

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. INA-CORS (*Indonesian Continuously Operating Reference Station*)**

INA-CORS adalah *Continuously operating reference station* (CORS) yang dikelola oleh Badan Informasi Geospasial sebagai stasiun pengamatan geodetik tetap/kontinyu. Berkembangnya CORS di Indonesia tidak lepas dari usaha Badan Informasi Geospasial (dahulu bernama Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional atau BAKOSURTANAL) untuk mendefinisikan dan memelihara referensi geospasial yang menjadi acuan dalam kegiatan survei, pemetaan, serta penyelenggaraan IG lainnya [4].

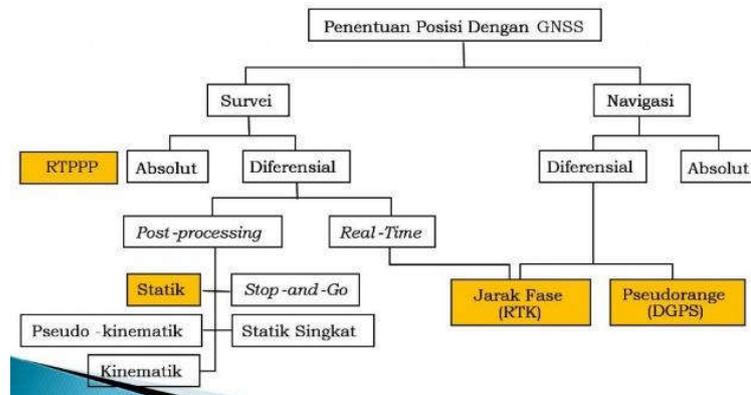
*Continuously Operating Reference Station* (CORS) adalah sistem jaringan kontrol yang beroperasi secara kontinu untuk acuan penentuan posisi GNSS. CORS digunakan sebagai infrastruktur untuk pekerjaan dengan tingkat akurasi tinggi dalam bidang survei, pemetaan, navigasi, dan geodesi [5]. CORS dapat diakses secara *realtime* maupun *post processing* oleh siapapun yang menggunakan *receiver* dengan spesifikasi tertentu [5]. CORS melayani *client* yang melakukan pengukuran GNSS dengan metode DGPS (data kode) dan RTK (data fase) [6]. *Receiver* GNSS agar dapat mengakses CORS harus dilengkapi dengan sambungan internet untuk komunikasi data dari stasiun CORS ke *receiver* [5].

#### **2.1. Penentuan Posisi dengan Metode GNSS**

Pada dasarnya konsep dasar penentuan posisi dengan GNSS adalah reseksi (pengikatan ke belakang) dengan jarak yaitu dengan pengukuran jarak secara simultan ke beberapa satelit GNSS yang koordinatnya telah diketahui [6]. Dalam hal ini parameter yang akan ditentukan adalah vektor posisi geosentrik pengamat ( $r$ ) [6]. Untuk itu, karena vektor posisi geosentrik satelit GNSS ( $r$ ) telah diketahui, maka yang perlu ditentukan adalah vektor posisi toposentris satelit terhadap pengamat ( $\rho$ ) [6].

Secara garis besar metode penentuan posisi dengan GNSS dapat dikelompokkan atas beberapa metode yaitu: metode absolut dan metode relatif

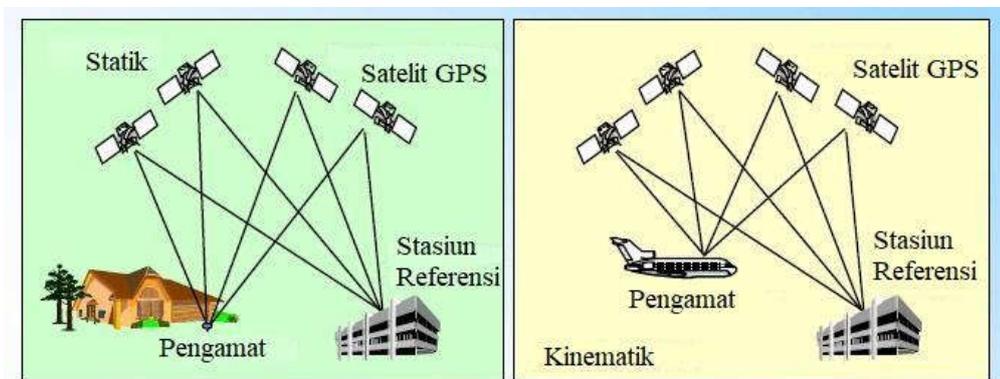
(*differential*) [6]. Dapat dilihat pada Gambar 2.1 beberapa metode penentuan posisi dengan GNSS.



Gambar 2. 1 Konsep Penentuan Posisi Dengan Metode GNSS [7]

## 2.2. Metode Penentuan Posisi Diferensial

Pada penentuan posisi diferensial, posisi suatu titik ditentukan relatif terhadap titik lainya yang telah diketahui koordinatnya. Secara ilustrasi metode penentuan posisi ini dapat dilihat pada Gambar 2. 2.



