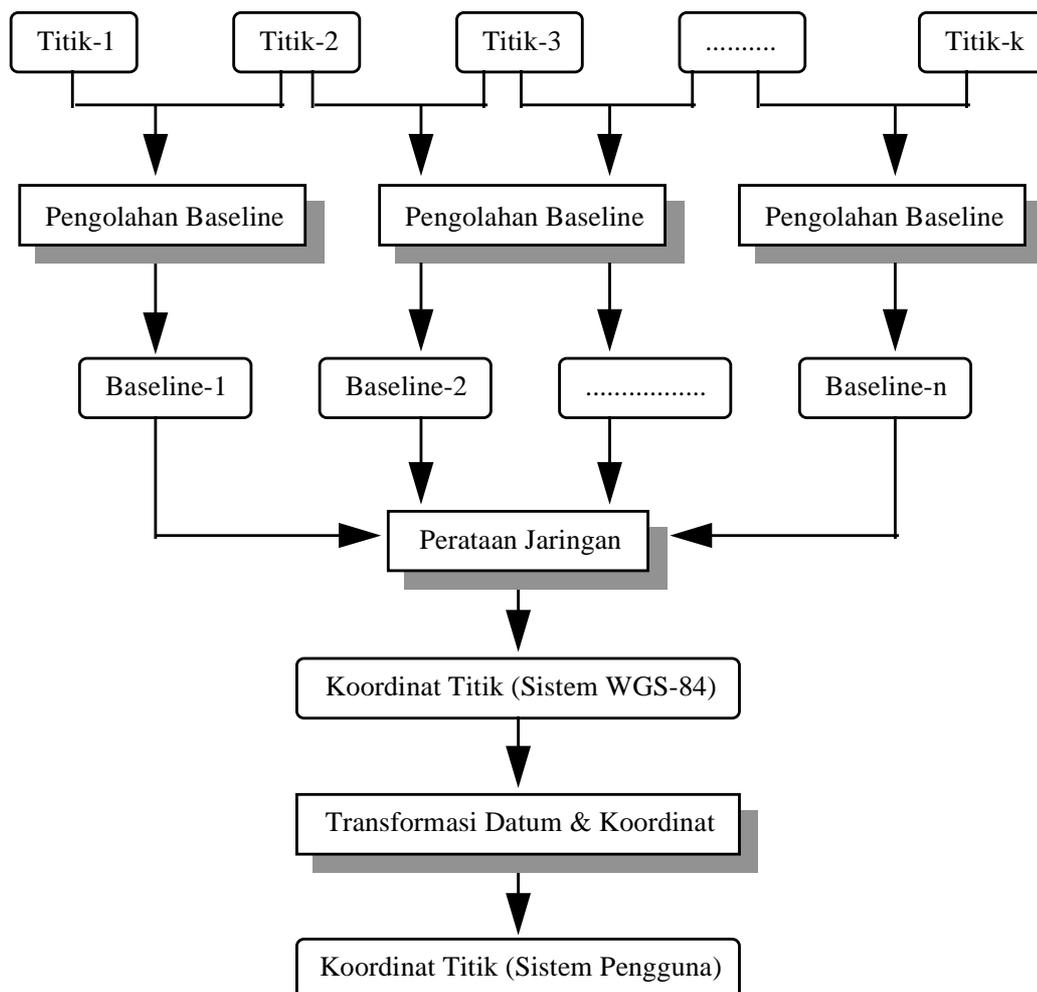
**Gambar F.3 Penentuan posisi titik-titik dengan metode survei GPS**

Pada survei GPS, proses penentuan koordinat dari titik-titik dalam suatu jaringan pada dasarnya terdiri atas tiga tahap, yaitu :

- Pengolahan data dari setiap baseline dalam jaringan,
- Perataan jaringan yang melibatkan semua baseline untuk menentukan koordinat dari titik-titik dalam jaringan, dan
- Transformasi koordinat titik-titik tersebut dari datum WGS84 ke datum yang diperlukan oleh pengguna.

Secara skematik proses perhitungan koordinat titik-titik dalam jaringan GPS dapat ditunjukkan seperti pada Gambar F.4. Dalam hal ini metode penentuan posisi diferensial dengan data fase digunakan untuk menentukan vektor ( $dX, dY, dZ$ ) dari setiap baseline yang diamati. Penentuan vektor baseline ini umumnya dilakukan dengan metode hitung perataan kuadrat terkecil (*least squares adjustment*).

Seluruh vektor baseline tersebut, bersama dengan koordinat dari titik-titik tetap (*monitor station*) yang diketahui, selanjutnya diolah dalam suatu proses hitungan perataan jaringan (*network adjustment*) untuk mendapatkan koordinat final dari titik-titik yang diinginkan. Karena koordinat dari titik-titik yang diperoleh dengan survei GPS ini mengacu ke datum WGS (*World Geodetic System*) 1984, maka seandainya koordinat titik-titik tersebut ingin dinyatakan dalam datum lain, proses selanjutnya yang diperlukan adalah transformasi datum dari WGS 1984 ke datum yang diinginkan.



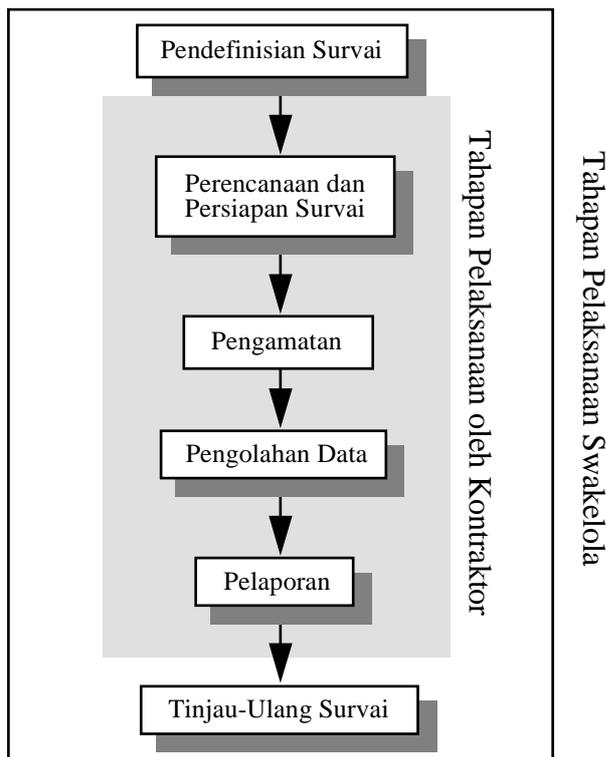
**Gambar F.4. Diagram alir perhitungan koordinat titik-titik jaringan GPS**

### F.3 Tahapan pelaksanaan survei GPS

Proses pelaksanaan suatu survei GPS oleh suatu kontraktor (pelaksana), secara umum akan meliputi tahapan-tahapan : perencanaan dan persiapan, pengamatan (pengumpulan data), pengolahan data, dan pelaporan, seperti yang digambarkan secara skematik pada Gambar 6.5. Seandainya survei GPS tersebut dilakukan secara swakelola oleh instansi pemerintah yang terkait (seperti BAKOSURTANAL dan BPN), maka tahapan pendefinisian survei dan tinjau-ulang survei juga sebaiknya dilaksanakan, masing-masing di awal dan akhir

dari tahapan-tahapan pelaksanaan survei.

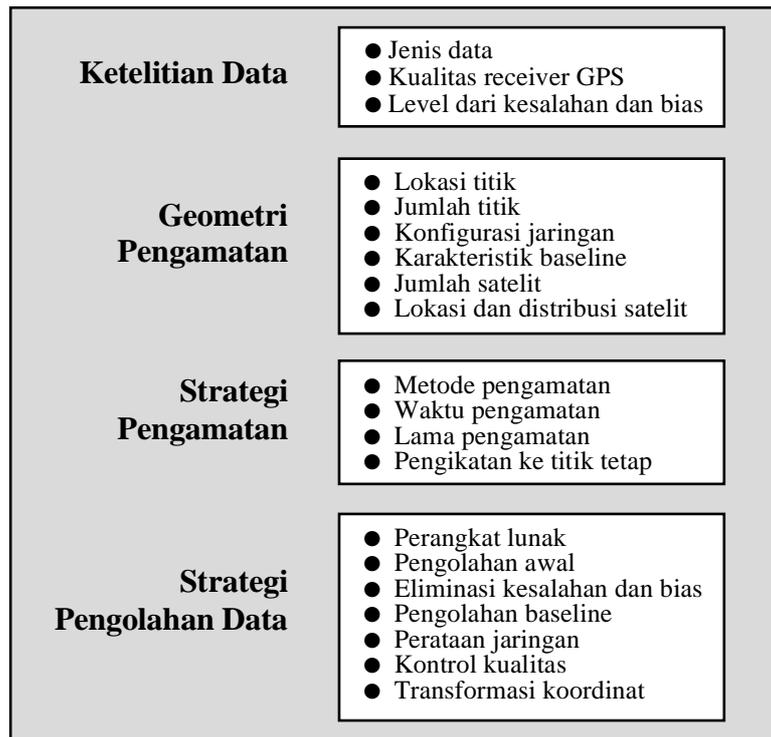
Patut ditekankan disini bahwa tingkat kesuksesan pelaksanaan suatu survei GPS akan sangat tergantung dengan tingkat kesuksesan pelaksanaan setiap tahapan pekerjaannya yang ditunjukkan pada Gambar F.5. Di antara tahapan-tahapan tersebut, tahap perencanaan dan persiapan adalah suatu tahap yang sangat menentukan, dan perlu dilakukan secara baik, sistematis, dan menyeluruh.



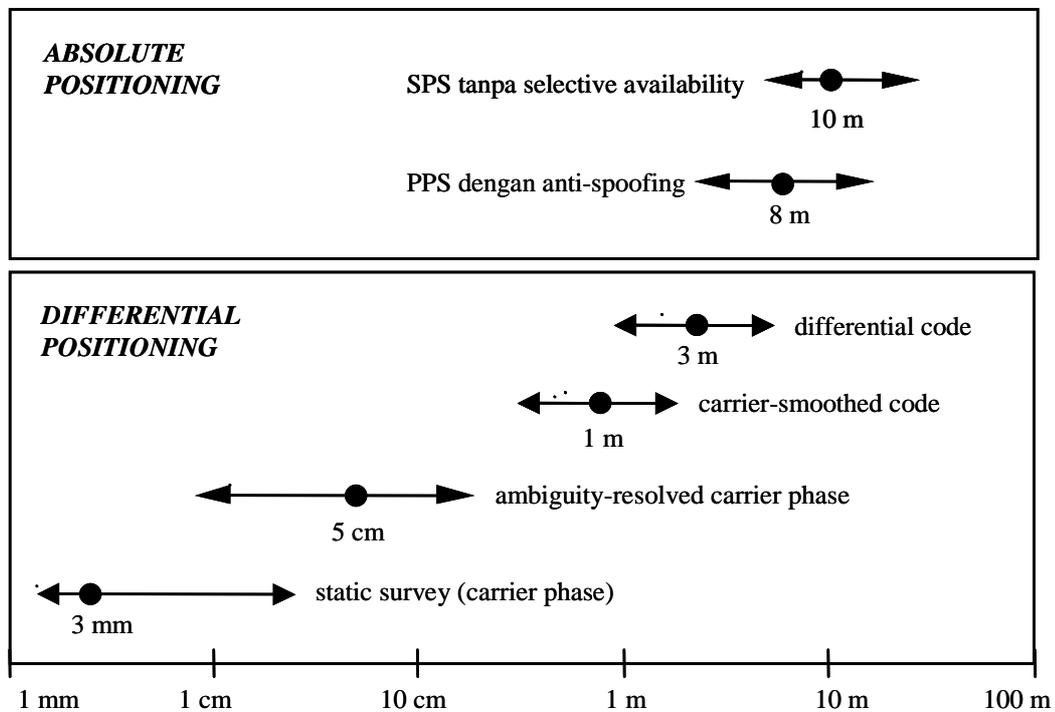
**Gambar F.5 Tahapan umum pelaksanaan suatu survei GPS**

#### **F.4 Ketelitian posisi**

Ketelitian posisi yang didapat dari suatu survei GPS secara umum akan tergantung pada empat faktor yaitu : ketelitian data yang digunakan, geometri pengamatan, strategi pengamatan yang digunakan, dan strategi pengolahan data yang diterapkan (lihat Gambar F.6). Tergantung pada bagaimana kita memper-hitungkan dan memperlakukan faktor-faktor tersebut, maka kita akan memperoleh tingkat ketelitian yang berbeda-beda. Dalam hal ini adalah wajar jika GPS secara umum serta survei GPS secara khusus dapat memberikan ketelitian posisi titik yang cukup bervariasi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar F.7.



Gambar F.6 Faktor-faktor yang mempengaruhi ketelitian survei GPS



Gambar F.7 Spektrum ketelitian posisi yang diberikan oleh survei GPS

F.5 Ketelitian data

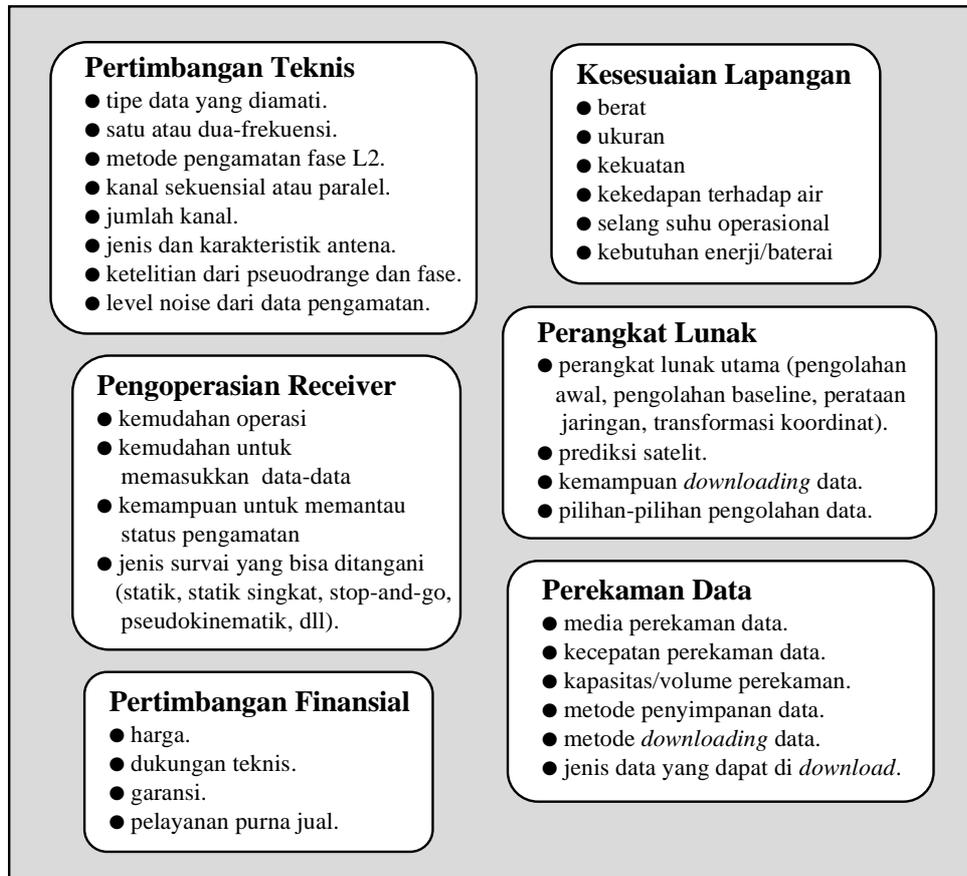
Ketelitian data GPS pada dasarnya akan tergantung pada tiga faktor yaitu : jenis data (pseudorange atau fase), kualitas dari receiver GPS yang digunakan pada saat pengamatan, serta level dari kesalahan dan bias yang mempengaruhi data pengamatan. Karena pada survei dengan GPS data yang umum digunakan adalah data fase, maka hanya dua faktor terakhir yang perlu mendapatkan perhatian yang lebih serius.

