

Bab II Tinjauan Pustaka

II.1 Kajian Penelitian Terdahulu

Keaslian penelitian dari peneliti sebelumnya yang pernah dilakukan dan dijadikan sebagai referensi pada penelitian ini. Ringkasan kajian tersebut disajikan pada Tabel II.1.

Tabel II.1. Kajian Penelitian Terdahulu

| No. | Peneliti | Tahun | Judul Penelitian | Tujuan | Metode Analisis |
|-----|---|-------|--|--|---|
| 1. | Arintia Eka Ningsih, Muhammad Awaluddin, Bambang Darmo Yuwono, Arwan Putra Wijaya | 2014 | <i>Kajian Pengukuran Dan Pemetaan Bidang Tanah Metode DGPS Post Processing Dengan Menggunakan Receiver Trimble GEOXT 3000 Series</i> | Mengkaji sampai sejauh mana ketelitian posisi titik atau koordinat dan luas bidang tanah yang diperoleh dari hasil pengukuran secara ekstraterrestrial menggunakan <i>Receiver trimble GeoXT 3000 series</i> untuk pemetaan bidang-bidang tanah. | Metode yang digunakan dalam penelitian ini metode DGPS dan metode absolut. |
| 2. | Lutgar Sudiyanto Sihotang, Bambang Darmo Yuwono, Muhammad Awaluddin | 2014 | <i>Analisis Pengukuran Bidang Tanah Menggunakan Metode RTK NTRIP Dengan Beberapa Provider GSM.</i> | Mengkaji tentang analisis pengukuran bidang tanah menggunakan metode RTK-NTRIP dengan <i>provider</i> Telkomsel, Indosat, dan XL. Pengukuran ini menggunakan GPS yang kemudian dibandingkan dengan <i>Total station</i> dan meteran. | GNSS metode RTK-NTRIP menggunakan <i>provider</i> Telkomsel, Indosat, dan XL. |

| | | | | | |
|----|--|------|---|---|---|
| 3. | Ega Gumilar Hafiz, Muhammad Awaluddin, Bambang Darmo Yuwono | 2014 | <i>Analisis Pengaruh Panjang Baseline Terhadap Ketelitian Pengukuran Situasi Dengan Menggunakan GNSS Metode RTK-NTRIP (Studi Kasus: Semarang, Kab. Kendal dan Boyolali)</i> | mengkaji analisis ketelitian pengukuran dari ketiga panjang <i>baseline</i> didapatkan hasil yang berbeda, sehingga membuktikan bahwa panjang <i>baseline</i> berpengaruh terhadap hasil pengukuran. | Menggunakan GNSS metode RTK-NTRIP |
| 4 | Rizki Widya Rasyid, Bambang Sudarsono, Fauzi Janu Amarrohman | 2016 | <i>Analisis Pengukuran Bidang Tanah Dengan Menggunakan GNSS Metode RTK-NTRIP Pada Stasiun Cors UNDIP dan Cors BPN Kab.Semarang</i> | Mengkaji tentang perbandingan posisi horisontal (X,Y), jarak antar titik, dan luas bidang tanah hasil pengukuran bidang tanah dengan menggunakan metode survei Rapid Static dan metode RTK-NTRIP pada stasiun CORS UNDIP, stasiun CORS BPN Kabupaten Semarang dan stasiun CORS BIG Semarang, dan stasiun CORS BIG Semarang. | GNSS metode RTK-NTRIP dengan menggunakan Stasiun CORS UNDIP, Stasiun CORS BPN Kabupaten Semarang, dan Stasiun CORS BIG Kota Semarang. |

1. *Kajian Pengukuran Dan Pemetaan Bidang Tanah Metode DGPS Post Processing Dengan Menggunakan Receiver Trimble Geoxt 3000 Series.* Tugas Akhir Arintia Eka Ningsih, Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro 2014.

Pada penelitian ini mengkaji sampai sejauh mana ketelitian posisi titik atau koordinat dan luas bidang tanah yang diperoleh dari hasil

pengukuran secara ekstraterrestrial menggunakan *Receiver trimble GeoXT 3000 series* untuk pemetaan bidang-bidang tanah dengan menggunakan metode absolut dan DGPS *Post processing* yang diikatkan pada *base station* SOPAC.

Dari hasil pengukuran dan pengolahan data dimana hasil pengukuran ETS digunakan sebagai acuan. Dengan metode pengolahan secara absolut ketelitian RMS koordinat sebesar 1,463 m dan ketelitian RMS luas bidang tanah sebesar

2,910 m², sedangkan dengan metode pengolahan secara *DGPS Post processing* ketelitian RMS koordinat sebesar 0,507 m dan ketelitian RMS luas bidang tanah sebesar 0,586 m².

2. *Analisis Pengukuran Bidang Tanah Menggunakan Metode RTK NTRIP Dengan Beberapa Provider GSM*. Tugas Akhir Lutgar Sudyanto Sitohang, Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro 2014.

Pada penelitian ini mengkaji tentang analisis pengukuran bidang tanah menggunakan metode RTK-NTRIP dengan *provider* Telkomsel, Indosat, dan XL. Pengukuran ini menggunakan GPS yang kemudian dibandingkan dengan *Total station* dan meteran. Pengukuran ini dilakukan pada daerah yang berkekuatan sinyal 3G dan EDGE. Dimana masing-masing daerah memiliki 30 bidang tanah. Akurasi dari pengukuran bidang tanah GPS Metode RTK-NTRIP terhadap pengukuran meteran di daerah Stadion dengan kekuatan sinyal 3G (*3th Generation*) adalah sebagai berikut, pada jarak yang diukur dengan *provider* Telkomsel sebesar $\pm 0,0558$ meter, sedangkan luasnya sebesar $\pm 0,859$ m². Pada jarak yang diukur dengan *provider* Indosat sebesar $\pm 0,0573$ meter, sedangkan luasnya sebesar $\pm 0,781$ m². Pada jarak yang diukur dengan *provider* sebesar $\pm 0,0722$ meter, sedangkan luasnya sebesar $\pm 0,99$ m². Akurasi berdasarkan dari pengukuran bidang tanah GPS Metode RTK-NTRIP terhadap pengukuran meteran pada daerah Mulawarman dengan kekuatan sinyal EDGE adalah sebagai berikut, pada koordinat yang diukur dengan

provider Telkomsel sebesar $\pm 0,070$ meter, jarak sebesar $\pm 0,052$ meter, dan luas sebesar $\pm 0,243$ m². Pada koordinat yang diukur dengan *provider* Indosat sebesar $\pm 0,068$ meter, jarak sebesar $\pm 0,052$ meter dan luas sebesar $\pm 0,256$ m². Pada koordinat yang diukur dengan *provider* XL sebesar $\pm 0,067$ meter, jarak sebesar $\pm 0,047$ meter, dan luas sebesar $\pm 0,228$ m².