Gambar 2. 2 Metode Penentuan Posisi Diferensial [6]

Pada metode diferensial, yang kadang kala dinamakan metode penentuan posisi relatif, dengan pengurangan data yang diamati oleh dua receiver GNSS pada waktu yang bersamaan, maka beberapa jenis kesalahan dan bias data dapat dieliminasi atau direduksi [6]. Pengeliminasian dan pereduksian ini akan meningkatkan akurasi dan presisi data, dan selanjutnya akan meningkatkan tingkat akurasi dan presisi dari posisi yang diperoleh [6].

Pada penentuan posisi diferensial jenis-jenis kesalahan dan bias yang dapat

serta tidak dapat dieliminasi atau direduksi dengan proses pengurangan data dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Efek dari Proses Pengurangan Data  
[6]

Kesalahan & Bias	Dampak dari Pengurangan Data		
	Dapat dieliminasi	Dapat direduksi	Tidak dapat Dieliminasi/direduksi
Jam Satelit	✓	-	-
Jam Receiver	✓	-	-
Orbit (Ephemeris)	-	✓	-
Ionosfer	-	✓	-
Troposfer	-	✓	-
Multipath	-	-	✓
Noise	-	-	✓
<i>Selective Availability</i>	✓	✓	-

Efektifitas dari proses pengurangan ini sangat bergantung pada jarak antara *monitor station* dengan titik yang akan ditentukan posisinya [6]. Dalam hal ini semakin pendek jarak tersebut maka akan semakin efektif dampak dari pengurangan data dan sebaliknya [6]. Terlihat bahwa dengan semakin dekatnya jarak stasiun referensi maka tingkat ketelitian posisi yang diperoleh pun akan semakin baik dan juga semakin banyak satelit yang digunakan (geometri satelit) maka tingkat ketelitian posisi yang diperoleh juga akan semakin baik [6].

Perlu ditekankan bahwa penentuan posisi secara diferensial adalah metode penentuan posisi yang relatif tinggi [6]. Ketelitian posisi yang didapat pada penentuan posisi secara diferensial berkisar level mm-m [6]. Penentuan posisi secara diferensial dapat diaplikasikan secara statik maupun kinematik dengan menggunakan data *pseudorange* dan fase [6]. Aplikasi utama dari metode penentuan posisi diferensial antara lain adalah survei pemetaan, survei geodesi, dan serta navigasi berketelitian menengah dan tinggi [6].

Dalam penentuan posisi secara diferensial, ada beberapa aplikasi yang menuntut informasi posisi relatif secara instan (*real-time*). Pengaplikasian tersebut yaitu DGPS (Diferensial GPS) dan RTK (*Real Time Kinematic*) [6].

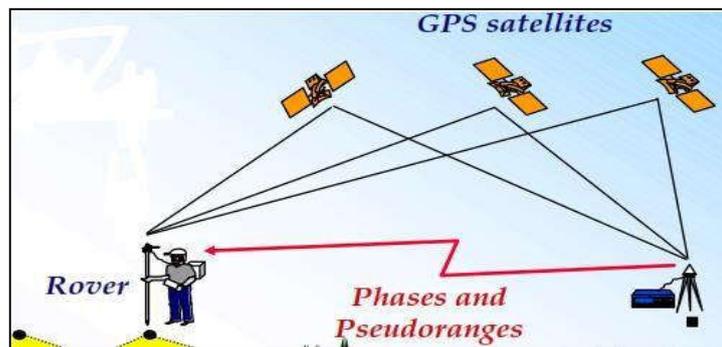
### 2.3. Metode Penentuan posisi secara RTK (*Real-Time Kinematic*)

RTK merupakan metode yang berbasiskan pada *carrier phase* dalam penentuan posisi secara relatif dengan tingkat ketelitian mencapai satuan sentimeter secara *real time* [8]. Sistem RTK merupakan prosedur DGPS (*Differential Global Positioning System*) menggunakan data pengamatan fase [8]. Data atau koreksi fase dikirim secara seketika dari stasion referensi ke *receiver* pengguna. Penggunaan data pengamatan fase membuat informasi posisi yang dihasilkan memiliki ketelitian tinggi [8].

Sistem RTK berkembang setelah diperkenalkannya suatu teknik untuk memecahkan ambiguitas fase disaat *receiver* dalam keadaan bergerak yang dikenal dengan metode penentuan ambiguitas fase secara *On The Fly (OTF)* [8]. Proses pengiriman data atau koreksi fase menggunakan radio modem sehingga dapat dilakukan secara seketika, membuat informasi posisi yang dihasilkan oleh sistem ini dapat diperoleh secara seketika [8]. RTK dibagi menjadi dua jenis, yaitu RTK Radio dan RTK NTRIP [8]. RTK Radio memancarkan sinyal UHF/VHF via *radio modem* untuk mengirimkan koreksi. RTK NTRIP memancarkan koreksi RTCM via internet untuk mengirimkan koreksi. Komponen RTK ada dua yaitu *base station* dan *rover* [8].

*Base station* adalah *Receiver* GNSS yang berada pada lokasi tertentu dan berguna sebagai titik referensi untuk menentukan posisi titik yang diamat oleh *receiver* GNSS yang lain (*rover*/pengguna). Dalam metode penentuan posisi RTK, *base station* berfungsi untuk memancarkan sinyal koreksi ke *rover* [8].