### **F.5.1 Receiver GPS**

Kualitas dari receiver GPS dikarakterisir oleh banyak parameter seperti jumlah sinyal yang dapat diamati (satu atau dua), jumlah kanal (*channel*), karakteristik dan level noise dari antenanya, kecanggihan metode pemrosesan sinyal yang digunakan, dan lain-lainnya. Yang perlu diperhatikan di sini adalah bahwa dalam pemilihan receiver GPS yang akan digunakan untuk survei, disamping pertimbangan-pertimbangan teknis yang terkait dengan kualitas receiver, faktor-faktor non-teknis lainnya juga harus diperhitungkan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar F.8.

Secara khusus hal-hal teknis yang sebaiknya diperhatikan dalam memilih receiver GPS yang akan digunakan dalam pelaksanaan survei GPS antara lain adalah :

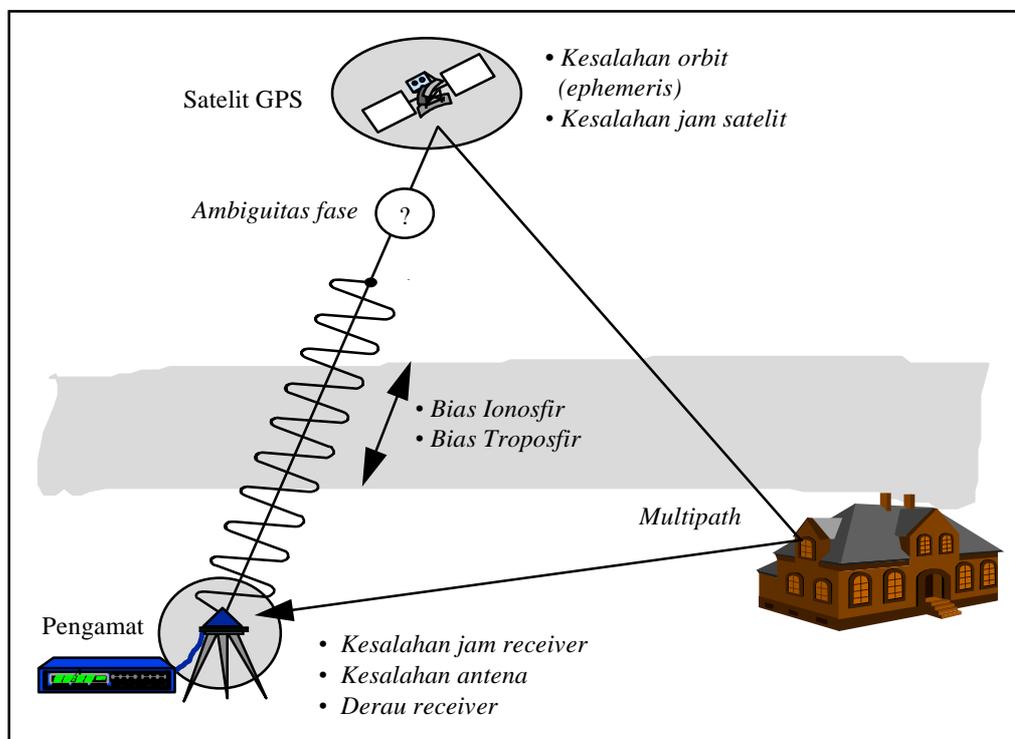
- receiver GPS yang digunakan harus dari tipe survei pemetaan atau geodetik dan bukan dari tipe navigasi;
- receiver GPS yang digunakan harus mampu melayani metode survei statik dan statik singkat;
- receiver GPS yang digunakan dapat berupa receiver satu-frekuensi. Tetapi kalau memungkinkan sebaiknya menggunakan receiver dua-frekuensi yang dapat mengamati fase pada dua frekuensi L1 dan L2;
- receiver GPS yang digunakan harus mampu mengamati minimal 4 (empat) satelit sekaligus pada setiap epoknya, dan sebaiknya mempunyai kemampuan untuk mengamati seluruh satelit yang berada di atas horison secara simultan;
- jumlah receiver GPS yang digunakan minimal 2 (dua) unit. Semakin banyak unit yang digunakan akan lebih mempercepat pelaksanaan survei yang bersangkutan, meskipun perorganisasian pergerakannya akan menjadi relatif lebih sulit;
- semua antena dan receiver GPS yang digunakan sebaiknya dari merek, model, dan tipe yang sama (seragam);
- antena GPS yang digunakan sebaiknya diperlengkapi dengan *ground absorbent plane* untuk mereduksi efek dari multipath;
- receiver GPS yang digunakan sebaiknya mempunyai kemampuan merekam data paling sedikit 3 (tiga) jam.



**Gambar F.8** Faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan receiver GPS untuk keperluan survei

### F.5.2 Kesalahan dan Bias GPS

Selanjutnya yang akan mempengaruhi kualitas dari data adalah level dari kesalahan dan bias yang mempengaruhi data pengamatan fase. Ada beberapa jenis kesalahan dan bias yang mempengaruhi data pengamatan GPS seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.9. Kesalahan dan bias ini ada yang berkaitan dengan satelit (seperti kesalahan ephemeris, jam satelit, dan selective availability), medium propagasi (seperti bias ionosfir dan bias troposfir), receiver GPS (seperti kesalahan jam receiver, kesalahan antenna, dan noise), data pengamatan (ambiguitas fase dan cycle slips), dan lingkungan sekitar receiver GPS (seperti multipath).



**Gambar F.9 Kesalahan dan Bias GPS**

Kesalahan dan bias GPS harus diperhitungkan secara benar dan baik, karena hal tersebut akan mempengaruhi ketelitian informasi (posisi, kecepatan, percepatan, waktu) yang diperoleh serta proses penentuan ambiguitas fase dari sinyal GPS. Strategi pengamatan yang diaplikasikan juga akan mempengaruhi efek dari kesalahan dan bias pada data pengamatan. Disamping itu struktur dan tingkat kecanggihan dari perangkat lunak pemroses data GPS akan dipengaruhi oleh mekanisme yang digunakan dalam menangani kesalahan dan bias. Penjelasan yang lebih mendetil mengenai efek dari kesalahan dan bias tersebut.

Pada penentuan posisi dengan GPS, secara umum ada beberapa cara yang dapat digunakan dalam menghadapi kesalahan dan bias GPS, yaitu :

- estimasi parameter dari kesalahan dan bias dalam proses hitung perataan,
- terapkan mekanisme *differencing* antar data,
- hitung besarnya kesalahan/bias berdasarkan data ukuran langsung,
- hitung besarnya kesalahan/bias berdasarkan model,
- gunakan strategi pengamatan yang tepat, atau
- gunakan strategi pengolahan data yang tepat.

Pada survei GPS, pereduksian efek dari kesalahan dan bias tersebut biasanya dilakukan dengan mekanisme *differencing* antar data, pemendekan panjang baseline yang diamati, maupun dengan menggunakan strategi pengamatan serta pengolahan data yang tepat.

## 6.6 Geometri pengamatan

Geometri pengamatan yang mencakup geometri pengamat dan geometri satelit akan juga mempengaruhi ketelitian posisi titik yang diperoleh dengan survei GPS. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar F.6, geometri pengamatan mempunyai beberapa parameter, yaitu antara lain : lokasi dan jumlah titik, konfigurasi jaringan, dan karakteristik baseline yang mewakili geometri pengamat; serta jumlah satelit serta lokasi dan distribusi satelit yang mewakili geometri satelit.

Dalam survei dengan GPS, geometri pengamatan harus didesain dengan sebaik mungkin, karena pengaruhnya tidak hanya ke ketelitian titik yang diperoleh tapi juga ke aspek-aspek operasional yang berdampak finansial.

### F.6.1 Lokasi titik GPS

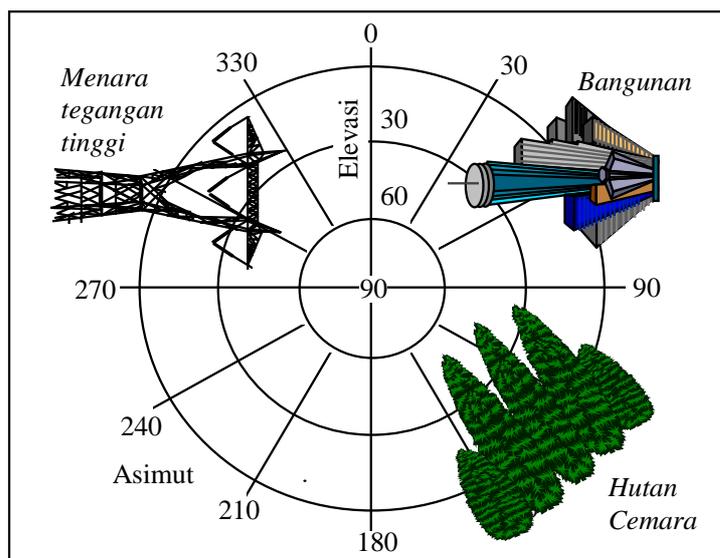
Pemilihan lokasi untuk titik-titik dari suatu jaringan GPS perlu diingat bahwa tidak seperti halnya survei terestris, survei GPS tidak memerlukan saling keterlihatan (*intervisibility*) antara titik-titik pengamat. Yang diperlukan adalah bahwa pengamat dapat 'melihat' satelit (*satellite visibility*). Pada dasarnya lokasi titik GPS dipilih sesuai dengan kebutuhan serta tujuan penggunaan dari titik GPS itu sendiri nantinya. Disamping itu, secara umum lokasi titik GPS, sebaiknya memenuhi persyaratan berikut ini :

- punya ruang pandang langit yang bebas ke segala arah di atas elevasi 15°,
- jauh dari objek-objek reflektif yang mudah memantulkan sinyal GPS, untuk

meminimalkan atau mencegah terjadinya multipath,

- jauh dari objek-objek yang dapat menimbulkan interferensi elektris terhadap penerimaan sinyal GPS,
- kondisi dan struktur tanahnya stabil,
- mudah dicapai (lebih baik dengan kendaraan bermotor),
- sebaiknya ditempatkan di tanah milik negara,
- ditempatkan pada lokasi dimana monumen/pilar tidak mudah terganggu atau rusak, baik akibat gangguan' manusia, binatang, ataupun alam,
- penempatan titik pada suatu lokasi juga harus memperhatikan rencana penggunaan lokasi yang bersangkutan di masa depan, dan
- titik-titik harus dapat diikatkan minimal ke satu titik yang telah diketahui koordinatnya, untuk keperluan perhitungan, pendefinisian datum, serta penjagaan konsistensi dan homogenitas dari datum dan ketelitian titik-titik dalam jaringan.

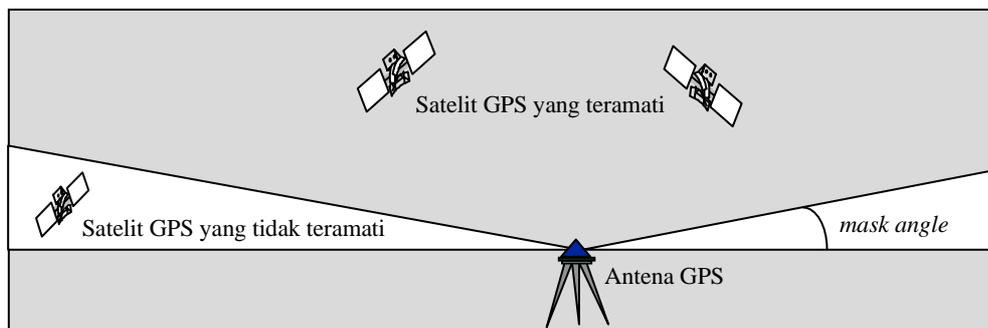
Dalam hal ruang pandang ke langit, dua hal harus diperhatikan, yaitu berkaitan dengan lokasi dan ketinggian dari objek-objek yang dapat menghalangi penerimaan sinyal oleh receiver GPS. Lokasi dan ketinggian dari objek-objek ini biasanya digambarkan dalam bentuk suatu diagram yang dinamakan diagram obstruksi (lihat Gambar F.10). Diagram ini nantinya akan digabungkan dengan diagram penampakan satelit (*satellite polar plot*) untuk mengetahui jumlah satelit yang dapat diamati dari lokasi yang bersangkutan serta juga untuk menentukan selang waktu pelaksanaan pengamatan yang tepat.



**Gambar F.10 Contoh diagram obstruksi**

Berkaitan dengan ketinggian objek yang juga digambarkan pada diagram obstruksi, maka

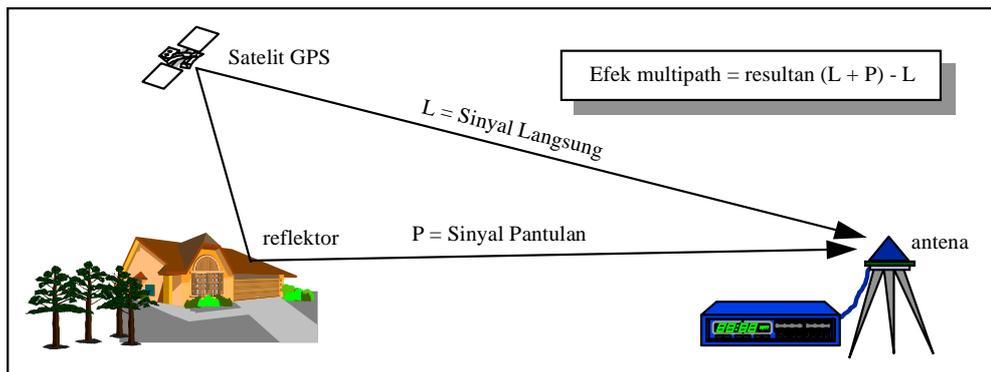
ada satu parameter yang penting diketahui, yaitu yang biasa dinamakan *mask angle*. *Mask angle* ini, yang merupakan salah satu parameter yang harus ditentukan oleh pengguna dalam pengoperasian receiver GPS, adalah sudut elevasi minimum dari satelit yang akan diamati oleh receiver GPS. Satelit dengan elevasi lebih kecil dari *mask angle*, tidak akan diamati oleh receiver GPS, seperti yang diilustrasikan pada Gambar F.11.



**Gambar F.11** Pengertian *Mask Angle*

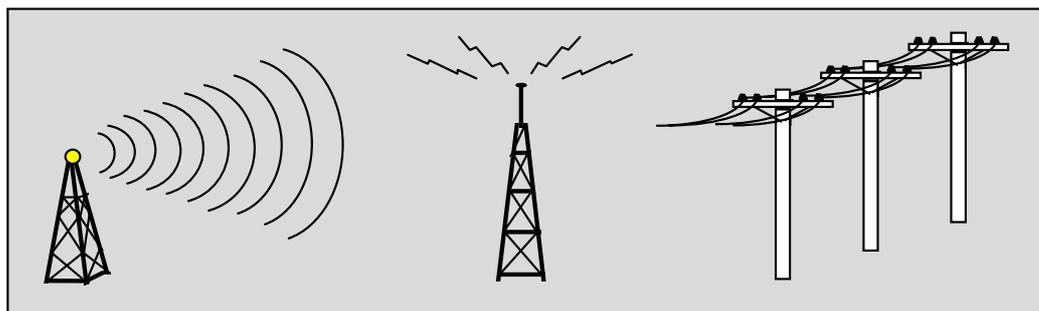
Besarnya *mask angle* yang digunakan akan menentukan jumlah satelit yang teramati, dan dalam hal ini semakin besar *mask angle* yang digunakan maka akan semakin sedikit jumlah satelit yang akan teramati. Dalam survei GPS besarnya *mask angle* yang umum digunakan adalah  $10^{\circ}$  atau  $15^{\circ}$ . *Mask angle* yang terlalu kecil sebaiknya dihindari karena data pengamatan dari satelit-satelit yang berelevasi rendah, relatif akan lebih dipengaruhi oleh refraksi ionosfir dan troposfir, lebih mudah terkontaminasi oleh multipath, dan juga level derau (*noise*) nya umumnya lebih tinggi. Dalam pencarian lokasi untuk titik GPS yang tepat, besarnya *mask angle* yang akan digunakan tersebut harus dipertimbangkan terutama dalam kaitannya dengan ketinggian dari objek-objek yang dapat menyebabkan obstruksi sinyal pada lokasi yang bersangkutan.