3. *Analisis Pengaruh Panjang Baseline Terhadap Ketelitian Pengukuran Situasi Dengan Menggunakan GNSS Metode RTK-NTRIP (Studi Kasus: Semarang, Kab. Kendal dan Boyolali), Ega Gumilar Hafiz, ST (Universitas Diponegoro).*

Pada penelitian ini dibahas mengenai analisis ketelitian pengukuran dari ketiga panjang *baseline* didapatkan hasil yang berbeda, sehingga membuktikan bahwa panjang *baseline* berpengaruh terhadap hasil pengukuran. Dimana, urutan hasil yang paling baik dari pengukuran ini yaitu, panjang *baseline* 1 km > panjang *baseline* 15.6 km > panjang *baseline* 57,6 km.

4. *Analisis Pengukuran Bidang Tanah Dengan Menggunakan GNSS Metode RTK-NTRIP Pada Stasiun CORS UNDIP, Stasiun CORS BPN Kabupaten Semarang, dan Stasiun CORS BIG Kota Semarang. Tugas Akhir Rizki Widya Rasyid, Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro 2016.*

Pada penelitian ini mengkaji tentang analisis pengukuran bidang tanah menggunakan metode RTK-NTRIP dengan menggunakan *base station* CORS UNDIP, *base station* CORS BPN Kabupaten Semarang, dan *base station* CORS BIG Kota Semarang. Pengukuran ini menggunakan GPS yang kemudian dibandingkan dengan pengukuran GNSS metode *rapid static* dan pengukuran terestris dengan menggunakan *Total station*. Pengukuran ini dilakukan pada daerah yang memiliki banyak obstruksi dan daerah terbuka. Dimana masing-masing daerah memiliki 20 bidang tanah.

5. *Analisis Pengukuran Bidang Tanah Dengan Menggunakan GPS Pemetaan. Tugas Akhir Armenda Bagas Ramadhony, Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro 2017.*

Pada penelitian ini menganalisis perbandingan luas dan posisi horisontal (X, Y) hasil pengukuran bidang tanah dengan menggunakan metode pengukuran absolut dan *rapid static* pada *base station* CORS BIG Kota Semarang (CSEM).

Dari hasil pengukuran dan pengolahan data dimana hasil pengukuran bidang tanah menggunakan *Total Station* dipakai sebagai acuan. Pada pengukuran GNSS metode absolut di daerah terbuka mempunyai ketelitian RMS koordinat sebesar $\pm 3,033$ m dan ketelitian RMS luas sebesar $\pm 9,239$ m², kemudian pengukuran di daerah Tertutup mempunyai ketelitian RMS koordinat sebesar $\pm 2,915$ m dan ketelitian RMS luas sebesar $\pm 7,948$ m². Berikutnya, pada pengukuran GNSS metode *rapid static* di daerah terbuka mempunyai ketelitian RMS koordinat sebesar $\pm 0,864$ m dan ketelitian RMS luas sebesar $\pm 2,494$ m², kemudian pengukuran di daerah tertutup mempunyai ketelitian RMS koordinat sebesar $\pm 0,649$ m dan ketelitian RMS luas sebesar $\pm 3,771$ m².

II.2 Pengukuran Bidang Tanah

Pengukuran merupakan pengamatan terhadap besaran yang dilakukan dengan menggunakan peralatan dalam suatu lokasi dengan beberapa keterbatasan tertentu (Basuki, 2006). Melakukan pengukuran suatu daerah ialah menentukan unsur-unsur jarak dan sudut dari titik yang ada di suatu daerah dalam jumlah yang cukup, sehingga daerah tersebut dapat digambar dengan skala tertentu. Pengukuran jarak dan sudut antara titik-titik dimaksud, antara lain bertujuan untuk menentukan posisi titik batas pada suatu bidang tanah.

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 24 tahun 1997 tentang Pendaftaran Tanah, bahwa bidang tanah didefinisikan adalah bagian permukaan bumi yang merupakan satuan bidang berbatas. Pada tiap-tiap sudut batas bidang tanah diberi patok tanda-tanda batas. Pemberian patok tanda batas tersebut bertujuan agar batas-batas penguasaan dan kepemilikan setiap orang (pemegang hak) atas sebidang tanah dapat terlihat dengan jelas dan pasti. Penetapan dan pemasangan tanda batas pada tiap-tiap sudut bidang tanah, merupakan kewajiban pemegang

hak sebagai awal dari pelaksanaan pengukuran dan pemetaan bidang tanah, sebagaimana dijelaskan dalam pasal 19 PMNA / KBPN No. 3 tahun 1997 tentang Ketentuan Pelaksana Peraturan Pemerintah Nomor 24 tahun 1997.

Dalam Pasal 19 ayat (1) Undang-Undang Pokok Agraria No. 5 Tahun 1960 disebutkan bahwa, “Untuk menjamin kepastian hukum oleh Pemerintah diadakan pendaftaran tanah di seluruh wilayah Republik Indonesia yang meliputi: pengukuran, perpetaan dan pembukuan tanah, pendaftaran hak-hak atas tanah dan peralihan hak-hak tersebut, serta pemberian surat-surat tanda bukti hak, yang berlaku sebagai alat pembuktian yang kuat”.

