

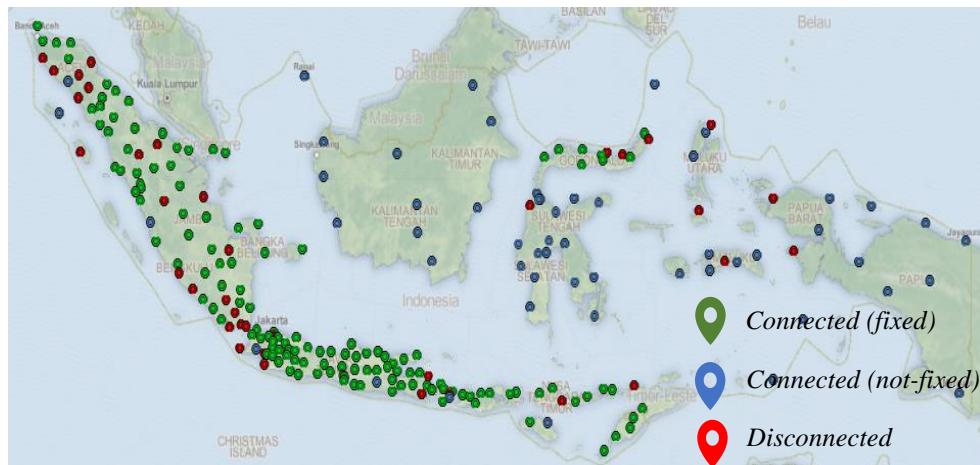
## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **II.1. InaCORS (*Indonesian Continuously Operating Reference Station*)**

InaCORS (*Indonesia Continuously Operating Reference Station*) merupakan jaring kontrol geodetik aktif di Indonesia berupa stasiun *Global Navigation Satellite System* (GNSS) permanen di permukaan bumi yang dilengkapi dengan alat perekam sinyal satelit GNSS, antena, dan sistem komunikasi data (BIG, 2018). InaCORS dikelola oleh Badan Informasi Geospasial sebagai stasiun pengamatan geodetik tetap/kontinu (BIG, 2018). InaCORS milik Badan Informasi Geospasial dalam keperluan penentuan posisi *real time* menggunakan metode RTK NTRIP GNSS yang dapat diakses secara terbuka memungkinkan penentuan posisi dengan tingkat presisi yang tinggi tidak lagi sulit dicapai. Keperluan praktis, InaCORS dapat dimanfaatkan untuk keperluan survei, pemetaan, bahkan untuk keperluan navigasi teliti (Ratnawati dan Kuncoro, 2019).

Pemanfaatannya CORS dapat menyediakan data penentuan posisi secara *real time* ataupun *post-processing* dan menyediakan jaringan terbuka agar data-data posisi yang dihasilkan dapat diakses secara aktif oleh pengguna (Hutomo, 2014). Seiring dengan perkembangan teknologi penentuan posisi dan kebutuhan dalam penelitian bidang pemetaan, maka di Desa Braja Sakti Kecamatan Way Jepara pada tahun 2018 dibangun instalasi CORS, yang diberi nama stasiun CWJP dimana CORS ini dapat menerima sinyal satelit GNSS yang beroperasi secara kontinu selama dua puluh empat jam (Hutomo, 2014). Mengetahui stasiun InaCORS aktif atau tidaknya dapat dilihat pada website [nrtk.BIG](http://nrtk.BIG) dan [srgi.BIG](http://srgi.BIG) untuk mempermudah dalam melakukan penelitian penentuan posisi GNSS. InaCORS yang aktif dapat dilihat berwarna hijau dan InaCORS yang tidak aktif berwarna merah. Berikut persebaran titik stasiun InaCORS pada Gambar II.1.