Berkaitan dengan multipath, maka lokasi dari titik GPS sebaiknya dijauhkan dari objek-objek yang dapat memantulkan sinyal sehingga menyebabkan multipath, seperti jalan raya, gedung, danau, tambak, dan kendaraan. Multipath adalah fenomena dimana sinyal dari satelit tiba di antena GPS melalui dua atau lebih lintasan yang berbeda. Dalam hal ini satu sinyal merupakan sinyal langsung dari satelit ke antena, sedangkan yang lainnya merupakan sinyal-sinyal tidak langsung yang dipantulkan oleh benda-benda di sekitar antena sebelum tiba di antena. Perbedaan panjang lintasan menyebabkan sinyal-sinyal tersebut berinterferensi ketika tiba di antena yang pada akhirnya menyebabkan kesalahan pada hasil pengamatan, seperti yang diilustrasikan pada Gambar F.12.



**Gambar F.12 Kesalahan *Multipath***

Lokasi yang akan dipilih untuk titik-titik GPS juga sebaiknya juga relatif dijauhkan dari objek-objek yang dapat menimbulkan interferensi elektrik terhadap penerimaan sinyal GPS, seperti stasion pemancar gelombang mikro, *radio repeater*, dan kabel listrik tegangan tinggi (lihat Gambar F.13).



**Gambar F.13 Objek-objek yang dapat menimbulkan Interferensi elektrik**

### F.6.2 Jumlah titik GPS

Jumlah titik dalam jaringan GPS harus disesuaikan dengan keperluan serta tujuan dari pelaksanaan survei GPS yang bersangkutan. Titik-titik kerangka GPS harus terdiri dari titik-titik yang telah diketahui koordinatnya dan titik-titik yang akan ditentukan koordinatnya. Titik-titik yang telah diketahui koordinatnya umumnya perlu diikuti sertakan karena beberapa hal seperti :

- untuk pendefinisian datum dari survei GPS tersebut,
- dituntut oleh spesifikasi teknis dari survei GPS,

- untuk penentuan parameter transformasi antara datum GPS dan datum lokal,
- untuk keperluan pengontrolan kualitas, serta
- untuk menjaga konsistensi dan homogenitas dari datum dan ketelitian titik.

Disamping itu minimal satu titik harus dijadikan sebagai titik datum dari survei GPS yang koordinatnya diketahui dalam sistem WGS-84. Dalam hal ini perlu ditekankan bahwa secara umum jangan gunakan koordinat yang diperoleh dari penentuan posisi secara absolut dengan data pseudorange sebagai sebagai titik datum dari survei GPS, karena adanya kesalahan posisi titik datum sekitar 20 m akan mengakibatkan kesalahan pada panjang baseline yang diperoleh sebesar 1 ppm.

### F.6.3 Karakteristik *Baseline*

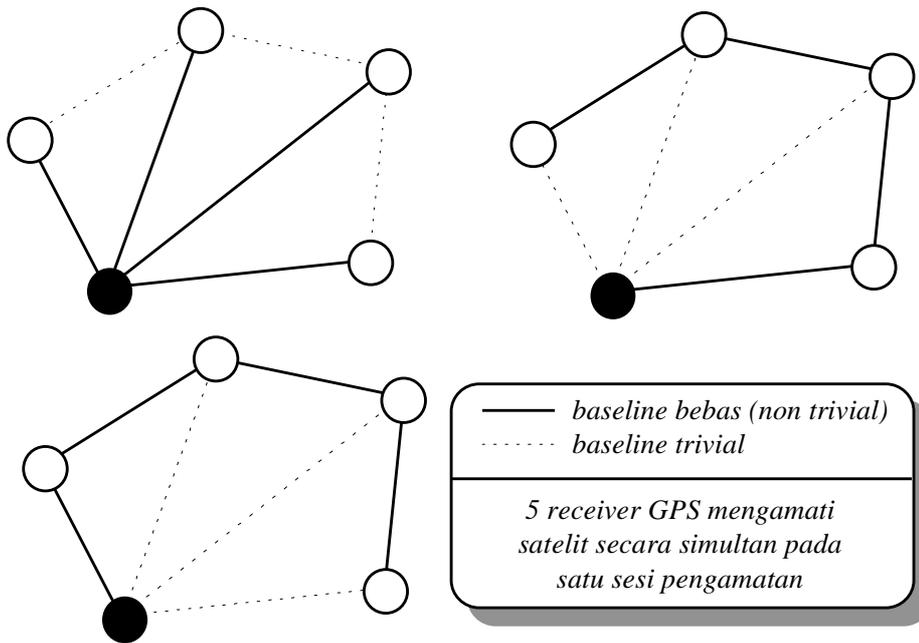
Berkaitan dengan *baseline*, maka dalam survei dengan GPS, pengertian menyangkut baseline trivial dan non-trivial (bebas) cukup penting untuk dimengerti. Pada perataan jaringan GPS, hanya baseline-baseline bebas (non-trivial) saja yang boleh diikuti sertakan.

Baseline trivial adalah baseline yang dapat diturunkan (kombinasi linear) dari baseline-baseline lainnya dari satu sesi pengamatan. Baseline yang bukan trivial dinamakan baseline non-trivial (*baseline* bebas). Dalam hal ini, seandainya ada  $n$  receiver yang beroperasi secara simultan pada satu sesi pengamatan maka akan ada  $(n-1)$  baseline bebas yang boleh digunakan untuk perataan jaringan.

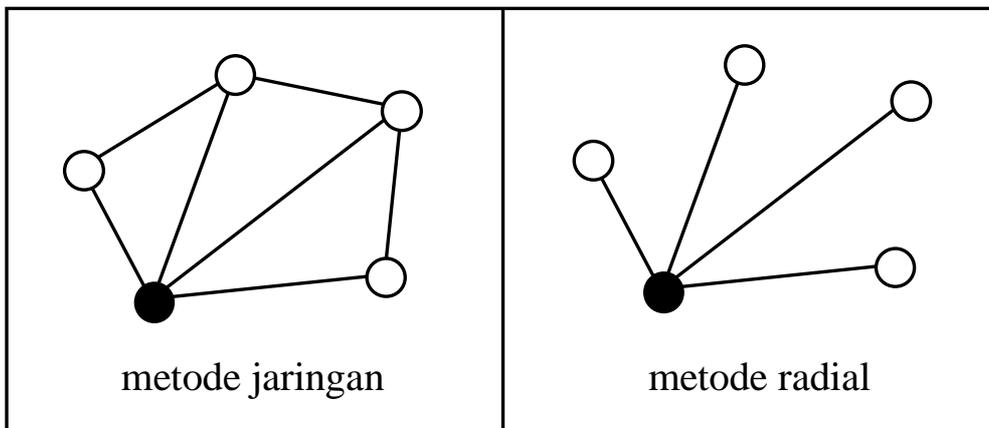
Pada prinsipnya akan ada beberapa kombinasi dari  $(n-1)$  baseline bebas tersebut seperti yang ditunjukkan pada Gambar F.14. Dalam hal ini set dari  $(n-1)$  *baseline* bebas yang digunakan akan mempengaruhi kualitas dari posisi titik dalam jaringan yang diperoleh.

Pada survei dengan GPS, ada beberapa hal yang menyangkut karakteristik baseline yang sebaiknya diperhatikan yaitu antara lain :

- amati baseline antara titik-titik yang berdampingan. Ini dapat menjaga panjang baseline yang relatif pendek, yang nantinya akan membantu untuk mendapatkan baseline yang relatif teliti. Secara umum, baseline-baseline sebaiknya tidak terlalu panjang ( $< 20$  km); karena semakin panjang baseline pengaruh kesalahan orbit dan refraksi ionosfir akan semakin besar,
- untuk kontrol kualitas dan menjaga kekuatan jaringan, sebaiknya baseline yang diamati saling menutup dalam suatu loop (jaringan) dan tidak terlepas begitu saja (radial), seperti yang ditunjukkan pada Gambar F.15.



Gambar F.14 Contoh beberapa kombinasi dari *baseline* trivial dan non-trivial



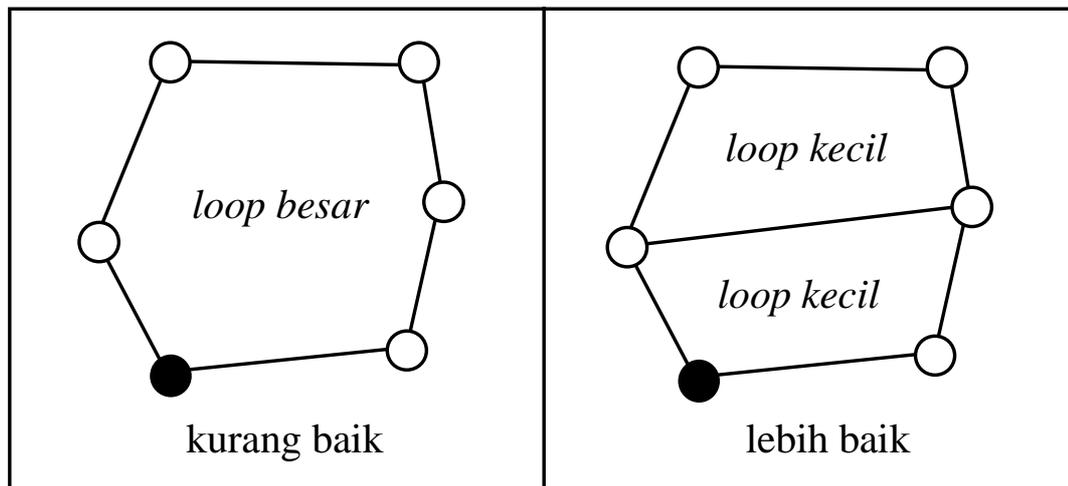
Gambar F.15 Metode jaringan dan metode radial

Kalau karena sesuatu hal, pengamatan baseline harus dilakukan secara terlepas (metode radial), maka sebaiknya setiap baseline diamati minimal 2 kali pada 2 sesi pengamatan yang berbeda, sehingga ada mekanisme kontrol kualitas.

- Loop yang terlalu besar (terdiri dari banyak *baseline*) tidak terlalu baik secara geometris, meskipun dilihat dari lamanya pengamatan yang diperlukan akan lebih menguntungkan. Usahakan untuk menjaga bentuk loop yang relatif tidak terlalu besar, seperti dilustrasikan pada Gambar F.16. Dengan kata lain jumlah baseline dalam suatu loop sebaiknya jangan terlalu banyak.
- Baseline-baseline dalam suatu jaringan GPS sebaiknya mempunyai panjang yang

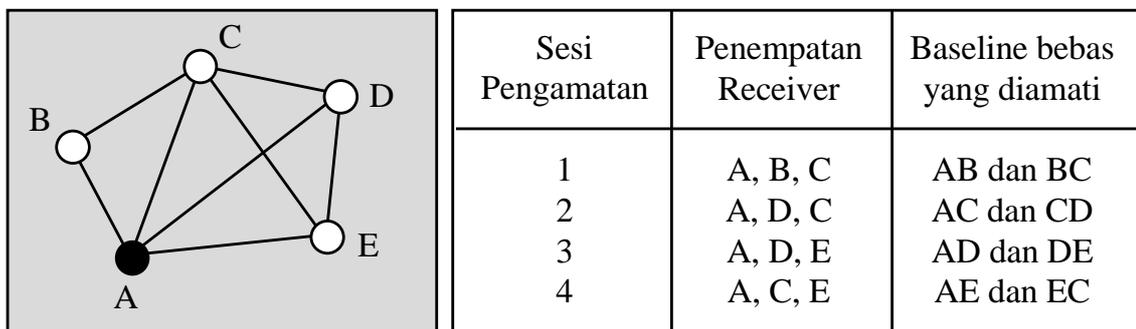
relatif tidak terlalu jauh berbeda satu sama lainnya.

- Semakin banyak jumlah baseline bebas (non-trivial) yang diamati dalam suatu jaringan akan semakin baik. Meskipun begitu jumlah baseline bebas yang digunakan harus disesuaikan dengan ketelitian posisi yang diinginkan, serta waktu dan biaya pengamatan yang tersedia.



**Gambar F.16** Besarnya loop dalam suatu jaringan GPS

Perlu juga ditekankan di sini bahwa jumlah receiver GPS yang digunakan serta jumlah baseline bebas yang akan diamati, akan mempengaruhi pergerakan tim-tim lapangan dari titik ke titik. Gambar F.17 memberikan contoh pergerakan 3 tim lapangan (setiap tim lapangan membawa satu receiver GPS) dari satu sesi pengamatan ke sesi pengamatan lainnya sehingga seluruh 8 (delapan) *baseline* bebas selesai diamati.



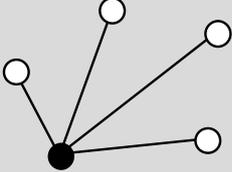
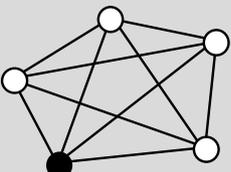
**Gambar 6.17.** Contoh pergerakan 3 receiver GPS.

Perlu diingat juga bahwa jumlah baseline bebas yang digunakan dalam suatu jaringan, tidak akan hanya berpengaruh terhadap kualitas jaringan, tapi juga mekanisme operasional dari survei yang bersangkutan berikut aspek-aspeknya seperti logistik, transportasi, akomodasi,

dan komunikasi, seperti yang dilustrasikan pada Gambar F.18.

#### F.6.4 Konfigurasi jaringan

Perlu ditekankan di sini bahwa pada survei dengan GPS distribusi titik-titik *per se* relatif tidak terlalu mempengaruhi kualitas jaringan. Akan tetapi distribusi dari baseline bebas (non-trivial) yang digunakan, yang nantinya akan membentuk konfigurasi jaringan yang berbeda-beda seperti yang ditunjukkan pada Gambar F.19, akan mempengaruhi kualitas dari jaringan. Oleh sebab itu pemilihan lokasi titik-titik GPS terutama disesuaikan dengan dengan keperluan dan tujuan survei, dan selanjutnya usahakan jumlah baseline bebas yang semaksimal dan seoptimal mungkin.

