

**ANALISIS KOMPARATIF KETELITIAN POSISI TITIK  
HASIL PENGUKURAN DARI  
SATELIT GPS DAN SATELIT GLONASS**

**LAPORAN PENELITIAN**

Oleh:

**BAMBANG RUDIANTO, IR., M.T.  
YAN IZMAN, ST**

 itenas library



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
2011**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pengamatan Jarak	3
Gambar 2.2	Metode penentuan posisi menggunakan satelit	4
Gambar 2.3	Bidang orbit satelit GPS	8
Gambar 2.4	Generasi Satelit GPS	9
Gambar 2.5	Stasiun Sistem Kontrol Satelit GPS	11
Gambar 2.6	Sinyal-sinyal GPS	12
Gambar 2.7	Bidang Orbit Satelit GLONASS	14
Gambar 2.8	Bentuk Fisik Satelit GLONASS	14
Gambar 2.9	Stasiun Sistem Kontrol Satelit GLONASS	15
Gambar 2.10	Skema Pengolahan Data Jaringan	17
Gambar 2.11	Skema Perataan Jaringan	21
Gambar 2.12	Ellips Kesalahan	22
Gambar 3.1	Geometrik Jaring Baseline Pendek	24
Gambar 3.2	Geometrik Jaring Baseline Panjang	25
Gambar 3.3	Bentuk Fisik <i>receiver</i> Topcon Hiper II	25
Gambar 3.4	Diagram Alir Proses Pelaksanaan Penelitian	29
Gambar 4.1	Grafik Standar Deviasi Tinggi Baseline Pendek	37
Gambar 4.2	Grafik Standar Deviasi Tinggi Baseline Panjang	37
Gambar 4.3	Grafik Ellips Kesalahan Baseline Pendek	38
Gambar 4.4	Grafik Ellips Kesalahan Baseline Panjang	38
Gambar 4.5	Ellips Kesalahan Titik Jaring Model 1	39
Gambar 4.6	Ellips Kesalahan Titik Jaring Model 2	39
Gambar 4.7	Ellips Kesalahan Titik Jaring Model 3	40
Gambar 4.8	Ellips Kesalahan Titik Jaring Model 4	40
Gambar 4.9	Ellips Kesalahan Titik Jaring Model 5	41
Gambar 4.10	Ellips Kesalahan Titik Jaring Model 6	41
Gambar 4.11	Ellips Kesalahan Titik Jaring Model 7	42
Gambar 4.12	Ellips Kesalahan Titik Jaring Model 8	42

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b>	i
<b>ABSTRACT</b>	ii
<b>DAFTAR ISI</b>	iii
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	v
<b>DAFTAR TABEL</b>	vi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	1
1.3. Tujuan Penelitian	1
1.4. Batasan Masalah	2
<b>BAB II STUDI PUSTAKA</b>	
2.1. Prinsip Dasar Penentuan Posisi Menggunakan GPS	3
2.2. Kesalahan dan Bias	4
2.2.1. Kesalahan Ephemeris (orbit)	5
2.2.2. Bias Ionosfer	5
2.2.3. Bias Troposfer	5
2.2.4. Multipath	6
2.2.5. Ambiguitas Fase ( <i>cycle ambiguity</i> )	6
2.2.6. <i>Cycle Slips</i>	6
2.3. Global Positioning System (GPS)	7
2.3.1. Segmen Angkasa	7
2.3.2. Segmen Sistem Kontrol	9
2.3.3. Segmen Pengguna	10
2.3.4. Sinyal GPS	10
2.3.4. Sistem Koordinat GPS	11
2.4. Global Navigation Satellite System (GLONASS)	12
2.4.1. Segmen Angkasa	14
2.4.2. Segmen Sistem Kontrol	15
2.4.3. Segmen Pengguna	16

2.4.4. Sinyal GPS	10
2.4.4. Sistem Koordinat GLONASS	17
2.5. Kombinasi Satelit GPS dan GLONASS	19
2.6. Pengolahan Data	19
2.7. Pengolahan Baseline	20
2.9. Ellips Kesalahan	22
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1. Pelaksanaan Penelitian	24
3.1.1. Perencanaan Geometri	24
3.1.2. Peralatan Penelitian	25
3.1.3. Pengumpulan Data	27
3.1.4. Pengolahan Data	28
3.1.4.1. Pengolahan Data Baseline Pendek	29
3.1.4.2. Pengolahan Data Baseline Panjang	31
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. Hasil Hitungan Posisi	33
4.2. Analisis	43
4.2.1. Analisis Data	43
4.2.1. Analisis Hasil	43
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1. Kesimpulan	46
5.2. Saran	46
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	47

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik Satelit GPS	8
Tabel 2.2	Karakteristik Sistem GPS	12
Tabel 2.3	Daftar Satelit GLONASS	13
Tabel 2.4	Karakteristik Satelit GLONASS	15
Tabel 2.5	Konstanta Geodetik dan Parameter PZ-90	18
Tabel 2.6	Karakteristik Sistem GLONASS	18
Tabel 3.1	Spesifikasi receiver Topcon Hiper II	26
Tabel 3.3	Jadwal Pengukuran Baseline Pendek	27
Tabel 3.4	Jadwal Pengukuran Baseline Panjang	28
Tabel 3.5	Data Pengolahan Model 1	30
Tabel 3.6	Data Pengolahan Model 2	30
Tabel 3.7	Data Pengolahan Model 3	30
Tabel 3.8	Data Pengolahan Model 4	30
Tabel 3.9	Data Pengolahan Model 5	31
Tabel 3.10	Data Pengolahan Model 6	31
Tabel 3.11	Data Pengolahan Model 7	31
Tabel 3.12	Data Pengolahan Model 8	32
Tabel 4.1	Koordinat Titik Baseline Pendek Menggunakan Data Model 1	34
Tabel 4.2	Koordinat Titik Baseline Pendek Menggunakan Data Model 2	34
Tabel 4.3	Koordinat Titik Baseline Pendek Menggunakan Data Model 3	34
Tabel 4.4	Koordinat Titik Baseline Pendek Menggunakan Data Model 4	35
Tabel 4.5	Koordinat Titik Baseline Pendek Menggunakan Data Model 5	35
Tabel 4.6	Koordinat Titik Baseline Pendek Menggunakan Data Model 6	35
Tabel 4.7	Koordinat Titik Baseline Pendek Menggunakan Data Model 7	36
Tabel 4.8	Koordinat Titik Baseline Pendek Menggunakan Data Model 8	36

## **ABSTRAK**

Beberapa sumber kesalahan yang mempengaruhi pengamatan survei satelit seperti geometri satelit, geometri jaringan, *multipath* dan *cycle slips*. Kesalahan akibat kurang kuatnya geometri satelit saat pengambilan data, secara teoritik dapat teratasi dengan kemajuan teknologi *receiver* yang mampu mengamati sinyal GPS dan GLONASS secara bersamaan, sehingga geometri satelit yang teramati menjadi lebih baik dan lebih kuat. Berdasarkan hasil penelitian, kombinasi sistem satelit GPS dan GLONASS dapat meningkatkan ketelitian posisi sampai orde milimeter pada baseline pendek dan orde centimeter pada baseline panjang.

**Kata kunci:** *GPS, GLONASS, Geometri Satelit, Geometri Jaring*



## **ABSTRACT**

*Some sources of error which affect satellite observations such as satellite geometry surveys, network geometry, multipath and cycle slips. Errors due to lack of strong satellite geometry as data retrieval, theoretically can be solved with technology advances receiver capable of GPS and GLONASS signals observed simultaneously, so that the satellite geometry observed to be better and stronger. ased on the results of the study, the combination of GPS and GLONASS satellite systems can improve the accuracy of the order of a millimeter in the position until a short baseline and long baseline order of centimeters on.*

**Keywords:** *GPS, GLONASS, Satellite Geometry, Geometry Nets*



## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Kebutuhan akan ketelitian posisi titik yang tinggi sangat diperlukan dalam berbagai aplikasi. Ketelitian posisi yang didapat dari suatu survei GPS secara umum akan bergantung pada 4 (empat) faktor faktor, yaitu: ketelitian data yang digunakan, geometri pengamatan, strategi pengamatan yang digunakan, geometri pengamatan yang digunakan, dan strategi pengolahan data yang diterapkan [Abidin, 2002]. Ketelitian data yang digunakan pada dasarnya akan bergantung pada 3 (tiga) faktor, yaitu: jenis data (*pseudorange* atau *fase*), kualitas dari receiver yang digunakan, serta level dari kesalahan dan bias yang mempengaruhi data pengamatan. Geometri pengamatan mencakup geometri pengamat (jaring) dan geometri satelit yang bergantung pada jumlah satelit, lokasi, dan distribusi satelit yang teramati. Secara teoritik semakin banyak jumlah satelit yang teramati, maka geometri satelit akan semakin baik.

Kesalahan akibat kurang kuatnya geometri satelit saat pengambilan data sudah dapat teratasi dengan kemajuan teknologi *receiver* dan sistem satelit yang dapat teramati. Perkembangan teknologi *receiver* saat ini sudah mampu mengamati sinyal GPS dan GLONASS secara bersamaan, sehingga geometri satelit yang teramati menjadi lebih baik dan lebih kuat. Dalam penelitian ini akan dikaji kaitan antara banyaknya satelit yang teramati dalam suatu survei satelit terhadap ketelitian posisi titik yang dihasilkan.

#### **1.2. Rumusan Masalah**

Teknologi *receiver* saat ini sudah mampu mengamati sinyal dari satelit GPS dan GLONASS secara bersamaan, kombinasi GPS dan GLONASS dapat memperkuat geometri pengamatan dan meningkatkan ketelitian. Pertanyaan yang dapat diajukan adalah sampai sejauh mana ketelitian posisi yang didapat dengan menggunakan *receiver* yang mampu mengamati sistem satelit GPS dan GPS+GLONASS,

#### **1.3. Tujuan penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji sampai sejauh mana pengaruh penggunaan data hasil survei satelit GPS dan GLONASS terhadap ketelitian posisi yang dihasilkan.



#### 1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian ini permasalahan dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Metode pengukuran yang digunakan dalam pengambilan data adalah metode differensial statik.

2. Model geometri jaringan

Geometri jaringan dibedakan menjadi 2 (dua), yaitu:

- Baseline panjang terdiri dari titik-titik yang berbentuk kuadrilateral dengan panjang sisi antara  $\pm 12,4$  km sampai  $\pm 27$  km. Sebaran titik-titik berada di wilayah Antapani, Cimareme, Cikalong dan Tangkuban parahu.

- Baseline pendek terdiri dari titik-titik yang berbentuk *quadrilateral* dengan panjang sisi antara  $\pm 1,25$  km sampai  $\pm 5$  km. Sebaran titik yang akan di amati berada di wilayah Itenas, Gasibu, Siliwangi, dan Antapani.

3. Peralatan yang digunakan:

- Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan *receiver* GPS-GLONASS Topcon Hiper II.

- Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan software komersial Topcon Tools V7.5.

4. Data yang digunakan:

- Data GPS dan GPS+GLONASS menggunakan fitur Co-op tracking dan multipath reduction atau full-fitur.

- Data GPS dan GPS+GLONASS tidak menggunakan fitur Co-op tracking dan multipath reduction atau non-fitur.

5. Waktu pengamatan (lama pengamatan):

- Lama pengamatan untuk baseline pendek adalah 1 jam, dan untuk baseline panjang adalah 2 jam. Setiap titik di amati 2 kali, pengamatan pertama menggunakan full fitur dan pengamatan kedua menggunakan non-fitur.

## BAB II

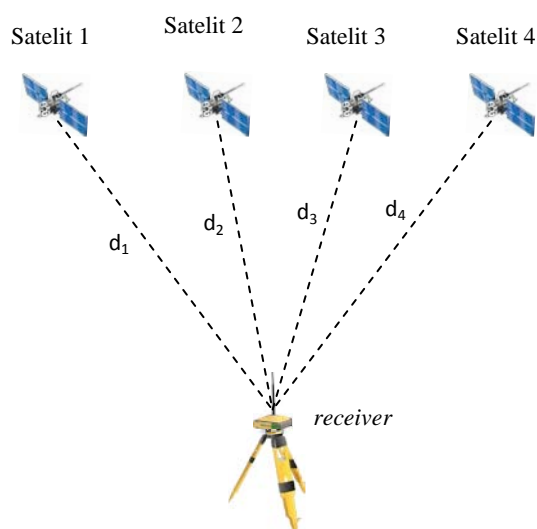
### STUDI PUSTAKA

#### 2.1. Prinsip Dasar Penentuan Posisi Menggunakan Satelit

Penentuan posisi menggunakan satelit pada prinsipnya adalah penentuan posisi dengan cara pengikatan ke belakang, di mana satelit berfungsi sebagai titik-titik kontrol atau titik-titik yang telah diketahui koordinatnya dan pengamat sebagai titik yang akan ditentukan koordinatnya. Pada penentuan posisi dengan satelit, jarak yang diukur adalah jarak antara satelit dengan pengamat (*receiver*) di titik yang akan ditentukan posisinya.

Pengukuran jarak dari satelit ke pengamat menggunakan konsep pengukuran satu arah berdasarkan selisih waktu di satelit dan *receiver*. Adapun konsekuensi dari konsep pengukuran satu arah ini adalah timbulnya kesalahan waktu yang disebabkan karena tidak sinkronnya antara waktu di satelit dengan waktu di *receiver*. Dengan demikian terdapat 4 (empat) parameter yang harus dipecahkan dalam pengamatan. Keempat parameter tersebut adalah : 3 parameter koordinat (X,Y,Z atau L,B,h) dan parameter kesalahan waktu ( $\delta t$ ) yang disebabkan oleh ketidaksinkronan antara waktu (osilator) di satelit dengan waktu *receiver*.

Untuk memecahkan keempat parameter tersebut diperlukan minimal empat buah persamaan sehingga minimal jarak ke 4 buah satelit harus diamati seperti yang terlihat pada gambar 2.1

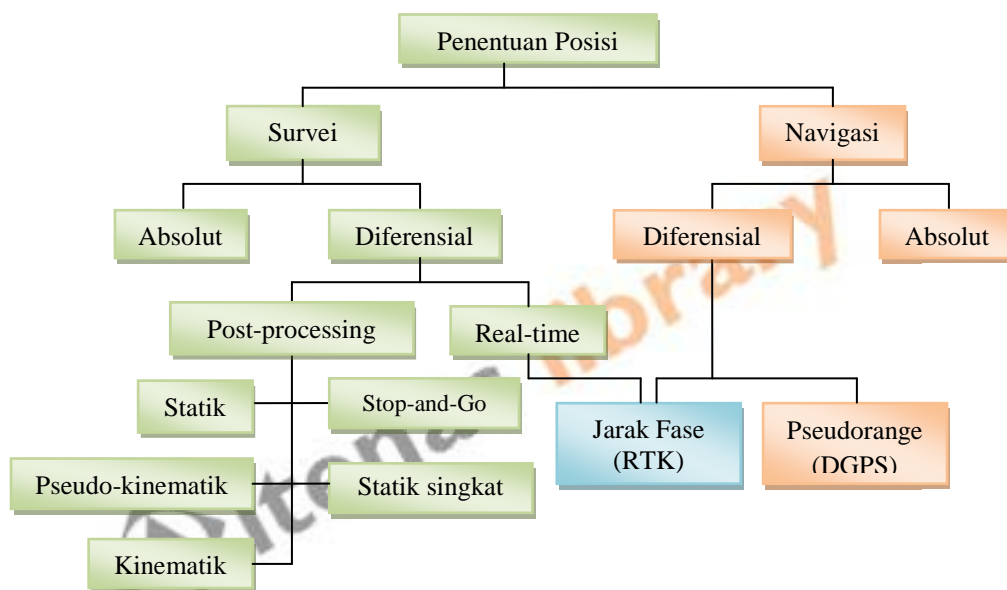


Gambar 2.1. Pengamatan jarak

Terdapat dua macam jarak yang digunakan pada pengukuran menggunakan satelit yaitu pseudorange dan fase. Pseudorange adalah pengukuran jarak berdasarkan

korelasi antara kode yang dipancarkan oleh satelit dengan replika kode yg dibuat oleh *receiver*. Fase adalah pengukuran jarak berdasarkan jumlah gelombang penuh (*cycles*) yang terukur ditambah dengan nilai fraksional gelombang terakhir (saat diterima *receiver*) dan gelombang awal (saat dipancarkan oleh satelit) dikalikan dengan panjang gelombangnya.

Pada pelaksanaannya, prinsip penentuan posisi dengan satelit dapat diklasifikasikan atas beberapa metode penentuan posisi, tergantung pada mekanisme pengaplikasian. Metode penentuan posisi dengan satelit dapat dikelompokkan atas 2 (dua) cara yaitu : metode penentuan posisi secara absolut dan metode penentuan posisi secara diferensial.



Gambar 2.2 Metode penentuan posisi menggunakan satelit

## 2.2. Kesalahan dan Bias

Dalam perjalanan sinyal dari satelit hingga mencapai antena *receiver*, sinyal akan dipengaruhi oleh beberapa kesalahan dan bias. Kesalahan dan bias harus diperhitungkan secara benar, karena besar dan karakteristik dari kesalahan dan bias dapat mempengaruhi ketelitian informasi (posisi kecepatan, percepatan, dan waktu) yang diperoleh, serta mempengaruhi proses penentuan ambiguitas fase. Kesalahan dan bias dapat dikelompokkan menjadi: kesalahan ephemeris (orbit), bias ionosfer, bias troposfer, multipath, ambiguitas fase (*Cycle Ambiguity*), dan *Cycle Slips*.

### **2.2.1. Kesalahan Ephemeris (orbit)**

Kesalahan ephemeris adalah kesalahan dimana orbit satelit yang dilaporkan oleh ephemeris satelit tidak sama dengan orbit satelit sebenarnya. Kesalahan ephemeris ini akan mempengaruhi ketelitian dari koordinat titik-titik (absolut maupun relatif) yang ditentukan. Perlu diketahui bahwa dalam penentuan posisi secara relatif, makin panjang *baseline* yang diamati maka efek dari bias ephemeris satelit akan semakin besar.