Kegiatan pengukuran dan pemetaan merupakan salah satu bagian dari rangkaian kegiatan pendaftaran tanah yang dilaksanakan untuk memperoleh data fisik atas bidang-bidang tanah, sebagaimana dinyatakan dalam pasal 14 PP No 24 tahun 1997 yaitu untuk pengumpulan dan pengolahan data fisik dilakukan kegiatan pengukuran dan pemetaan bidang-bidang tanah yang meliputi :

- a. Pembuatan peta dasar pendaftaran.
- b. Penetapan batas bidang-bidang tanah.
- c. Pengukuran dan pemetaan bidang tanah dan pembuatan peta pendaftaran.
- d. Pembuatan daftar tanah.
- e. Pembuatan surat ukur.

Prinsip dasar pengukuran dan pemetaan kadastral dalam rangka penyelenggaraan pendaftaran tanah adalah harus memenuhi kaidah - kaidah teknis pengukuran dan pemetaan, sehingga bidang-bidang tanah yang diukur dapat dipetakan dan dapat diketahui letak dan batas-batasnya di atas peta secara pasti serta dapat direkonstruksi kembali batas-batasnya di lapangan. Kegiatan pengukuran dilaksanakan melalui tahapan penetapan dan pemasangan tanda-tanda batas serta pengukuran bidang tanah. Pelaksanaan pengukuran bidang tanah dapat dilakukan secara terestrial, fotogrametrik, atau metode lainnya.

Pengukuran secara terestrial adalah pengukuran yang dilaksanakan dipermukaan bumi dengan menggunakan peralatan ukur berupa *Theodolite*, *Total Station* atau GPS. Sistem pengukuran ini bekerja secara terpadu, mulai dari perekaman data lapangan, baik data poligon maupun data situasi, hitungan

perataan atau *coordinat adjustment*, hitungan reduksi koordinat ke sistem proyeksi yang diinginkan, sampai dengan proses penggambaran petanya.

Pada umumnya pengukuran dan pemetaan secara terestris, untuk pembuatan peta skala besar seperti peta kadaster (pendaftaran tanah), peta topografi dan peta teknik lainnya. Segmen penggunaannya sangat luas, antara lain Instansi Badan Pertanahan Nasional (BPN) untuk penentuan posisi titik kontrol orde 4 dan pengukuran kadastral, Instansi Pajak Bumi dan Bangunan (PBB) untuk penetapan besarnya pajak PBB, Perusahaan Tambang untuk eksplorasi dan progres volum pemindahan tanah atau batubara, Perusahaan Konstruksi dan lain-lain.

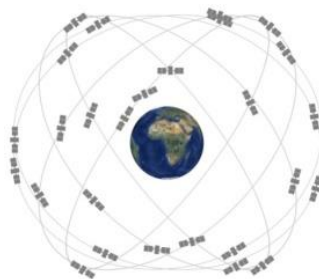
Pada pengukuran bidang tanah, penggunaan pita ukur untuk keperluan pengukuran jarak sering digunakan, jarak yang diperoleh kemudian digunakan untuk penghitungan luas bidang. Sampai saat ini sebagian besar pengukuran bidang tanah untuk kepentingan BPN dan PBB dilakukan secara terestris dengan cara pengukuran langsung menggunakan pita ukur. Salah satu alternatif pemetaan digital seiring dengan perkembangan teknologi pemetaan saat ini adalah dengan menggunakan teknologi *Global Navigation Satellite System* (GNSS). Instansi pemerintah seperti, Badan Pertanahan Nasional (BPN) dan Badan Informasi Geospasial (BIG), telah memanfaatkan teknologi pengukuran sistem GPS CORS (*Global Positioning System Continuously Operating Reference Stations*) yang berwujud sebagai titik kerangka referensi yang dipasang receiver GPS dan beroperasi secara kotinu selama dua puluh empat jam.

Standar teknis pengukuran dan pemetaan kadastral yang berlaku pada Badan Pertanahan Nasional (BPN), yaitu PP No. 24 Tahun 1997 tentang Pendaftaran Tanah, PMNA / KBPN No. 3 Tahun 1997 yaitu tentang Ketentuan Pelaksanaan PP No. 24 Tahun 1997 beserta Petunjuk Teknis PMNA / KBPN No.3 Tahun 1997 Materi Pengukuran dan Pemetaan Pendaftaran Tanah. Dalam hal luas bidang tanah toleransi luas adalah $\frac{1}{2} \sqrt{L}$ (L adalah luas bidang tanah) (Badan Pertanahan Nasional, 1998).

II.3 GNSS

GNSS (*Global Navigation Satellite System*) merupakan suatu sistem satelit yang terdiri dari konstelasi satelit yang menyediakan informasi waktu dan lokasi, memancarkan macam-macam sinyal dalam bentuk frekuensi secara terus menerus, yang tersedia di semua lokasi di atas permukaan bumi. GNSS memiliki peranan penting dalam bidang navigasi. GNSS yang ada saat ini adalah GPS (*Global Positioning System*) milik Amerika Serikat, GLONASS (*Global Navigation Satellite System*) milik Rusia, GALILEO milik Uni Eropa, dan COMPASS atau Bei-Dou milik China. India dan Jepang telah mengembangkan kemampuan GNSS regional dengan meluncurkan sejumlah satelit ke antariksa untuk menambah kemampuan yang sudah disediakan oleh sistem global dalam menyediakan tambahan cakupan regional (UNOOSA, 2011).

Sistem GPS atau nama aslinya adalah NAVSTAR (*Navigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System*), satelit GPS yang mengorbit bumi, dengan orbit dan kedudukan yang tetap (koordinat pasti), seluruh konstelasi standarnya berjumlah 24 buah dimana 21 buah aktif bekerja dan 3 buah sisanya adalah cadangan, yang menempati 6 bidang orbit yang bentuknya sangat mendekati lingkaran, dengan eksentrisitas orbit umumnya lebih kecil dari 0,02, keenamnya mempunyai spasi sudut yang sama antar sesamanya. Meskipun begitu setiap orbit ditempati setidaknya 4 satelit yang bergeometri baik dari setiap tempat di permukaan Bumi pada setiap saat. Orbit satelit GPS dapat dilihat pada Gambar II.1 di bawah ini.