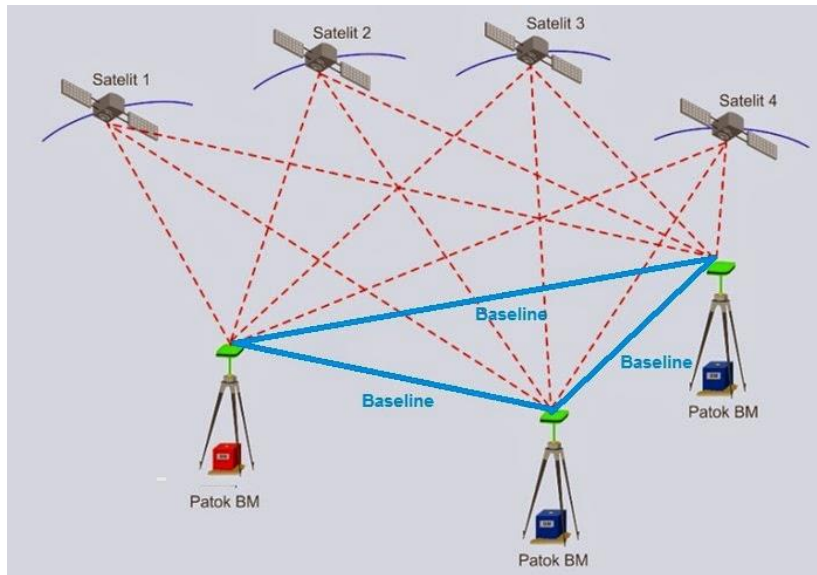


Gambar II. 1 Sebaran Titik-Titik InaCORS (nrtk.BIG, 2021)

## II.2. Prinsip dan Metode Penentuan Posisi GNSS

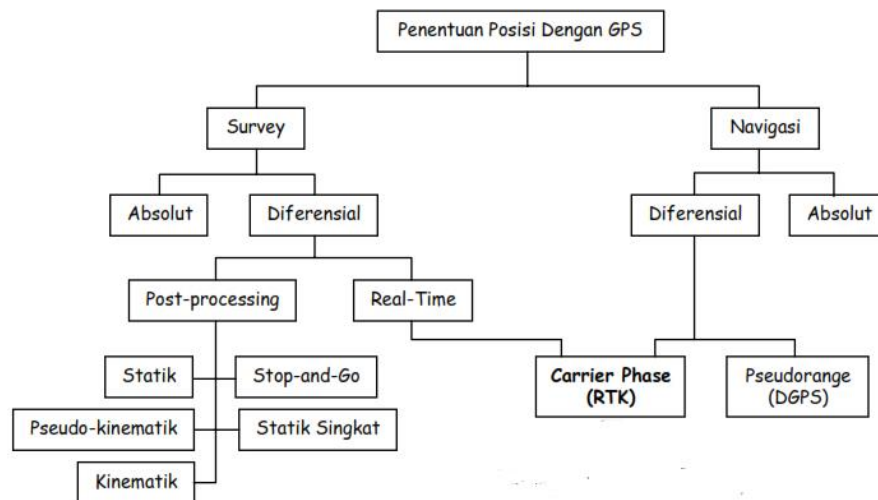
GNSS (*Global Navigation Satellite System*) merupakan suatu sistem navigasi dan penentuan posisi yang memanfaatkan satelit dan dapat digunakan untuk memberikan informasi kepada pengguna secara global di permukaan bumi yang berbasis satelit (Jamil, 2020). Sistem ini dirancang untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi serta informasi mengenai waktu, secara kontinu di seluruh dunia kepada banyak orang secara simultan tanpa bergantung pada waktu dan cuaca (Jamil, 2020).

Sistem GNSS sudah sangat banyak digunakan manusia di seluruh dunia dalam berbagai bidang aplikasi (Jamil, 2020). Di Indonesia pun, GNSS sudah banyak diaplikasikan, terutama yang terkait dengan aplikasi-aplikasi yang memberikan informasi tentang posisi ataupun perubahan posisi (Jamil, 2020). Secara vektor, prinsip dasar penentuan posisi dengan GNSS diperlihatkan pada gambar berikut (Kusumaningrum, 2019).



Gambar II. 2 Prinsip dasar Penentuan posisi GNSS (Kusumaningrum, 2019).

Prinsip dasar penentuan posisi GNSS, yang dapat diukur adalah jarak antara pengamat dengan satelit agar posisi pengamat dapat ditentukan maka dilakukan pengamatan terhadap beberapa satelit. (Kusumaningrum, 2019).

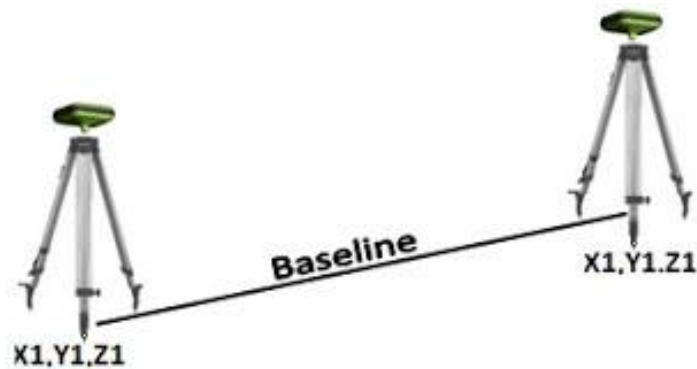


Gambar II. 3 Metode Penentuan Posisi GNSS (Lagley, 1998)

Metode penentuan posisi dengan GNSS adalah reseksi dengan jarak, artinya pengukuran jarak dari *receiver* ke beberapa satelit secara simultan. Posisi atau koordinat masing – masing satelit telah diketahui (Lagley, 1998).