Kesalahan orbit satelit pada dasarnya disebabkan oleh tiga faktor yaitu :

- Kurangnya telitian pada proses perhitungan orbit satelit oleh stasiun-stasiun pengontrol satelit.
- Kesalahan dalam prediksi orbit untuk periode waktu setelah *uploading* ke satelit, dan
- Penerapan kesalahan orbit yang sengaja diterapkan, yang juga dinamakan *Selective Availability*.

### **2.2.2. Bias Ionosfer**

Ionosfer adalah bagian dari lapisan atas atmosfer dimana terdapat sejumlah ion bebas yang mempengaruhi perambatan gelombang sinyal satelit, yang terletak kira-kira 20.000 km diatas permukaan bumi. Ion-ion bebas (elektron) dalam lapisan ionosfer akan mempengaruhi propagasi sinyal satelit. Dalam hal ini ionosfer akan mempengaruhi kecepatan, arah, polarisasi, dan kekuatan dari sinyal satelit yang melaluinya. Efek ionosfer yang terbesar adalah pada kecepatan sinyal, dimana ini akan langsung mempengaruhi nilai ukur jarak dari pengamat ke satelit.

### **2.2.3. Bias Troposfer**

Lapisan troposfer, yaitu lapisan atmosfer netral yang berbatasan dengan permukaan bumi dimana temperatur akan menurun dengan membesarnya ketinggian. Ketika melalui troposfer, sinyal satelit akan mengalami refraksi, yang menyebabkan perubahan pada kecepatan dan arah sinyal satelit, efek utama dari troposfer dalam hal ini adalah terhadap kecepatan, atau dengan kata lain terhadap hasil ukuran jarak.

#### 2.2.4. Multipath

Multipath adalah kesalahan yang ditimbulkan oleh sinyal satelit yang tiba di antena *receiver* melalui dua atau lebih lintasan yang berbeda. Dalam hal ini satu sinyal merupakan sinyal langsung dari satelit ke antena, sedangkan yang lainnya merupakan sinyal tidak langsung yang dipantulkan oleh benda-benda di sekitar antena.

Beberapa benda yang bisa memantulkan sinyal antara lain adalah jalan, gedung, danau, dan kendaraan. Bidang-bidang pantulan biasanya berupa bidang horisontal, vertikal, maupun bidang miring. Perbedaan panjang lintasan menyebabkan sinyal-sinyal tersebut berinterferensi ketika tiba di antena, pada akhirnya menyebabkan kesalahan pada hasil pengamatan.

#### 2.2.5. Ambiguitas Fase (*Cycle Ambiguity*)

Ambiguitas fase adalah gelombang penuh yang tidak terukur oleh *receiver*. Untuk dapat berekonstruksi jarak ukuran antara satelit dengan antena, maka harga ambiguitas fase harus ditentukan terlebih dahulu. Ambiguitas fase merupakan bilangan bulat (kelipatan panjang gelombang). Secara umum ada 3 (tiga) aspek yang harus diperhitungkan secara matang dalam proses resolusi ambiguitas, yaitu eliminasi kesalahan dan bias dari data pengamatan, geometri satelit, serta teknik resolusi ambiguitas itu sendiri.

#### 2.2.6. *Cycle Slips*

*Cycle slips* adalah ketidak-kontinyuan jumlah gelombang penuh dari fase gelombang pembawa yang diamati. *Cycle slips* dapat disebabkan oleh beberapa hal seperti :

- Mematikan dan menghidupkan *receiver* secara sengaja
- Terhalangnya sinyal satelit untuk masuk ke antena disebabkan oleh: bangunan, pohon, jembatan, dan sebagainya
- Rendahnya rasio *signal-to-noise*, yang bisa disebabkan oleh beberapa faktor seperti dinamika *receiver* yang tinggi, aktifitas ionosfer yang tinggi, atau multipath
- adanya kerusakan komponen dalam *receiver*.

### 2.3. Global Positioning Sistem (GPS)

Global Positioning Sistem (GPS), dengan nama resmi NAVSTAR GPS (*Navigation Satellite Timing And Ranging Global Positioning Sistem*), merupakan satelit navigasi dan penentuan posisi berbasis sistem radio yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat. Pada dasarnya GPS terdiri dari tiga segmen utama, yaitu :

- Segmen angkasa (*Space Segment*) terdiri dari satelit-satelit GPS.
- Segmen sistem control (*Control Sistem Segment*) terdiri dari stasiun-stasiun pengamat dan pengendali satelit, dan
- Segmen Pemakai (*User Segment*) terdiri dari pemakai GPS termasuk alat-alat penerima dan pengolah sinyal dan data GPS.

GPS dapat memberikan informasi posisi dengan ketelitian bervariasi dari beberapa millimeter (orde nol) sampai dengan puluhan meter (sejak Mei 2000). Satelit pertama diluncurkan pada tahun 1978, dan secara resmi sistem GPS dinyatakan operasional pada tahun 1994. Beberapa kelebihan yang dimiliki oleh sistem GPS yaitu:

- Sistem GPS didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga-dimensi serta informasi mengenai waktu, secara kontinyu di seluruh dunia tanpa bergantung waktu dan cuaca, kepada banyak orang secara simultan. Dapat meliputi wilayah yang cukup luas pada saat yang sama.
- Penggunaan GPS dalam penentuan posisi relatif tidak terlalu terpengaruh dengan kondisi topografis daerah survei dibandingkan dengan metoda terestris.
- Posisi yang ditentukan dengan GPS akan selalu mengacu ke suatu datum global yang sama.
- Dapat memberikan ketelitian posisi yang spektrumnya cukup luas.
- Pemakaiannya gratis.

#### 2.3.1. Segmen Angkasa

Satelit GPS bisa dianalogikan sebagai radio di angkasa, yang dilengkapi dengan antena-antena untuk mengirim dan menerima sinyal-sinyal [Abidin, 2001]. Sinyal yang dipancarkan oleh satelit akan diterima *receiver* GPS dan digunakan untuk menentukan informasi posisi, kecepatan, maupun waktu. Selain itu, satelit GPS juga dilengkapi dengan peralatan untuk mengontrol tingkah laku satelit, serta sensor-sensor untuk mendeteksi peledakan nuklir dan lokasinya.

Satelit GPS terdiri dari 24 satelit yang menempati 6 (enam) bidang orbit berbentuk mendekati lingkaran dengan eksentrisitas lebih kecil dari 0.02 dapat dilihat pada gambar 2.3 dan karakteristik orbit satelit GPS dapat dilihat pada tabel 2.1



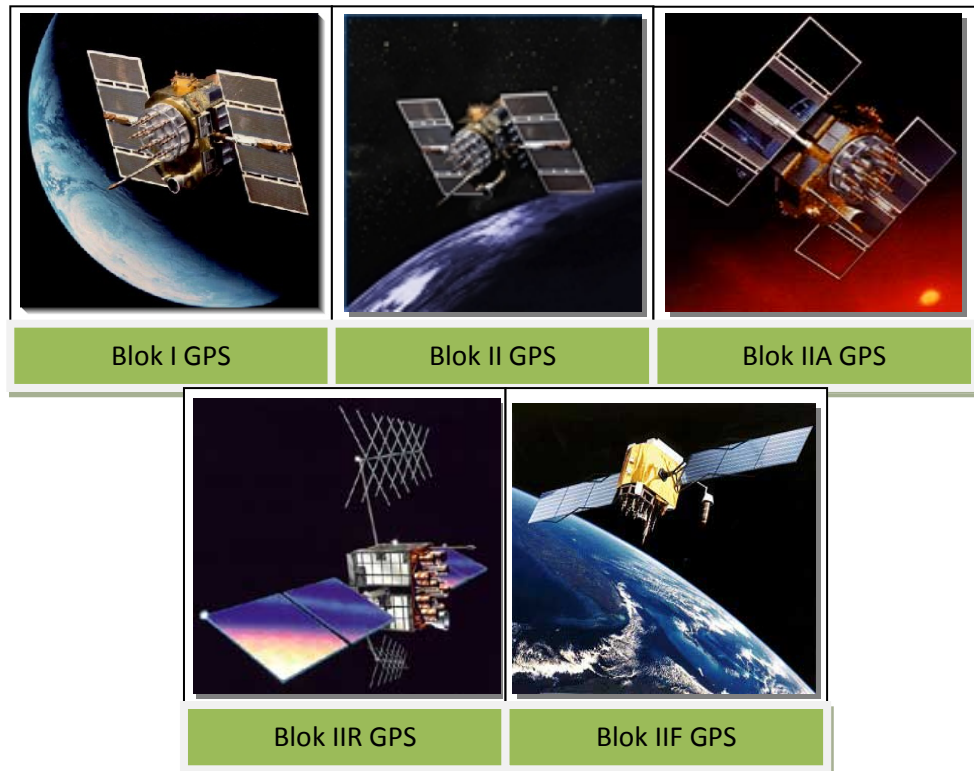
Gambar 2.3 Orbit Satelit

Tabel 2.1 Karakteristik orbit satelit GPS

<b>Jumlah satelit</b>	24
<b>Bidang orbit</b>	6 dengan spasi 60°
<b>Jumlah satelit tiap orbit</b>	4 dengan spasi tidak sama
<b>Inklinasi orbit</b>	55°
<b>Radius orbit</b>	26560 km
<b>Periode orbit</b>	11 jam 58 menit 00 detik
<b>Eksentrisitas orbit</b>	0.02 (mendekati lingkaran)

Pada dasarnya satelit-satelit GPS dapat dibagi menjadi beberapa generasi yaitu [Kaplan, 1996]:

- ❖ Blok I : *Initial Concept Validation Satellites*
- ❖ Blok II : *Initial Production Satellites*
- ❖ Blok IIA : *Upgraded Production Satellites*
- ❖ Blok IIR : *Replenishment Satellites*
- ❖ Blok IIF : *Follow-On “Sustainment” Satellites*



Gambar 2.4 Generasi satelit GPS

### 2.3.2. Segmen Sistem Kontrol

Segmen sistem kontrol berfungsi untuk mengontrol dan memantau operasional satelit dan memastikan bahwa satelit berfungsi sebagaimana mestinya. Fungsi ini mencakup beberapa tugas dan kewajiban antara lain [Abidin, 2001]:

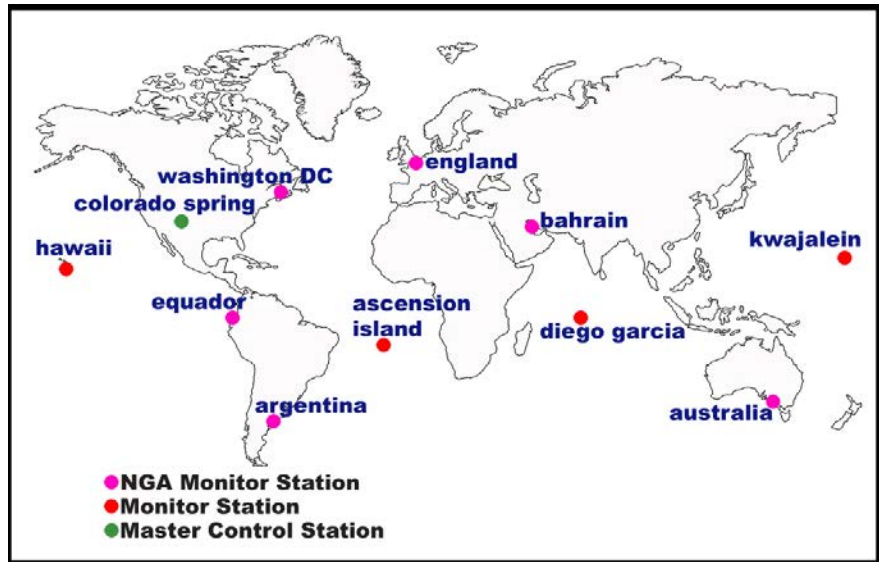
1. Menjaga agar semua satelit berada pada orbitnya masing-masing (Station Keeping).
2. Memantau status dan kesehatan dari semua sub-sistem satelit
3. Memantau panel matahari satelit, level daya baterai, dan propellant level yang digunakan manuver satelit.
4. Menentukan dan menjaga sistem waktu GPS.

Secara spesifik, segmen sistem kontrol GPS terdiri dari [Bagley and Lamos, 1992]:

1. Ground Antenna Stations (GAS) yang berada di Ascension , Diego Garcia, Kwajalein.
2. Monitor Stations (MS) yang berada di stasiun GAS ditambah Hawaii dan Colorado Springs.
3. Prelaunch Compability Station (PCS) yang berada di Cape Caneveral yang sekaligus berfungsi sebagai backup dari GAS.
4. Master Control Station (MCS) yang berada di Colorado Springs.



Sejak Agustus dan September 2005, enam stasiun monitor NGA (*National Geospatial-Intelligence Agency*) telah ditambahkan. Sekarang, setiap satelit dapat diamati sedikitnya oleh dua stasiun monitor. Hal ini memungkinkan untuk menghitung data orbit dan ephemeris menjadi lebih teliti. Lokasi masing-masing stasiun kontrol tersebut ditunjukkan pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Stasiun Kontrol GPS

### 2.3.3. Segmen Pengguna

Segmen pengguna terdiri dari para pengguna satelit GPS baik di darat, laut, udara, maupun di angkasa. Dalam hal ini, alat penerima sinyal GPS (GPS receiver) diperlukan untuk menerima dan memproses sinyal-sinyal dari satelit GPS untuk digunakan dalam penentuan posisi, kecepatan dan waktu.

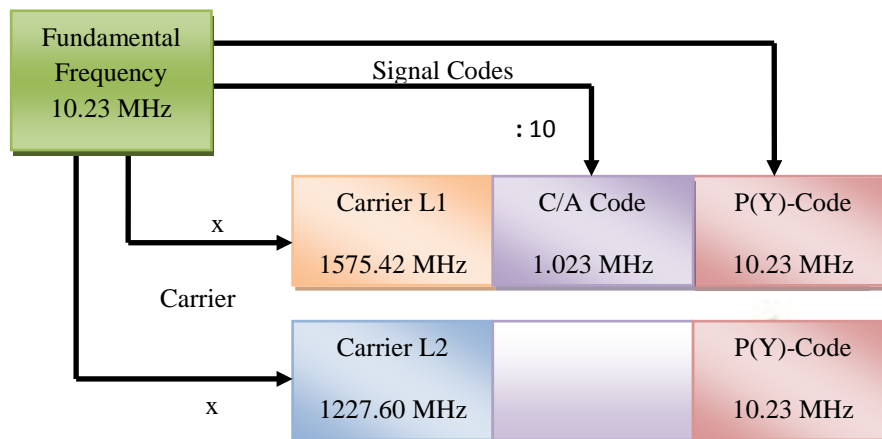
Komponen utama dari suatu *receiver* GPS secara umum adalah [Seeber. 1993] : antena dengan pre-amplifier, bagian RF (Radio Frequency) dengan pengidentifikasi sinyal dan pemroses sinyal, pemroses mikro untuk pengontrol *receiver*, data sampling, dan pemroses data, osilator presisi, catu daya, unit perintah dan tampilan, dan memori serta perekam data.

### 2.3.4. Sinyal GPS

Sinyal-sinyal yang dipancarkan oleh satelit GPS akan diterima oleh *receiver* GPS. Sinyal GPS memberikan informasi tentang posisi satelit, jarak satelit, informasi waktu, kesehatan satelit, dan informasi lainnya. Pada dasarnya sinyal GPS dapat dibagi menjadi 3 kelompok yaitu:

1. Penginformasian jarak (kode) yang berupa kode-P dan kode C/A
2. Pesan navigasi
3. Gelombang pembawa L1 dan L2

Setiap satelit GPS memancarkan sinyal secara kontinyu pada 2 frekuensi L-band yang dinamakan L1 dan L2. Sinyal L1 berfrekuensi 1575.2 MHz dan sinyal L2 pada frekuensi 1227.60 MHz. sinyal L1 membawa kode biner yang dinamakan kode-P (precise atau private code) dan kode C/A (Clear and Access atau Coarse Acquisition), sedangkan sinyal L2 hanya membawa kode C/A. Hingga saat ini, kode P belum bias diakses oleh umum. Departemen Pertahanan Amerika Serikat mengubah kode P menjadi kode Y yang hanya bias dipecahkan oleh pihak-pihak yang diijinkan. Sinyal-sinyal GPS dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Sinyal-sinyal GPS

### 2.3.5. Sistem Koordinat GPS

Posisi yang diperoleh dari pengamatan GPS akan mengacu ke suatu datum global yang dinamakan WGS-84. Jadi setiap penentuan posisi di permukaan bumi akan menghasilkan koordinat pada satu sistem koordinat / datum. Secara umum karakteristik dari WGS 84 adalah sebagai berikut [NIMA, 2000]:

1. Sistem geosentrik, dimana pusat massanya didefinisikan untuk seluruh permukaan bumi, termasuk lautan dan atmosfer.
2. Skalanya adalah kerangka lokal bumi, dalam konteks teori relativitas gravitasi
3. Sumbu Z mengarah ke kutub IRP (IERS Reference Pole). IPR pada prinsipnya sama dengan CTP dari BIH (epok 1984.0) dengan tingkat ketelitian sekitar 0,005".
4. Sumbu X berada dalam meridian Greenwich yang dinamakan IRM (IERS Reference Meridian). IRM berimpit dengan meridian nol BIH (epok 1984.0) dengan tingkat ketelitian sekitar 0,005"
5. Sumbu Y tegak lurus terhadap sumbu-sumbu X dan Z membentuk sistem koordinat tangan-kanan (right-handed sistem).