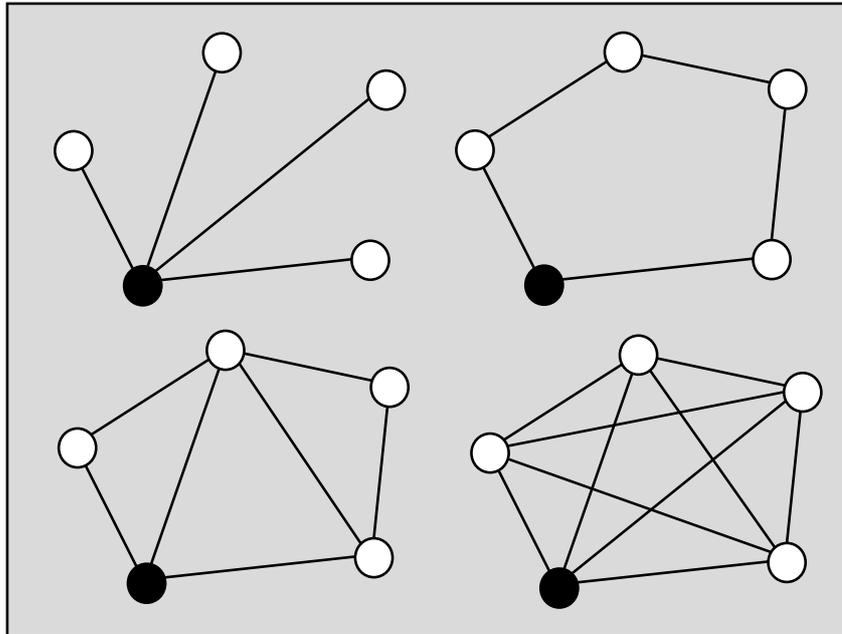
|   |  |
|---|--|
|   |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>● 4 baseline bebas.</li> <li>● geometri untuk penentuan posisi relatif lebih lemah.</li> <li>● ketelitian posisi yang diperoleh relatif akan lebih rendah.</li> <li>● waktu pengumpulan dan pengolahan data relatif akan lebih cepat.</li> <li>● jumlah receiver dan/atau sesi pengamatan yang diperlukan relatif lebih sedikit.</li> <li>● biaya untuk logistik, transportasi, dan akomodasi relatif akan lebih murah.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 10 baseline bebas.</li> <li>● geometri untuk penentuan posisi relatif lebih kuat.</li> <li>● ketelitian posisi yang diperoleh relatif akan lebih tinggi.</li> <li>● waktu pengumpulan dan pengolahan data relatif akan lebih lambat</li> <li>● jumlah receiver dan/atau sesi pengamatan yang diperlukan relatif lebih banyak.</li> <li>● biaya untuk logistik, transportasi, dan akomodasi relatif akan lebih mahal.</li> </ul> |

**Gambar F.18 Dampak dari perbedaan jumlah *baseline* bebas yang digunakan**

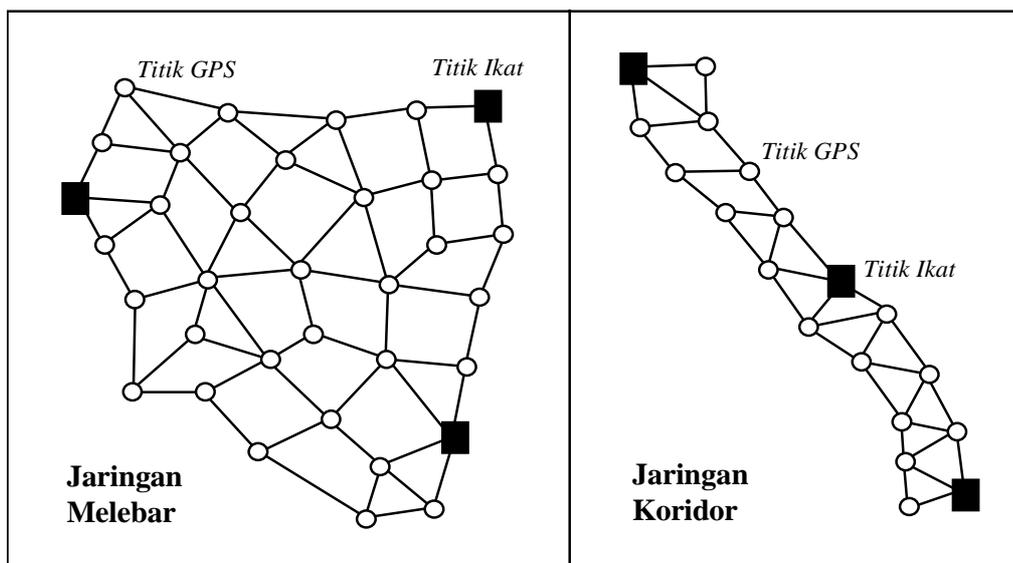
Selain itu juga patut diingat bahwa sebatas tahap perhitungan baseline, bentuk jaring titik-titik GPS bukanlah suatu isu yang krusial dibandingkan dengan ukuran (besar) jaringan. Dengan kata lain *panjang* baseline lebih berpengaruh dibandingkan *letak* dan *orientasi* nya. Sedangkan untuk keperluan penentuan *cycle ambiguity*, panjang baseline dalam suatu jaring GPS sebaiknya bervariasi secara gradual dari pendek ke panjang (*bootstrapping method*). Tapi dari segi menjaga tingkat dan konsistensi ketelitian titik-titik dalam jaringan, jarak antar titik sebaiknya tidak terlalu panjang dan juga titik-titik tersebut sebaiknya terdistribusi secara merata dan teratur.

Patut juga dicatat di sini bahwa bentuk dan besar jaringan GPS akan mempengaruhi jumlah

dan distribusi dari titik tetap GPS yang diperlukan. Dari segi bentuk, jaringan GPS yang berbentuk melebar dan ada yang berbentuk memanjang (jaringan koridor). Untuk jaringan melebar, titik-titik tetap sebaiknya ditempatkan minimal pada tiga kuadran yang sumbu-sumbu koordinatnya berpusat di tengah jaringan; dan pada jaringan koridor, titik-titik tetap ditempatkan di sepanjang jaringan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar F.20.



**Gambar F.19** Contoh beberapa konfigurasi jaringan GPS yang dapat dibentuk pada sejumlah titik yang sama



**Gambar F.20** Penempatan titik-titik tetap pada jaringan melebar dan jaringan koridor

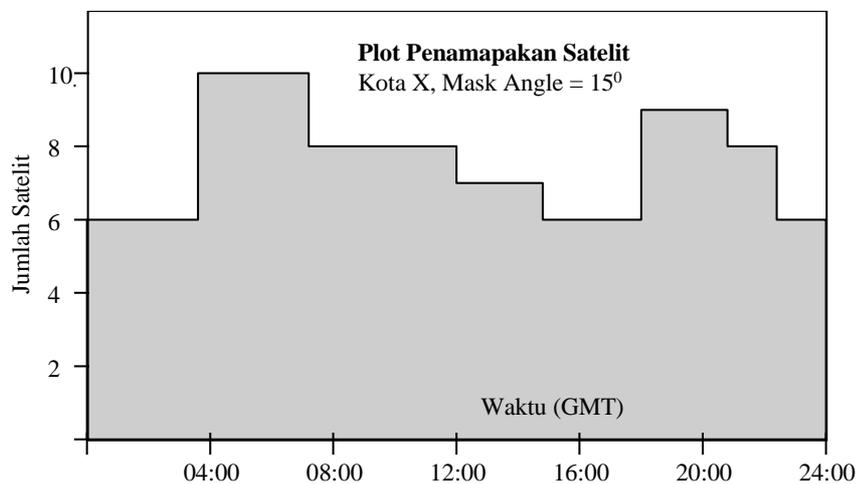
Disamping itu sebaiknya jaringan GPS yang akan dibangun diusahakan selalu terikat ke

jaringan GPS yang sudah ada di sekitarnya yang berorde lebih tinggi. Dalam hal ini jangan sekali-kali mengikatkan jaringan ke jaringan GPS yang ordonya lebih rendah.

### F.6.5 Jumlah satelit

Untuk survei dengan GPS, pada prinsipnya semakin banyak satelit yang diamati akan semakin baik. Oleh sebab itu pada survei GPS :

- gunakan receiver GPS yang pada setiap epok dapat mengamati seluruh satelit (*all in view*) di atas horison secara simultan,
- pilih selang waktu pengamatan dimana jumlah satelit yang dapat diamati di atas horison pengamat adalah paling banyak. Jumlah satelit GPS yang dapat diamati dari suatu tempat dapat dilihat dari plot penampakan satelit yang dapat dibuat dengan perangkat lunak perencanaan survei yang umumnya merupakan bagian dari perangkat lunak komersil GPS. Contoh dari plot penampakan satelit ini ditunjukkan pada Gambar F.21.
- pilih lokasi titik GPS yang mempunyai ruang pandang bebas ke langit (*sky visibility*) yang seluas mungkin.
- jangan gunakan *mask angle* yang terlalu besar (biasanya  $10^0$  atau  $15^0$ ) dalam pengamatan satelit.



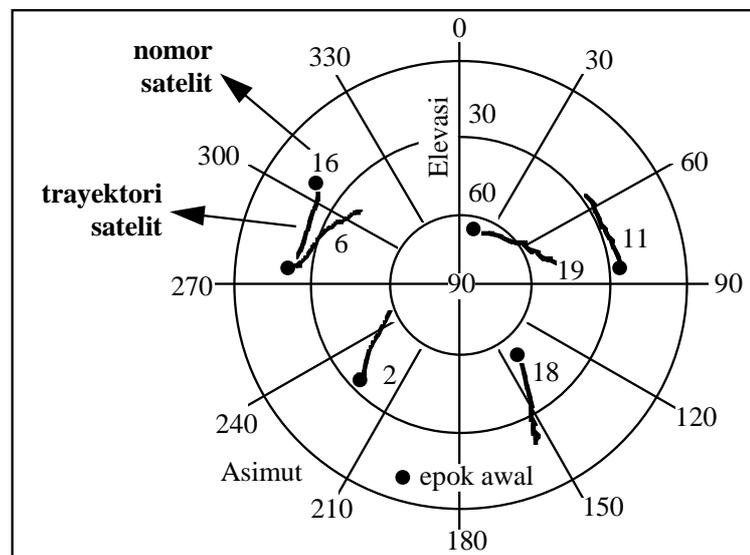
Gambar 6.21 Contoh Plot Penampakan Satelit

Akhirnya perlu dicatat di sini bahwa disamping akan memperkuat *geometri satelit* yang selanjutnya akan meningkatkan *ketelitian posisi titik* yang diestimasi, semakin banyaknya satelit yang diamati juga akan semakin mempercepat dan mempermudah proses *penentuan ambiguitas* dari data pengamatan fase.

### 6.6.6 Lokasi dan Distribusi Satelit

Disamping jumlah satelit, lokasi dan distribusi dari satelit yang diamati juga akan mempengaruhi kualitas dari geometri pengamatan. Dalam hal ini, *sky plot* dari satelit yang dapat dibuat dengan menggunakan perangkat lunak komersil GPS akan sangat berguna untuk untuk mengetahui jumlah, lokasi, dan distribusi satelit yang akan teramati dari suatu lokasi tertentu, yang selanjutnya dapat dimanfaatkan dalam penentuan waktu pengamatan yang optimal. Contoh dari suatu sky plot ditunjukkan pada Gambar 6.22. Patut dicatat di sini, bahwa disamping akan mempengaruhi kekuatan geometri, jumlah, lokasi, dan distribusi dari satelit juga akan mempengaruhi efek dari kesalahan dan bias terhadap ketelitian posisi. Distribusi satelit dikatakan baik kalau satelit-satelit terdistribusi secara merata di langit dan terletak setidaknya dalam 3 kuadran dari sky plot.

Akhirnya patut juga dicatat di sini bahwa DOP (*Dilution of Precision*) adalah bilangan yang umum digunakan untuk merefleksikan kekuatan geometri dari konstelasi satelit. Hubungan antara DOP dengan ketelitian parameter (seperti posisi) yang diestimasi biasanya dirumuskan sebagai :



$$\text{ketelitian parameter} = \text{DOP} \times \text{ketelitian data}$$

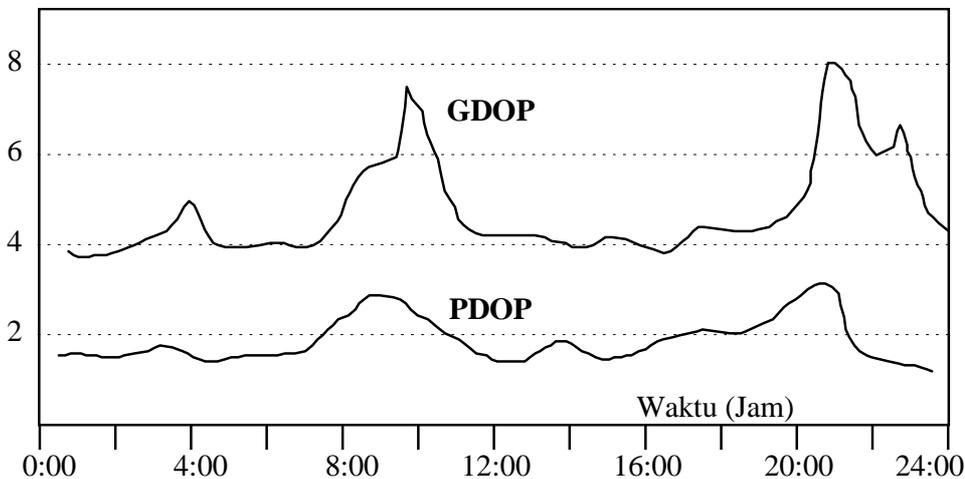
**Gambar 6.22 Contoh Sky (Polar) Plot dari Satelit GPS**

Dalam hal ini harga DOP yang kecil menunjukkan geometri satelit yang kuat (baik), dan harga DOP yang besar menunjukkan geometri satelit yang lemah (buruk). Tergantung pada

parameter yang diestimasi, dikenal beberapa jenis DOP, yaitu :

- GDOP = *Geometrical DOP* (posisi-3D dan waktu),
- PDOP = *Positional DOP* (posisi-3D),
- HDOP = *Horizontal DOP* (posisi horizontal),
- VDOP = *Vertical DOP* (tinggi), dan
- TDOP = *Time DOP* (waktu).

Grafik dari harga DOP terhadap waktu (seperti yang contohnya diberikan pada Gambar 6.23), seperti halnya polar plot dari satelit, umumnya digunakan untuk menentukan waktu pengamatan satelit yang paling optimal.



Gambar 6.23 Contoh plot GDOP dan PDOP

## 6.7 Strategi Pengamatan

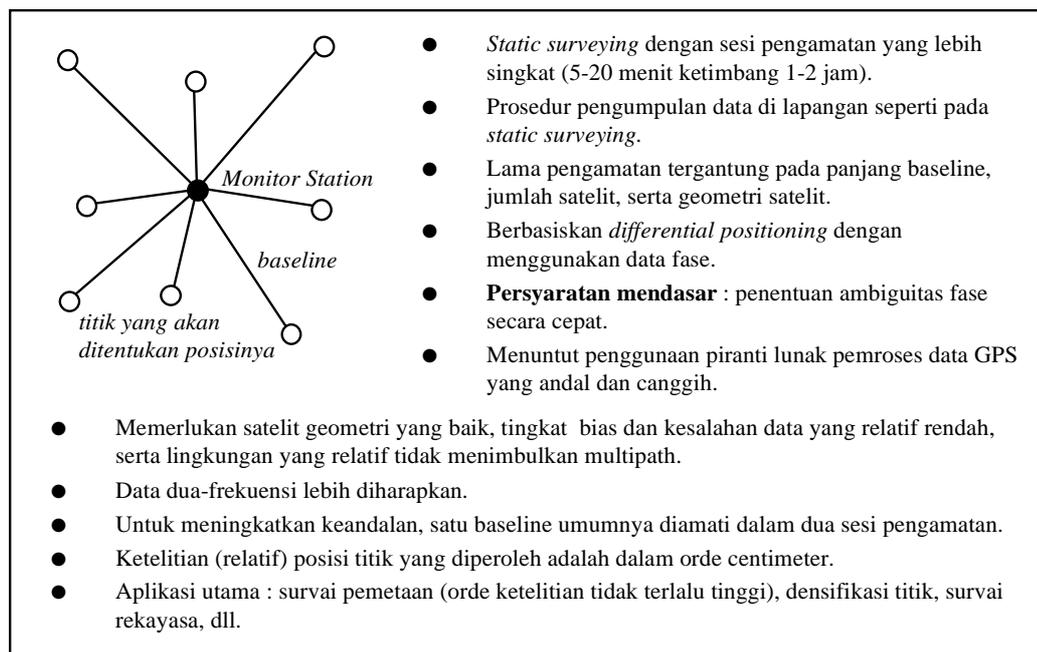
Dalam pelaksanaan survei GPS, strategi pengamatan yang diaplikasikan akan sangat berperan dalam pencapaian kualitas yang baik dari posisi titik-titik GPS. Dalam hal ini, strategi pengamatan akan mencakup metode pengamatan, waktu pengamatan, lama pengamatan, serta pengikatan ke titik tetap. Strategi pengamatan tersebut, disamping harus optimal dipandang dari segi *ketelitian*, *biaya*, dan *waktu*, juga harus mengandung secara implisit suatu mekanisme *kontrol kualitas*.