### II.3. Metode Penentuan Posisi Statik

Penentuan titik tetap dipermukaan bumi, terlebih dahulu dilakukan penentuan titik-titik yang akan diukur tersebut. Titik tersebut bertujuan sebagai acuan untuk pengukuran-pengukuran lainnya yang berhubungan dengan koordinat, ada banyak metode yang digunakan untuk menentukan titik tetap salah satunya adalah metode penentuan posisi statik (Mufid, 2017). Metode penentuan posisi statik adalah penentuan posisi dari titik-titik yang diam atau tidak bergerak (Mufid, 2017). Penentuan posisi statik dapat dilakukan secara *absolut* maupun *diferensial*, dengan menggunakan data *pseudorange* dan *fase*, seperti ditunjukkan pada gambar berikut ini (Mufid, 2017).

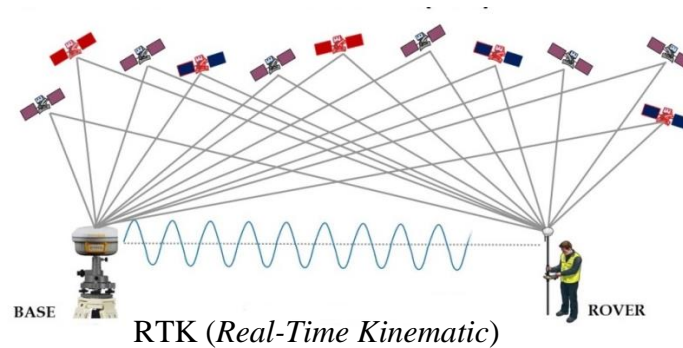


Gambar II. 4 Metode Penentuan Posisi Statik (Mufid, 2017)

Metode statik ini memiliki ketelitian posisi yang diperoleh umumnya relatif tinggi hingga mencapai orde sentimeter sampai millimeter (Mufid, 2017). Salah satu bentuk implementasi dari metode penentuan posisi statik yang populer adalah survei GNSS untuk penentuan koordinat titik-titik kontrol untuk keperluan pemetaan (Mufid, 2017). Pengukuran menggunakan metode statik memerlukan dua *receiver*, dimana dalam satu set alat GPS Geodetik terdapat 2 jenis *receiver* yaitu *base* dan *rover* (Mufid, 2017).

#### II.4. Metode Penentuan Posisi Secara RTK (*Real-Time Kinematic*)

Prinsip penentuan posisi secara *relative* yang memanfaatkan data *fase* (RTK) atau *pseudo-range* (DGPS secara *real time* pengukuran). Metode RTK (*Real-Time Kinematic*) dapat dilihat pada gambar berikut (Fitriono, 2017).



Gambar II. 5 Metode Penentuan Posisi Secara RTK (Fitriono, 2017)

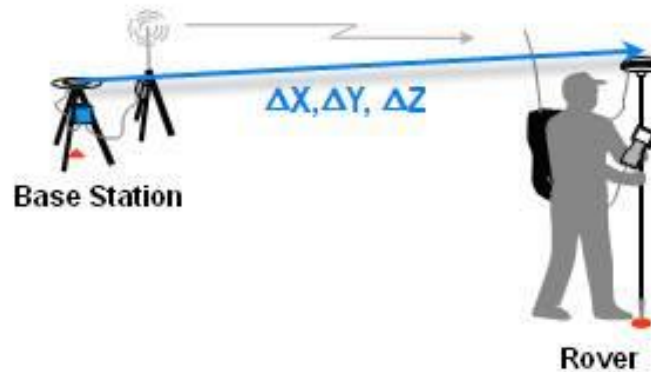
Metode penentuan posisi secara RTK terdiri *base* dan *rover station*, dengan *receiver* yang ada maka *base station* tidak berubah posisi antenanya selama melakukan pengukuran sedangkan *receiver* yang berfungsi sebagai *rover* dipindah-pindahkan sesuai untuk posisi yang telah direncanakan sebelumnya (Fitriono, 2017). *Receiver* terdiri dari *base* dan *rover station* harus selalu memperoleh atau koneksi signal GPS (*Global positioning System*) selama melakukan pengukuran, dimana koreksi *diferensial* dipancarkan dari *base station* ke *rover station* dengan menggunakan fasilitas RTCM (Fitriono, 2017). Persoalan utama yang dihadapi pada survei GNSS dengan metode RTK adalah kualitas dan kemampuan dalam penerimaan koreksi *diferensial* dan jarak antara *base station* ke *rover station* (Fitriono, 2017).