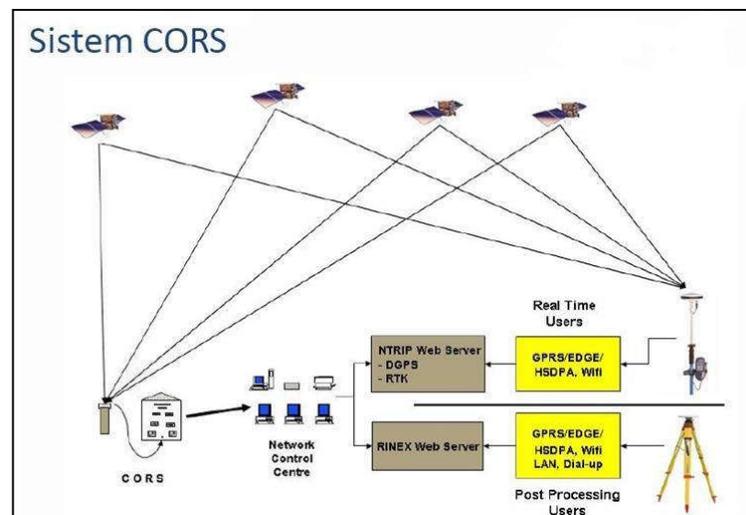
*Rover* adalah *Receiver* GNSS yang menerima koreksi dari stasiun referensi/*base station*, yang bergerak dari lokasi satu ke lokasi lain selama pelaksanaan survei RTK [8]. Tingkat akurasi dalam pengukuran metode RTK adalah 1-5 *centimeter* [8]. Aplikasi metode RTK adalah stake out, survei kadastral. Konsep penentuan posisi secara *Real Time Kinematic* (RTK) ditampilkan pada Gambar 2.3



Gambar 2. 3 Konsep Pengukuran Metode RTK [6]

### 2.3.1. RTK Networked Transport of RTCM Via Internet Protocol (NTRIP)

Penentuan posisi dengan Metode RTK-NTRIP adalah sistem penentuan posisi dengan menggunakan data fase [9]. *Base station* harus mengirimkan data pengamatan berupa data fase dan data *pseudorange* ke pengguna, dalam hal ini adalah *rover* [9]. Secara *real-time* data pengamatan dikirim oleh *base station* menggunakan sistem komunikasi data yang beroperasi menggunakan *frekuensi VHF/UHF* [9]. Konsep pengukuran survei GNSS menggunakan sistem CORS ditampilkan pada Gambar 2.4

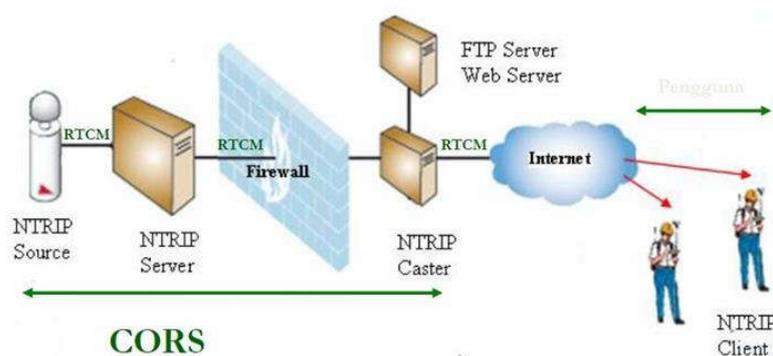


Gambar 2. 4 Konsep Sistem CORS [10]

Metode pengukuran *RTK* GNSS CORS terdiri dari stasiun GNSS CORS, satu data *server* GNSS CORS, dan beberapa rover GNSS CORS [9]. Stasiun CORS terhubung dengan data *server* menggunakan jaringan *wireless* atau kabel LAN (*Local Area Network*) [9]. *Rover* terhubung dan *login* ke data *server* menggunakan jaringan GSM (*Global System Mobile*) dan CDMA (*Code*

*Division Multiple Access*) [9]. *Data server* mengirim beberapa data dari *base station* ke *rover* dalam berbagai format sesuai dengan permintaan dari *rover* [9].

Sistem CORS memungkinkan tingkat akurasi pengukuran horizontal dan vertikal hingga ketelitian *centimeter* relatif terhadap sistem referensi nasional. Data yang harus dikirimkan oleh *base station* dalam sistem RTK adalah data dalam format *SC-104 RTCM 2.1* [9]. NTRIP dirancang menjadi *protocol non-profit* yang sudah diakui secara internasional sebagai sarana untuk *transfer* data GNSS. *Transfer* data GNSS menggunakan NTRIP memanfaatkan layanan HTTP [9]. NTRIP didesain untuk mengirimkan koreksi data GNSS dari stasiun GNSS CORS [9]. Koreksi data melalui NTRIP dapat diterima oleh *clients* melalui PC, Laptop, PDA, dan *receiver* GNSS [9]. *Streaming* data NTRIP dapat dilakukan dengan menggunakan internet secara Wifi dan Mobile Internet (GSM, EDGE, GPRS, dan UMTS). NTRIP terdiri dari 4 komponen yaitu: NTRIP *source*, NTRIP *server*, NTRIP *caster*, dan NTRIP *client* [8]. NTRIP *caster* bekerja menggunakan program HTTP *server*, sedangkan NTRIP *Server* dan NTRIP *client* bertindak sebagai HTTP *Clients*. Skema komponen *streaming* NTRIP tersaji pada gambar 2.5