### 6.7.1 Metode Pengamatan

Metode pengamatan yang umum digunakan dalam survei dengan GPS, metode yang umum digunakan adalah metode survei statik, seperti yang sudah disinggung sebelumnya. Tapi saat ini dengan adanya kemajuan dalam keilmuan dan teknologi GPS, juga berkembang metode-metode survei lainnya, yaitu metode survei statik singkat, stop-and-go, dan pseudo-kinematik.

#### 6.7.1.1 Metode Survei Statik Singkat

Metode penentuan posisi dengan survei statik singkat (*rapid static*) pada dasarnya adalah survei statik dengan waktu pengamatan yang lebih singkat, yaitu 5-20 menit ketimbang 1-2 jam. Metode statik singkat ini bertumpu pada proses penentuan ambiguitas fase yang cepat. Disamping memerlukan perangkat lunak yang andal dan canggih, metode statik singkat ini juga memerlukan geometri pengamatan yang baik. Karakteristik dari metode statik singkat ini diberikan secara umum pada gambar 6.24.



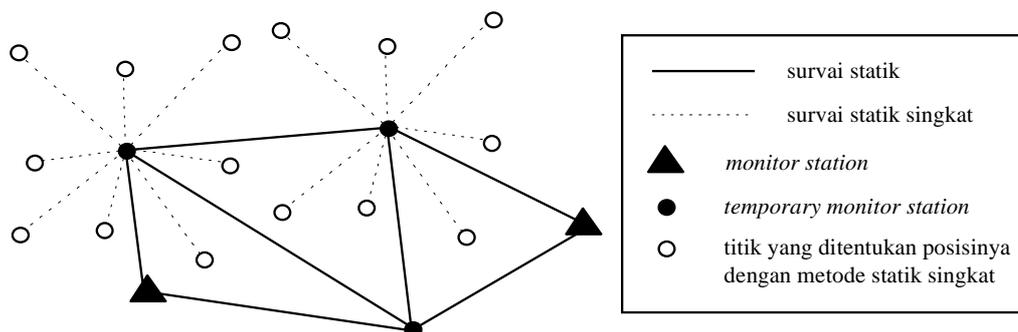
**Gambar 6.24 Metode penentuan posisi secara statik singkat**

Kalau dibandingkan metode survei statik singkat dengan metode statik dalam penentuan posisi, maka ada beberapa hal yang patut dicatat yaitu :

- *Survei statik singkat* mempunyai tingkat produktivitas yang lebih tinggi dibandingkan *survei statik*, karena waktu pengamatan satu sesi relatif lebih singkat.

- Metode *survei statik* memberikan ketelitian posisi yang relatif lebih tinggi dibandingkan metode *survei statik singkat*.
- Metode *survei statik singkat* memerlukan receiver GPS serta piranti lunak pemroses data yang lebih canggih dan lebih modern.
- Karena harus memastikan penentuan ambiguitas fase secara benar dengan data pengamatan yang relatif lebih sedikit, metode *survei statik singkat* relatif 'kurang fleksibel' dibandingkan metode *survei statik*.
- Metode *survei statik singkat* relatif lebih rentan terhadap efek dari kesalahan dan bias.

Dalam penentuan koordinat titik-titik kontrol untuk keperluan survei dan pemetaan, skenario yang paling baik adalah dengan menggabungkan metode survei statik dan statik singkat, dimana setiap metode digunakan secara fungsional sesuai dengan karakternya masing-masing, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.25. Dalam hal ini survei statik digunakan untuk menentukan koordinat dari titik-titik kontrol yang relatif berjarak jauh satu dengan lainnya serta menuntut orde ketelitian yang relatif lebih tinggi, sedangkan survei statik singkat digunakan untuk menentukan koordinat dari titik-titik kontrol yang relatif dekat satu sama lainnya serta berorde ketelitian yang relatif lebih rendah.



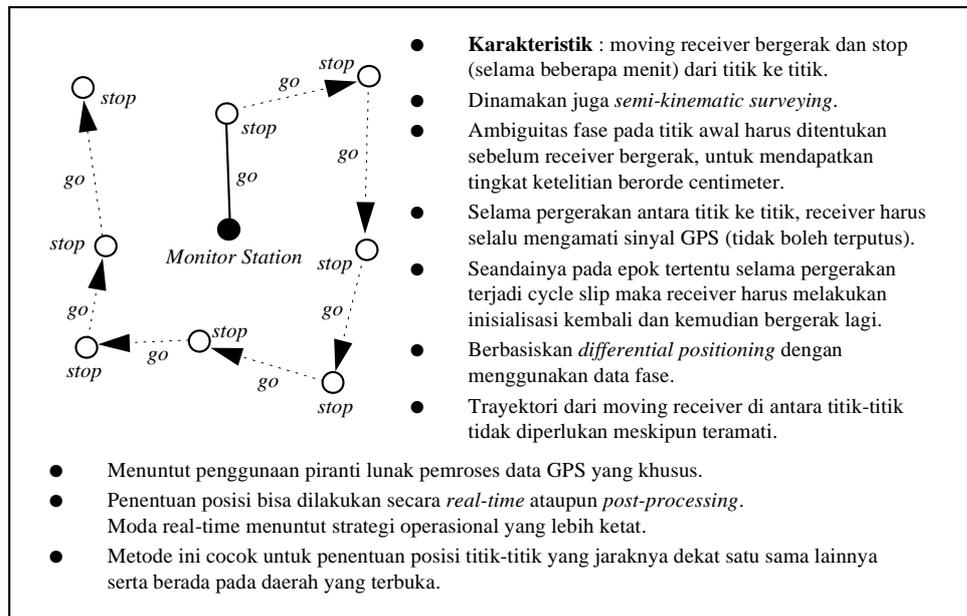
**Gambar 6.25 Kombinasi metode survei statik dan statik singkat**

Receiver-receiver GPS tipe geodetik yang beredar di pasaran saat ini umumnya mampu melaksanakan survei statik maupun statik singkat. Oleh sebab itu pengkombinasian kedua metode survei ini bukanlah suatu hal yang sulit.

### 6.7.1.2 Metode *Stop-and-Go*

Metode penentuan posisi ini kadang disebut juga sebagai metode semi-kinematik. Metode ini mirip dengan metode kinematik. Hanya pada metode ini titik-titik yang akan ditentukan posisinya tidak bergerak, sedangkan receiver GPS bergerak dari titik ke titik dimana pada setiap titiknya receiver tersebut berdiam beberapa saat, sebelum bergerak lagi ke titik berikutnya. Karakteristik dari metode *stop-and-go* ini secara umum diberikan pada Gambar

6.26.

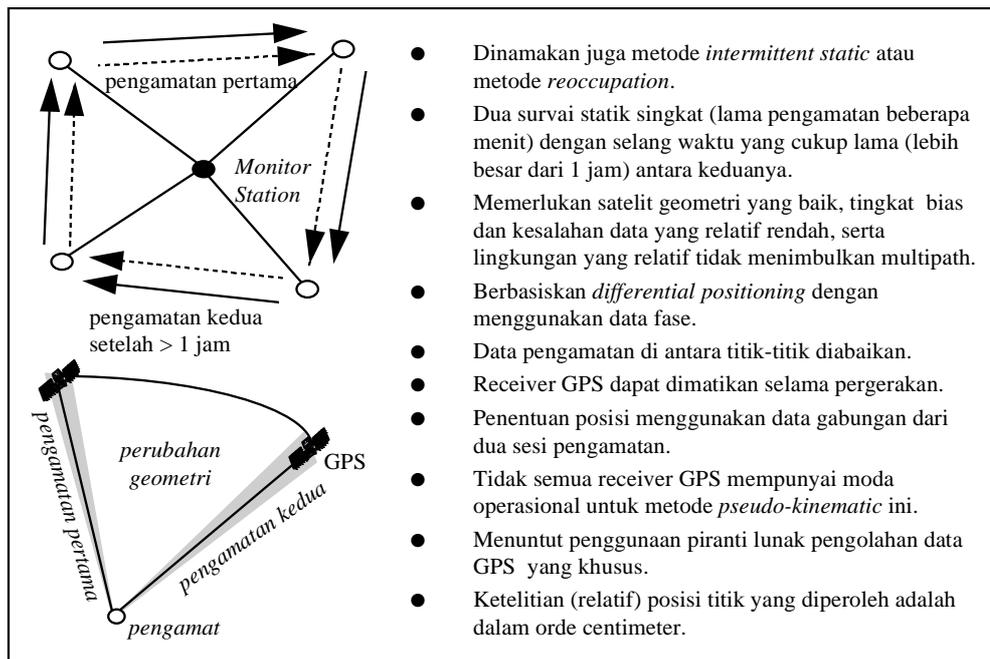


**Gambar 6.26 Metode penentuan posisi *stop-and-go***

### 6.7.1.3 Metode Pseudo-Kinematik

Metode pseudo-kinematik yang kadang disebut juga sebagai metode *intermittent* ataupun metode *reoccupation*, pada dasarnya dapat dilihat sebagai realisasi dari dua metode statik singkat (lama pengamatan beberapa menit) yang dipisahkan oleh selang waktu yang relatif cukup lama (sekitar satu sampai beberapa jam). Pengamatan dalam dua sesi yang berselang waktu relatif lama dimaksudkan untuk mencakup perubahan geometri yang cukup, untuk dapat mensukseskan penentuan ambiguitas fase dan juga untuk mendapatkan ketelitian posisi yang lebih baik. Karakteristik dari metode pseudo-kinematik ini secara umum diberikan pada Gambar 6.27. Patut dicatat bahwa metode pseudo-kinematik ini adalah metode survei dengan waktu pengamatan singkat yang baik untuk digunakan ketika kondisi lapangan maupun pengamatan tidak sesuai untuk penerapan metode *statik singkat* ataupun *stop-and-go*.

Akhirnya patut ditekankan di sini bahwa metode pengamatan yang digunakan akan mempengaruhi tidak hanya ketelitian titik GPS yang diperoleh, tapi juga mekanisme pelaksanaan surveinya, baik yang menyangkut jumlah receiver, pergerakan receiver, waktu pengamatan, dan lain-lainnya.



**Gambar 6.27 Metode penentuan posisi pseudo-kinematik**

### 6.7.2 Waktu dan Lama Pengamatan

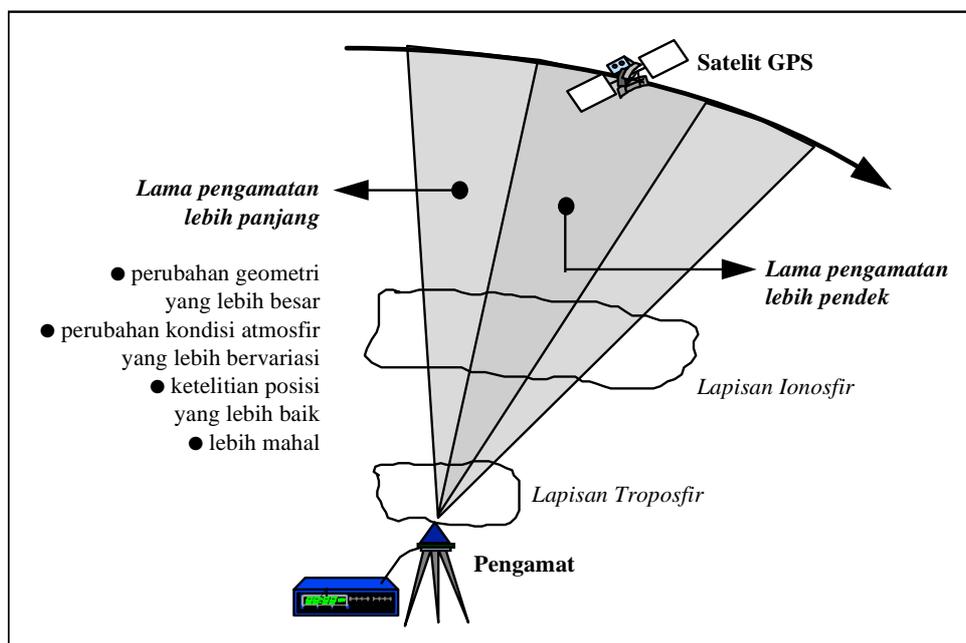
Waktu dan selang waktu serta lamanya pengamatan baseline dalam suatu survei GPS sebaiknya memperhitungkan faktor-faktor berikut, yaitu :

- Jumlah satelit GPS yang dapat diamati,
- Kekuatan dari satelit geometri,
- Aktivitas ionosfir,
- Aktivitas pada lokasi titik dan sekitarnya (lalulintas dan lalu lalang manusia),
- Obstruksi sinyal pada titik yang bersangkutan,
- Jenis receiver yang digunakan (satu atau dua frekuensi),
- Aksesibilitas titik, serta
- Waktu pergerakan antar titik.

Waktu dan lama pengamatan GPS akan mempengaruhi tidak hanya ketelitian posisi yang diperoleh, tapi juga tingkat kesuksesan dari penentuan ambiguitas fase sinyal GPS, serta efek dan proses penjaralan dari kesalahan dan bias terhadap ketelitian posisi.

Dengan lama pengamatan yang lebih panjang (seperti diilustrasikan pada Gambar 6.28), satelit akan meliputi perubahan geometri yang lebih besar serta perubahan kondisi atmosfer

(ionosfir dan troposfir yang lebih bervariasi). Ini akan menyebabkan randomisasi yang lebih baik terhadap efek dari kesalahan orbit serta efek dari bias ionosfir dan troposfir pada data ukuran jarak [Wells *et al.*, 1986]. Disamping itu perubahan geometri yang lebih besar juga akan memudahkan penentuan dari ambiguitas fase. Ditambah dengan data ukuran yang lebih banyak, selang pengamatan yang lebih lama memang pada umumnya akan menghasilkan kualitas posisi yang lebih baik dibandingkan selang waktu pengamatan yang lebih pendek. Hanya memang untuk selang waktu pengamatan yang lebih lama, jumlah baseline yang dapat diamati perharinya akan berkurang. Ini akan memanjangkan waktu pelaksanaan survei secara keseluruhan, dan akibatnya biaya operasional survei akan menjadi relatif lebih mahal.