Sistem RTK (*Real-Time Kinematic*) adalah sistem penentuan posisi *real-time* secara *diferensial* menggunakan data *fase*. RTK dapat digunakan untuk penentuan posisi pada obyek-obyek yang diam maupun bergerak (Fitriono, 2017). Merealisasikan tuntutan pada *real-time*, *monitor station* harus mengirimkan data *fase* dan *pseudorange* ke pengguna secara *real-time* menggunakan sistem komunikasi data tertentu (Fitriono, 2017).

Secara garis besar, ketelitian posisi yang diberikan oleh sistem RTK adalah sekitar 1- 5 cm, diasumsikan bahwa *ambiguitas fase* dapat ditentukan secara benar (Fitriyono, 2017). Sistem RTK juga digunakan untuk penentuan posisi obyek-obyek yang diam ataupun bergerak, sehingga sistem RTK ini sangat banyak digunakan dalam bidang pemetaan atau penentuan posisi yang cepat (Fitriyono, 2017).

Sistem RTK juga dapat diimplementasikan dengan menggunakan beberapa stasiun referensi. Penggunaan beberapa stasiun RTK memiliki tujuan untuk memperluas cakupan dari sistem RTK (Fitriyono, 2017). Menggunakan satu konsep stasiun referensi, sistem RTK pada umumnya hanya bisa digunakan untuk jarak pengukuran posisi secara *baseline* sampai sekitar 10-15 km (Fitriyono, 2017). Penentuan posisi berdasarkan *baseline* yang lebih panjang pada umumnya nilai *ambiguitas fase* akan semakin sukar atau tidak teliti ditentukan secara benar, karena dalam konsep *residu* dari kesalahan dan bias yang tersisa setelah proses pengurangan data akan relatif semakin signifikan (Fitriyono, 2017). Dapat kita ketahui agar resolusi *ambiguitas fase* tetap dapat dilakukan dan dilaksanakan dengan baik untuk jarak pengukuran posisi berdasarkan *baseline* yang relatif panjang, maka dalam hal ini pengguna harus dibantu dengan data dan informasi yang dapat digunakan untuk mereduksi efek dari residu kesalahan dan bias tersebut (Fitriyono, 2017).

RTK terdapat dua jenis, yaitu RTK Radio dan RTK NTRIP (Fitriyono, 2017). RTK Radio memancarkan sinyal UHF/VHF via radio modem untuk mengirimkan atau memberikan koreksi (Fitriyono, 2017). RTK NTRIP memancarkan koreksi RTCM via internet untuk mengirimkan koreksi. Komponen RTK terdapat dua yaitu *base station* dan *rover* (Fitriyono, 2017).



Gambar II. 6 *Base dan Rover* (Fitriono, 2017)

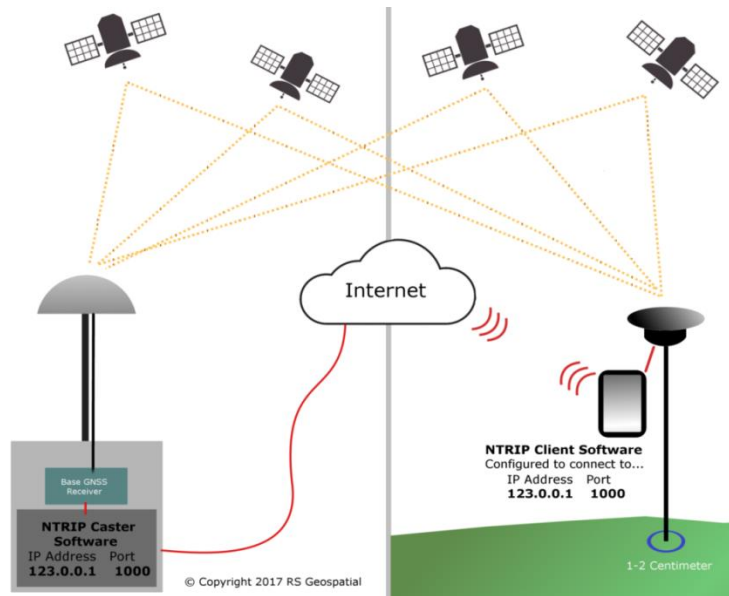
*Base station* adalah *Receiver* GNSS yang berada pada lokasi tertentu dan berguna sebagai titik referensi untuk menentukan posisi titik yang diamat oleh *receiver* GNSS yang lain yaitu *rover* (Fitriono, 2017). Metode penentuan posisi RTK, *base station* berfungsi untuk memancarkan sinyal koreksi ke *rover*. *Rover* adalah *Receiver* GNSS yang menerima koreksi *base station*, yang bergerak dari lokasi satu ke lokasi lain selama pelaksanaan survei RTK (Fitriono, 2017).