Gambar 2. 5 Skema Komponen Streaming NTRIP [5]

### 1. NTRIP *Source*

NTRIP *source* adalah komponen dari NTRIP yang menyediakan data koreksi GNSS berupa RTCM. Ntrip *Source* adalah istilah untuk stasiun GNSS CORS, karena fungsi GNSS CORS yang menyediakan layanan *streaming* data kepada NTRIP *client*. Selain koreksi RTCM, NTRIP *source* juga menyediakan

informasi berupa koordinat stasiun, file navigasi satelit GNSS (GPS, GLONAS, GALILEO). Setiap NTRIP source harus mempunyai *mountpoint* yang unik dalam NTRIP *caster*. *Mountpoint* adalah istilah yang digunakan oleh stasiun GNSS CORS untuk mendefinisikan posisi dan berguna untuk memberikan koreksi RTCM kepada NTRIP *Client* [10].

## 2. NTRIP *server*

NTRIP *server* digunakan untuk mengirimkan data GNSS CORS dari NTRIP *source* kepada NTRIP *caster*. Sebelum mentransmisikan data GNSS ke NTRIP *caster* melalui TCP/IP, NTRIP *server* mengirimkan perintah kepada *mountpoint* untuk mengirimkan data ke NTRIP *caster*. NTRIP *server* di-*install* pada PC untuk menerima koreksi dari NTRIP *source* melalui *port* yang terhubung ke NTRIP *source*. Data koreksi tersebut kemudian dikirimkan kepada NTRIP *caster*. Proses pengiriman koreksi kepada NTRIP *source* menggunakan layanan *protocol* [10].

## 3. NTRIP *Caster*

NTRIP *caster* adalah server yang menggunakan layanan HTTP. Layanan NTRIP *caster* mampu melayani *request* atau respon menggunakan *streaming bandwidth* rendah yaitu (50-500 bit/detik). NTRIP *caster* melayani NTRIP *server* dan NTRIP *client* berdasarkan kode yang dikirim melalui *port*. Kode yang diterima oleh NTRIP *caster* kemudian diterjemahkan untuk menerima atau mengirim data. NTRIP *server* harus berada dalam satu kesatuan dengan NTRIP *caster* [10].

## 4. NTRIP *client*

NTRIP *Client* adalah komponen NTRIP yang menggunakan layanan koreksi data stasiun GNSS CORS. Koreksi yang didapat dengan cara mengirimkan pesan dan kode kepada NTRIP *caster*. Pesan dan kode yang dikirim oleh NTRIP *client* menggunakan koneksi TCP/IP. Komunikasi antara NTRIP *caster* dan NTRIP *client* dapat berjalan dengan lancar menggunakan HTTP 1.1 [11].

Pada pengukuran metode RTK-Radio dan RTK-NTRIP memiliki 3 jenis solusi pengukuran [12], Yaitu:

### 1. *Fixed*

Sudah terhubung dengan *base station*, memiliki ketelitian posisi 1 sampai

dengan 5 cm, ambiguitas fase sudah terkoreksi, jumlah satelit yang ditangkap lebih dari 4, bias *multipath* terkoreksi dan *Link Quality* (LQ) 100%.

### 2. *Float*

Sudah terhubung dengan *base station*, memiliki ketelitian posisi lebih dari 5 cm, ambiguitas fase belum terkoreksi, jumlah satelit yang ditangkap kurang dari 4 (*too few satellite*), bias *multipath* belum terkoreksi.

### 3. Stand alone

Tidak terhubung dengan *base station*, memiliki ketelitian posisi lebih dari 1 m, ambiguitas fase belum terkoreksi secara diferensial, jumlah satelit yang ditangkap kurang dari 4 (*too few satellite*), bias *multipath* belum terkoreksi.

*Differencing technique* adalah teknik untuk mengeliminasi dan mereduksi dari berbagai kesalahan dan bias pada data fase dengan cara menyelisihkan dua besaran pengamatan fase [12]. Pada metode *differential* posisi diperoleh dari pengurangan data yang diamati oleh dua *receiver* GNSS pada waktu yang bersamaan, maka beberapa jenis kesalahan dan bias dari data dapat direduksi [12]. Pengeliminasian dan pereduksian ini akan meningkatkan akurasi dan presisi data posisi yang diperoleh [12].