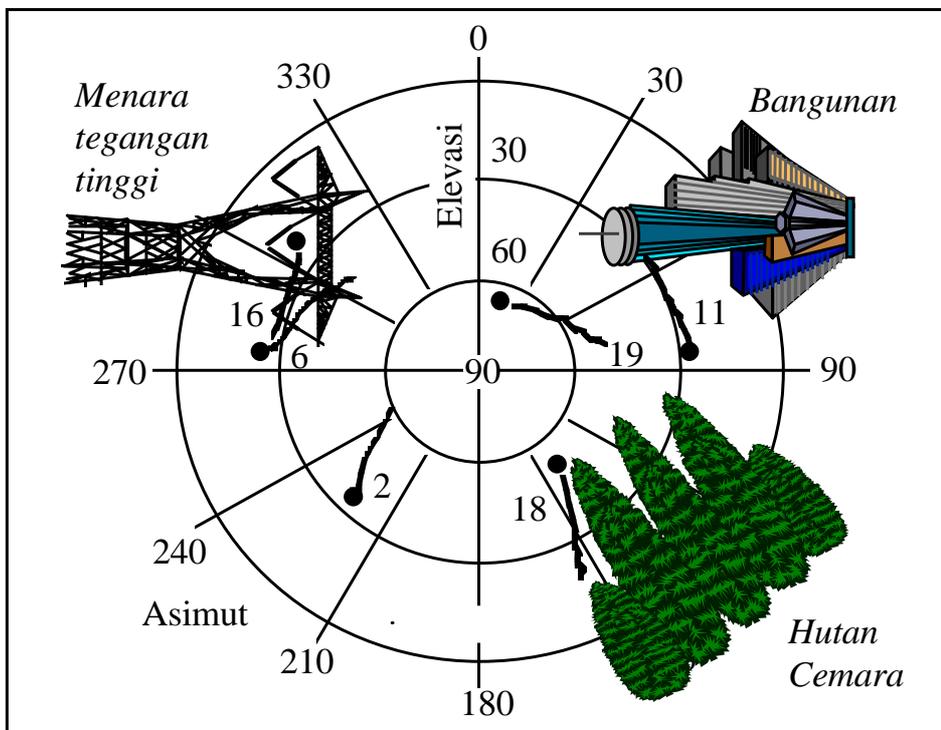
**Gambar 6.28 Dampak dari lamanya pengamatan satelit GPS**

Dalam penentuan waktu dan selang pengamatan GPS, jumlah satelit yang dapat diamati dapat dilihat dengan menggunakan plot penampakan satelit (lihat Gambar 6.21), dan kekuatan geometri satelit dapat dilihat dengan menggunakan plot dari harga GDOP (lihat Gambar 6.23). Pilih selang waktu pengamatan dimana satelit-satelit yang diamati terdistribusi secara merata di langit serta jumlahnya paling banyak. Dalam hal ini setidaknya satelit-satelit yang di amati tersebut terletak dalam 3 (tiga) kuadran. Dalam kaitannya dengan dengan harga GDOP, pilih selang waktu pengamatan dimana harga GDOP (*Geometric Dilution of Precision*) tidak lebih besar umumnya dari 8. Harga GDOP yang lebih kecil dari umumnya 5 adalah kondisi yang ideal dalam hal ini. Disamping itu hindari selang pengamatan dimana harga GDOP berubah secara drastis.

Waktu-waktu dimana aktivitas ionosfir tinggi, seperti pada tengah hari, sebaiknya dihindari, kecuali kalau receiver GPS tipe dua frekuensi digunakan atau atau panjang baseline yang

diamati relatif sangat pendek ( $< 5$  km). Disamping itu waktu-waktu dimana aktivitas lalu lalang kendaraan di sekitar titik cukup tinggi, juga sebaiknya dihindari. Lalu lalang kendaraan yang dekat dengan antena GPS ini kadangkala bisa menyebabkan terjadinya kesalahan multipath.

Waktu serta selang waktu pengamatan pada suatu titik sebaiknya juga mempertimbangkan obstruksi terhadap sinyal pada titik tersebut. Untuk penentuan waktu serta selang waktu pengamatan yang terbaik bagi setiap titik, sebaiknya diagram obstruksi dan sky plots dari satelit digunakan secara bersama-sama, kalau bisa dengan mengoverlaykan keduanya (lihat contohnya pada Gambar 6.29), baik secara manual maupun dengan memanfaatkan perangkat lunak perencanaan survei GPS.



Gambar 6.29 Hasil Overlay antara Diagram Obstruksi dan Sky Plot

Aksesibilitas titik serta waktu pergerakan antar titik harus diperhitungkan secara serius dalam penjadwalan waktu pengamatan di setiap titik. Kekurang pedulian terhadap aspek tersebut kadangkala dapat memperlambat dan mengacaukan penjadwalan waktu survei GPS secara keseluruhan.

Akhirnya patut juga disinggung di sini bahwa interval data pengamatan yang digunakan (*sampling rate*), tidaklah terlalu berpengaruh pada ketelitian posisi yang diperoleh. Interval data yang lebih pendek hanya akan mereduksi kesalahan random dari data (meningkatkan presisi dari data), tapi tidak akan mereduksi kesalahan sistematik yang ada. Meskipun jumlah data yang diperoleh dalam selang waktu pengamatan tertentu lebih banyak, tapi

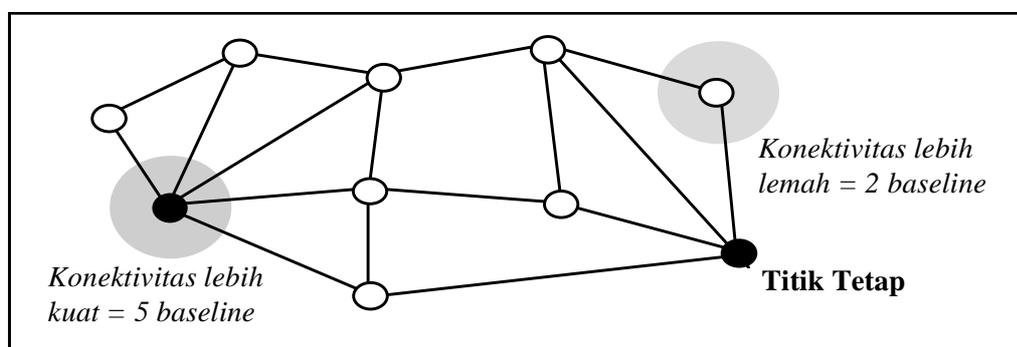
perubahan geometri satelit serta perubahan variasi atmosfer yang diliput akan tetap sama. Disamping itu jumlah datanya yang terlalu besar juga akan cepat memenuhi memori dari receiver GPS yang digunakan, sehingga selang waktu pengamatan yang bisa ditanganinya akan menjadi jauh berkurang. Dalam survei GPS, interval data sebesar 15 detik umumnya digunakan.

### 6.7.3 Pengikatan ke Titik Tetap

Dalam suatu daerah survei GPS, basis-basis (*baselines*) yang diamati harus terikat secara langsung maupun tidak langsung dengan titik-titik kerangka berorde tinggi yang telah ada. Hal ini penting dilakukan untuk mendefinisikan datum dari kerangka dasar yang bersangkutan, serta untuk menjaga konsistensi dan homogenitas dari ketelitian titik-titik kerangka yang bersangkutan terhadap titik-titik lainnya.

Secara umum suatu jaring (kerangka) titik-titik GPS harus terikat minimal ke satu titik tetap yang telah diketahui koordinatnya, dimana :

- Sebaiknya titik ikat ini mempunyai orde ketelitian yang lebih tinggi, setidaknya berorde sama. Jangan sekali-kali mengikatkan jaringan ke titik tetap yang orde ketelitiannya lebih rendah.
- Sebaiknya titik-titik tetap yang digunakan terdistribusi secara merata meliputi seluruh jaringan. Jumlah titik-titik tetap ini harus disesuaikan dengan besar jaringan, dimana semakin besar jaringan sebaiknya jumlah titik tetapnya pun semakin banyak.
- Konektivitas suatu titik dalam jaringan ke titik tetap sebaiknya dibuat relatif lebih kuat dibandingkan konektivitas antara satu titik dengan titik lainnya dalam jaringan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.30.



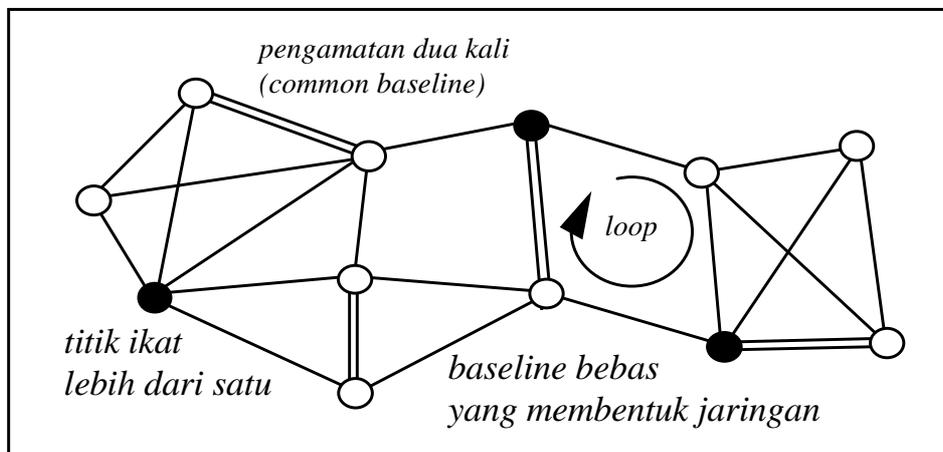
Gambar 6.30 Konektivitas titik dalam jaringan

#### 6.7.4 Kontrol Kualitas Pengamatan

Strategi pengamatan suatu jaringan GPS, disamping harus optimal dipandang dari segi *ketelitian*, *biaya*, dan *waktu*, juga harus mengandung secara implisit suatu mekanisme *kontrol kualitas*. Dalam hal ini, ada beberapa strategi pengamatan yang dapat digunakan untuk mengontrol kualitas data pengamatan yaitu antara lain :

- Penggunaan hanya baseline-baseline bebas (non-trivial) yang membentuk suatu jaringan (kerangka) yang tertutup;
- Pengamatan beberapa baseline dalam suatu loop tertutup yang relatif tidak terlalu besar;
- Pengamatan suatu baseline dua kali pada beberapa sesi pengamatan yang berbeda (*common baseline*). Ini dilakukan biasanya pada baseline yang panjang dan pada baseline-baseline yang konektivitasnya pada suatu titik kurang kuat; dan
- Penggunaan beberapa titik ikat yang tersebar secara baik dalam jaringan.

Keempat strategi di atas umumnya diterapkan secara simultan dalam pengamatan suatu jaringan GPS, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.31.



**Gambar 6.31 Strategi-strategi pengontrolan kualitas pengamatan**

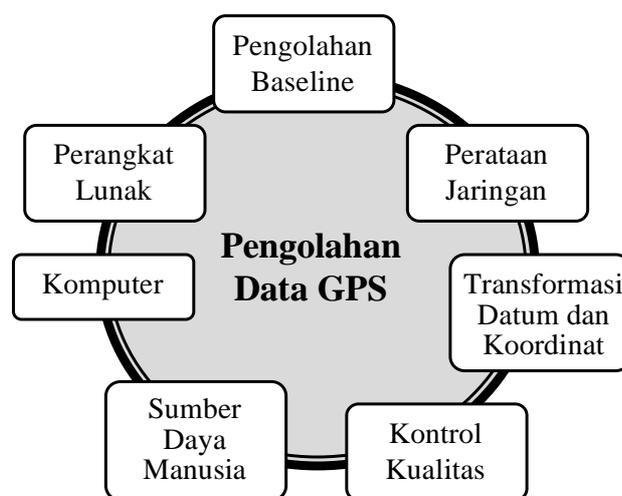
Disamping keempat strategi di atas, harga dari besaran-besaran statistik dari vektor baseline maupun koordinat titik (seperti standard deviasi, faktor variansi, dll.nya) yang diperoleh dari proses pengolahan baseline dan perataan jaringan , juga dapat digunakan untuk mempelajari kualitas dari data pengamatan. Perlu ditekankan di sini bahwa konsekuensi yang paling berat dari hasil pengontrolan kualitas terhadap kualitas suatu baseline adalah pengukuran ulang dari baseline yang bersangkutan di lapangan.

## 6.8. Strategi Pengolahan Data

Dalam survei dengan GPS, pengolahan data GPS dimaksudkan untuk menghitung koordinat dari titik-titik dalam suatu jaringan berdasarkan data-data pengamatan fase sinyal GPS yang diamati di titik-titik tersebut. Pengolahan data GPS sehingga mendapatkan koordinat titik-titik yang memenuhi spesifikasi teknis adalah suatu proses yang cukup ekstensif. Dalam hal ini ada beberapa karakteristik yang menonjol dari pengolahan data survei GPS yang perlu disebutkan, yaitu :

- ◆ Koordinat titik ditentukan dalam tiga-dimensi terhadap suatu sistem koordinat Kartesian yang geosentrik yang didefinisikan oleh datum WGS 1984,
- ◆ Proses estimasi vektor baseline maupun koordinat titik bertumpu pada metode hitung perataan kuadrat terkecil (*least-squares adjustment*),
- ◆ Pengolahan data dilakukan setelah data dari beberapa receiver GPS yang terlibat dikumpulkan (*post processing mode*), dan
- ◆ Pengolahan dilakukan secara bertahap, dari baseline ke baseline, sehingga membentuk suatu jaringan.

Ada beberapa aspek yang perlu diperhatikan dalam pengolahan data survei GPS, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.32. Kesemua aspek ini mempunyai karakteristiknya masing-masing, dan untuk kesuksesan pengolahan data suatu survei GPS, semua aspek tersebut harus mendapat perhatian yang layak dan serius dari pihak pelaksana survei yang bersangkutan.



**Gambar 6.32 Aspek-aspek pengolahan data GPS**

Berikut ini, beberapa aspek tersebut akan dibahas dan disinggung. Pembahasan akan lebih bernuansa teoritis yang dilatarbelakangi dengan aspek-aspek praktis di lapangan.

### **6.8.1 Karakteristik Perangkat Lunak**

Untuk pengolahan data survei GPS, pada prinsipnya ada dua jenis perangkat lunak (*software*) yang dapat digunakan, yaitu perangkat lunak komersil yang dikeluarkan oleh perusahaan-perusahaan receiver GPS, seperti *SKI*, *GPPS*, dan *GPSurvey*, serta perangkat lunak ilmiah yang dikeluarkan oleh lembaga-lembaga penelitian atau universitas, seperti *Bernesse*, *GAMIT*, *Gipsy*, dan *DIPOP*. Perbedaan yang menyolok dari kedua jenis perangkat lunak ini terletak pada mekanisme penanganan terhadap efek dari kesalahan dan bias. Perangkat lunak komersil umumnya menggantungkan proses pengeliminasian dan pereduksian kesalahan dan bias pada proses pengurangan data (*differencing*), yang pada dasarnya hanya efektif untuk baseline yang tidak terlalu panjang (kurang dari 20-30 km). Perangkat lunak komersil, tidak seperti halnya perangkat lunak ilmiah, tidak disiapkan untuk mengestimasi parameter-parameter dari kesalahan dan bias, dan model kesalahan dan bias yang dipunyai biasanya hanya model troposfir (seperti model Hopfield dan Saastamoinen) serta model ionosfir satu frekuensi (model Klobuchar).

Pada survei GPS untuk keperluan survei pemetaan, perangkat lunak komersil umumnya digunakan, dan untuk keperluan yang menuntut ketelitian relatif lebih tinggi, seperti survei geodetik dan studi geodinamika, maka perangkat lunak ilmiah yang harus digunakan. Karena aplikasi survei GPS yang banyak saat ini adalah dalam bidang survei pemetaan, maka pembahasan tentang perangkat lunak berikut ini akan lebih ditekankan pada perangkat lunak komersil.