Aplikasi-aplikasi yang dapat dilayani oleh sistem RTK antara lain *staking out*, penentuan dan rekonstruksi batas persil tanah, survei pertambangan, survei rekayasa dam utilitas, serta aplikasi-aplikasi lainnya yang memerlukan informasi posisi horisontal secara cepat dan *real-time* dengan ketelitian yang relatif tinggi dalam orde beberapa sentimeter (Fitriono, 2017).

#### **II.5. Networked Transport of RTCM Via Internet Protokol (NTRIP)**

NTRIP merupakan sebuah metode untuk mengirim koreksi data GPS/GLONASS dalam *format* RTCM melalui internet (Amaliana, 2015). Penentuan posisi dengan metode RTK NTRIP adalah sistem penentuan posisi dengan menggunakan data fase. *Base station* harus mengirimkan data pengamatan berupa data *fase* dan data *pseudorange* ke pengguna (Amaliana, 2015). Pengembangan metode NTRIP ini dikeluarkan oleh agen federal untuk

penggambaran peta dan geodesi (BKG) bersama dengan Universitas Dortmund dan Trimble Terrasat GmbH. Berikut konsep sistem penentuan posisi CORS pada gambar II.7 (Amaliana, 2015).



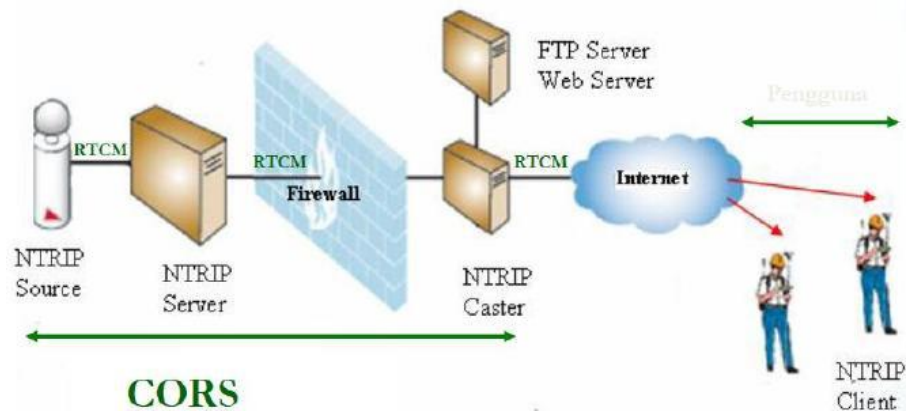
Gambar II. 7 Konsep Sistem CORS (Amaliana, 2015).

*Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP)* memberikan akses tanpa batas yang bersifat global dan standar secara *real time* untuk *streaming* data GNSS melalui internet. *Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP)* merupakan pengembangan dari aplikasi data GNSS yang digunakan untuk streaming internet. Selanjutnya, *streaming internet* ini berfungsi mengoreksi data dari RTK dalam keadaan diam maupun bergerak (*mobile*) melalui internet dengan menggunakan GPRS yang biasa disimulasikan atau digunakan pada *receiver* yang terkoneksi pada *broadcasting host*. Pengukuran secara *real time* menggunakan konsep NTRIP kestabilan jaringan dari data internet sangat berpengaruh dalam pengiriman koreksi data secara *diferensial* dari *server* ke *rover* dengan format RTCM yang merupakan format standar internasional (Amaliana, 2015).

Metode pengukuran RTK GNSS CORS terdiri dari stasiun GNSS CORS, satu data server GNSS CORS dan beberapa *rover* GNSS CORS (Amaliana,

2015). Stasiun CORS terhubung dengan data server menggunakan jaringan *wireless* atau kabel LAN (*Local Area Network*). *Rover* terhubung dan *login* ke data server menggunakan jaringan GSM (*Global System Mobile*) dan CDMA (*Code 12 Division Multiple Access*) (Amaliana, 2015). Data server mengirim beberapa data dari *base station* ke *rover* dalam berbagai format sesuai dengan permintaan dari *rover* (Amaliana, 2015).