Gambar II.1. Orbit satelit GPS (www.gps.gov)

GPS mempunyai tiga segmen utama yaitu : angkasa, pengontrol, dan penerima atau pengguna.

1. Segmen Angkasa

GPS terdiri dari satelit-satelit GPS serta roket-roket delta peluncur satelit. Satelit GPS bisa dianalogikan sebagai stasiun radio di angkasa, yang diperlengkapi dengan antena-antena untuk mengirim dan menerima sinyal-sinyal gelombang. Sinyal tersebut selanjutnya diterima oleh *receiver* GPS di dekat permukaan bumi, dan digunakan untuk menentukan informasi posisi, kecepatan, waktu serta parameter-parameter turunan lainnya.

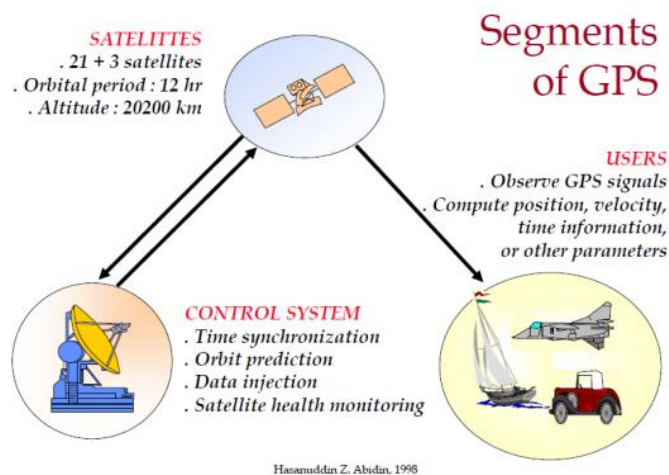
2. Segmen Pengontrol

Berfungsi untuk mengendalikan dan mengontrol satelit bumi baik untuk mengecek kesehatan satelit, penentuan dan prediksi orbit dan waktu, sinkronisasi waktu antar satelit dan mengirim data ke satelit.

3. Segmen Penerima/Pengguna

Berfungsi menerima data dari satelit dan memprosesnya untuk menentukan posisi (posisi tiga dimensi yaitu koordinat di bumi plus ketinggian), arah, jarak, dan waktu yang diperlukan pengguna.

Segmen GPS dapat dilihat pada Gambar II.2 berikut ini :

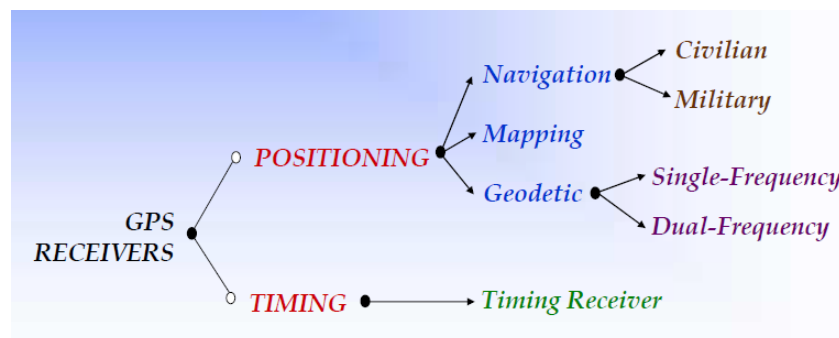


Gambar II.2. Segmen GPS (Abidin, 2007)

Ada berbagai macam perangkat penerima sinyal satelit navigasi (GNSS *receiver*) berdasarkan jenis, merk, dan fungsinya. Berdasarkan fungsinya secara umum terbagi menjadi tiga katagori, yaitu penunjuk arah (*Navigation*), pemetaan (*Mapping*), dan ketelitian tinggi (*Geodetic*).

1. Tipe alat GNSS *receiver* pertama adalah tipe Navigasi (*Handheld, Handy GPS*). Ketelitian posisi dari *receiver* tipe navigasi yang diberikan saat ini baru dapat mencapai 3 sampai 6 meter.
2. Tipe alat yang kedua adalah tipe geodetik *single* frekuensi (tipe pemetaan), yang biasa digunakan dalam survei dan pemetaan yang membutuhkan ketelitian posisi sekitar sentimeter sampai dengan beberapa desimeter.
3. Tipe terakhir adalah tipe Geodetik dual frekuensi yang dapat memberikan ketelitian posisi hingga mencapai milimeter. Tipe ini biasa digunakan untuk aplikasi *precise positioning* seperti pembangunan jaring titik kontrol, survei deformasi, dan geodinamika.

Tipe-tipe *receiver* dapat dilihat pada Gambar II.3 berikut ini.



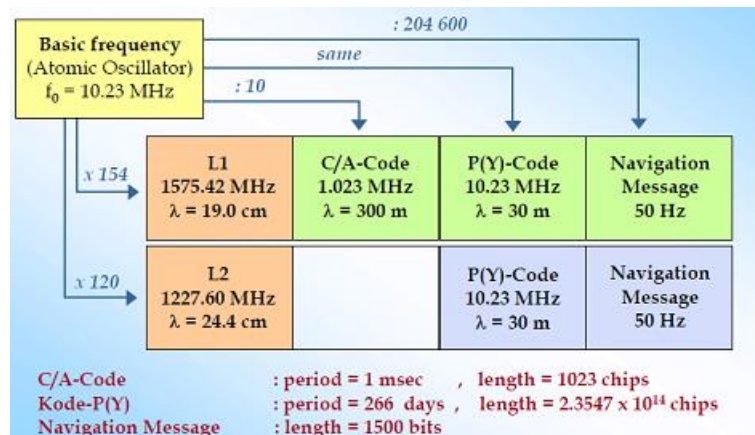
Gambar II.3. Tipe *receiver* GPS (Abidin, 2007)

II.4 Sinyal GPS

Pada dasarnya sinyal GPS dapat dibagi atas tiga komponen yaitu :

- a. Penginformasian jarak (kode) yang berupa kode-P(Y) dan kode-C/A.
- b. Penginformasian posisi satelit (*navigation message*).
- c. Gelombang pembawa (*carrier wave*) L1 dan L2.