### 2.3.2. Konfigurasi Jaringan RTK NTRIP

Prinsip kerja *Network Real Time Kinematic* (NRTK) secara umum adalah perekaman data dari stasiun-stasiun referensi satelit GNSS secara *kontinu* yang kemudian disimpan dan atau dikirim ke *server Network RTK* melalui jaringan internet secara bersamaan. Data yang dikirimkan oleh stasiun-stasiun referensi adalah data dalam format *raw* data atau data mentah yang kemudian oleh *server Network RTK* digunakan sebagai bahan untuk melakukan koreksi data yang dapat digunakan oleh pengguna (*rover*).

Data dalam format *raw* tersebut dikirimkan secara kontinu dalam interval tertentu kepada *server Network RTK* melalui jaringan internet. Data tersebut diolah dan disimpan oleh *server* dalam bentuk RTCM yang diunduh dari NTRIP dengan menggunakan koneksi GSM/GPRS/CDMA. RTCM yang diunduh secara *real-time* tersebut digunakan untuk koreksi posisi dalam pengamatan RTK. Format khusus untuk GPS adalah RTCM-104, berupa data

biner yang terdiri dari atas beberapa versi, Namun format RTCM telah mengalami perkembangan yaitu [13]:

1. RTCM 2.0 (Koreksi Kode untuk DGPS).
2. RTCM 2.1 (Koreksi Kode dan Fase untuk RTK).
3. RTCM 2.2 (Koreksi Kode dan Fase untuk RTK + GLONASS).
4. RTCM 2.3 (Koreksi Kode dan Fase untuk RTK + GPS Antenna Definition).
5. RTCM 3.0 (Koreksi Kode dan Fase untuk RTK + Network RTK untuk GNSS).

RTCM yang digunakan dalam koreksi GNSS CORS adalah RTCM 3.0. RTCM 3.0 mempunyai beberapa tipe pesan dan informasi yang dibawa pada tipe pesan. Tipe pesan *RTCM 3.0* tersaji pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Tipe Pesan RTCM 3.0  
[12]

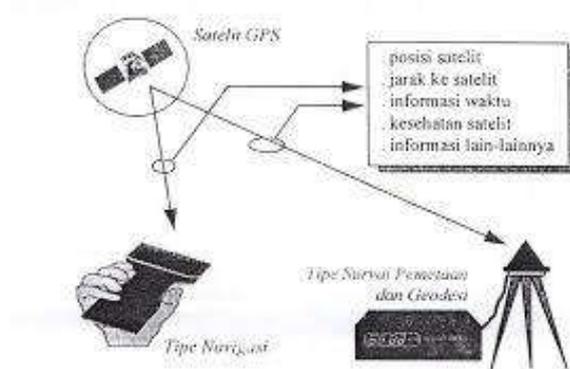
No	Tipe pesan	Isi pesan
1	1001	Pengamatan L1 RTK GPS
2	1002	Pengamatan L1 RTK GPS dan gangguan sinyal satelit
3	1003	Pengamatan L1 dan L2 RTK GPS
4	1004	Pengamatan L1 dan L2 RTK GPS dan gangguan sinyal satelit
5	1005	Stasiun RTK dengan referensi koordinat ARP
6	1006	Stasiun RTK dengan referensi koordinat ARP dan tinggi Antenna
7	1007	Deskripsi Antena
8	1008	Deskripsi dan <i>Serial Number</i> Antena
9	1009	Pengamatan L1 RTK GLONASS
10	1010	Pengamatan L1 RTK GLONASS dan gangguan sinyal satelit
11	1011	Pengamatan L1 dan L2 RTK GLONASS
12	1012	Pengamatan L1 dan L2 RTK GLONASS dan gangguan sinyal Satelit
13	1013	Sistem parameter
14	1014	Sistem parameter
15	1015	Koreksi Ionosphere GPS
16	1016	Koreksi Geometrik GPS
17	1017	Kombinasi koreksi Geometrik dan Ionosphere GPS
18	1018	Koreksi Ionosphere tambahan dengan pesan yang berbeda
19	1019	GPS ephemeris
20	1020	GLONASS ephemeris

#### 2.4. Metode Penentuan Posisi Statik

Penentuan posisi secara statik (*statik positioning*) adalah penentuan posisi dari titik-titik yang statik (diam) [6]. Penentuan posisi tersebut dapat dilakukan secara absolut maupun *diferensial*, dengan menggunakan data *pseudorange* atau fase. Dibandingkan dengan metode penentuan posisi kinematik, ukuran lebih pada suatu titik pengamatan yang diperoleh dengan metode statik biasanya lebih banyak [6]. Hal ini menyebabkan keandalan dan ketelitian posisi yang diperoleh umumnya relatif paling tinggi (dapat mencapai orde mm sampai cm) [6]. Salah satu bentuk implementasi dari metode penentuan posisi statik yang populer adalah survei GNSS untuk penentuan koordinat dari titik-titik kontrol untuk keperluan pemetaan ataupun pemantauan fenomena deformasi dan geodinamika [6].