Berikut ini adalah tabel karakteristik sistem GPS,

Tabel 2.2 karakteristik sistem GPS

Parameter nominal dari orbit satelit		
<b>Jumlah satelit</b>		24 buah
<b>Bidang orbit</b>		6 dengan spasi 60°
<b>Jumlah satelit tiap orbit</b>		4 dengan spasi tidak sama
<b>Inklinasi orbit</b>		55°
<b>Radius orbit</b>		26560 Km
<b>Periode orbit</b>		11 jam 58 menit 00 detik
<b>Eksentrisitas orbit</b>		0 (lingkaran)
Sistem dan kerangka referensi		
<b>Sistem koordinat</b>		Earth-Centered Earth-Fixed (ECEF)
<b>datum</b>		World Geodetic Sistem 1984 (WGS 84)
<b>Referensi waktu</b>		UTC (USNO)
Parameter sinyal satelit		
<b>Sinyal</b>		CDMA
<b>Gelombang pembawa</b>	L1	1575.42 MHz
	L2	1337.60 MHz
<b>Kode</b>		Berbeda untuk semua satelit C/A dan P pada L1 P pada L2
<b>Frekuensi kode</b>	C/A	1.023 MHz
	P	10.23 MHz
<b>Data orbital</b>		Elemen-elemen orbital keplerian setiap satu jam
<b>Data jam (clock)</b>		Clock offset, frequency offset, dan frequency rate
<b>Navigation message</b>	rate	50 bit/s
	Modulasi	BPSK NRZ
	Panjang total	12 menit 30 detik
	Panjang subframe	6 detik

#### 2.4. Global Navigation Satellite Sistem (GLONASS)

GLONASS merupakan sistem satelit navigasi yang direncanakan oleh ex-URSS (bekas Uni Sovyet). Saat ini satelit GLONASS dikembangkan oleh Rusia. Satelit GLONASS dibangun sejak tahun 1970-an meskipun diluncurkan pertama kali pada tahun 12 Oktober 1982 dengan diluncurkannya pesawat ulang-alik Cosmos 1413. Satelit terakhir diluncurkan pada 25 Desember 2006 dengan diluncurkannya pesawat pendorong proton DM (SL-12) yang membawa tiga satelit dari Baikonur Cosmodrome, dekat Leninsk Kazakhtan. Konstelasi satelit akan lengkap dengan jumlah 24 satelit pada tahun 1997.

Karena terjadi krisis ekonomi dalam negeri Rusia, proyek ini dihentikan sementara. Pada tahun 2002, seiring perbaikan situasi ekonomi, proyek pengembangan GLONASS kembali dilanjutkan. Pada tahun 2007, konstelasi asatelit GLONASS di

orbit direncanakan sebanyak 18 satelit. Pada tahun 2010-2011, konstelasi GLONASS direncanakan lengkap menjadi 24 satelit. Dengan demikian, untuk saat ini pengguna hanya akan menangkap satelit GLONASS sebanyak 5 atau lebih dari itu pada hari-hari tertentu.

Sistem satelit GLONASS diluncurkan dalam tiga generasi. Pada Oktober 1982 hingga Mei 1985 telah diluncurkan satelit yang dinamakan blok I. satelit Blok II antara April 1987 hingga Mei 1988, termasuk 6 satelit yang hilang akibat kesalahan pada saat peluncuran. Model keempat adalah II v (v adalah abjad ketiga Rusia). Blok II v dirancang untuk memiliki masa hidup 3 tahun. Tapi dari satelit yang telah beroperasi, satelit IIv dapat beroperasi selama 5 tahun.

Hingga saat ini, terdapat 20 satelit yang beroperasi, 2 satelit dalam masa percobaan dan 4 satelit dalam masa perbaikan dengan ketinggian sekitar 19100 km diatas permukaan bumi yang ditunjukkan pada tabel 2.3

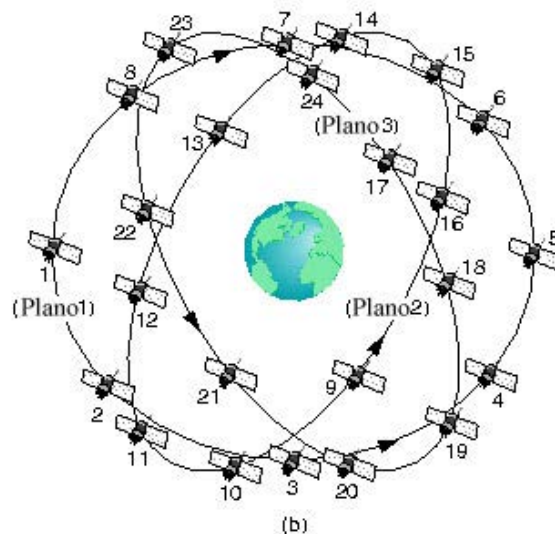
Tabel 2.3 Daftar Satelit GLONASS

Orbit	No	RF chnl	peluncuran	Mulai beroperasi	Akhir beroperasi	Masa aktif (bln)	Status
<b>I</b>	1	01	14.12.09	30.01.10		11.9	Aktif
	2	-4	25.12.08	20.01.09		23.5	Aktif
	4	06	25.12.08	17.01.09	08.09.10	23.5	pemeliharaan
	5	01	14.12.09	10.01.10		11.9	Aktif
	6	-4	14.12.09	24.01.10		11.9	Aktif
	7	05	26.12.04	07.10.05		71.5	Aktif
	8	06	25.12.08	12.02.09		23.5	Aktif
	<b>II</b>	9	-2	02.09.10	04.10.10		3.3
10		-7	25.12.06	03.04.07		47.5	Aktif
11		00	25.12.07	22.01.08		35.5	Aktif
12		-1	02.09.10	12.10.10		3.3	Aktif
13		-2	25.12.07	08.02.08		35.5	Aktif
14		-7	25.12.06	03.04.07	24.10.10	47.5	Pemeliharaan
			25.12.07			35.5	Tahap pengawasan
15		00	25.12.06	12.10.07		47.5	Aktif
16	-1	02.09.10	11.10.10		3.3	Aktif	
<b>III</b>	17	04	26.10.07	04.12.07	29.11.10	37.5	Pemeliharaan
			25.12.05			59.5	Tahap pengawasan
	18	-3	25.09.08	26.10.08		26.5	Aktif
	19	03	26.10.07	25.11.07		37.5	Aktif
	20	02	26.10.07	27.11.07		37.5	Aktif
	21	04	25.09.08	05.11.08		26.5	Aktif
	22	-3	02.03.10	28.03.10		9.3	Aktif
			25.09.08	13.11.08	31.08.09	26.5	Pemeliharaan
23	03	02.03.10	28.03.10		9.3	Aktif	
24	02	02.03.10	28.03.10		9.3	Aktif	

Seperti halnya GPS, sistem satelit navigasi GLONASS juga mempunyai tiga segmen yaitu: segmen angkasa, segmen sistem kontrol, dan segmen pengguna.

### 2.4.1. Segmen Angkasa

Satelit GLONASS terdiri dari 24 satelit. Satelit GLONASS ditempatkan dalam tiga bidang orbit yang berbentuk mendekati lingkaran, lihat pada gambar 2.6



Gambar 2.7 Bidang orbit satelit GLONASS

Tiga bidang orbit dipisahkan dengan sudut  $120^\circ$  satu sama lainnya. Masing-masing bidang orbit ditempati 8 buah satelit dengan jarak antara satelit adalah sama yaitu  $45^\circ$ , dan untuk memaksimalkan kenampakan satelit maka setiap penempatan satelit di orbit mempunyai perbedaan sudut  $15^\circ$  terhadap orbit lainnya. Orbit satelit GLONASS mempunyai inklinasi  $64.8^\circ$ , satelit GLONASS berada pada orbit dengan jarak sekitar 19100 Km di atas permukaan bumi, periode orbit 11 jam 15 menit 40 detik.

Satelit GLONASS memiliki berat 1400 Kg, diameter dan tinggi satelit 2.4 m dan 3.7 m. satelit GLONASS mempunyai dua buah sayap dengan dilengkapi sel-sel pembangkit tenaga listrik sebagai sumber energi. Bentuk fisik satelit GLONASS dapat dilihat pada gambar 2.8



Gambar 2.8 Bentuk fisik satelit GLONASS

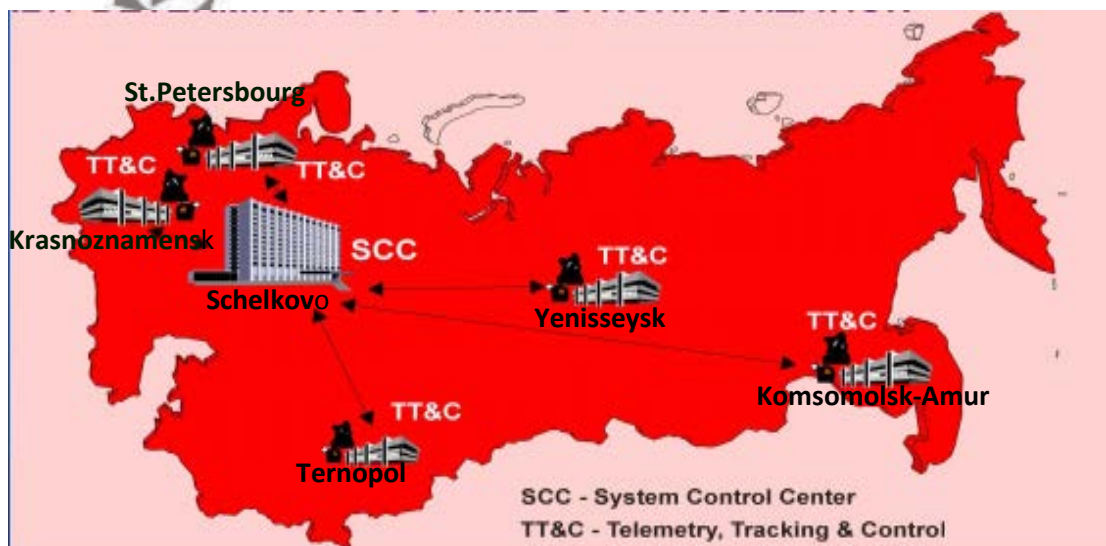
Struktur satelit GLONASS terdiri dari 12 antena utama yang digunakan untuk mentransmisikan sinyal. Satelit GLONASS juga membawa reflector laser yang digunakan untuk penentuan orbit. Karakteristik dari satelit GLONASS dapat dilihat pada tabel 2.4

Tabel 2.4 Karakteristik satelit GLONASS

Nama	Global Navigation Satellite Sistem
Tanggal mulai operasi	30 Agustus 1993
Bentuk orbit	Mendekati lingkaran
Inklinasi orbit	64,8°
Sumbu panjang orbit	25.510 Km
Periode orbit	11 jam 15 menit 40 detik

#### 2.4.2. Segmen Sistem Kontrol

Sistem kontrol sistem satelit GLONASS terdiri dari *Sistem Control Center* (SSC) yang terdapat di Krasnoznamensk, Moscow, dan *Telemetry, Tracking, and Control* (TT&C) yang terletak di St.Petersbourg, Schelkovo (Moscow), Yenisseyk, Ternopol, Komsomolsk-Amur dan Sistem clock (*Central synchronizer*) yang terletak di Schelkovo. Lokasi masing-masing stasiun dapat dilihat pada gambar 2.9



Gambar 2.9. Stasiun sistem Kontrol satelit GLONASS

Kesinkronan waktu dari semua proses sistem satelit GLONASS sangat penting untuk sistem operasi. Dalam sistem kontrol terdapat *Central Synchronizer* yang merupakan jam atom hidrogen presisi tinggi yang digunakan dalam sistem waktu



GLONASS [Irwandy, 1998]. Jam satelit disinkronkan dengan State Etalon UTC di Mendeleev, Moskow.

### 2.4.3. Segmen Pengguna

Seperti halnya GPS, segmen pengguna GLONASS merupakan receiver GLONASS. Terdapat dua generasi *receiver* GLONASS yang pernah ada.

Generasi pertama dengan ukuran lebih besar, berat dan memiliki satu, dua atau empat kanal. Generasi ini merupakan generasi percobaan pembuatan *receiver* dan langsung digantikan dengan generasi kedua.

Generasi kedua menggunakan integrasi sirkuit skala besar dan pemrosesan data digital yang lebih *compact*. Generasi kedua ini mempunyai lima, enam dan dua belas kanal. Untuk kepentingan sipil, *receiver* generasi kedua dapat digunakan pada sistem GLONASS dan GPS. Saat ini, *receiver* GLONASS sudah mulai diproduksi oleh beberapa perusahaan dan dijual secara bebas. Perusahaan memproduksi *receiver* yang bias menangkap sinyal GPS dan GLONASS sekaligus.

*Receiver* GPS-GLONASS yang ada saat ini memiliki spesifikasi teknis sebagai berikut [Irwandy, 1998]:

1. Memiliki 12 kanal
2. Dapat bekerja dengan GPS, GLONASS, dan kombinasi keduanya.
3. Dapat menerima dan memproses koreksi differential
4. Dapat menghitung solusi navigasi GPS dan GLONASS termasuk transformasi koordinat.
5. Mengurangi interferensi dan multipath.

### 2.4.4. Sinyal GLONASS

Sinyal-sinyal yang dipancarkan oleh satelit GLONASS akan diterima oleh *receiver* GLONASS. Sinyal GLONASS memberikan informasi tentang posisi satelit, jarak satelit, informasi waktu, kesehatan satelit dan informasi lainnya. Pada dasarnya sinyal GPS dapat dibagi menjadi 3 komponen, yaitu:

1. Penginformasian jarak (kode)
2. Pesan navigasi
3. Gelombang pembawa (*Carrier Wave*)

Kode yang digunakan untuk menghitung jarak satelit ke *receiver* ada dua yaitu P dan kode C/A. data kode tersebut merupakan rangkaian bilangan acak (*pseudorandom*). GLONASS menggunakan modulasi dengan teknik Frequency

Division Multiple Access (FDMA) pada masing-masing sinyal L1 dan L2. Hal ini berarti masing-masing satelit memancarkan sinyal navigasi pada gelombang pembawa. Satelit GLONASS menyediakan dua tipe sinyal navigasi pada frekuensi L1 dan L2, yaitu,

1. Sinyal dengan akurasi standar

Sinyal dengan akurasi standar mempunyai frekuensi kode 0.511 MHz dirancang untuk keperluan sipil.

2. Sinyal dengan akurasi tinggi

Sinyal dengan akurasi tinggi mempunyai frekuensi kode 5.11 MHz dimodulasi dengan kode tertentu yang hanya boleh digunakan oleh pihak-pihak yang diijinkan.

Penentuan posisi dengan satelit GLONASS tidak jauh berbeda dengan satelit GPS. Penentuan posisi dengan satelit GLONASS juga mengenal metode absolut dan diferensial sebagaimana pada satelit GPS. Kesalahan dan bias yang dimiliki satelit GLONASS pun juga hampir sama dengan satelit GPS hanya saja satelit GLONASS tidak dilengkapi dengan kebijakan *Selective Availability* seperti satelit GPS, saat ini sudah dimatikan [Irwandy, 1998].

#### **2.4.5. Sistem Koordinat GLONASS**

*Broadcast ephemeris* satelit GLONASS mendeskripsikan posisi pemancaran pusat fase antenna yang diberikan oleh satelit dalam datum referensi Earth-Centered Earth-Fixed (ECEF) PZ-90 yang didefinisikan sebagai berikut [ICD, 2002]:

1. Titik origin berada pada pusat bumi.
2. Sumbu-Z diarahkan ke Conventional Terrestrial Pole (CTP) sebagaimana direkomendasikan oleh International Earth Rotation Service (IERS).
3. Sumbu-X diarahkan pada titik pertemuan bidang equator dan meridian nol yang dibuat oleh BIH.
4. Sumbu-Y mengikuti sistem koordinat menggunakan tangan kanan.

Koordinat geodetik titik pada sistem koordinat PZ-90 mengacu pada elipsoid dimana sumbu semi-major dan factor pengepangan ditunjukkan pada tabel 2.5



Tabel 2.5 konstanta geodetic dan parameter PZ-90 [ICD, 2002]

Parameter	Nilai
Kecepatan rotasi bumi	$7.292115 \times 10^{-5}$ rad/s
Konstanta gravitasi	$398600.44 \times 10^9$ m <sup>3</sup> /s <sup>2</sup>
Konstanta gravitasi di atmosfer ( <i>fMa</i> )	$0.35 \times 10^9$ m <sup>3</sup> /s <sup>2</sup>
Kecepatan cahaya	299792458 m/s
Sumbu panjang ellipsoid	6378136 m
pengepangan	1/298.257839303
Percepatan gravitasi di equator	9780326 mgal
Koreksi percepatan gravitasi di muka permukaan laut	-0,9 mgal
Potensial normal di permukaan elipsoid	62636861.074 m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>

Tabel 2.6 karakteristik sistem GLONASS

Parameter nominal dari orbit satelit		
Jumlah satelit		24 buah
Bidang orbit		3 dengan spasi 120°
Jumlah satelit tiap orbit		8 dengan spasi sama
Inklinasi orbit		64,8°
Radius orbit		25510 Km
Periode orbit		11 jam 15 menit 40 detik
Eksentrisitas orbit		0 (lingkaran)
Sistem dan kerangka referensi		
Sistem koordinat		Earth-Centered Earth-Fixed (ECEF)
datum		Earth Parameter Sistem 1990 (PZ-90)
Referensi waktu		UTC (US)
Parameter sinyal satelit		
Sinyal		FDMA
Gelombang pembawa	L1	1602+9k/16 MHz (k adalah nomor kanal)
	L2	1246+7k/16 MHz
Kode		Sama untuk semua satelit
		C/A dan P pada L1
		P pada L2
Frekuensi kode	C/A	0.511 MHz
	P	5.11 MHz
Data orbital		Koordinat, kecepatan, dan percepatan satelit setiap setengah jam.
Data jam (clock)		Clock offset, frequency offset
Navigation message	rate	50 bit/s
	Modulasi	BPSK Manchester
	Panjang total	2 menit 30 detik
	Panjang subframe	30 detik

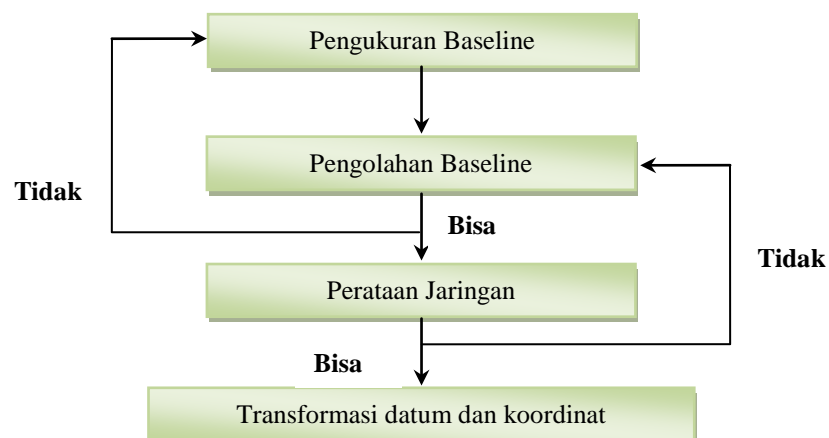
## 2.5. Kombinasi Satelit GPS dan GLONASS

Kombinasi sistem dengan konstelasi 48 satelit GPS dan GLONASS secara bersamaan memungkinkan *receiver* menangkap lebih banyak satelit. Jumlah satelit yang tertangkap paling sedikit 8 buah, rata-rata 14, dan paling banyak 20 dengan mask angle  $10^\circ$  hampir diseluruh dunia. Kedua sistem satelit ini memiliki beberapa kemiripan, kedua sistem tersebut mempunyai spektrum sinyal (gelombang radio) dalam dua frekuensi di kanal L. Untuk L1 berada pada frekuensi sekitar 1600 MHz dan untuk L2 pada frekuensi sekitar 1200 MHz, kemiripan yang dimiliki kedua sistem tersebut menjadikan penggabungannya lebih mudah dilakukan.