Sistem CORS memungkinkan tingkat akurasi pengukuran horizontal dan vertikal hingga ketelitian sentimeter relatif terhadap sistem referensi nasional (Arif, 2019). Data yang harus dikirimkan oleh *base station* dalam sistem RTK adalah data dalam format SC-104 RTCM. 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 (Arif, 2019). NTRIP didesain untuk mengirimkan koreksi data GNSS dari stasiun GNSS CORS. Koreksi data melalui NTRIP dapat diterima oleh *clients* melalui PC, Laptop, PDA, dan *receiver* GNSS. *Streaming* data NTRIP dapat dilakukan dengan menggunakan internet secara *Wifi* dan *Mobile Internet*. NTRIP terdiri dari 4 komponen yaitu: NTRIP *source*, NTRIP *server*, NTRIP *caster*, dan NTRIP *client*. NTRIP *caster* bekerja menggunakan program HTTP *server*, sedangkan NTRIP *Server* dan NTRIP *client* berguna sebagai HTTP *Clients* (Arif, 2019). Berikut 4 bagian yang sangat penting dalam NTRIP, yaitu NTRIP *source*, NTRIP *Server*, NTRIP *Caster*, dan NTRIP *Client* (Arif, 2019).



Gambar II. 8 Skema NTRIP (Arif, 2019)

### 1. NTRIP *source*

NTRIP *source* adalah komponen dari NTRIP yang menyediakan data koreksi GNSS berupa RTCM (Yuwono dan Awaluddin, 2015). *Ntrip Source* adalah istilah untuk stasiun GNSS CORS fungsinya untuk menyediakan layanan *streaming* data kepada NTRIP *client* (Yuwono dan Awaluddin, 2015). Selain koreksi RTCM, NTRIP *source* juga menyediakan 13 informasi berupa koordinat stasiun, *file* navigasi satelit GNSS (GPS, GLONAS, GALILEO dan Beido) (Yuwono dan Awaluddin, 2015). Setiap NTRIP *source* harus mempunyai yang unik dalam NTRIP *caster* (Yuwono dan Awaluddin, 2015). *Mountpoint* adalah istilah yang digunakan oleh stasiun GNSS CORS untuk mendefinisikan posisi dan berguna untuk memberikan koreksi RTCM kepada NTRIP *Client* (Yuwono dan Awaluddin, 2015).

### 2. NTRIP *Server*

NTRIP *server* berfungsi untuk mentranfer atau memberikan data RTCM ke NTRIP *caster* menggunakan koneksi TCP/IP. NTRIP *server* mengharuskan diterima pertama oleh NTRIP *caster* dan jika diijinkan dapat meneruskan data RTCM ke NTRIP *caster*. NTRIP *source* membangkitkan aliran RTCM. NTRIP *Server* dapat mengirimkan identifikasi nama dari NTRIP *source* (*Mountpoint*) dan parameter informasi tambahan lainnya berhubungan dengan NTRIP *source* ( Yuwono dan Awaluddin, 2015).

### 3. NTRIP Caster

NTRIP *Caster* adalah sebuah server internet yang menangani aliran data yang berbeda ke dan dari NTRIP *server* dengan *bandwidth* yang rendah sekitar 0,5 – 5 kbps untuk tiap aliran datanya. *Caster* mengecek pesan permintaan yang diterima dari NTRIP *client* dan *server* untuk melihat apakah *client*. *Server* didaftarkan dan diizinkan untuk menerima atau menyediakan aliran data RTCM. NTRIP *caster* memutuskan data-data yang dikirimkan atau yang diterima (Yuwono dan Awaluddin, 2015).

### 4. NTRIP Client

NTRIP *client* berfungsi untuk menerima aliran data RTCM. NTRIP *Client* harus yang pertama diterima oleh NTRIP *Caster*. *Client* memerlukan pengiriman parameter akses (*user id dan password*) ke NTRIP sumber (*mountpoint*) data yang diinginkan untuk dikirim. Jika *client* ingin mengetahui *mountpoint* maka dapat digunakan dari sistem *caster*, jadi *caster* akan menyediakan daftar *mountpoint* yang dapat digunakan pada *source table*. Pada pengukuran metode RTK-NTRIP memiliki 3 jenis solusi pengukuran yaitu ( Yuwono dan Awaluddin, 2015):

#### 1) Fixed

*Fixed* merupakan solusi pengukuran GNSS yang sudah terhubung dengan dengan *base station*, memiliki ketelitian posisi 1 sampai dengan 5 cm, *fase ambiguitas* sudah terkoreksi, jumlah satelit yang dilengkapi lebih dari 4, *bias multipath* terkoreksi dan *Link Quality* (LQ\_ 100 %) ( Yuwono dan Awaluddin, 2015).