#### 2.5. Data Mentah Receiver GNSS

Data mentah *receiver* GNSS adalah data hasil pengamatan yang berisi informasi tentang posisi satelit yang bersangkutan, jarak dari pengamat beserta informasi waktunya, dapat dilihat pada gambar 2.6. Data *Receiver* GNSS juga menginformasikan kesehatan satelit kepada pengamat, serta informasi pendukung lainnya seperti parameter untuk perhitungan koreksi jam satelit, parameter ionosfer, transformasi waktu GNSS ke UTC (*Universal Time Coordinated*), dan status konstelasi satelit. Dengan mengamati satelit dalam jumlah yang cukup, pengamat dapat menentukan posisi dan kecepatannya [6]. Semua informasi tersebut kemudian diekstrak dan dihitung oleh *software* sehingga menghasilkan posisi *receiver* GNSS yang berformat *Raw Data*. Kelemahan data *raw* yaitu hanya bisa diekstrak dan dihitung oleh *software* yang sesuai dengan jenis *receiver* GNSS.



Gambar 2. 6 Data Mentah Receiver GNSS [6]

Menurut Leick 1989, sinyal GNSS pada dasarnya terdiri dari 3 komponen yaitu:

1. Penginformasi jarak (Code) yang berupa kode-P(Y) dan kode-C/A
2. Penginformasi posisi satelit (*Navigation Message*)
3. Gelombang pembawa (*Carrier Wave*) L1 dan L2

## 2.6. Kesalahan dan Bias Survei GNSS

Dalam perkembangannya Survei GNSS dapat dipengaruhi oleh beberapa kesalahan dan bias, dapat dilihat pada gambar 2.7. [6] Kesalahan dan bias pada dasarnya dapat diklasifikasikan atas kesalahan dan bias sebagai berikut:

1. Satelit, seperti kesalahan orbit
2. *Medium propagasi*, seperti bias ionosfer dan bias troposfer
3. *Receiver* GNSS, seperti kesalahan jam receiver
4. Data pengamatan, seperti ambiguitas fase
5. Lingkungan sekitar GNSS *receiver* seperti *multipath*.



Gambar 2. 7 Kesalahan dan Bias  
[6]

Kesalahan dan bias secara karakteristik akan dijelaskan secara umum sebagai berikut:

### 2.6.1. Kesalahan *Ephemeris* (Orbit)

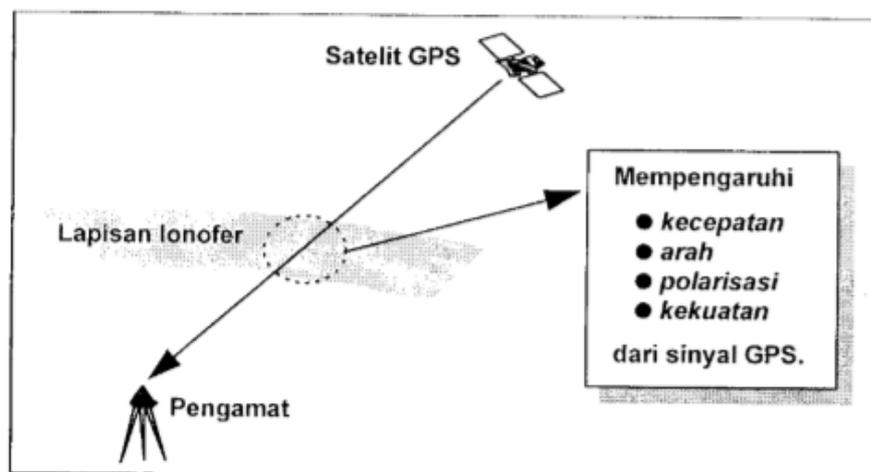
Kesalahan *ephemeris* (orbit) adalah kesalahan dimana orbit satelit yang dipancarkan oleh satelit tidak sama dengan orbit yang sebenarnya [6]. Dengan kata lain posisi satelit ini tidak sama dengan posisi satelit yang sebenarnya [6]. Kesalahan orbit ini akan mempengaruhi ketelitian dari koordinat titik-titik yang

akan ditentukan [6]. Seperti pada penentuan posisi secara relatif makin panjang *baseline* yang akan diamati maka efek bias dan kesalahan orbit nya akan semakin besar [6]. Kesalahan orbit satelit pada umumnya disebabkan tiga faktor, yaitu:

1. Kurangnya ketelitian pada proses perhitungan orbit satelit oleh stasiun pengontrol satelit
2. Kesalahan dalam prediksi orbit untuk waktu yang di pancarkan ke satelit
3. Kesalahan orbit yang disengaja diterapkan (*Selective availability*).