Struktur frekuensi dan karakteristik dasar dari ketiga komponen sinyal GPS tersebut diberikan pada Gambar II.4.

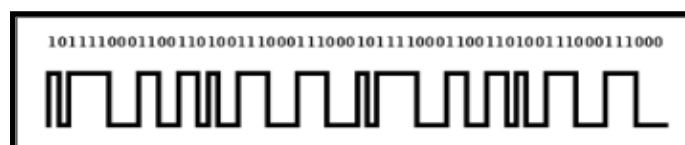


Gambar II.4. Struktur frekuensi dan parameter dasar komponen sinyal GPS
(Abidin, 2007)

Ketika sinyal melalui lapisan atmosfer, maka sinyal tersebut akan terganggu oleh konten dari atmosfer tersebut. Besarnya gangguan disebut bias. Bias sinyal yang ada utamanya terdiri dari dua macam yaitu bias ionosfer dan bias troposfer. Bias ini harus diperhitungkan (dimodelkan atau diestimasi atau melakukan teknik *differencing* untuk metode diferensial dengan jarak *baseline* yang tidak terlalu panjang) untuk mendapatkan solusi akhir koordinat dengan ketelitian yang baik. Apabila bias diabaikan maka dapat memberikan kesalahan posisi sampai dengan orde meter.

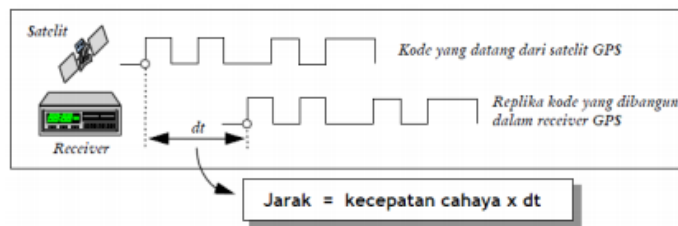
II.4.1 Penginformasian Jarak *Pseudorange* (Kode)

Ada dua kode *pseudo-random noise* (PRN) yang digunakan sebagai penginformasian jarak yaitu kode P (P = *Precise* atau *private*) dan kode (C/A = *Coarse Acquisition* atau *clear access*). Kode-kode ini merupakan suatu rangkaian kombinasi bilangan-bilangan 0 dan 1. Secara sepintas kode-kode ini tampak seperti rangkaian kombinasi 0 dan 1 yang acak, sehingga dinamakan *pseudo-random*. Contoh struktur kode pada sinyal GPS dapat dilihat pada Gambar II.5 berikut.



Gambar II.5. Contoh Struktur Kode Pada Sinyal GPS (Abidin, 2007)

Perlu ditekankan disini bahwa setiap satelit GPS mempunyai struktur kode yang unik dan berbeda dengan satelit-satelit lainnya. Ini memungkinkan penerima GPS untuk mengenali dan membedakan sinyal-sinyal yang datang dari satelit-satelit yang berbeda. Dengan kode-P (Y) ataupun kode-C/A jarak dari pengamat ke satelit dapat ditentukan. Prinsip pengukuran jarak yang digunakan dalam hal ini adalah dengan membandingkan kode yang diterima dari satelit dengan kode replika yang diformulasikan di dalam penerima, seperti yang digambarkan oleh Gambar II.6 berikut.



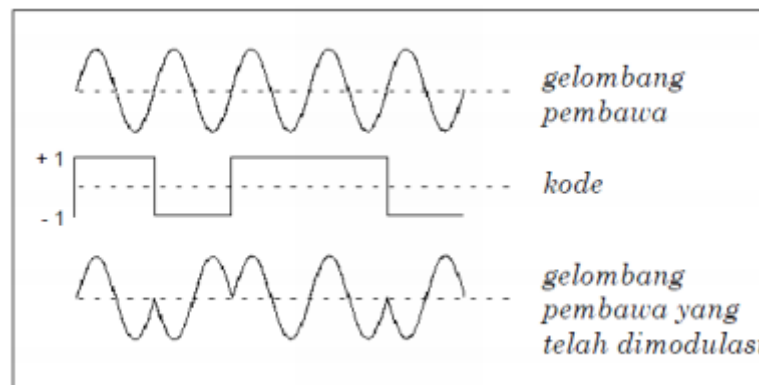
Gambar II.6. Prinsip Penentuan Jarak (*Pseudorange*) Dengan Kode (Abidin, 2007)

Dalam hal ini waktu yang diperlukan untuk ‘mengimpitkan’ kedua kode (dt) adalah waktu yang diperlukan oleh kode tersebut untuk menempuh jarak dari satelit ke pengamat. Dengan mengalikan data (dt) dengan kecepatan cahaya maka jarak antar pengamat dengan satelit dapat ditentukan. Perlu dicatat bahwa karena ketelitian jam yang ada pada *receiver* GPS berbeda dengan ketelitian jam yang ada pada satelit (jam atom), maka jarak yang diukur dengan cara tersebut masih akan terkontaminasi oleh kesalahan karena ketidaksinkronan waktu antara kedua jam tersebut, sehingga jarak ukuran umum dinamakan jarak semu atau *pseudorange*.

II.4.2 Gelombang Pembawa (Fase)

Ada dua gelombang yang digunakan L1 dan L2. Dalam hal ini gelombang L1 membawa kode-kode P dan C/A beserta pesan navigasi, sedangkan gelombang L2 membawa kode P dan pesan navigasi. Agar gelombang pembawa dapat membawa data kode dan pesan navigasi, maka data tersebut harus ditumpangkan ke gelombang pembawa. Dengan kata lain, gelombang pembawa dimodulasi oleh kode dan pesan navigasi. Dalam memodulasikan suatu gelombang ada beberapa

parameter yang dapat diubah dalam proses modulasi, yaitu frekuensi (modulasi frekuensi), amplitudo (modulasi amplitudo), dan fase (modulasi fase). Dalam kaitannya dengan sinyal GPS, modulasi yang digunakan adalah modulasi fase seperti yang ditunjukkan pada Gambar II.7 berikut.