Pada daerah yang memiliki obstruksi yang kurang bagus, kombinasi sistem secara signifikan dapat meningkatkan jumlah satelit yang di amati. Lokasi yang dianggap memiliki keterbatasan untuk pelaksanaan survei GPS akan menjadi alternatif untuk penggunaan sistem GPS+GLONASS.

## 2.6. Pengolahan Data

Setelah tahap pengukuran dilaksanakan, dilanjutkan dengan pengolahan data untuk memperoleh koordinat titi-titik dalam jaringan. Proses awal dari pengolahan data adalah proses *downloading*, yaitu mentransfer data-data hasil pengukuran dari *receiver* menjadi bentuk file yang berisikan data pengamatan fase dan data-data tambahan berisi informasi orbit satelit, tinggi antenna, dan informasi lain. Setelah seluruh data tersimpan di komputer kemudian data-data tersebut diolah. Secara garis besar pengolahan data dapat dijelaskan pada skema berikut ini:



Gambar 2.10. Skema pengolahan data jaringan

## 2.7. Pengolahan Baseline

Tujuan dari pengolahan *baseline* pada dasarnya untuk menghitung vektor *baseline* ( $dX, dY, dZ$ ) menggunakan data fase sinyal satelit yang dikumpulkan pada dua titik ujung dari *baseline* yang bersangkutan.

Pada survei satelit, pengolahan baseline umumnya dilakukan secara beranting satu per satu (*single baseline*) dari *baseline* ke *baseline*, dimulai dari suatu titik tetap yang telah diketahui koordinatnya, sehingga membentuk suatu jaringan yang tertutup. 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 deviasi standar atau deviasi baku dari residual.
- Faktor variansi *a posteriori*.
- matriks variansi kovariansi dari vektor *baseline*.
- Hasil dari tes statistik terhadap residual maupun vektor *baseline*.
- Kesuksesan dari penentuan ambiguitas fase serta tingkat kesuksesannya.
- Jumlah data yang ditolak, dan
- Jumlah *cycle slips*.

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

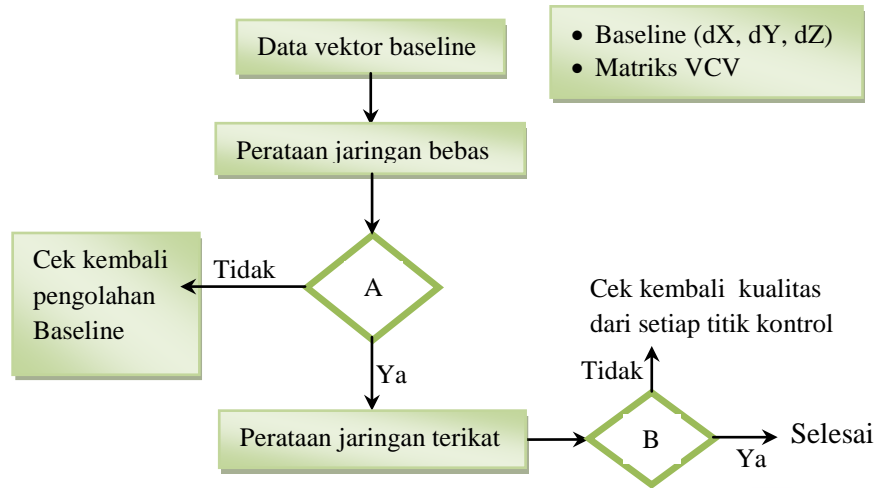
## 2.8. Perataan Jaring

Pada perataan jaringan, vektor-vektor baseline (dalam hal ini data pengamatan  $dX, dY, dZ$ ) yang telah dihitung sebelumnya secara sendiri-sendiri, dikumpulkan dan diproses dalam suatu hitungan perataan jaringan (*network adjustment*) untuk menghitung koordinat definitif titik-titik dalam jaringan. Hitungan perataan jaringan menggunakan metode perataan kuadrat terkecil (*least squares adjustment*).

Perataan jaringan 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 sebagai titik tetap. Perataan jaring bebas ini diterapkan untuk memeriksa konsistensi data-data ukuran *baseline* yang digunakan. Sedangkan pada perataan jaring terikat, perataan dilakukan dengan mengikutsertakan semua titik tetap yang ada. Perataan jaring terikat ini diterapkan untuk mendapatkan harga koordinat yang definitif dari titik-titik dalam jaringan.

Untuk mengetahui baik tidaknya hasil pengolahan data pada perataan jaringan, dapat dilihat dari kontrol kualitas. Ada beberapa kontrol kualitas, antara lain adalah

deviasi standar residu, matriks variansi kovariansi, RMS, dan ellips kesalahan. Berikut ini adalah ilustrasi proses perataan jaringan:



Gambar 2.11. Skema perataan jaringan

Secara umum berdasarkan prinsip hitung perataan kuadrat terkecil metode parameter, vektor koordinat titik-titik dalam suatu jaring, yaitu  $\mathbf{X}$ , dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$\mathbf{X} = (\mathbf{A}^T \mathbf{P}_L \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{P}_L \mathbf{L} \quad \dots(3.5)$$

Pada persamaan diatas  $\mathbf{A}$  dan  $\mathbf{L}$  adalah matriks desain dan matriks pengamatan, dan  $\mathbf{P}_L$  adalah matriks berat dari pengamatan yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\mathbf{P}_L = \mathbf{Q}_L^{-1} = \sigma_0^2 \cdot \mathbf{C}_L^{-1} \quad \dots(3.6)$$

Pada rumus di atas,  $\mathbf{Q}_L$  adalah matriks kofaktor  $\sigma_0^2$ , adalah faktor variansi apriori (biasanya ditetapkan = 1), dan  $\mathbf{C}_L$  adalah matriks variansi kovariansi (VCV) pengamatan yang dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$\mathbf{C}_L = \begin{bmatrix} C(B_1) & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & C(B_2) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & C(B_3) & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & C(B_n) \end{bmatrix} \quad \dots(3.7)$$

Pada persamaan di atas, matriks VCV dari setiap vektor *baseline*,  $\mathbf{C}(\mathbf{B}_i)$ , diperoleh dari hasil hitung perataan *baseline*, dan akan mempunyai struktur sebagai berikut:

$$C(B_i) = \begin{bmatrix} \sigma_{dX_i}^2 & \sigma_{dX_i, dY_i} & \sigma_{dX_i, dZ_i} \\ & \sigma_{dY_i}^2 & \sigma_{dX_i, dZ_i} \\ \text{simetrik} & & \sigma_{dZ_i}^2 \end{bmatrix} \quad \dots(3.8)$$

Matriks VCV (variance-kovariance) dari koordinat titik-titik dalam jaringan yang diperoleh dari hasil hitung perataan dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$C_X = \hat{\sigma}_0^2 \cdot (A^T \cdot P_L \cdot A)^{-1} \quad \dots(3.9)$$

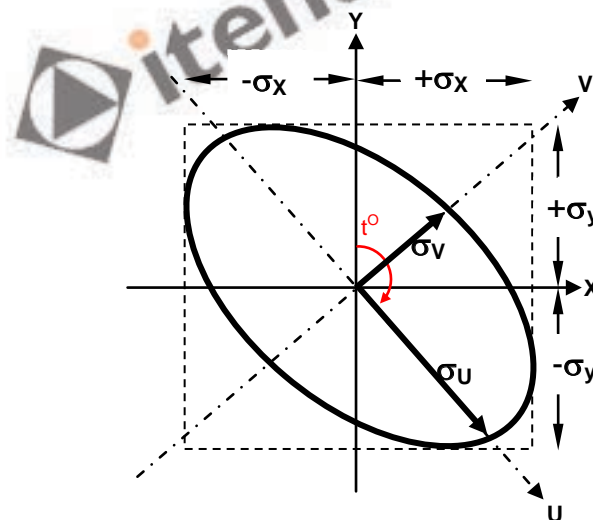
dimana  $\sigma_0^2$  adalah faktor variansi aposteriori yang dihitung sebagai berikut:

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{V^T \cdot P_L \cdot V}{n - u} \quad \dots(3.10)$$

Pada rumus (3.10),  $n$  dan  $u$  masing-masing adalah jumlah data pengamatan dan jumlah parameter yang diestimasi.

## 2.9. Ellips Kesalahan

salah satu parameter yang sering digunakan untuk menilai kualitas koordinat adalah ukuran dari ellips kesalahan pada suatu titik (lihat gambar 2.10). Ellips kesalahan memberikan daerah kepercayaan dari koordinat suatu titik.



Gambar 2.12. Ellips kesalahan

Bentuk dan ukuran serta orientasi dari suatu ellips kesalahan umumnya dipresentasikan dengan parameter-parameter setengah sumbu panjang, setengah sumbu pendek dan sudut jurusan dari sumbu panjang ellips kesalahan titik ( $t^0$ ). ketiga parameter tersebut dapat dihitung besarnya berdasarkan matriks variansi kovariansi dari posisi horisontal titik A.

Seandainya matrik variansi kovariansi titik A:

$$Q_{XX} = \begin{bmatrix} \sigma_{X_A}^2 & \sigma_{X_A Y_A} \\ \sigma_{X_A Y_A} & \sigma_{Y_A}^2 \end{bmatrix} \quad \dots(3.11)$$

sudut jurusan ( $t^\circ$ ) dihitung dengan cara :

$$t = \left[ \arctan \left( \frac{2\hat{\sigma}_{X,Y}}{\hat{\sigma}_X^2 - \hat{\sigma}_Y^2} \right) \right] \quad \dots(3.12)$$

Parameter pembentuk ellips (sumbu pendek dan sumbu panjang) ditentukan dengan cara:

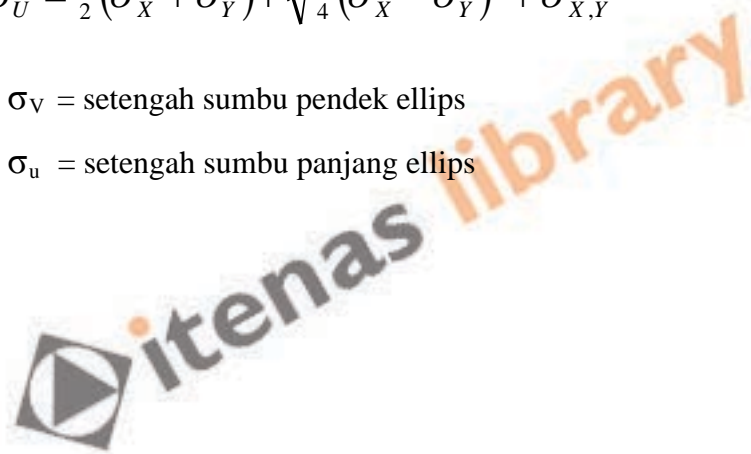
$$\sigma_V = \frac{1}{2}(\hat{\sigma}_X^2 + \hat{\sigma}_Y^2) - \sqrt{\frac{1}{4}(\hat{\sigma}_X^2 - \hat{\sigma}_Y^2)^2 + \hat{\sigma}_{X,Y}^2} \quad \dots(3.13)$$

$$\sigma_U = \frac{1}{2}(\hat{\sigma}_X^2 + \hat{\sigma}_Y^2) + \sqrt{\frac{1}{4}(\hat{\sigma}_X^2 - \hat{\sigma}_Y^2)^2 + \hat{\sigma}_{X,Y}^2} \quad \dots(3.14)$$

dimana:

$\sigma_V$  = setengah sumbu pendek ellips

$\sigma_U$  = setengah sumbu panjang ellips



## BAB III

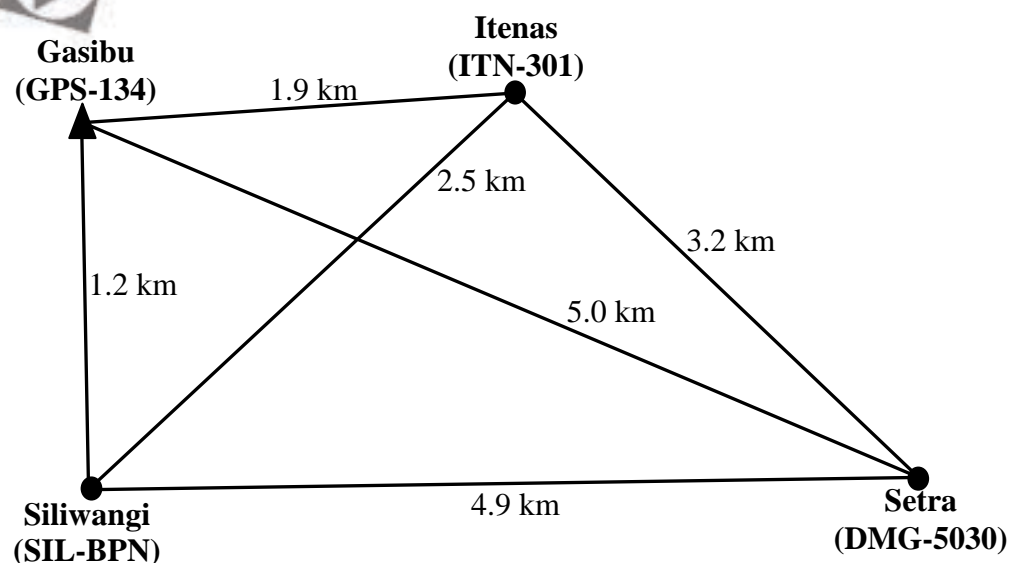
### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Pelaksanaan Penelitian

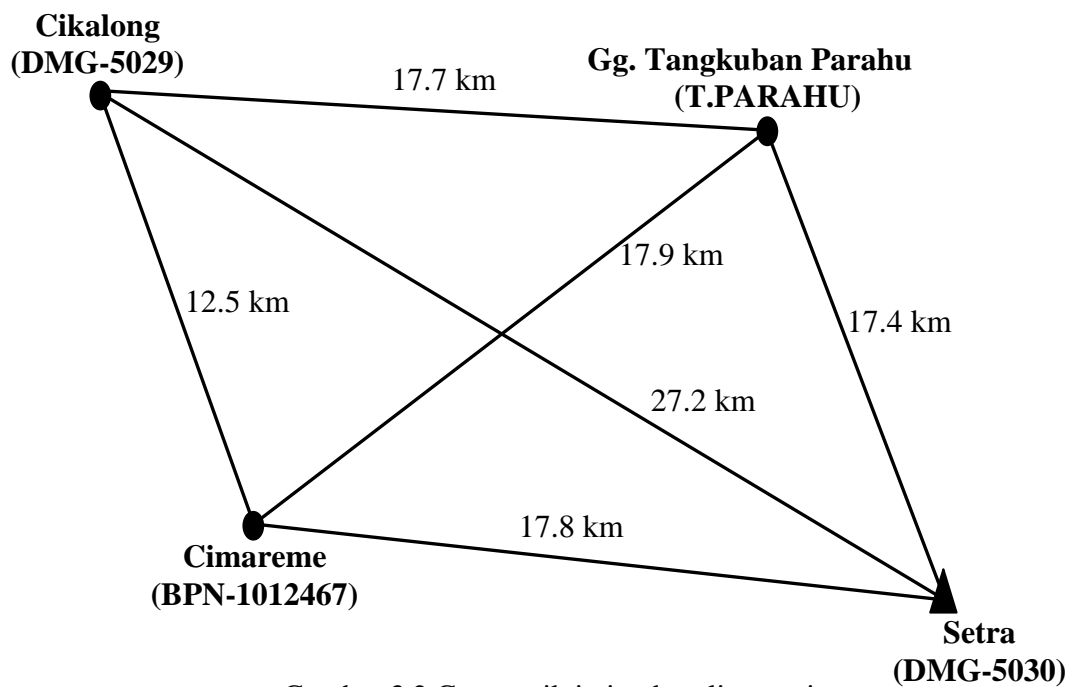
Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam empat tahap, yaitu perencanaan geometri jaringan, peralatan penelitian yang digunakan, pengumpulan data, pengolahan data. Adapun adalah penjelasan masing-masing tahapan dijabarkan melalui sub bab berikut.