### 2.6.2. Bias Ionosfer

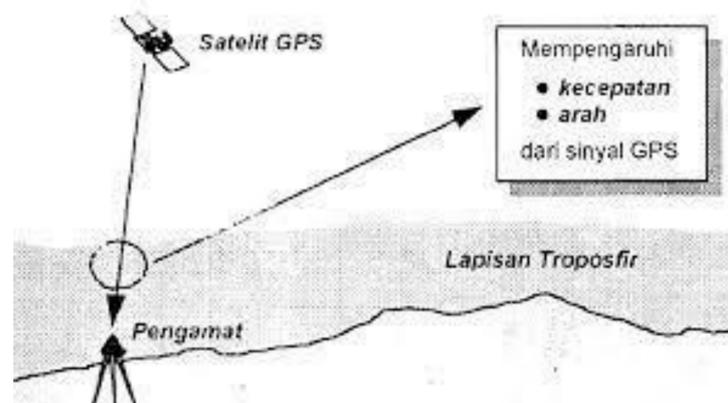
Ionosfer adalah bagian dari lapisan atas atmosfer dimana jumlah elektron dan ion bebas mempengaruhi perambatan gelombang radio [6]. Lapisan ionosfer ini diantara 60-1000 km diatas permukaan bumi [6]. Jumlah elektron dan ion bebas ini bergantung pada besarnya radiasi matahari, ion-ion bebas dalam lapisan ionosfer akan mempengaruhi propagasi sinyal GNSS [6]. Dimana akan berpengaruh pada kecepatan, arah dan kekuatan dari sinyal GNSS yang melalui lapisan ionosfer ini [6]. Dalam hal ini efek terbesar dalam ionosfer pada kecepatan sinyal yang akan mempengaruhi nilai ukuran jarak dari satelit ke pengamat GNSS [6]. Ionosfer akan memperlambat *pseudorange* dan mempercepat fase dengan bias jarak yang relatif sama [6]. Efek ionosfer terhadap survei GNSS dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Efek Ionosfer Terhadap Sinyal GNSS  
[6]

### 2.6.3. Bias Troposfer

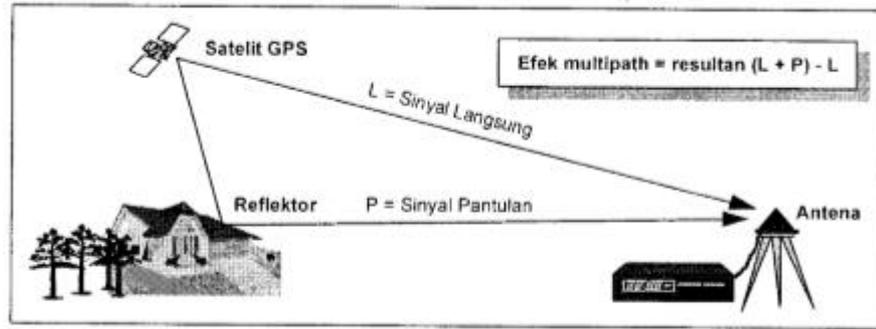
Sinyal dari satelit GNSS untuk sampai ke antena melalui lapisan troposfer, yaitu lapisan atmosfer netral yang berbatasan dengan permukaan bumi dimana temperatur menurun dengan membesarnya ketinggian [6]. Lapisan ini mempunyai ketinggian sekitar 9-16 km tergantung pada tempat dan waktu, ketika melalui troposfer sinyal GNSS akan mengalami pembelokkan (*refraksi*) yang menyebabkan perubahan pada kecepatan dan arah sinyal GNSS efek utama dari troposfer ini pada umumnya dengan ionosfer yaitu terhadap kecepatan atau hasil ukuran jarak [6]. Efek Troposfer terhadap survei GNSS dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Efek Troposfer Terhadap Sinyal GNSS [6]

### 2.6.4. Multipath

*Multipath* adalah suatu keadaan dimana sinyal dari satelit sampai di antena GNSS melalui dua atau lebih dari tempat yang berbeda [6]. Dalam hal ini satu sinyal merupakan sinyal langsung dari satelit ke antena, sedangkan lainnya merupakan sinyal-sinyal hasil pantulan benda-benda yang ada disekitar antena sebelum sampai di antena, seperti jalan raya, gedung, danau, dan kendaraan. Bidang-bidang pantulan bisa berupa bidang horizontal, vertikal maupun bidang miring. Kesalahan multipath ini akan menyebabkan sinyal-sinyal GNSS interaksi dengan gelombang tidak sesuai saat sampai di antena yang menyebabkan kesalahan pada hasil pengamatan sehingga jarak ukuran tidak sesuai [6]. Kesalahan akibat multipath pada hasil jarak ukuran dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Kesalahan *Multipath*  
[6]

*Multipath* mempengaruhi hasil ukuran *pseudorange* ataupun *carrier phase* [6]. Besar efek *multipath* ini akan bergantung pada beberapa faktor yaitu jenis dan posisi *reflektor*, posisi satelit, jarak *reflektor* ke antena, panjang gelombang sinyal, dan kekuatan sinyal [6]. Efek *multipath* akan lebih besar pada data *pseudorange* daripada data fase.

Pada metode pemrosesan dalam *receiver*, efek *multipath* dapat mereduksi sinyal GNSS secara *real-time* di dalam *receiver* [6]. Efek *multipath* itu sendiri sudah direduksi ke level yang relatif rendah, namun dalam satelit juga dapat terjadinya efek *multipath* akan tetapi pada umumnya relatif kecil dan dapat diabaikan [6].

### 2.6.5. Ambiguitas fase (*Cycle Ambiguity*)

Ambiguitas fase adalah jumlah gelombang penuh yang tidak terukur oleh receiver GNSS. Setiap pengamatan fase mempunyai suatu ambiguitas fase yang berbeda-beda antara satu dan lainnya. Apabila pengamatan GNSS dilakukan secara kontinyu maka ambiguitas fase nya akan sama hal nya dengan setiap epok tertentu [6].