Gambar II.7. Modulasi Fase Sinyal GPS (Abidin, 2007)

Dalam proses pemodulasian sinyal GPS ada dua tahap yang terlibat yaitu tahap *binary-to-binary modification of codes* dan tahap *binary biphase modulation*. Pada tahap pertama, *navigation message* ditumpangkan ke kode-P dan kode-C/A. Sedangkan pada tahap kedua, masing-masing kode yang telah membawa *navigation message* ditumpangkan ke gelombang pembawa L1 dan L2.

II.5 Ketelitian Penentuan Posisi

Ketelitian posisi (koordinat) yang diperoleh dari pengamatan GPS bergantung pada beberapa faktor berikut :

1. Akurasi data
Bergantung pada tipe data yang digunakan, kualitas *receiver*, tingkat kesalahan dan bias.
2. Geometri satelit
Bergantung pada jumlah satelit, lokasi dan distribusi satelit, lamanya sesi pengamatan.
3. Metode penentuan posisi
Bergantung pada metode yang diambil, apakah itu absolut, diferensial, jumlah titik referensi (*control/receiver* GPS yang terlibat).

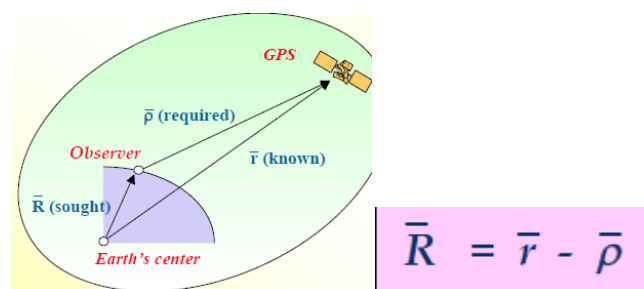
4. Strategi pemrosesan data

Bergantung pada strateginya, apakah secara *real-time*, *post-processing*, kontrol kualitas, perataan jaringan, dan sebagainya.

II.6 Pengukuran dan Penentuan Posisi dengan GPS

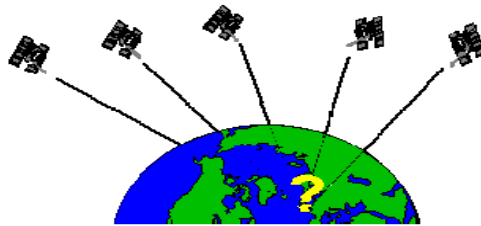
Pada dasarnya konsep dasar penentuan posisi dengan GPS adalah reseksi (pengikatan ke belakang) dengan jarak, yaitu dengan pengukuran jarak secara simultan ke beberapa satelit GPS yang koordinatnya telah diketahui. Secara vektor, prinsip dasar penentuan posisi dengan GPS diperlihatkan oleh Gambar II.8. Dalam hal ini, parameter yang akan ditentukan adalah vektor posisi geosentrik pengamat (\bar{R}). Untuk itu, karena vektor posisi geosentrik satelit GPS (\bar{r}) telah diketahui, maka yang perlu ditentukan adalah vektor posisi toposentris satelit terhadap pengamat ($\bar{\rho}$) (Abidin, 2007).

Prinsip dasar penentuan posisi dengan GPS dapat dilihat pada Gambar II.8 berikut.



Gambar II.8. Prinsip dasar penentuan posisi dengan GPS (Abidin, 2007)

Pada pengamatan dengan GPS, yang bisa diukur hanyalah jarak antara pengamat dengan satelit dan bukan vektor-nya. Oleh sebab itu, rumus yang tercantum pada gambar diatas tidak dapat diterapkan. Untuk mengatasi hal ini, penentuan posisi pengamat dilakukan dengan melakukan pengamatan terhadap beberapa satelit. Prinsip penentuan posisi dengan GPS dapat dilihat pada Gambar II.9.



Gambar II.9. Prinsip penentuan posisi dengan GPS (Abidin, 2007)

Perlu dicatat bahwa posisi yang diberikan oleh GPS adalah posisi tiga dimensi (X, Y, Z ataupun j, l, h) yang dinyatakan dalam datum WGS (*World Geodetic System*) 1984.

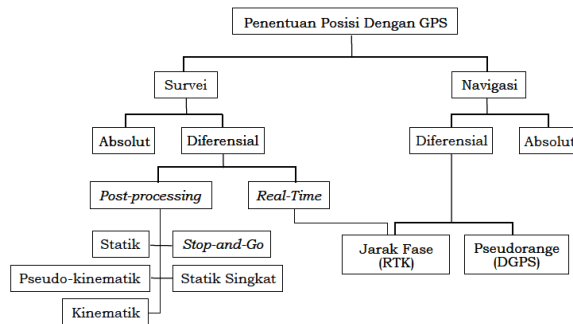
II.7 Metode Penentuan GPS

Penentuan posisi dengan GPS dapat dilakukan dengan berbagai metode yang masing-masing mempunyai karakteristik tersendiri. Secara umum metode penentuan posisi dengan GPS dapat dikelompokkan atas beberapa metode yaitu: *absolute*, *differential*, *static*, *rapid static*, *pseudo-kinematic*, dan *stop-and-go*, seperti ditunjukkan secara skematik pada tabel berikut.

Tabel II.2. Metode-metode penentuan posisi dengan GPS (Abidin, 2007)

| Metode | Absolut (menggunakan 1 receiver) | Differensial (menggunakan 2 receiver) | Titik | Receiver |
|-----------------------------|--|---|----------|----------------------|
| <i>Static</i> | √ | √ | Diam | Diam |
| <i>Kinematic</i> | √ | √ | Bergerak | Bergerak |
| <i>Rapid Static</i> | | √ | Diam | Diam (singkat) |
| <i>Pseudo Kinematic</i> | | √ | Diam | Diam dan bergerak |
| <i>Stop and Go</i> | | √ | Diam | Diam dan bergerak |

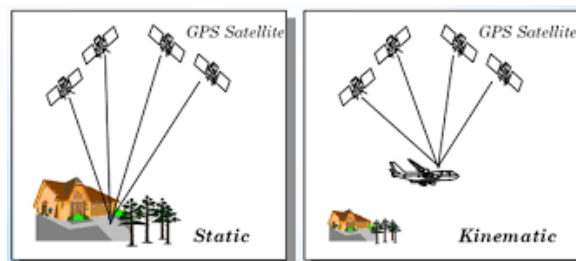
Metode penentuan posisi dengan GPS terbagi atas dua kategori, yaitu survei dan navigasi. Masing-masing kategori terbagi atas dua metode, yaitu metode absolut dan metode differensial. Selanjutnya metode absolut dan metode differensial dapat dilakukan dengan cara *real-time* dan *post-processing*. Metode-metode penentuan posisi dengan GPS dapat dilihat pada Gambar II.10 berikut.