##### 3.1.1. Perencanaan Geometri Jaringan

Geometrik jaringan yang diteliti terdiri dari jaring baseline pendek dan baseline panjang. Dimana sebaran titik-titiknya berada di daerah kota Bandung, Kecamatan Cikalong Wetan Kab. Bandung Barat dan gunung Tangkuban Parahu. Visualisasi deskripsi geometrik jaringan baseline pendek dan baseline panjang dijabarkan sebagai berikut.



Gambar 3.1 Geometrik jaring baseline pendek



Gambar 3.2 Geometrik jaring baseline panjang

### 3.1.2. Peralatan Penelitian

Pengukuran survei satelit dilakukan menggunakan *receiver* Topcon hiper II dimana proses pengolahan data dilakukan dengan *post processing* menggunakan perangkat lunak Topcon Tool V7.5. Bentuk fisik dan spesifikasi *receiver* Topcon Hiper II dapat dilihat pada gambar 3.3 dan tabel 3.1.



Gambar 3.3 bentuk fisik *receiver* Topcon Hiper II



Tabel 3.1 Spesifikasi *receiver* Topcon Hiper II

<b>Tracking</b>	
<b>Jumlah saluran</b>	72 saluran
<b>Sinyal</b>	GPS L1 CA, L1/L2 P-code, L2C
	GLONASS L1/L2 CA, L1/L2 P-code
	SBAS WAAS, EGNOS, MSAS
<b>Ketelitian</b>	
<b>Static</b>	L1+L2 H: 3mm + 0.5ppm V: 5mm + 0.5ppm
	L1only H: 3mm + 0.8ppm V: 4mm + 1ppm
<b>Fast static</b>	L1+L2 H: 3mm + 0.5ppm V: 5mm + 0.5ppm
<b>Kinematic</b>	L1+L2 H: 10mm + 1ppm V: 15mm + 1ppm
<b>RTK</b>	L1+L2 H: 10mm + 1ppm V: 15mm + 1ppm
<b>DGPS</b>	<0.5m
<b>Komunikasi</b>	
<b>Bluetooth</b>	V.1.1, Class 1, 115,200bps
<b>Radio</b>	Internal, <i>receiver</i> (RX) and transmitter (TX), 410 to 470MHz
<b>Cellular</b>	Internal, GSM or CDMA
<b>Memori</b>	Memori SD/SDHC sampai 4GB
<b>Format data</b>	RTCM SC104, CMR, CMR+, NMEA, TPS
<b>Tenaga</b>	
<b>Baterai internal</b>	Li-ion, 7.2V, 4.3Ah
<b>Waktu operasi</b>	>7.5 jam
<b>Tegangan masukan</b>	6.7 hingga 18V DC
<b>Bentuk fisik</b>	
<b>Bahan</b>	Magnesium alloy housing
<b>Ukuran</b>	7,24" x 3,74"
<b>Berat</b>	1.1 kg
<b>Perlindungan debu dan air</b>	IP67 (semua konektor tertutup dan tahan air sampai kedalam 3.3ft)

(sumber: <http://www.topcon.co.jp/en/positioning/gnss/hiper2.html>)

*Receiver* ini dilengkapi dengan fitur *multipath reduction* dan *co-op tracking*, berdasarkan informasi pada brosur fungsi kedua fitur tersebut dapat memperkecil kesalahan yang di akibatkan oleh *mutlipath* dan *cycle slips* saat pengukuran. Selain itu *receiver* Hiper II dapat mengamati sinyal satelit GPS dan GLONASS secara bersamaan.

### 3.1.3 Pengumpulan Data

Pengukuran dilakukan menggunakan receiver Hiper II dengan metode survei statik diferensial, dimana data yang di ukur adalah jarak *pseudorange* dan jarak fase yang dipancarkan oleh satelit GPS dan GLONASS. Pemecahan ambiguitas dilakukan menggunakan gelombang L1 dan L2. Perekaman data dilakukan setiap interval 15" dengan sudut elevasi (*mask angle*) 15°. Durasi pengamatan dilakukan selama empat hari pada tanggal 26-30 September 2010. Titik ikat (*base point*) diambil dari salah satu titik yang diamati, untuk jaring baseline pendek titik ikat diambil dari titik GPS-134 yang berlokasi di lapangan Gasibu Bandung, dimana titik tersebut terikat pada jaring titik kontrol geodesi ITB yang sebelumnya sudah diikatkan terhadap titik kontrol Jaring Kontrol Geodesi Nasional (JKGN) BAKOSURTANAL. Sedangkan jaring baseline panjang, titik ikat diambil dari salah satu titik pada jaring baseline pendek yang sudah dihitung koordinatnya, yaitu titik DMG-5030 yang berlokasi di perumahan Setra Dago Antapani. Durasi pengamatan baseline pendek adalah 1 jam dan untuk baseline panjang lama pengamatan adalah 2 jam. Jadwal pengamatan baseline pendek dan baseline panjang dapat dilihat pada tabel 3.3 dan 3.2.

Tabel 3.3 Jadwal pengukuran baseline pendek

No. titik	Lokasi	Tgl. pengamatan	Waktu pengamatan	Keterangan
ITN_301	Itenas	28-09-2010	21:45-22:45	Full-fitur
ITB-GPS-134	Gasibu	27-09-2010	20:00-21:00	Non-fitur
DMG-5030	Setra	27-09-2010	22:30-23:30	Full-fitur
ITB-GPS-134	Gasibu	27-09-2010	23:30-00:30	Non-fitur
ITN_301	Itenas	28-09-2010	16:00-17:00	Full-fitur
DMG-5030	Setra	28-09-2010	17:00-18:00	Non-fitur
ITN_301	Itenas	28-09-2010	19:00-20:00	Full-fitur
SIL-BPN	Siliwangi	28-09-2010	20:00-21:00	Non-fitur
ITB-GPS-134	Gasibu	29-09-2010	19:00-20:00	Full-fitur
SIL-BPN	Siliwangi	29-09-2010	20:00-21:00	Non-fitur
DMG-5030	Setra	30-09-2010	07:40-08:40	Full-fitur
SIL-BPN	Siliwangi	30-09-2010	09:00-10:00	Non-fitur

Tabel 3.4 Jadwal pengukuran baseline panjang

No. titik	Lokasi	Tgl. pengamatan	Waktu pengamatan	Keterangan
DMG-5029	Cikalong	29-09-2010	15:00-17:00	Full-fitur
T.PARAHU	Gg.Tangkuban parahu	26-09-2010	10:00-12:00	Non-fitur
DMG-5029	Cikalong	26-09-2010	17:00-19:30	Full-fitur
BPN-1012467	Cimareme	26-09-2010	19:00-21:00	Non-fitur
DMG-5029	Cikalong	27-09-2010	00:00-02:00	Full-fitur
DMG-5030	Setra	27-09-2010	02:00-04:00	Non-fitur
BPN-1012467	Cimareme	27-09-2010	13:00-15:00	Full-fitur
DMG-5030	Setra	27-09-2010	15:00-17:00	Non-fitur
T.PARAHU	Gg.Tangkuban parahu	28-09-2010	10:00-12:00	Full-fitur
DMG-5030	Setra	28-09-2010	12:00-14:00	Non-fitur
T.PARAHU	Gg.Tangkuban parahu	28-09-2010	09:00-11:00	Full-fitur
BPN-1012467	Cimareme	28-09-2010	09:00-10:00	Non-fitur

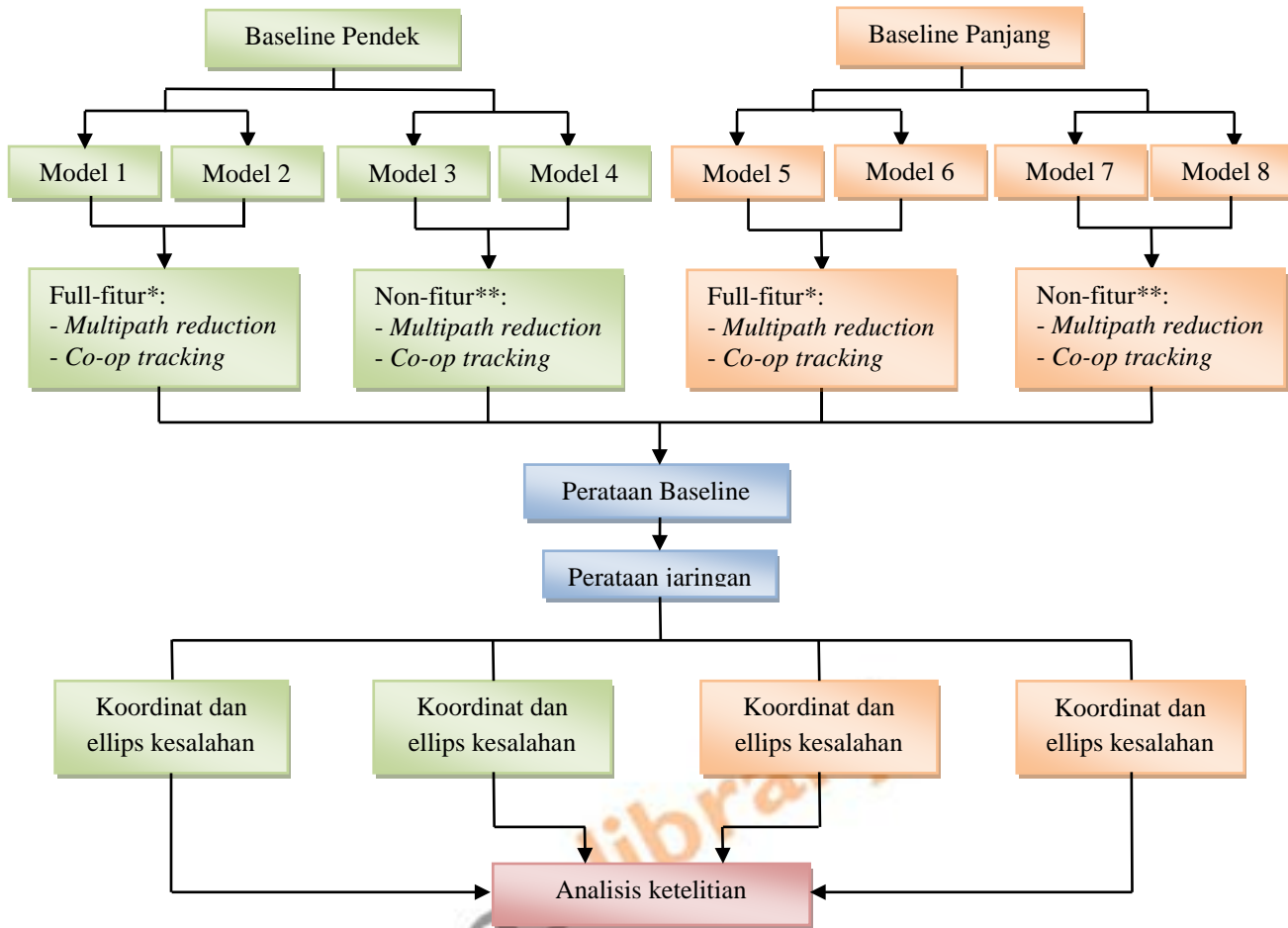
Keterangan:

- Full-fitur: GPS+GLONASS, menggunakan fitur *co-op tracking* dan *multipath reduction*.
- Non-fitur: GPS+GLONASS, tidak menggunakan fitur *co-op tracking* dan *multipath reduction*.

### 3.1.4 Pengolahan Data

Pada dasarnya, pengolahan data GPS dan GLONASS bertujuan untuk mendapatkan vektor baseline ( $dX$ ,  $dY$ ,  $dZ$ ) antara 2 titik atau lebih sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Untuk mendapatkan nilai vektor baseline yang terbaik, diperlukan beberapa kali pengulangan pemrosesan data. Adapun pengolahan data dilakukan dengan melibatkan 8 model data, deskripsi masing-masing model data yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Model 1: Data GPS+GLONASS baseline pendek yang di ukur menggunakan full-fitur.
- Model 2: Data GPS baseline pendek yang di ukur menggunakan full-fitur.
- Model 3: Data GPS+GLONASS baseline pendek yang di ukur menggunakan non-fitur.
- Model 4: Data GPS baseline pendek yang di ukur menggunakan non-fitur.
- Model 5: Data GPS+GLONASS baseline panjang yang di ukur menggunakan full-fitur.
- Model 6: Data GPS baseline panjang yang di ukur menggunakan full-fitur.
- Model 7: Data GPS+GLONASS baseline panjang yang di ukur menggunakan non-fitur.
- Model 8: Data GPS baseline panjang yang di ukur menggunakan non-fitur.



Gambar 3.5 Diagram alir proses pelaksanaan penelitian

\*Full-fitur = Pengukuran menggunakan fitur

\*\*Non-fitur = Pengukuran tidak menggunakan fitur

### 3.1.4.1. Pengolahan Data Baseline Pendek

Baseline jaring pendek terdiri dari 4 titik yaitu, GPS-134, ITN-301, SLI-BPN, DMG-5030. Dimana titik kontrol yang digunakan adalah titik GPS-134. Untuk menghilangkan pengaruh troposfer digunakan *setting default* yaitu, pemilihan model troposfer menggunakan model Goad & Goodman dan model meteo menggunakan model NRLMSISE. Hasil pengolahan data baseline pendek dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.5 Data pengolahan model 1

Baseline	$\Sigma$ Satelit teramati		Jarak (m)	RMS (m)		Keterangan
	GLONASS	GPS		Posisi horisontal	Posisi vertikal	
GPS-134 – ITN-301	6	9	1963.258	0.002	0.004	Fixed solution
GPS-134 – DMG-5030	5	10	5020.469	0.003	0.007	Fixed solution
GPS-134 – SIL-BPN	6	9	1266.807	0.007	0.013	Fixed solution
ITN-301 – DMG-5030	5	9	3243.604	0.001	0.002	Fixed solution
I ITN-301 – SIL-BPN	6	9	2468.158	0.006	0.011	Fixed solution
DMG-5030 – SIL-BPN	6	11	4903.257	0.005	0.009	Fixed solution

Tabel 3.6 Data pengolahan model 2

Baseline	$\Sigma$ Satelit GPS	Jarak (m)	RMS		Keterangan
			Posisi horisontal	Posisi vertikal	
GPS-134 – ITN-301	9	1963.258	0.002	0.004	Fixed solution
GPS-134 – DMG-5030	10	5020.462	0.004	0.007	Fixed solution
GPS-134 – SIL-BPN	9	1266.812	0.011	0.020	Fixed solution
ITN-301 – DMG-5030	9	3243.605	0.004	0.007	Fixed solution
I ITN-301 – SIL-BPN	9	2468.165	0.006	0.008	Fixed solution
DMG-5030 – SIL-BPN	11	4903.259	0.005	0.008	Fixed solution

Tabel 3.7 Data pengolahan model 3

Baseline	$\Sigma$ Satelit teramati		Jarak (m)	RMS (m)		Keterangan
	GLONASS	GPS		Posisi horisontal	Posisi vertikal	
GPS-134 – ITN-301	5	11	1963.260	0.002	0.003	Fixed solution
GPS-134 – DMG-5030	6	9	5020.475	0.016	0.037	Fixed solution
GPS-134 – SIL-BPN	8	11	1266.813	0.008	0.012	Fixed solution
ITN-301 – DMG-5030	6	9	3243.600	0.003	0.005	Fixed solution
I ITN-301 – SIL-BPN	6	11	2468.161	0.005	0.008	Fixed solution
DMG-5030 – SIL-BPN	6	10	4903.252	0.008	0.012	Fixed solution

Tabel 3.8 Data pengolahan model 4

Baseline	$\Sigma$ Satelit GPS	Jarak (m)	RMS		Keterangan
			Posisi horisontal	Posisi vertikal	
GPS-134 – ITN-301	11	1963.258	0.005	0.013	Fixed solution
GPS-134 – DMG-5030	9	5020.448	0.009	0.022	Fixed solution
GPS-134 – SIL-BPN	11	1266.812	0.009	0.013	Fixed solution
ITN-301 – DMG-5030	9	3243.603	0.004	0.006	Fixed solution
I ITN-301 – SIL-BPN	11	2468.160	0.006	0.010	Fixed solution
DMG-5030 – SIL-BPN	10	4903.230	0.008	0.018	Fixed solution

### 3.1.4.2. Pengolahan Data Baseline Panjang

Baseline jaring panjang terdiri dari 4 titik yaitu, DMG-5029, BPN-1012467, T.PARAHU, DMG-5030. Dimana titik kontrol yang digunakan adalah DMG-5030 yang didapat dari pengukuran baseline pendek GPS+GLONASS full-fitur. Untuk menghilangkan pengaruh troposfer digunakan *setting default* yaitu, pemilihan model troposfer menggunakan model Goad & Goodman dan model meteo menggunakan model NRLMSISE Hasil pengolahan data baseline panjang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.9 Data pengolahan model 5

Baseline	$\Sigma$ Satelit teramati		Jarak (m)	RMS (m)		Keterangan
	GLONASS	GPS		Posisi horisontal	Posisi vertikal	
DMG-5029 – BPN-1012467	8	11	12465.413	0.016	0.024	Fixed solution
DMG-5029 – DMG-5030	8	13	27258.275	0.013	0.023	Fixed solution
DMG-5029 – T.PARAHU	7	12	17709.379	0.007	0.013	Fixed solution
BPN-1012467 – DMG-5030	7	12	17898.023	0.012	0.019	Fixed solution
BPN-1012467 – T.PARAHU	8	12	17914.695	0.023	0.018	Fixed solution
DMG-5030 – T.PARAHU	9	12	17442.163	0.016	0.014	Float solution

Tabel 3.10 Data pengolahan model 6

Baseline	$\Sigma$ Satelit GPS	Jarak (m)	RMS		Keterangan
			Posisi horisontal	Posisi vertikal	
DMG-5029 – BPN-1012467	11	12465.390	0.013	0.025	Fixed solution
DMG-5029 – DMG-5030	13	27258.279	0.017	0.029	Fixed solution
DMG-5029 – T.PARAHU	12	17709.373	0.008	0.012	Fixed solution
BPN-1012467 – DMG-5030	12	17898.100	0.008	0.015	Fixed solution
BPN-1012467 – T.PARAHU	12	17914.737	0.009	0.016	Fixed solution
DMG-5030 – T.PARAHU	12	17442.173	0.015	0.012	Float solution

Tabel 3.11 Data pengolahan model 7

Baseline	$\Sigma$ Satelit teramati		Jarak (m)	RMS (m)		Keterangan
	GLONASS	GPS		Posisi horisontal	Posisi vertikal	
DMG-5029 – BPN-1012467	8	13	12465.375	0.013	0.019	Fixed solution
DMG-5029 – DMG-5030	6	12	27258.259	0.009	0.018	Fixed solution
DMG-5029 – T.PARAHU	5	10	17709.366	0.015	0.023	Fixed solution
BPN-1012467 – DMG-5030	5	10	17898.121	0.012	0.015	Fixed solution
BPN-1012467 – T.PARAHU	7	10	17914.693	0.031	0.023	Float solution
DMG-5030 – T.PARAHU	9	12	17442.180	0.016	0.011	Float solution

Tabel 3.12 Data pengolahan model 8

Baseline	$\Sigma$ Satelit GPS	Jarak (m)	RMS		Keterangan
			Posisi horisontal	Posisi vertikal	
DMG-5029 – BPN-1012467	13	12465.375	0.009	0.016	Fixed solution
DMG-5029 – DMG-5030	12	27258.261	0.008	0.020	Fixed solution
DMG-5029 – T.PARAHU	10	17709.322	0.017	0.028	Fixed solution
BPN-1012467 – DMG-5030	10	17898.090	0.016	0.023	Fixed solution
BPN-1012467 – T.PARAHU	10	17914.784	0.059	0.030	Float solution
DMG-5030 – T.PARAHU	12	17442.189	0.021	0.015	Float solution



## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Hasil Hitungan Posisi**

Hasil akhir proses perhitungan adalah data koordinat, simpangan baku, dan ellips kesalahan titik-titik jaring GPS untuk baseline pendek dan baseline panjang setelah hitung perataan yang disajikan dalam bentuk pada tabel dan grafik berikut.