#### 2) Float

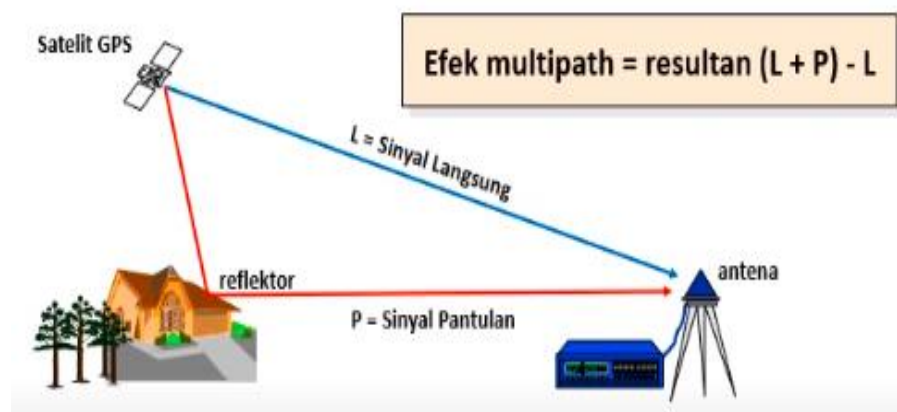
*Float* merupakan solusi pengukuran GNSS yang sudah terhubung dengan fase *base station*, memiliki ketelitian posisi mencapai 10 cm, *fase ambiguitas* belum terkoreksi, jumlah satelit yang di tangkap kurang atau sama dengan 4 (*too few satellite*), *bias multipath* belum terkoreksi ( Yuwono dan Awaluddin, 2015).

### 3) Standalon / Autonomous

*Autonomous* merupakan solusi GNSS yang tidak terhubung dengan *base station*, memiliki ketelitian posisi lebih dari 1 m, *fase ambiguitas* belum terkoreksi, jumlah satelit yang ditangkap kurang dari 4 (*too few satellite*) *bias multipath* belum terkoreksi ( Yuwono dan Awaluddin, 2015).

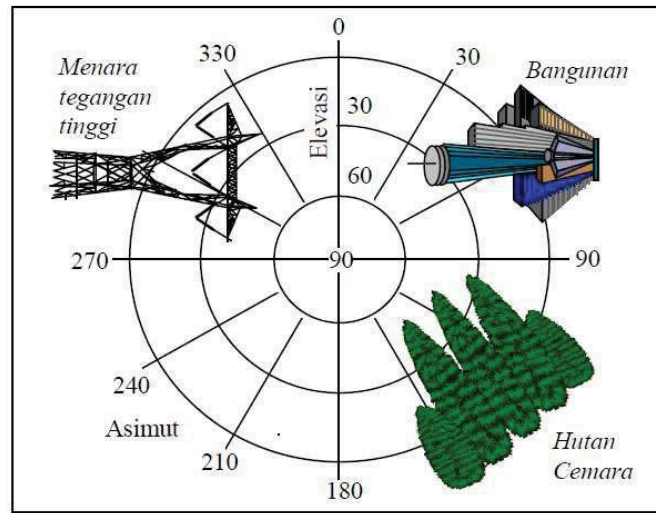
## II.6. Lingkungan Pengamatan Obstruksi (*multipath*)

Lingkungan pengamatan yang secara umum mempengaruhi kualitas data GNSS adalah terkait dengan obstruksi topografi dan *efek multipath*. Obstruksi topografi merupakan kondisi dimana objek-objek topografi menghalangi visibilitas satelit dan antenna GNSS dan obstruksi topografi menyebabkan jumlah satelit yang teramati menjadi sedikit sehingga geometri satelit semakin buruk yang berdampak pada ketelitian posisi yang dihasilkan (Ardiansyah, 2015).



Gambar II. 9 Efek *Multipath* (Ardiansyah, 2015).

*Multipath* merupakan fenomena dimana sinyal dari satelit tiba di antenna GPS melalui dua atau lebih lintasan yang berbeda. Satu sinyal merupakan sinyal langsung dari satelit ke antenna, sedangkan yang lainnya merupakan sinyal-sinyal tidak langsung yang dipantulkan oleh benda-benda (seperti: gedung, jalan raya, pepohonan, dan lainnya) di sekitar antenna sebelum tiba di antenna (Mufid, 2017). Berikut diagram obstruksi pada Gambar II.10.



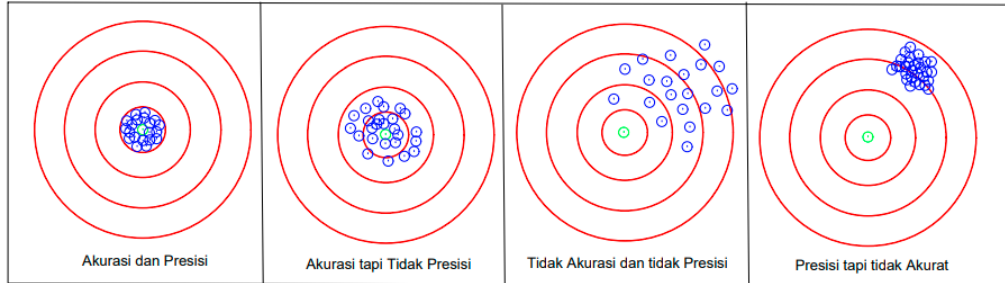
Gambar II. 10 Diagram Obstruksi (Mufid, 2017).