Secara spesifik, berkaitan dengan strategi pengolahan data survei GPS, ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan, yaitu antara lain :

- ◆ Perangkat lunak yang digunakan harus dapat memproses data dari survei-survei GPS metode statik maupun metode statik singkat, dan akan lebih baik kalau juga dapat melayani metode survei *stop-and-go*, maupun survei pseudo-kinematik.
- ◆ Perangkat lunak yang akan digunakan untuk mengolah data survei GPS sebaiknya mempunyai kemampuan untuk melakukan tahapan-tahapan perhitungan berikut :
  - Pemrosesan awal, yang mencakup antara lain transformasi data, normalisasi

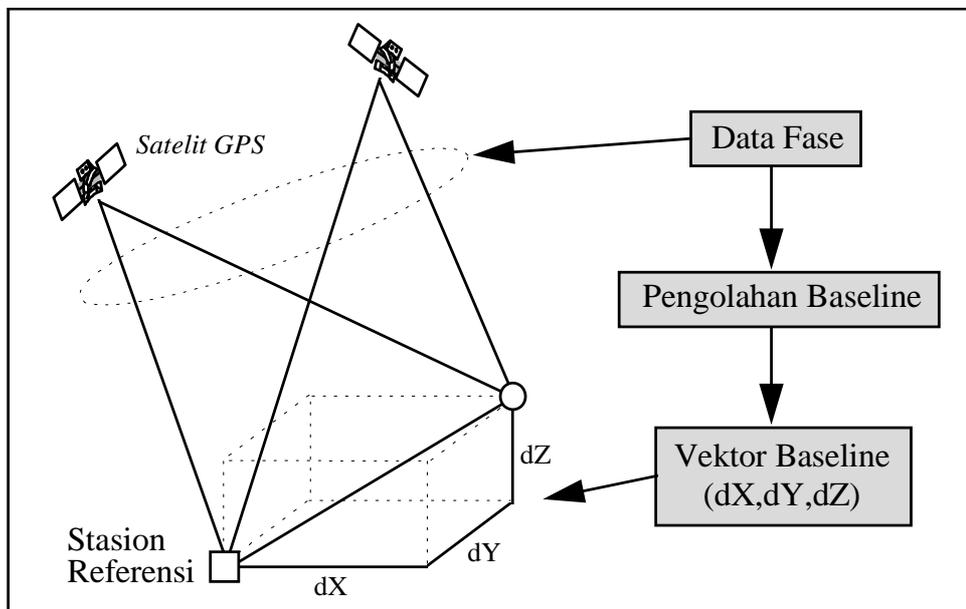
data, pendeteksian dan pembuangan data yang tidak baik;

- Penentuan posisi secara absolut dengan menggunakan data pseudorange;
  - Penentuan baseline secara pendekatan dengan menggunakan pemrosesan data fase *triple-difference*;
  - Pendeteksian dan pengkoreksian *cycle slips*;
  - Penentuan baseline dengan menggunakan data fase *double-difference* yang ambiguitas fase tetap dibiarkan sebagai bilangan pecahan;
  - Penentuan (resolusi) ambiguitas dari data pengamatan fase;
  - Penentuan harga final baseline dengan menggunakan data fase *double-difference* yang ambiguitas fase merupakan bilangan bulat;
  - Perataan jaringan (*network adjustment*) untuk menentukan koordinat akhir dari titik-titik kerangka dalam jaringan, baik dengan metode perataan jaring bebas (*free network adjustment*) maupun perataan jaring terikat (*constrained network adjustment*); dan
  - Pentransformasian koordinat dari satu datum ke datum lainnya, serta perhitungan (transformasi) koordinat ke dalam suatu sistem proyeksi peta tertentu seperti Polyeder, TM (Traverse Mercator) atau UTM (Universal Traverse Mercator).
- ◆ Perangkat lunak yang akan digunakan juga sebaiknya dapat memberikan informasi yang dapat digunakan sebagai parameter pengontrol kualitas dari data pengamatan GPS, yaitu seperti :
- jumlah data yang tidak baik dan dibuang,
  - jumlah *cycle slips* yang terdeteksi dan berhasil dikoreksi,
  - indikator sukses tidaknya penentuan *cycle ambiguity*,
  - matriks varian-kovarian dari setiap vektor baseline,
  - matriks varian-kovarian dari setiap koordinat titik dalam jaringan,
  - baseline-baseline *outlier* yang perlu ditolak, dan
  - grafik residual dari data fase yang digunakan.
  - parameter dan grafik elips kesalahan relatif untuk setiap baseline pengamatan dan elips kesalahan titik untuk setiap titik kontrol (lihat *Lampiran-II*)
- ◆ Perangkat lunak perhitungan baseline yang akan digunakan sebaiknya mampu menghitung besarnya bias troposfir berdasarkan data ukuran suhu, tekanan, dan kelembaban udara dengan menggunakan metode yang sudah dikenal seperti Hopfield dan Saastamoinen.

- ◆ Perangkat lunak perhitungan baseline yang akan digunakan sebaiknya mampu menghitung koreksi ionosfir untuk data GPS single frekuensi dengan menggunakan metode Klobuchar, dan juga mampu memberikan solusi bebas-ionosfir (*ionospheric-free linear combination solution*) untuk kasus data dua-frekuensi.

### 6.8.2 Pengolahan Baseline

Pengolahan baseline pada dasarnya bertujuan menghitung vektor baseline ( $dX, dY, dZ$ ) menggunakan data fase sinyal GPS yang dikumpulkan pada dua titik ujung dari baseline yang bersangkutan, yang diilustrasikan pada Gambar 6.33.

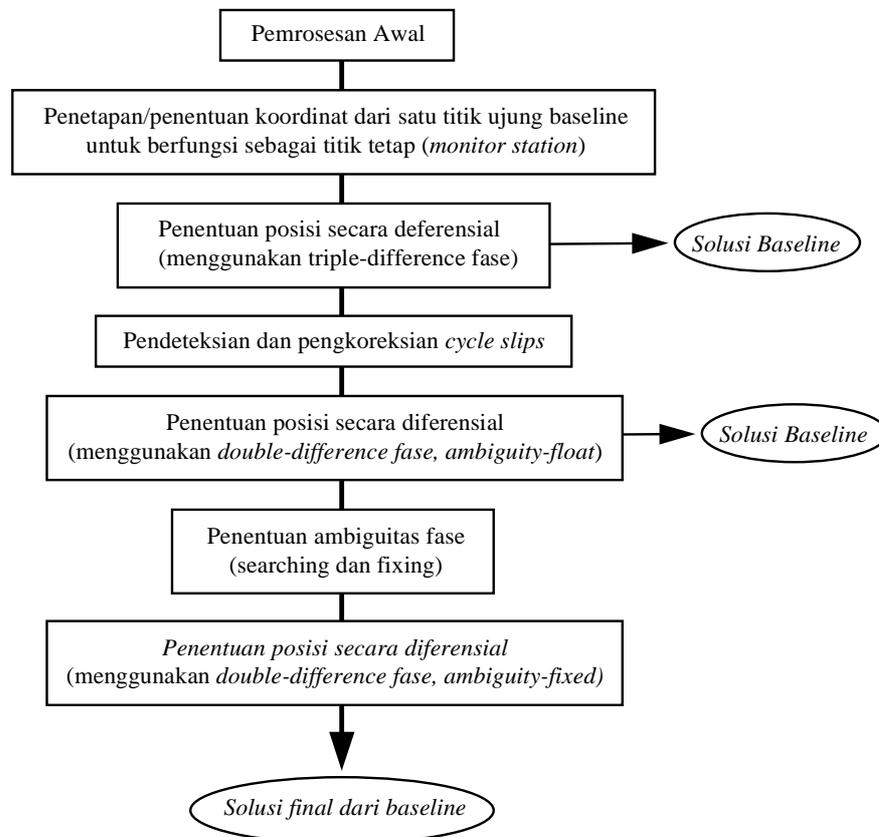


**Gambar 6.33 Pengolahan data baseline GPS**

Pada survei GPS, pengolahan baseline umumnya dilakukan secara beranting satu persatu (*single baseline*) dari baseline ke baseline, dimulai dari suatu tetap yang telah diketahui koordinatnya, sehingga membentuk suatu jaringan yang tertutup. Tapi perlu juga dicatat di sini bahwa pengolahan baseline dapat dilakukan secara sesi per sesi pengamatan, dimana satu sesi terdiri dari beberapa baseline (*single session, multi baseline*).

Pada proses pengestimasi vektor baseline, data fase *double-difference* digunakan. Meskipun begitu biasanya data pseudorange juga digunakan oleh perangkat lunak pengolahan baseline sebagai data pembantu dalam beberapa hal seperti penentuan koordinat pendekatan, sinkronisasi waktu kedua receiver GPS yang digunakan, dan

pendeksian *cycle slips*. Secara skematik, tahapan perhitungan suatu (vektor) baseline ditunjukkan pada Gambar 6.34.



**Gambar 6.34 Tahapan perhitungan suatu baseline GPS**

Untuk mengecek kualitas dari vektor baseline yang diperoleh, ada beberapa indikator kualitas yang dapat dipantau, yaitu antara lain :

- ◆ rms (*root mean squares*), harga minimum dan maksimum, serta standar deviasi dari residual,
- ◆ faktor variansi *a posteriori*,
- ◆ matriks variansi kovariansi dari vektor baseline,
- ◆ hasil dari test statistik terhadap residual maupun vektor baseline,
- ◆ ellips kesalahan relatif dan titik,
- ◆ kesuksesan dari penentuan ambiguitas fase serta tingkat kesuksesannya,
- ◆ jumlah data yang ditolak, dan
- ◆ jumlah cycle slips.

Disamping indikator-indikator kualitas di atas, kualitas suatu vektor baseline juga akan bisa dicek pada saat perataan jaringan.

### 6.8.3 Perataan Jaringan

Pada perataan jaringan, vektor-vektor baseline yang telah dihitung sebelumnya secara sendiri-sendiri, dikumpulkan dan diproses dalam suatu hitung perataan jaringan (*network adjustment*) untuk menghitung koordinat final dari titik-titik dalam jaringan GPS yang bersangkutan. Hitung perataan jaringan ini menggunakan metode perataan kuadrat terkecil (*least squares adjustment*).

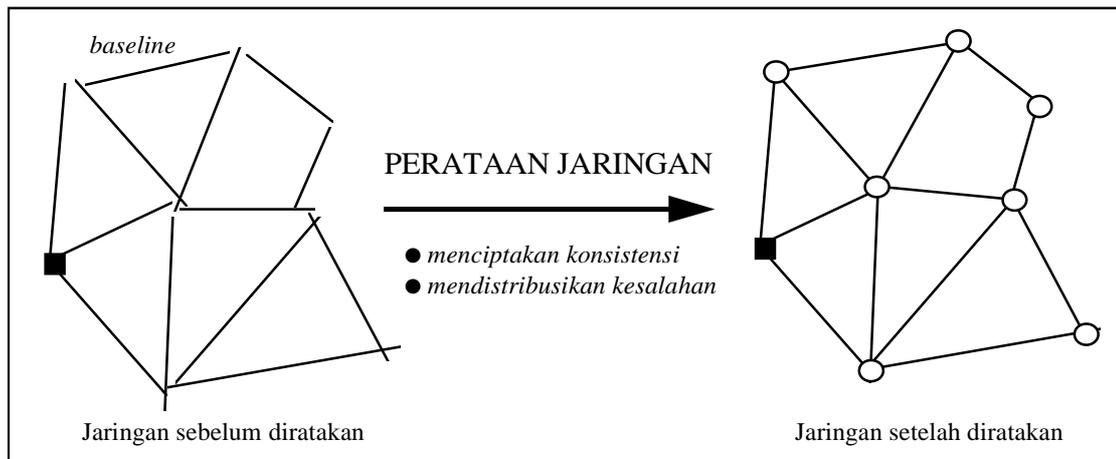
Perataan jaringan GPS umumnya dilakukan dalam dua tahap, yaitu perataan jaring bebas (*free network adjustment*) dan perataan jaring terikat (*constrained network adjustment*). Perataan jaring bebas dilakukan dengan hanya menggunakan satu titik tetap dan dimaksudkan untuk mengecek konsistensi data vektor baseline, satu terhadap lainnya. Setelah melalui tahapan perataan jaring bebas dan kontrol kualitasnya, selanjutnya vektor-vektor baseline yang 'diterima' diproses kembali dalam perataan jaring terikat. Pada perataan ini semua titik tetap digunakan, dan koordinat titik-titik yang diperoleh dan sukses melalui proses kontrol kualitas akan dianggap sebagai koordinat yang final.

Pada prinsipnya hitung perataan jaringan ini akan berguna untuk beberapa hal, yaitu :

- ◆ untuk menciptakan konsistensi pada data-data ukuran vektor baseline ,
- ◆ untuk mendistribusikan kesalahan dengan cara yang merefleksikan ketelitian pengukuran,
- ◆ untuk menganalisa kualitas dari baseline-baseline, serta
- ◆ untuk mengidentifikasi baseline-baseline serta titik-titik kontrol yang perlu 'dicurigai'.

Secara ilustratif, kegunaan dari perataan jaringan ditunjukkan pada Gambar 6.35. Pada gambar ini ditunjukkan bahwa sebelum perataan jaringan dilakukan, baseline-baseline belum terintegrasi secara benar dan konsisten, dan koordinat titik-titik juga belum unik. Setelah hitung perataan, baseline-baseline akan terintegrasi secara benar dan konsisten, titik-titik akan mempunyai koordinat yang unik.

Perlu dicatat di sini bahwa perangkat lunak untuk perhitungan jaringan dapat merupakan bagian (modul) dari perangkat lunak komersil pengolahan data GPS, maupun perangkat lunak perataan jaringan yang khusus, seperti perangkat lunak *GEOLAB*.



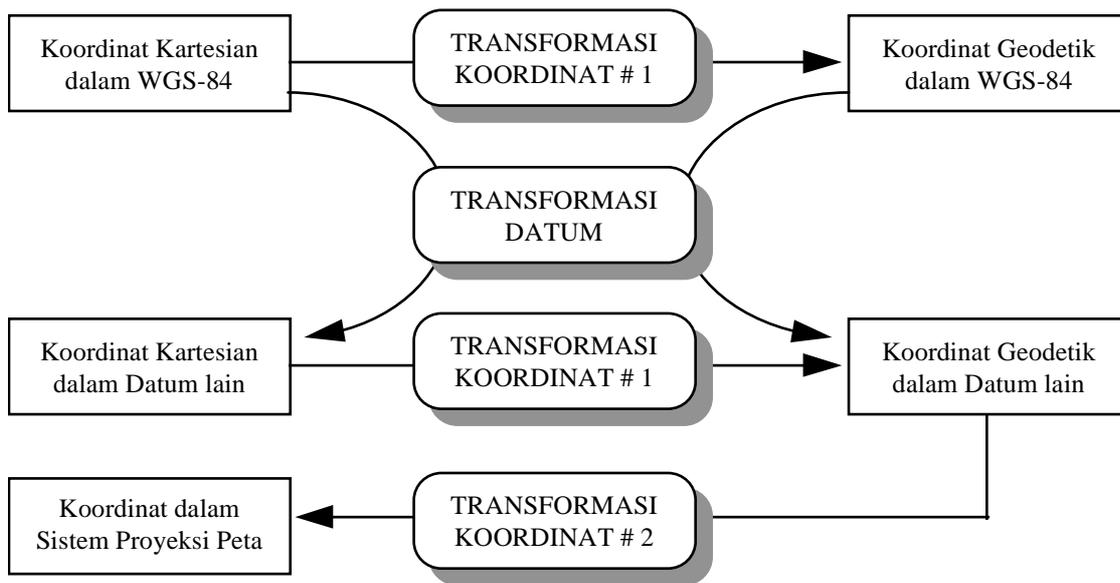
**Gambar 6.35 Perataan Jaringan GPS**

Untuk mengecek kualitas dari koordinat yang diperoleh dari hitung perataan jaringan, ada beberapa indikator kualitas yang dapat dipantau, yaitu antara lain :

- ◆ rms (*root mean squares*), harga minimum dan maksimum, serta standar deviasi dari residual,
- ◆ faktor variansi *a posteriori*,
- ◆ matriks variansi kovariansi dari koordinat,
- ◆ dimensi dari ellips kesalahan relatif dan absolut,
- ◆ hasil dari test statistik terhadap residual maupun koordinat,
- ◆ jumlah vektor baseline yang ditolak (*outliers*), dan
- ◆ perbedaan harga-harga statistik antara yang diperoleh dari hitung perataan jaring bebas dan dari hitung perataan jaring terikat.