Gambar II.10. Metode Penentuan Posisi dengan GPS (Abidin, 2007)

II.7.1 Metode Penentuan Posisi Absolut

Metode penentuan posisi secara absolut merupakan metode penentuan posisi yang paling mendasar dari GPS, bahkan dapat dikatakan bahwa metode ini adalah metode penentuan posisi dengan GPS yang direncanakan pada awalnya oleh pihak militer Amerika Serikat untuk memberikan pelayanan navigasi terutama bagi personil dan wahana militer mereka. Metode ini dapat dilakukan per titik tanpa tergantung pada titik lainnya, titik yang ditentukan posisinya bisa dalam keadaan diam (statik) maupun keadaan bergerak (kinematik). Metode ini tidak dimaksudkan untuk penentuan posisi yang teliti. Posisi ditentukan dalam sistem WGS-84 terhadap pusat massa Bumi. Aplikasi utama dari metode ini adalah untuk keperluan navigasi atau aplikasi-aplikasi lain yang memerlukan informasi posisi yang tersedia secara instan (*real-time*), seperti keperluan *reconnaissance* dan *ground truthing* (Abidin, 2007). Metode penentuan posisi secara absolut dapat dilihat pada Gambar II.11 berikut.

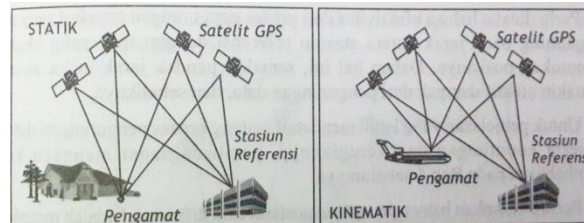


Gambar II.11. Metode penentuan posisi absolut (Abidin, 2007)

II.7.2 Metode Penentuan Posisi Diferensial

Metode penentuan posisi secara diferensial merupakan penentuan posisi yang dimana posisi suatu titik ditentukan relatif terhadap titik lainnya yang telah

diketahui koordinatnya (stasiun referensi). Penentuan posisi diferensial ini dapat dioperasikan baik dalam moda statik maupun kinematik. Metode penentuan posisi secara diferensial dapat dilihat pada Gambar II.12 berikut.



Gambar II.12. Metode penentuan posisi diferensial (Abidin, 2007)

Pada metode diferensial, yang kadangkala dinamakan metode penentuan relatif, dengan mengurangkan data yang diamati oleh dua *receiver* GPS pada waktu yang bersamaan, maka beberapa jenis kesalahan dan bias dari data dapat dieliminasi atau direduksi. Pengeliminasian dan pereduksian ini akan meningkatkan akurasi dan presisi data, dan selanjutnya akan meningkatkan tingkat akurasi dan presisi posisi yang diperoleh.

Pada penentuan posisi secara diferensial, jenis-jenis kesalahan dan bias yang dapat serta tidak dapat dieleminasi atau direduksi dengan proses pengurangan data dapat ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel II.3. Efek Dari Proses Pengurangan Data (Abidin, 2007)

| Kesalahan dan Bias | Dapat dieliminasi | Dapat direduksi | Tidak dapat dieleminasi / direduksi |
|------------------------|-------------------|-----------------|-------------------------------------|
| Jam Satelit | √ | | |
| Jam Receiver | √ | | |
| Orbit (Ephemeris) | | √ | |
| Ionosfer | | √ | |
| Troposfer | | √ | |
| Multipath | | | √ |
| Noise (Derau) | | | √ |
| Selective Availability | √ | √ | |

Perlu dicatat bahwa efektifitas dari proses pengurangan tersebut sangat tergantung pada jarak antara stasiun referensi dengan titik yang akan ditentukan

posisinya. Dalam hal ini, semakin pendek jarak maka akan semakin efektif dampak dari pengurangan data, dan sebaliknya.

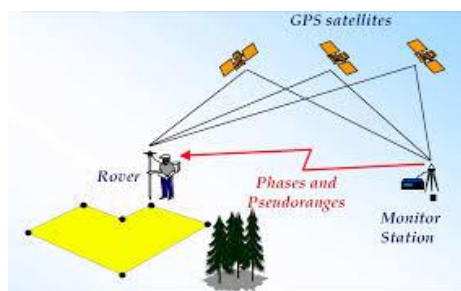
II.7.3 Sistem DGPS

Sistem DGPS (*Differential GPS*) adalah suatu akronim yang sudah umum digunakan untuk sistem penentuan posisi *real-time* secara diferensial menggunakan data *pseudorange*. Sistem ini umumnya digunakan untuk penentuan posisi objek-objek yang bergerak. Untuk merealisasikan tuntutan *real-time*-nya, maka stasiun referensi harus mengirimkan koreksi diferensial ke pengguna secara *real-time* menggunakan sistem komunikasi data tertentu (Abidin, 2007).

II.7.4 Sistem RTK

Sistem RTK (*Real Time Kinematic*) adalah suatu akronim yang sudah umum digunakan untuk sistem penentuan posisi *real-time* secara differensial menggunakan data fase. Untuk merealisasikan tuntutan *real-time*-nya, stasiun referensi harus mengirimkan data fase dan *pseudorange*-nya ke pengguna secara *real-time* menggunakan sistem komunikasi data tertentu.