Halaman berikut adalah data koordinat, simpangan baku, dan ellips kesalahan titik-titik jaring GPS untuk baseline pendek dan baseline panjang setelah hitung perataan.





Tabel 4.1. Koordinat titik baseline pendek menggunakan data model 1

Nama titik	Koordinat UTM		Tinggi	Simpangan baku			Parameter ellips kesalahan		
	X (m)	Y (m)	h(m)	$\sigma_x$ (m)	$\sigma_y$ (m)	$\sigma_h$ (m)	$\sigma_u$ (m)	$\sigma_v$ (m)	Sudut orientasi ( $t^\circ$ )
<b>ITN-301</b>	791303.261	9236770.502	734.349	$\pm 0.003$	$\pm 0.003$	$\pm 0.004$	$\pm 0.003$	$\pm 0.003$	88°42'48.24"
<b>DMG-5030</b>	794269.117	9235453.211	703.513	$\pm 0.003$	$\pm 0.003$	$\pm 0.004$	$\pm 0.003$	$\pm 0.003$	92°22'48.08"
<b>SIL-BPN</b>	789368.026	9235236.564	722.492	$\pm 0.005$	$\pm 0.005$	$\pm 0.007$	$\pm 0.006$	$\pm 0.005$	134°19'12.50"

Tabel 4.2. Koordinat titik baseline pendek menggunakan data model 2

Nama titik	Koordinat UTM		Tinggi	Simpangan baku			Parameter ellips kesalahan		
	X (m)	Y (m)	h(m)	$\sigma_x$ (m)	$\sigma_y$ (m)	$\sigma_h$ (m)	$\sigma_u$ (m)	$\sigma_v$ (m)	Sudut orientasi ( $t^\circ$ )
<b>ITN-301</b>	791307.078	9236770.630	735.582	$\pm 0.002$	$\pm 0.002$	$\pm 0.004$	$\pm 0.002$	$\pm 0.002$	114°36'10.50"
<b>DMG-5030</b>	794272.929	9235453.338	704.753	$\pm 0.003$	$\pm 0.002$	$\pm 0.006$	$\pm 0.003$	$\pm 0.002$	93°30'52.06"
<b>SIL-BPN</b>	789371.845	9235236.680	723.735	$\pm 0.004$	$\pm 0.003$	$\pm 0.007$	$\pm 0.004$	$\pm 0.002$	118°22'44.76"

Tabel 4.3. Koordinat titik baseline pendek menggunakan data model 3

Nama titik	Koordinat UTM		Tinggi	Simpangan baku			Parameter ellips kesalahan		
	X (m)	Y (m)	h(m)	$\sigma_x$ (m)	$\sigma_y$ (m)	$\sigma_h$ (m)	$\sigma_u$ (m)	$\sigma_v$ (m)	Sudut orientasi ( $t^\circ$ )
<b>ITN-301</b>	791303.261	9236770.503	734.348	$\pm 0.002$	$\pm 0.002$	$\pm 0.004$	$\pm 0.002$	$\pm 0.002$	89°33'52.50"
<b>DMG-5030</b>	794269.114	9235453.211	703.506	$\pm 0.003$	$\pm 0.002$	$\pm 0.005$	$\pm 0.003$	$\pm 0.002$	89°35'55.31"
<b>SIL-BPN</b>	789368.019	9235236.560	722.498	$\pm 0.003$	$\pm 0.003$	$\pm 0.007$	$\pm 0.003$	$\pm 0.003$	110°36'12.46"

Tabel 4.4. Koordinat titik baseline pendek menggunakan data model 4

Nama titik	Koordinat UTM		Tinggi	Simpangan baku			Parameter ellips kesalahan		
	X (m)	Y (m)	h(m)	$\sigma_x$ (m)	$\sigma_y$ (m)	$\sigma_h$ (m)	$\sigma_u$ (m)	$\sigma_v$ (m)	Sudut orientasi ( $t^\circ$ )
<b>ITN-301</b>	791303.260	9236770.504	734.359	$\pm 0.006$	$\pm 0.005$	$\pm 0.018$	$\pm 0.006$	$\pm 0.005$	78°26'31.11"
<b>DMG-5030</b>	794269.108	9235453.212	703.528	$\pm 0.007$	$\pm 0.005$	$\pm 0.020$	$\pm 0.007$	$\pm 0.005$	77°10'20.86"
<b>SIL-BPN</b>	789368.035	9235236.553	722.521	$\pm 0.009$	$\pm 0.006$	$0 \pm 0.019$	$\pm 0.009$	$\pm 0.006$	106°44'00.85"

Tabel 4.5. Koordinat titik baseline panjang menggunakan data model 5

Nama titik	Koordinat UTM		Tinggi	Simpangan baku			Parameter ellips kesalahan		
	X (m)	Y (m)	h(m)	$\sigma_x$ (m)	$\sigma_y$ (m)	$\sigma_h$ (m)	$\sigma_u$ (m)	$\sigma_v$ (m)	Sudut orientasi ( $t^\circ$ )
<b>DMG-5029</b>	771785.770	9250888.000	661.964	$\pm 0.009$	$\pm 0.014$	$\pm 0.030$	$\pm 0.014$	$\pm 0.009$	83°02'41.17"
<b>BPN-1012467</b>	776820.493	9239478.801	695.869	$\pm 0.010$	$\pm 0.015$	$\pm 0.030$	$\pm 0.015$	$\pm 0.010$	92°16'11.32"
<b>T.PARAHU</b>	789416.456	9252177.293	1826.547	$\pm 0.009$	$\pm 0.016$	$\pm 0.025$	$\pm 0.016$	$\pm 0.009$	89°46'15.48"

Tabel 4.6. Koordinat titik baseline panjang menggunakan data model 6

Nama titik	Koordinat UTM		Tinggi	Simpangan baku			Parameter ellips kesalahan		
	X (m)	Y (m)	h(m)	$\sigma_x$ (m)	$\sigma_y$ (m)	$\sigma_h$ (m)	$\sigma_u$ (m)	$\sigma_v$ (m)	Sudut orientasi ( $t^\circ$ )
<b>DMG-5029</b>	771785.764	9250887.991	661.958	$\pm 0.022$	$\pm 0.016$	$\pm 0.029$	$\pm 0.022$	$\pm 0.016$	97°13'24.32"
<b>BPN-1012467</b>	776820.406	9239478.816	695.886	$\pm 0.025$	$\pm 0.017$	$\pm 0.027$	$\pm 0.025$	$\pm 0.016$	73°07'45.70"
<b>T.PARAHU</b>	789416.433	9252177.283	1826.567	$\pm 0.033$	$\pm 0.016$	$\pm 0.022$	$\pm 0.033$	$\pm 0.016$	87°01'54.04"

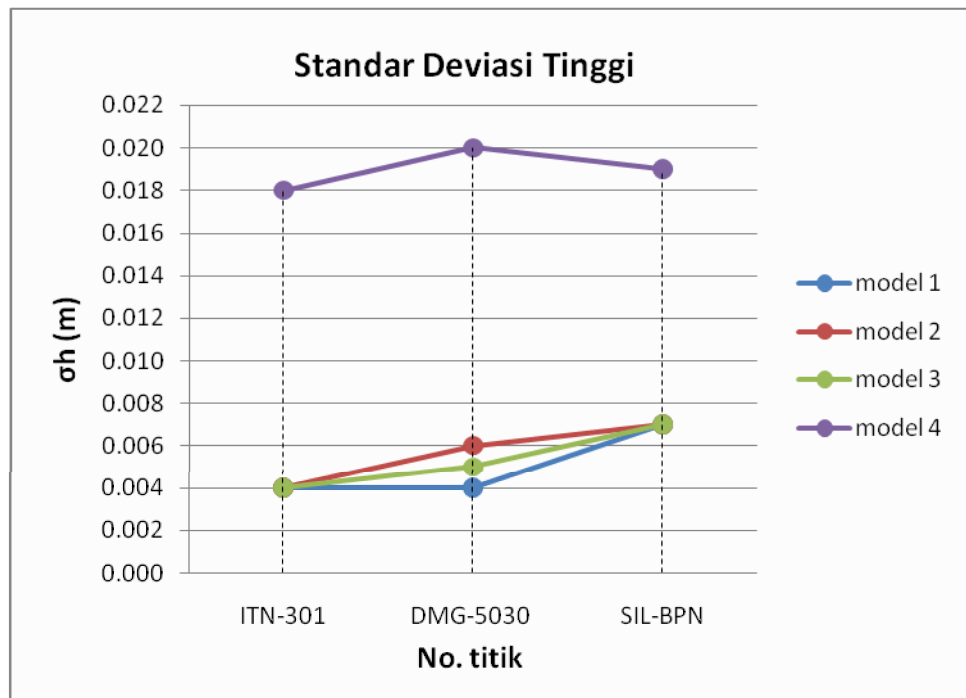
Tabel 4.7. Koordinat titik baseline panjang menggunakan data model 7

Nama titik	Koordinat UTM		Tinggi	Simpangan baku			Parameter ellips kesalahan		
	X (m)	Y (m)	h(m)	$\sigma_x$ (m)	$\sigma_y$ (m)	$\sigma_h$ (m)	$\sigma_u$ (m)	$\sigma_v$ (m)	Sudut orientasi (t°)
<b>DMG-5029</b>	771785.764	9250888.004	661.975	±0.014	±0.009	±0.030	±0.014	±0.009	96°13'57.37"
<b>BPN-1012467</b>	776820.406	9239478.829	695.878	±0.011	±0.008	±0.026	±0.011	±0.008	90°08'16.42"
<b>T.PARAHU</b>	789416.433	9252177.302	1826.605	±0.013	±0.007	±0.023	±0.013	±0.007	92°18'16.63"

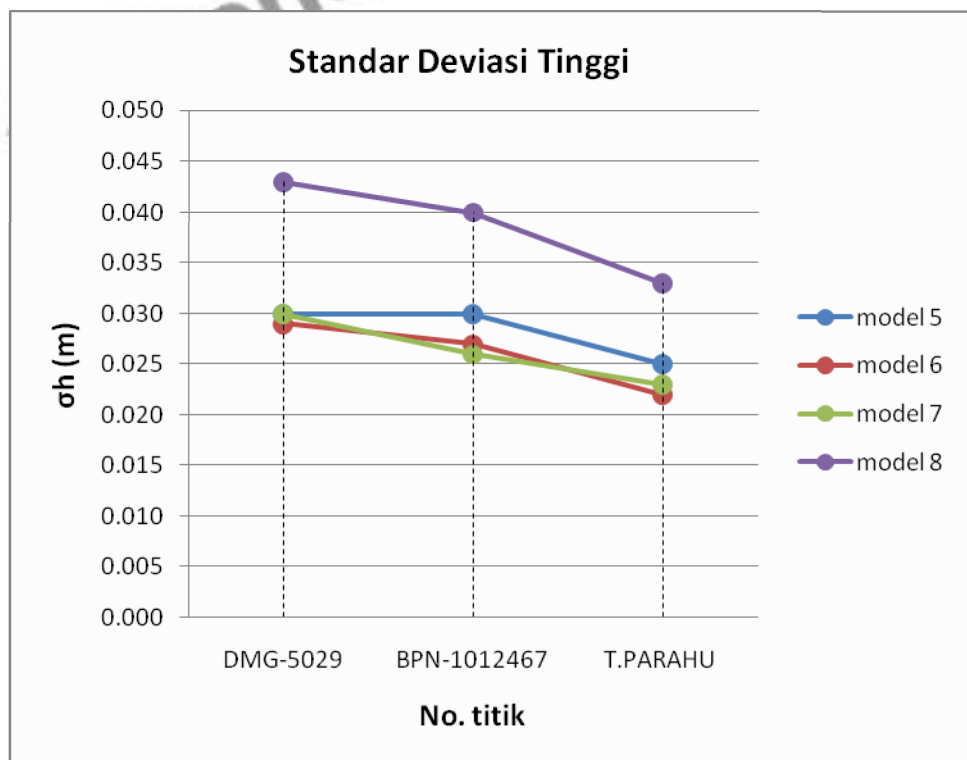
Tabel 4.8. Koordinat titik baseline panjang menggunakan data model 8

Nama titik	Koordinat UTM		Tinggi	Simpangan baku			Parameter ellips kesalahan		
	X (m)	Y (m)	h(m)	$\sigma_x$ (m)	$\sigma_y$ (m)	$\sigma_h$ (m)	$\sigma_u$ (m)	$\sigma_v$ (m)	Sudut orientasi (t°)
<b>DMG-5029</b>	771785.789	9250887.981	661.889	±0.018	±0.013	±0.043	±0.018	±0.013	87°36'58.96"
<b>BPN-1012467</b>	776820.436	9239478.810	695.832	±0.022	±0.016	±0.040	±0.022	±0.016	85°02'25.50"
<b>T.PARAHU</b>	789416.410	9252177.273	1826.583	±0.034	±0.017	±0.033	±0.034	±0.017	92°00'32.40"

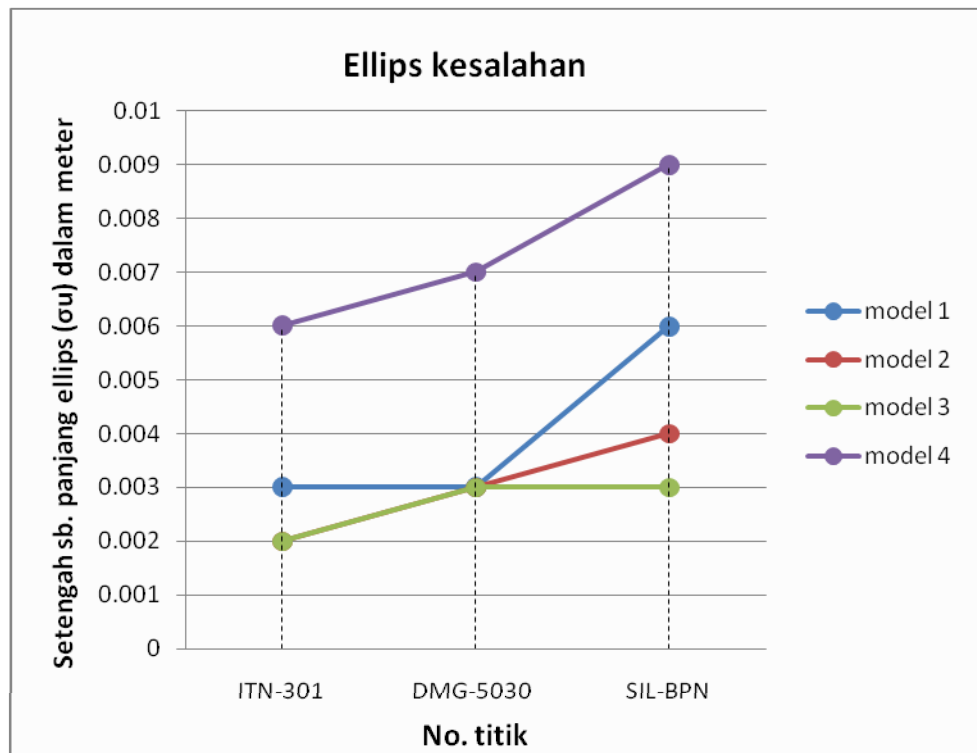
Gambar di bawah menunjukkan grafik standar deviasi tinggi ( $\sigma_h$ ) dan ellips kesalahan, grafik tersebut memperlihatkan perbedaan hasil antara baseline pendek model 1 sampai dengan 4 dan baseline panjang model 5 sampai dengan 8.