#### 6.8.4 Transformasi Datum dan Koordinat

Koordinat titik-titik yang didapatkan dari hitung perataan jaringan GPS adalah koordinat kartesian tiga-dimensi (X,Y,Z) dalam datum WGS 1984. Seandainya pengguna menginginkan koordinat titik-titik tersebut dalam datum dan sistem koordinat lainnya yang berbeda, maka diperlukan suatu proses transformasi datum dan koordinat. Berkaitan dengan pentransformasian koordinat titik-titik GPS ini, jenis transformasi yang umum diperlukan dapat ditunjukkan pada Gambar 6.36.



Gambar 6.36 Transformasi koordinat titik GPS

## Lampiran G

### Pedoman Pelaksanaan Metode Poligon

Survai untuk penentuan posisi dari suatu jaringan titik di permukaan bumi, dapat dilakukan secara terestris maupun ekstra-terestris. Pada survai dengan metode terestris, penentuan posisi titik-titik dilakukan dengan melakukan pengamatan terhadap target atau objek yang terletak di permukaan bumi. Dalam hal ini, metode-metode penentuan posisi terestris yang umum digunakan saat ini adalah metode poligon, metode pengikatan ke muka (*intersection*), metode pengikatan ke belakang (*resection*), atau kombinasi antara metode-metode tersebut. Karakteristik umum dari metode-metode ini diberikan secara skematis pada Gambar 7.1. Perlu juga dicatat di sini bahwa ada beberapa lagi metode penentuan posisi terestris, seperti triangulasi, trilaterasi, dan triangulaterasi. Tapi metode-metode ini sudah tidak banyak lagi digunakan, terutama setelah adanya metode penentuan posisi yang berbasis satelit.

| Metode   | Contoh Geometri | Data Ukuran  |
|--|-----------------|--|
| Poligon  |                 | <i>Sudut</i><br>dan <i>Jarak</i>                                       |
| Pengikatan Kemuka  |                 | <i>Sudut</i><br>di titik-titik<br>tetap                                |
| Pengikatan Kebelakang  |                 | <i>Sudut</i><br>di titik-titik<br>yang akan<br>ditentukan<br>posisinya |
| ▲ Titik tetap (koordinatnya diketahui)<br>○ Titik yang akan ditentukan posisinya |                 | Sudut yang diukur      Jarak yang diukur                               |

**Gambar 7.1** Beberapa metode penentuan posisi secara terestris

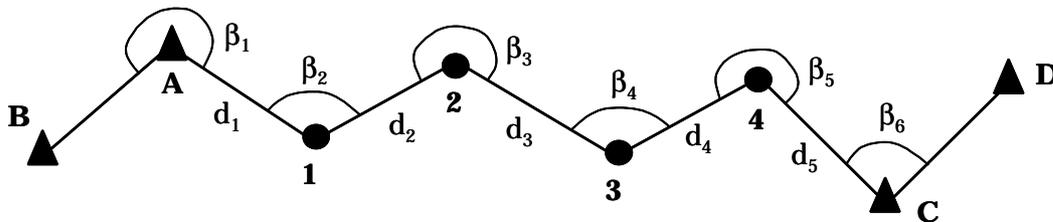
Dalam pengadaan jaring titik kontrol horizontal, metode pengukuran poligon digunakan saat ini dalam pengadaan jaring titik kontrol orde-4 dimana spasi antar titiknya adalah sekitar 100 m. Penggunaan metode poligon dalam hal ini adalah karena fleksibilitas metode ini untuk menyesuaikan diri dengan kondisi lapangan dalam skala sangat lokal, dimana keberadaan

pepohonan dan perumahan yang rapat biasanya akan mengganggu pemakaian metode pengamatan survei GPS.

Berikut ini karakteristik metode pengukuran poligon akan dijelaskan secara singkat.

**7.1 Karakteristik Metode Poligon**

Metode poligon adalah metode penentuan posisi dua dimensi secara terestris dari rangkaian titik-titik yang membentuk poligon (lihat Gambar 7.2). Pada metode ini koordinat titik, (x,y) atau (E,N), ditentukan berdasarkan pengamatan sudut-sudut horizontal di titik-titik poligon, serta jarak horizontal antar titik-titik yang berdampingan, seperti diilustrasikan pada Gambar 7.2.



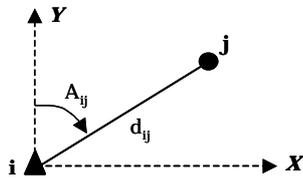
- Diketahui : Koordinat horizontal titik-titik A, B, C, dan D.
- Dicari : Koordinat horizontal titik-titik 1, 2, 3, dan 4.
- Diukur : Sudut β<sub>1</sub> s/d β<sub>6</sub> dan jarak : d<sub>1</sub> s/d d<sub>5</sub>

**Gambar 7.2 Contoh geometri suatu poligon**

Pada metode poligon ini, pengukuran sudut umumnya dilakukan dengan alat ukur theodolit, dan pengukuran jarak umumnya dilakukan dengan pita ukur ataupun alat ukur EDM (*Electronic Distance Measurement*). Sedangkan titik-titik ikat yang digunakan, contohnya pada Gambar VII.2 adalah A,B,C dan D, adalah titik-titik yang telah diketahui koordinatnya.

Dari Gambar 7.2 di atas terlihat bahwa kualitas dari koordinat titik-titik poligon yang diperoleh akan tergantung pada kualitas dari titik kontrol (ikat) yang digunakan, kualitas data ukuran jarak dan sudut serta geometri dari poligon itu sendiri.

## 7.2 Penentuan Koordinat Titik-titik Poligon



Gambar 7.3. Prinsip dasar penentuan koordinat

Pada metode poligon, penentuan koordinat horizontal titik didasarkan pada rumus dasar berikut (lihat Gambar 7.3 sebagai referensi) :

$$\begin{aligned} X_j &= X_i + d_{ij} \cdot \sin A_{ij} \\ Y_j &= Y_i + d_{ij} \cdot \cos A_{ij} \end{aligned} \quad (7.1)$$

dimana :

$d_{ij}$  = jarak antara titik i dan j, dan

$A_{ij}$  = sudut jurusan sisi ij.

Perlu dicatat di sini bahwa sudut jurusan awal pada jaring poligon dapat ditentukan dengan dua cara, yaitu :

- secara langsung dari pengamatan matahari, atau
- dihitung dari koordinat dua titik awal yang diketahui.

Jika dihitung dari koordinat dua titik, maka seandainya kedua titik ikat tersebut adalah A dan B (seperti kasus Gambar 7.2), maka sudut jurusan sisi AB dapat dihitung dari rumus umum berikut :

$$A_{AB} = \arctan (\Delta X / \Delta Y) \quad , \quad (7.2)$$

dimana:

$$\begin{aligned} \Delta X &= X_B - X_A \quad , \\ \Delta Y &= Y_B - Y_A \quad , \end{aligned} \quad (7.3)$$

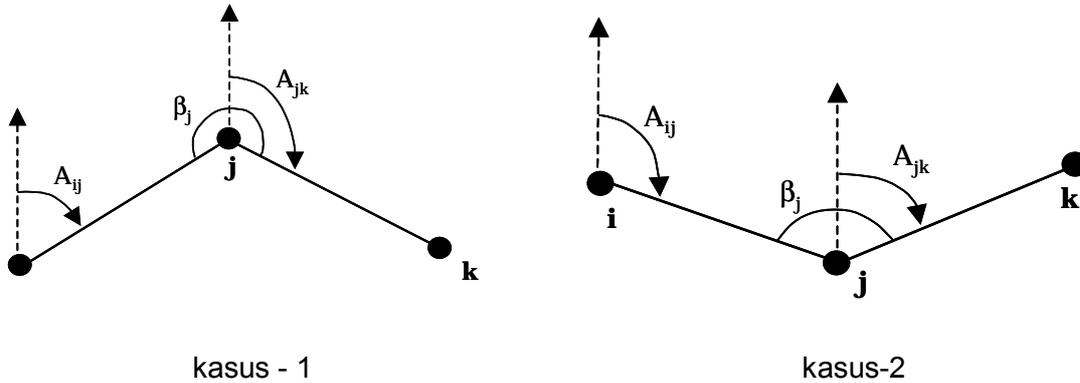
Perlu dicatat di sini bahwa untuk suatu sisi, sudut jurusan dari titik-titik ujungnya akan berbeda sebesar  $180^\circ$ . Sebagai contoh untuk Gambar 7.2, maka :

$$A_{BA} = A_{AB} - 180^\circ \quad , \quad (7.4)$$

Sedangkan sudut jurusan dari sisi-sisi lainnya dalam poligon dapat dihitung dari sudut

jurusan sisi awal serta sudut-sudut ukuran berdasarkan rumus umum berikut (lihat Gambar 7.4 sebagai referensi) :

$$A_{jk} = A_{ij} + (\beta_j - 180^\circ) \tag{7.5}$$



Gambar 7.4 Hubungan antara dua sudut jurusan

Penentuan koordinat titik-titik dalam suatu jaring poligon dapat dilakukan dengan beberapa metode perhitungan, yaitu :

- Hitung perataan kuadrat terkecil metode parameter,
- Hitung perataan kuadrat terkecil metode bersyarat, dan
- Metode Bowditch.

Pada hitung perataan kuadrat terkecil metode parameter, maka persamaan pengamatan dasar yang digunakan adalah :

$$\text{Jarak : } d_{ij} = (\Delta X_{ij}^2 + \Delta Y_{ij}^2)^{1/2}, \tag{7.6}$$

$$\text{Sudut : } \beta_j = \arctan (\Delta X_{jk} / \Delta Y_{jk}) - \arctan (\Delta X_{ij} / \Delta Y_{ij}), \tag{7.7}$$

dimana:

$$\begin{aligned} \Delta X_{ij} &= X_j - X_i \dots \Delta X_{jk} = X_k - X_j, \\ \Delta Y_{ij} &= Y_j - Y_i \dots \Delta Y_{jk} = Y_k - Y_j, \end{aligned} \tag{7.8}$$

Sedangkan untuk hitung perataan kuadrat terkecil metode bersyarat, tiga persamaan syarat yang digunakan adalah :

$$\text{Syarat absis} : X_{\text{akhir}} - X_{\text{awal}} = \sum(d_{ij} \cdot \sin A_{ij}), \quad (7.9)$$

$$\text{Syarat ordinat} : Y_{\text{akhir}} - Y_{\text{awal}} = \sum(d_{ij} \cdot \cos A_{ij}), \quad (7.10)$$

$$\text{Syarat sudut} : A_{\text{akhir}} - A_{\text{awal}} = \sum(\square_i) - n \cdot 180^0. \quad (7.11)$$

Metode Bowditch sendiri, yang banyak digunakan dalam pengolahan data poligon, pada dasarnya bisa dilihat sebagai bentuk yang lebih sederhana dari hitung perataan kuadrat terkecil metode bersyarat.

### 7.3 Kontrol Kualitas Pengukuran Poligon

Salah satu mekanisme pengontrolan kualitas dari pengukuran poligon yang umum digunakan adalah dengan menilai kesalahan-kesalahan penutup absis, ordinat, dan sudut yang diperoleh. Dalam hal ini kesalahan-kesalahan penutup tersebut dihitung berdasarkan rumus-rumus (7.9) s/d (7.11) sebelumnya, sebagai berikut :

$$f_x = \sum(d_{ij} \cdot \sin A_{ij}) - (X_{\text{akhir}} - X_{\text{awal}}), \quad (7.12)$$

$$f_y = \sum(d_{ij} \cdot \cos A_{ij}) - (Y_{\text{akhir}} - Y_{\text{awal}}), \quad (7.13)$$

$$f_{\square} = \sum(\square_i) - n \cdot 180^0 - (A_{\text{akhir}} - A_{\text{awal}}), \quad (7.14)$$

dimana  $f_x$ ,  $f_y$  dan  $f_{\square}$  masing-masing adalah kesalahan-kesalahan penutup absis, ordinat dan sudut. Dari kesalahan penutup absis dan ordinat, kadangkala didefinisikan juga kesalahan penutup jarak ( $f_d$ ) yang dapat dihitung dari persamaan berikut :

$$f_d = (f_x^2 + f_y^2)^{1/2}, \quad (7.15)$$

Untuk pengadaan jaring kontrol horizontal orde-4, yang berbasiskan pada pengukuran poligon, maka persyaratan yang harus dipenuhi oleh pengukuran adalah :

$$f_d / (\sum d) < 1/6000, \quad (7.16)$$

$$f_{\square} < 10'' \sqrt{n}, \quad (7.17)$$

dimana  $(\sum d)$  adalah jumlah jarak ukuran dan  $n$  adalah jumlah titik poligon.

## Bibliografi

- Bakosurtanal (Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional). 1996. *Klasifikasi, Standar Survei dan Spesifikasi Survei Kontrol Geodesi*, Cibinong, Pusat Pemetaan, Bakosurtanal, Versi 1, Februari 1996.
- BPN (Badan Pertanahan Nasional). 1997. *Peraturan Menteri Negara Agraria / Kepala BPN No. 3/1997*, tentang Ketentuan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah No. 24/1997 tentang Pendaftaran Tanah.
- GSD (Geodetic Survey Division). 1992. *Guidelines and Specifications for GPS Surveys*, Geodetic Survey Division, Canada Center for Surveying, Release 2.1, December 1992.
- GSD (Geodetic Survey Division). 1996. *Accuracy Standards for Positioning*, version 1.0, Geomatics Canada, September 1996.
- ICSM (Inter-Governmental Committee on Surveying and Mapping). 1996. *Standards and Practices for Control Surveys (SP1)*, ICSM Special Publication No. 1, 22 November 1996.
- ICSM (Inter-Governmental Committee on Surveying and Mapping). 1997. *Best Practice Guideline Use of the Global Positioning System (GPS) for Surveying Application*, version 2.0, 1 November 1997.
- Krakiwsky, E.J. and D. E. Wells. 1971. *Coordinate Systems in Geodesy*. Fredericton, N.B., Canada : Lecture Notes No. 16. *Dept. of Geodesy and geomatics Engineering, University of New Brunswick*.
- MGIC (Maritime GPS Implementation Committee). 1996. *Guidelines for Managing a GPS Based Control System in the Maritime Provinces*, Version 1.0, Maritime GPS Implementation Committee, Canada, March 1996.
- OSG (Office of Surveyor General). 1998. *Accuracy Standards for Geodetic Surveys*, OSG Standard 1, Land Information New Zealand, 1 March 1998.
- US-ACE (U.S. Army Corps of Engineers). 1994. *Topographic Surveying*, Engineer Manual, , EM 1110-1-1005, 31 August 1994.
- US-NSDI (U.S. National Spatial Data Infrastructure). 1998. *Geospatial Positioning Accuracy Standards*, USA, FGDC-STD-007-1998.