Pada pengamatan GNSS absolut ambiguitas fase akan lebih sulit untuk dipisahkan dengan efek kesalahan jam pada receiver atau satelit, sedangkan pada pengamatan GNSS diferensial efek kesalahan jam pada *receiver* atau satelit sudah tereliminasi [6]. Oleh karena itu ambiguitas fase biasanya dilakukan pada pengamatan diferensial.

Penentuan ambiguitas fase ini lebih susah apabila pengamatan dilakukan sambil bergerak, saat ini ada beberapa metode resolusi ambiguitas

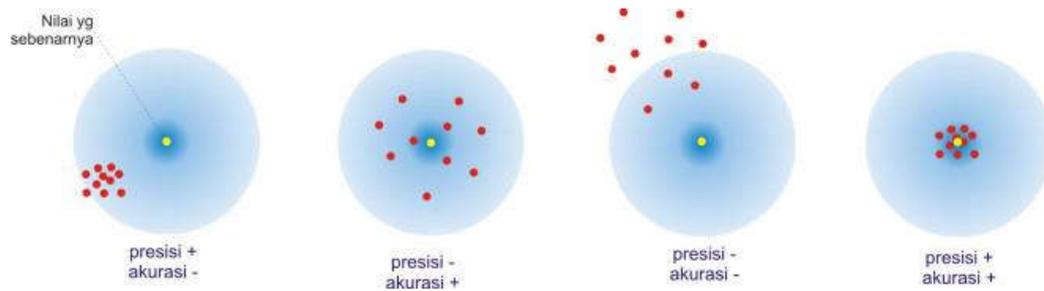
baik untuk pengamatan statik maupun kinematik [6]. Secara umum terdapat 3 aspek yang akan direduksi pada ambiguitas sendiri yaitu: eliminasi kesalahan dan bias dari data pengamatan GNSS, geometri satelit dan teknik resolusi ambiguitas itu sendiri [6]. Walaupun data pengamatan sudah dapat direduksi dengan resolusi ambiguitas fase ini tetapi data pengamatan masih mengandung sisa residu dari kesalahan-kesalahan orbit, ionosfer, dan troposfer. Faktor yang mempengaruhi membesarnya residu ini adalah dengan panjangnya baseline pengamatan dengan stasiun referensi pengamatan yang dipakai [6].

#### **2.6.6. Kesalahan Jam Receiver**

Pada umumnya kesalahan jam ini mempunyai dua faktor yaitu kesalahan jam satelit dan kesalahan jam *receiver*, akan tetapi jam *receiver* mempunyai kesalahan yang lebih besar dibandingkan kesalahan jam pada satelit karena jam satelit sudah menggunakan jam atom yang memiliki daya relatif besar dibandingkan jam osilator yang dipakai dalam jam *receiver* dan juga dari segi stabilitas dan ketelitian jam atom lebih besar dibandingkan jam osilator, oleh sebab itu dapat diperkirakan komponen kesalahan pada ukuran jarak disebabkan oleh jam *receiver* daripada kesalahan jam satelit [6].

### **2.7. Akurasi dan Presisi**

Akurasi didefinisikan derajat kedekatan pengukuran terhadap nilai sebenarnya, Akurasi menyatakan seberapa dekat nilai hasil pengukuran dengan nilai sebenarnya (*true value*) atau nilai yang dianggap benar (*accepted value*). Sedangkan Presisi didefinisikan sebagai derajat kedekatan kesamaan pengukuran antara satu dengan lainnya [14]. Jika hasil pengukuran saling berdekatan (mengumpul) maka dikatakan mempunyai presisi tinggi dan sebaliknya jika hasil pengukuran menyebar maka dikatakan mempunyai presisi rendah. Ukuran presisi yang sering digunakan adalah standar deviasi ( $\sigma$ ) [14]. Data yang memiliki tingkat akurasi yang tinggi, belum tentu memiliki tingkat presisi yang tinggi. Namun suatu data dapat memiliki tingkat akurasi dan presisi yang tinggi.



Gambar 2. 11 Ilustrasi Tingkat Akurasi vs Presisi [14]

Ketelitian koordinat yang diperoleh pada penelitian ini dengan mencari residu data pengukuran di lapangan yang berupa titik koordinat dari pengukuran GNSS, nilai residu koordinat  $x,y,z$  digunakan untuk mencari nilai RMS eror. Rumus yang dipakai dalam nilai RMS eror yaitu *Horizontal Root Mean Square* (HRMS) dan *Vertikal Root Mean Square* (VRMS) pengukuran. Semakin kecil HRMS dan VRMS, maka semakin teliti pengukuran yang didapat. Berikut nilai HRMS dan VRMS dirumuskan pada persamaan 2.1 dan 2.2 :

$$HRMS = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$$

$$VRMS = \sqrt{\sigma_z^2}$$

Keterangan:

$\sigma_x$  = Simpangan Baku koordinat x     $\sigma_y$  = Simpangan Baku koordinat y

$\sigma_z$  = Simpangan Baku koordinat z