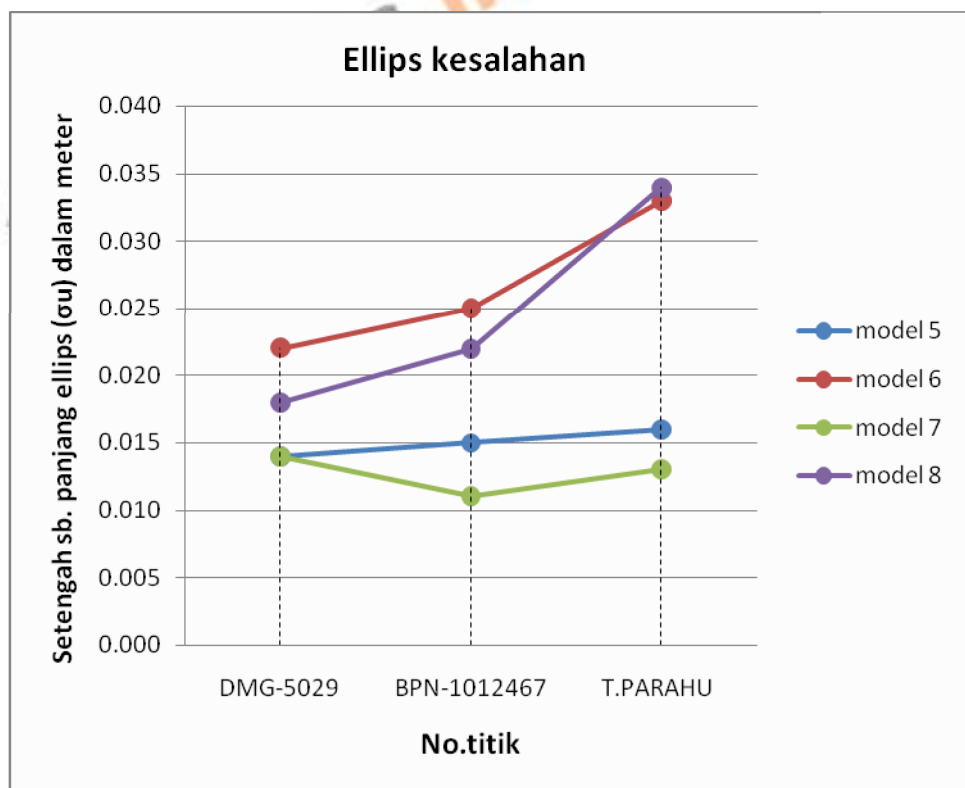
Gambar 4.1. Grafik standar deviasi tinggi baseline pendek



Gambar 4.2. Grafik standar deviasi tinggi baseline panjang

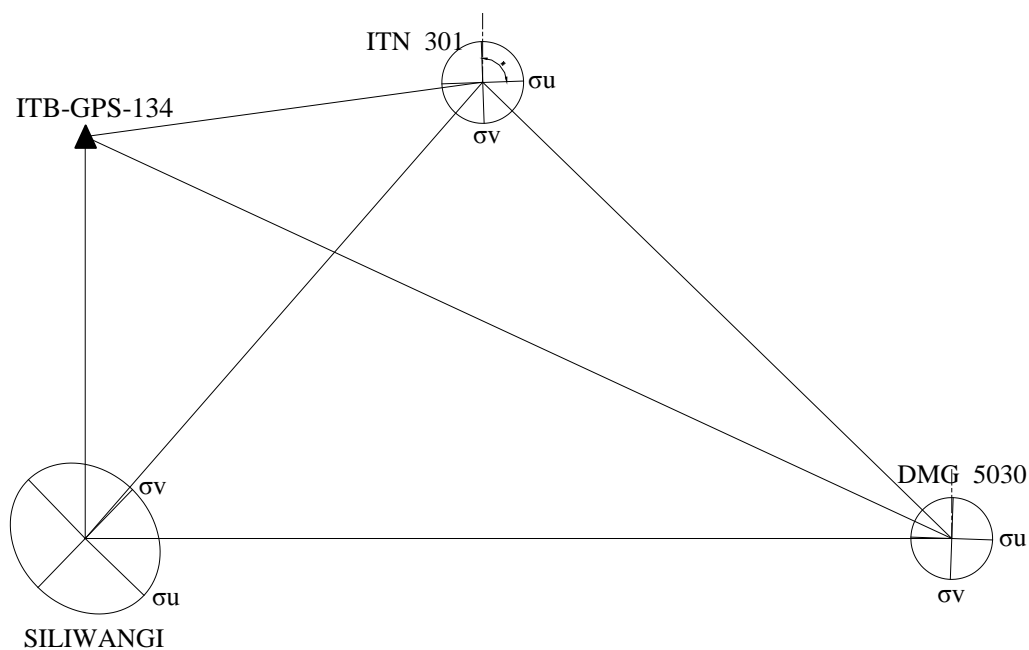


Gambar 4.3. Grafik ellips kesalahan baseline pendek

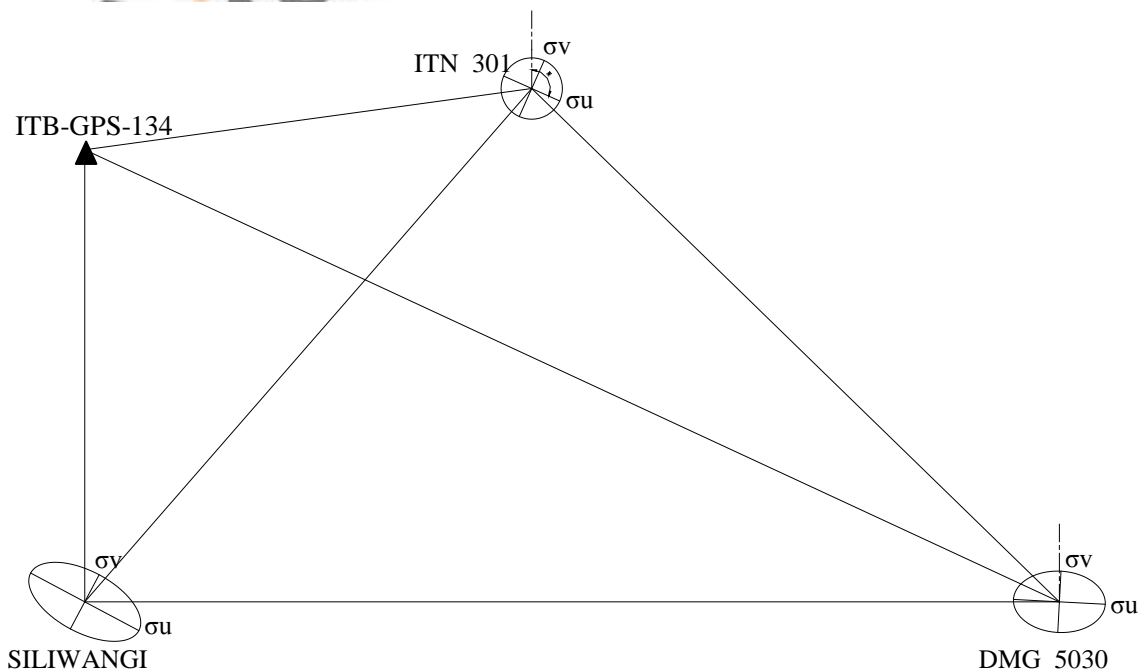


Gambar 4.4. Grafik ellips kesalahan baseline panjang

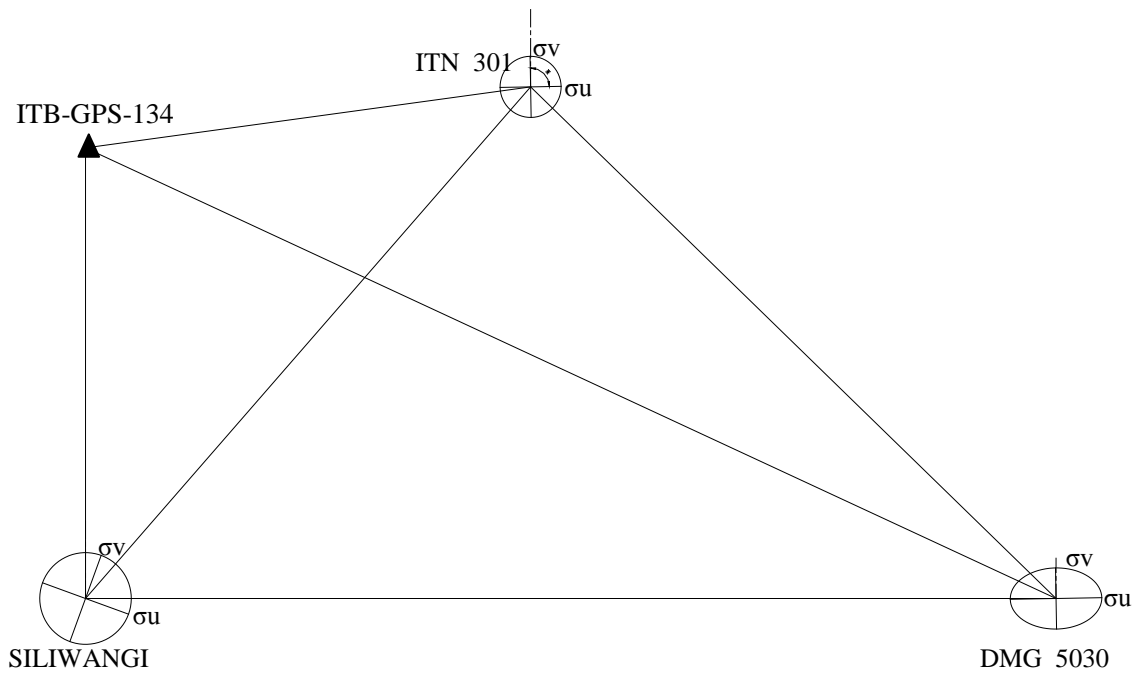
Gambar berikut adalah sketsa ellips kesalahan baseline pendek model 1 sampai dengan 4 dan baseline panjang model 5 sampai dengan 8.



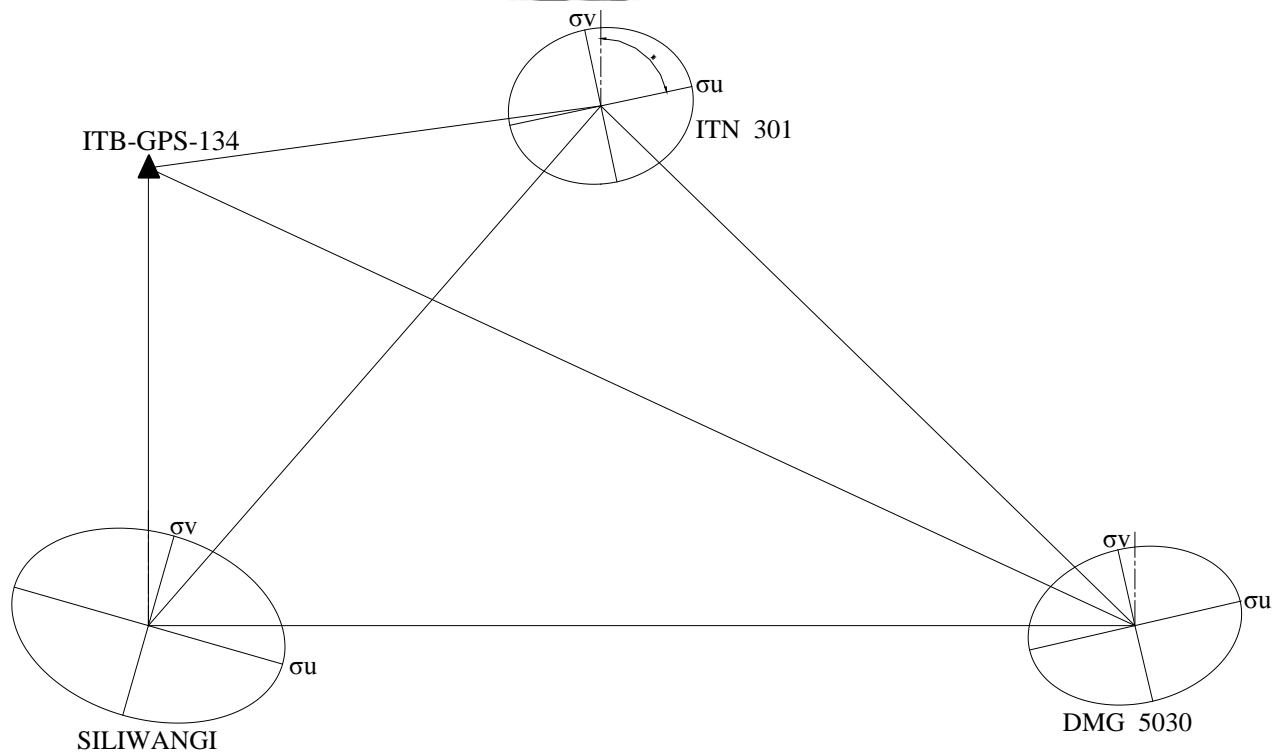
Gambar 4.5. Ellips Kesalahan Titik Jaring Model 1



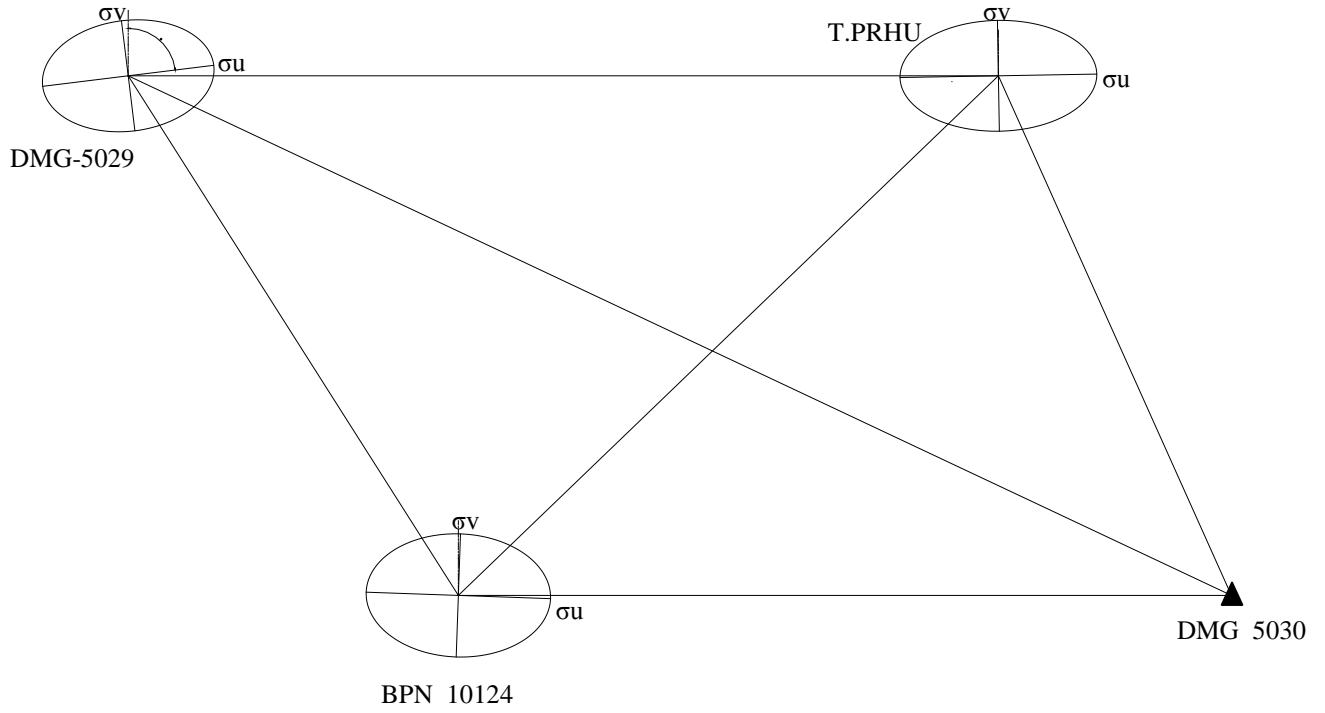
Gambar 4.6. Ellips Kesalahan Titik Jaring Model 2



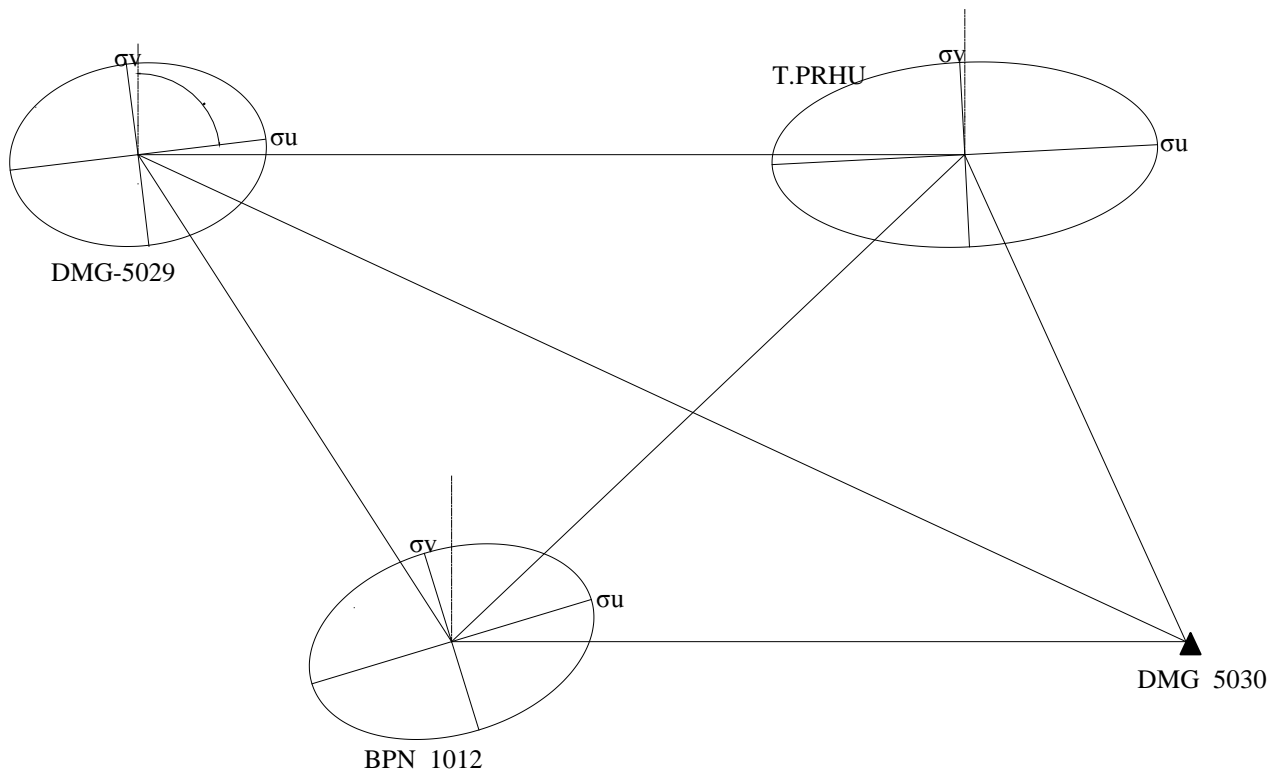
Gambar 4.7. Ellips Kesalahan Titik Jaring Model 3