Perbedaan panjang lintasan menyebabkan sinyal-sinyal tersebut berinterferensi ketika sampai ke antena yang mengakibatkan kesalahan pada hasil pengamatan. Kesalahan akibat multipath akan menghasilkan ukuran jarak yang kurang teliti. *Multipath* akan mempengaruhi hasil ukuran *pseudorange* dan *carrier phase*. Efek *multipath* dapat diestimasi menggunakan kombinasi data *pseudorange* dan data fase 2 frekuensi L1 & L2 (Kusumaningrum, 2019).

## II.7. Akurasi dan Presisi

Melakukan suatu pengukuran, untuk memastikan hasil ukuran yang didapatkan baik atau tidak digunakan istilah *presisi* dan *akurasi*. *Presisi* adalah tingkat konsistensi dari pengamatan yang ditentukan dari besarnya perbedaan dalam nilai data yang dihasilkan. *Presisi* sangat ditentukan oleh kestabilan kondisi pengamatan, kualitas alat, kemampuan dari pengamat, dan prosedur pengamatan. Sedangkan *akurasi* adalah tingkat kedekatan dari nilai pengamatan dengan nilai sebenarnya. Jika hasil pengukuran saling berdekatan maka dikatakan mempunyai *presisi* tinggi dan sebaliknya jika hasil pengukuran menyebar maka dikatakan mempunyai *presisi* rendah (Hasanuddin, 2018). Ukuran *presisi* yang sering digunakan adalah standar deviasi ( $\sigma$ ). 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. Berikut ilustrasi *presisi* dan *akurasi* dapat dilihat gambar II.11 di bawah ini (Hasanuddin, 2018) :



Gambar II. 11 Akurasi dan Presisi (Hasanuddin, 2018)

Pengukuran yang dilakukan, khususnya pengukuran GNSS, kesalahan merupakan hal yang selalu akan ada dalam hasil yang diperoleh. Kesalahan ini pada umumnya diakibatkan oleh 3 unsur, yaitu kesalahan akibat alat, manusia, dan alam (Nugraha, 2018). Adapun jenis-jenis kesalahannya yaitu kesalahan besar (*blunder/gross error*), kesalahan sistematis. Kesalahan-kesalahan ini berpengaruh terhadap akurasi dan kepresisian data pengamatan (Nugraha, 2018). Pengukuran GNSS sangat di perlukan koreksi untuk mereduksi kesalahan-kesalahan tersebut. Ketelitian koordinat yang diperoleh dari hasil pengamatan dengan mencari residu data pengukuran di lapangan yang berupa titik-titik pengukuran dari pengukuran GNSS, nilai residu koordinat X,Y,Z digunakan untuk mencari nilai RMSE (*Root Mean Square error*). RMSE merupakan nilai perbedaan antara nilai yang dianggap dengan nilai hasil ukuran. Semakin kecil nilai RMSE maka semakin kecil pula kesalahan hasil ukuran terhadap kondisi sebenarnya. Adapun rumus yang digunakan dalam penelitian adalah mencari nilai RMSE pada persamaan (2.1) (Pardede, 2016)

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=0}^n \frac{(R - R_i)^2}{n}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

RMSE : *Root Mean Square error*

R : Nilai yang dianggap benar

R<sub>i</sub> : Nilai hasil ukuran

n : Banyak ukuran yang dilakukan

Persamaan ini digunakan untuk menghitung nilai HRMSE dan VRMSE pada pengukuran RTK NTRIP berdasarkan panjang *baseline* dan obstruksi. Berikut persamaan (2.2) dan persamaan (2.3).

$$\text{HRMSE} = \sqrt{\sum \frac{[(X - X_i)^2 + (Y - Y_i)^2]}{n}} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\text{VRMSE} = \sqrt{\sum \frac{(Z - Z_i)^2}{n}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

RMSE : *Root Mean Square error*

X : Nilai koordinat X yang dianggap benar (m)

X<sub>i</sub> : Nilai koordinat X hasil ukuran (m)

Y : Nilai koordinat Y yang dianggap benar (m)

Y<sub>i</sub> : Nilai koordinat Y hasil ukuran (m)

Z : Nilai koordinat Z yang dianggap benar (m)

Z<sub>i</sub> : Nilai koordinat Z hasil ukuran (m)

n : Banyak ukuran yang digunakan