Gambar 4.8. Ellips Kesalahan Titik Jaring Model 4

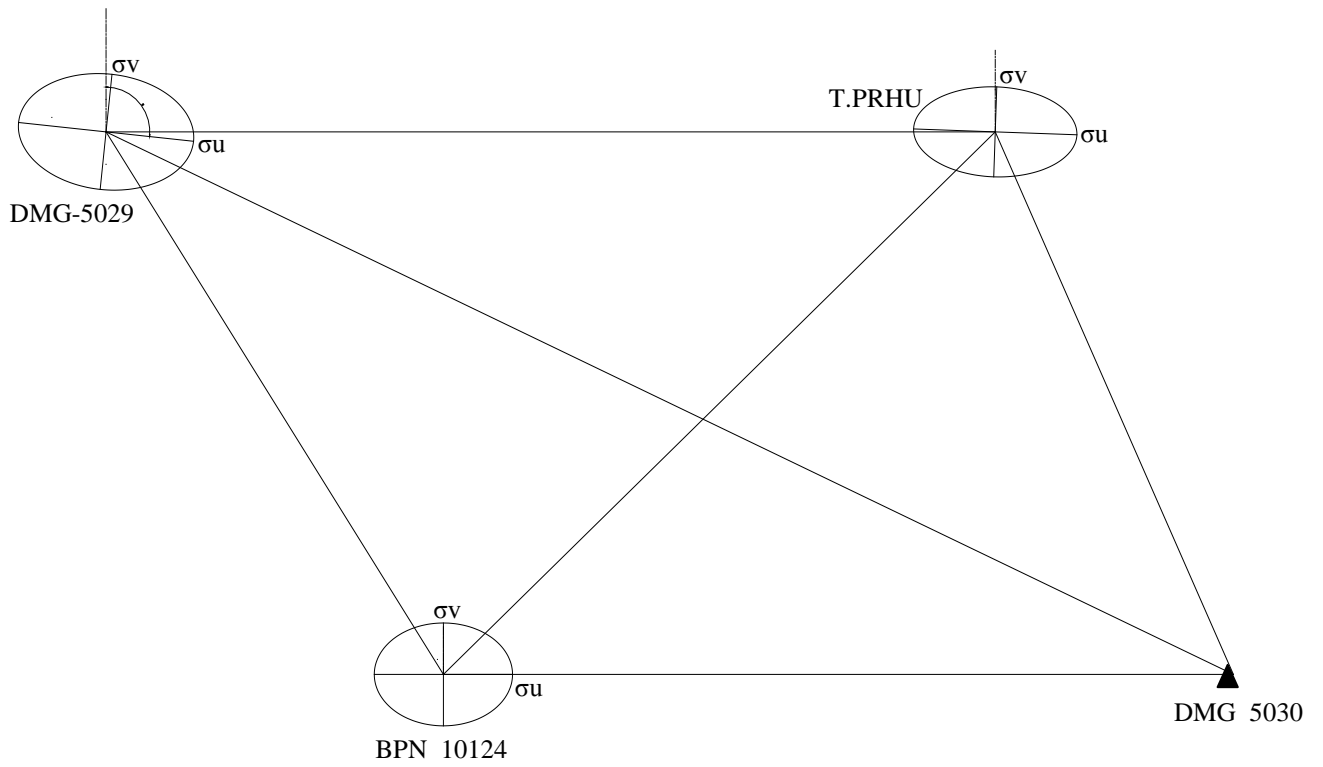


Gambar 4.9. Ellips Kesalahan Titik Jaring Model 5

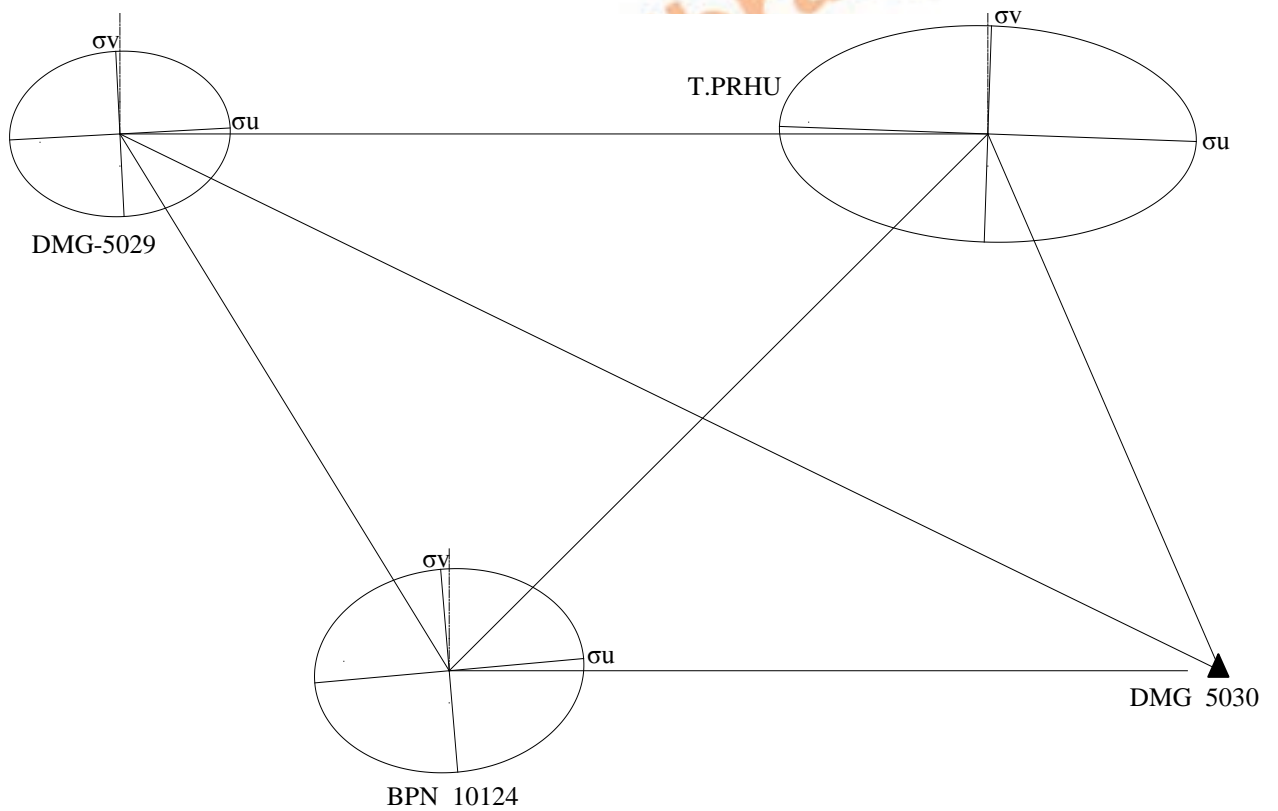


Gambar 4.10. Ellips Kesalahan Titik Jaring Model 6





Gambar 4.11. Ellips Kesalahan Titik Jaring Model 7



Gambar 4.12. Ellips Kesalahan Titik Jaring Model 8

## 4.2. Analisis

### 4.2.1. Analisis Data

Tabel 3.5 sampai dengan tabel 3.8, data pengukuran baseline pendek model 1 menunjukkan rata-rata jumlah satelit GPS+GLONASS yang teramati pada tiap baseline sekitar 15-17 satelit. Sedangkan pada data pengukuran model 3 rata-rata jumlah satelit GPS+GLONASS yang teramati pada tiap baseline sekitar 15-19. Jika dilihat dari rata-rata jumlah satelit pada model 1 dan 3, model 3 memiliki jumlah satelit yang lebih banyak dari pada model 3, disini dapat dilihat bahwa pada baseline pendek penggunaan full-fitur tidak mempunyai pengaruh yang besar terhadap jumlah satelit yang teramati, dikarenakan keadaan troposfer pada daerah pengukuran mempunyai pengaruh yang sama. Begitu juga untuk model 2 dan 4, model 4 satelit GPS yang teramati pada tiap baseline sekitar 9-11 satelit sedangkan model 2 satelit GPS yang teramati pada tiap baseline sekitar 9-10 satelit.

Tabel 3.9 sampai dengan tabel 3.12, data pengukuran baseline panjang model 5 menunjukkan jumlah satelit GPS+GLONASS yang teramati pada tiap baseline sekitar 19-21 satelit. Sedangkan pada data pengukuran model 7 jumlah satelit GPS+GLONASS yang teramati pada tiap baseline sekitar 15-21. Jika dilihat dari jumlah satelit pada model 5 dan 7, model 5 memiliki jumlah satelit yang lebih banyak dari pada model 7. Pada baseline panjang penggunaan full-fitur dapat mempengaruhi jumlah satelit yang teramati, dikarenakan jauhnya jarak antar titik pengamatan maka keadaan troposfer pada daerah pengukuran juga akan berbeda. Begitu juga untuk model 6 dan 8, model 6 satelit GPS yang teramati pada tiap baseline sekitar 11-13 satelit sedangkan model 8 satelit GPS yang teramati pada tiap baseline sekitar 10-13 satelit. Baseline panjang memiliki jumlah satelit lebih banyak daripada baseline pendek karena waktu pengamatan kedua baseline berbeda. Lama pengamatan baseline pendek adalah 1 jam dan baseline panjang adalah 2 jam, semakin lama pengamatan maka satelit yang teramati juga semakin banyak.

### 4.2.2. Analisis Hasil

Berdasarkan tabel 4.1 sampai dengan tabel 4.4 dapat dilihat bahwa ketelitian posisi titik untuk baseline pendek dalam orde milimeter dengan solusi baseline *fixed*, mikian juga gambar yang ditunjukkan oleh grafik 4.3 perbedaan nilai ellips kesalahan model 1, 2 dan 3 sangat kecil, berbeda dengan model 4 yang memiliki nilai ellips kesalahan yang besar, hal ini dikarenakan pengaruh dari sedikitnya

jumlah satelit yang teramati dan penggunaan non-fitur, dimana data model 4 adalah data GPS menggunakan non-fitur. Titik DMG-5030 nilai ellips kesalahan pada model 1, 2 dan 3 menunjukkan nilai yang sama, sedangkan titik ITN-301 model 2 dan 3 menunjukkan nilai yang sama dan model 1 menunjukkan perbedaan 0.001 m dari model 2 dan 3. Berbeda dengan 2 titik lainnya nilai ellips kesalahan titik SIL-BPN menunjukkan perbedaan yang cukup besar untuk keempat model tersebut, karena apabila dilihat dari daerah pengukuran, titik SIL-BPN banyak tertutupi oleh pohon dan gedung, sehingga terdapat *multipath* yang besar. Karena terdapatnya *multipath* maka mempengaruhi besarnya nilai ellips kesalahan, akan tetapi dengan banyaknya jumlah satelit dan penggunaan full-fitur maka kesalahan akibat *multipath* dapat diperkecil.

Kecilnya nilai ellips kesalahan dari keempat model menunjukkan bahwa pengolahan data menggunakan model 3 lebih teliti dari model lainnya. pada baseline pendek penggunaan fitur mempunyai pengaruh yang kecil terhadap ketelitian posisi, hal ini dapat dilihat dari model 2 walaupun mempunyai jumlah satelit yang sedikit akan tetapi ketelitian posisi yang didapat mendekati model 1 dan 3. Berdasarkan hal tersebut dapat diketahui bahwa pada baseline pendek penggunaan full-fitur dapat memberikan hasil yang sangat teliti walaupun jumlah satelit yang teramati lebih sedikit.

Berdasarkan tabel 4.5 sampai dengan tabel 4.8 dapat dilihat bahwa ketelitian posisi titik untuk baseline panjang dalam orde centimeter dengan solusi baseline dengan solusi baseline *fixed* dan *float*, demikian juga gambar yang ditunjukkan oleh grafik 4.4 dapat dilihat bahwa model dengan pengukuran menggunakan full-fitur memiliki nilai ellips kesalahan yang lebih kecil dari pada pengukuran menggunakan non-fitur. Hal ini dikarenakan pada pengolahan data model pengukuran menggunakan full-fitur terdapat satu baseline dengan tipe solusi *float* yaitu baseline DMG-5030 - T.PARAHU sedangkan data model pengukuran menggunakan non-fitur terdapat dua baseline dengan tipe solusi *float* yaitu baseline BPN-1012467 - T.PARAHU dan DMG-5030 - T.PARAHU. Dalam keempat model tersebut solusi *float* terdapat pada titik T.PARAHU, ini dikarenakan pada saat pengukuran di titik T.PARAHU dalam keadaan berkabut tebal, dalam keadaan tersebut dapat menimbulkan pengaruh bias troposfer yang besar terhadap data pengolahan.

Banyaknya satelit yang teramati membuat nilai ellips kesalahan menjadi kecil hal tersebut dapat terlihat pada model 5 dan 7, akan tetapi banyaknya jumlah satelit tidak dapat menghilangkan pengaruh dari kesalahan troposfer, dengan penggunaan full-fitur dapat membantu mengurangi bias troposfer pada pengukuran

hal ini dapat dilihat dari model 6 dan 7, walaupun model 6 jumlah satelit yang teramati sedikit tetapi pemecahan tipe solusi pengolahan hanya memiliki satu tipe solusi *float*, karena sedikitnya satelit yang teramati membuat nilai ellips kesalahan menjadi besar. Berbeda dengan model 7 yang jumlah satelit teramati banyak tetapi memiliki dua tipe solusi *float*. Kecilnya nilai ellips kesalahan dari keempat model menunjukkan bahwa pengolahan data menggunakan model 7 lebih teliti dari model lainnya. Akan tetapi pada model 7 terdapat dua solusi *float* walaupun nilai ellips kesalahan paling kecil dari pada model yang lainnya, tapi ketelitian model 7 tersebut masih diragukan. Untuk itu model yang lebih teliti adalah model 5 karena hanya terdapat satu tipe solusi *float*.



## BAB V

### KESIMPULAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Jumlah rata-rata satelit GPS yang dapat terekam pada pengukuran baseline untuk setiap pengamatan berkisar antara 9 sampai dengan 11 satelit.
2. Jumlah rata-rata satelit GPS + satelit GLONASS yang dapat terekam pada pengukuran baseline untuk setiap pengamatan berkisar antara 15 sampai dengan 21 satelit.
3. Berdasarkan butir 1 dan 2 di atas, menunjukkan bahwa secara teoritik geometri satelit yang dibentuk oleh satelit-satelit GPS + GLONASS lebih baik dari pada geometri satelit yang hanya dibentuk oleh satelit-satelit GPS saja. Hal ini akan berdampak terhadap tingkat ketelitian yang akan dihasilkan.
4. Kombinasi sistem satelit GPS dan GLONASS yang terekam saat pengamatan dapat meningkatkan ketelitian sampai dengan orde milimeter untuk baseline pendek dan orde centimeter untuk baseline panjang.

#### 5.2. Saran

Dalam penelitian ini disadari masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu beberapa saran berikut diharapkan dapat digunakan untuk penelitian lebih lanjut, sehingga diperoleh hasil yang lebih baik yaitu:

1. Perlu dilakukan studi lebih lanjut mengenai bias troposfer, untuk jarak baseline panjang bias troposfer harus dipertimbangkan. Ini bisa dilakukan pengukuran temperatur dan tekanan pada saat pengamatan.
2. Untuk mengetahui pengaruh *co-op tracking* dan *multipath reduction* lebih baik dilakukan pengukuran di ruang yang terhalang pepohonan dan bangunan, sehingga diketahui pengaruh dari penggunaan fitur tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H.Z. (1995) *Penentuan Posisi Dengan GPS Dan Aplikasinya*, PT. Pradnya Pramita, Jakarta
- Abidin, H.Z., Jones, A., Kahar, J. (2002) *Survei Dengan GPS*, PT. Pradnya Pramita, Jakarta.
- Abidin, H.Z., Mugiarto, F.J. (2000) *Pengaruh Geometri Jaringan Terhadap Ketelitian Survei GPS*. Jurnal Surveying Dan Geodesi, Vol. X, No.1, <<http://www.gd.itb.ac.id/jurnal/V10-1-1a.pdf>>.
- Agustino, Galih. *Analisis Penggunaan Kombinasi Titik Kontrol GPS Bakosurtanal Orde-1 Dan Titik Kontrol IGS Terhadap Ketelitian Suatu Jaring Kerangka Horisontal*. Skripsi Jurusan Teknik Geodesi Itenas. Bandung.
- Berber, Mustafa. (2006) *Robustness Analysis Of Geodetic Network*. Geodesy and Geomatic Engineer, University Of New Brunswick. Canada.
- Cahyadi, M. Nur. (2006) *Analisis Kualitas Jaring Pada Pengamatan GPS*. Jurnal Teknik Geomatika-ITS.
- Sriani, Y. Arsih. *Optimasi Jaring Pada Pengukuran Orde-3 Menggunakan Perataan Parameter*. Skripsi Jurusan Teknik Geomatika- ITS. Surabaya.
- Wolf, R, P., Ghilani D, C,. *Adjusment Computation*, John Wiles & Sons INS, 605 Third Avenue, New York.