Dalam hal ini stasiun referensi dan pengguna harus dilengkapi dengan perangkat pemancar dan penerima data. Perlu dicatat bahwa jenis dan spesifikasi data yang dikirim oleh stasiun referensi suatu sistem RTK diberikan oleh format RTCM SC-104 tipe pesan nomor 18, 19, 20, 21, dan 22. Ilustrasi mengenai sistem RTK dapat dilihat pada Gambar II.13 berikut.



Gambar II.13. Sistem RTK (Abidin, 2007)

Pada sistem RTK, stasiun referensi mengirimkan data ke pengguna dengan menggunakan sistem komunikasi data yang beroperasi pada pita frekuensi VHF/UHF. Untuk itu umumnya dituntut adanya visibilitas langsung (*line of sight*) antara stasiun referensi dan pengguna, dimana jarak maksimum (d) antara

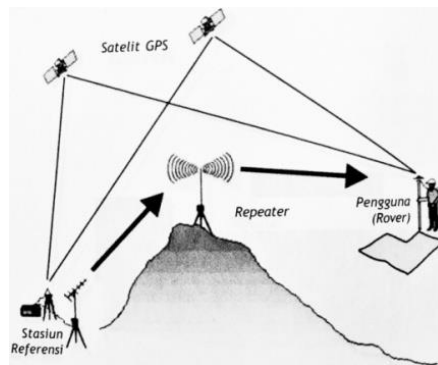
keduanya dapat secara teoritis diaproksimasi dengan rumus berikut (Abidin, 2007).

$$d = 3,57 \sqrt{k} (\sqrt{h_t} + \sqrt{h_r}) \dots\dots\dots(\text{II.1})$$

Keterangan :

- d = jarak maksimum antara stasiun referensi dan pengguna
- h_t = ketinggian antenna pemancar
- h_r = ketinggian antenna penerima
- k = faktor efektif jari-jari bumi

Pada rumus di atas (II.1) h_t dan h_r adalah ketinggian (dalam meter) dari antenna-antenna pemancar dan penerima di atas horizon umum keduanya. Secara umum, ketinggian tersebut bisa didekati dengan ketinggian terhadap tinggi rata-rata dari muka tanah. Variabel k adalah faktor efektif jari-jari bumi yang mewakili kenyataan bahwa adanya refraksi atmosfer, jarak berdasarkan horizon radio umumnya lebih panjang dibandingkan jarak berdasarkan horizon geometrik. Nilai k tergantung pada gradien vertikal dari refraktivitas di dekat permukaan bumi dan berkisar antara 1,2 sampai 1,6 tergantung kondisi cuaca. Nilai tipikal k dalam kondisi iklim rata-rata adalah 1,33. Berdasarkan rumus diatas, maka seandainya tinggi antenna pemancar dan penerima di atas permukaan tanah adalah masing-masing 5 m dan 2 m, maka jarak maksimum propagasi adalah sekitar 15 km. Secara praktis umumnya jarak ini sulit dicapai, dan obstruksi-obstruksi sepanjang lintasan sinyal umumnya akan mempengaruhi jarak tempuh dari sinyal tersebut. Untuk mengatasi obstruksi karena adanya topografi antara stasiun referensi dan pengguna (*rover*) dan juga untuk meningkatkan cakupan sinyal, maka stasiun pengulang (*repeater*) dapat digunakan, seperti yang diilustrasikan pada Gambar II.14 berikut.



Gambar II.14. Penggunaan *repeater* untuk memperluas cakupan sinyal (Abidin, 2007)

Ketelitian tipikal posisi yang diberikan oleh sistem RTK adalah sekitar 1 – 5 cm, dengan asumsi bahwa ambiguitas fase dapat ditentukan secara benar. Perlu ditekankan bahwa untuk mencapai tingkat ketelitian tersebut, sistem RTK harus dapat menentukan ambiguitas fase dengan menggunakan jumlah data yang terbatas dan juga selagi receiver bergerak. Mekanisme penentuan ambiguitas fase yang kerap dinamakan *on-the-fly ambiguity resolution* ini bukanlah suatu hal yang mudah dilaksanakan. Untuk dapat menentukan ambiguitas secara cepat dan benar umumnya diperlukan penggunaan data fase dan pseudorange dua frekuensi, geometri satelit yang relatif baik, algoritma perhitungan yang relatif andal, dan mekanisme eliminasi kesalahan dan bias yang relatif baik dan tepat.

Sistem RTK ini dapat digunakan untuk penentuan posisi objek-objek yang diam maupun bergerak, sehingga sistem RTK tidak hanya dapat merealisasikan survei GPS *real-time*, tetapi juga navigasi berketelitian tinggi. Aplikasi-aplikasi yang dapat dilayani oleh sistem ini cukup beragam, antara lain adalah *stacking out*, penentuan dan rekonstruksi batas persil tanah, survei pertambangan, survei-survei rekayasa dan utilitas, serta aplikasi-aplikasi lainnya yang memerlukan informasi posisi horizontal ataupun beda tinggi secara cepat (*real-time*) dengan ketelitian yang relatif tinggi dalam orde beberapa cm. Saat ini hampir semua perusahaan pembuat receiver GPS, seperti Trimble, Ashtech, Leica, Javad, Thales, Sokkia, Topcon, dan Novatel telah memasarkan sistem RTK GPS ini.

Seperti halnya WADGPS, sistem RTK juga dapat diimplementasikan dengan menggunakan beberapa stasiun referensi. Penggunaan beberapa stasiun

RTK ini bertujuan untuk memperluas cakupan dari sistem RTK. Dengan menggunakan satu stasiun referensi, sistem RTK umumnya hanya bisa digunakan untuk jarak *baseline* sampai sekitar 10-15 km. Untuk *baseline* yang lebih panjang umumnya nilai ambiguitas fase akan semakin sukar ditentukan secara benar, karena residu dari kesalahan dan bias yang tersisa dari proses pengurangan data akan relatif semakin signifikan. Agar resolusi ambiguitas fase tetap dilaksanakan dengan baik untuk jarak *baseline* yang relatif panjang, maka pengguna dibantu dengan data dan informasi dapat digunakan untuk mereduksi efek dari residu kesalahan dan bias tersebut.

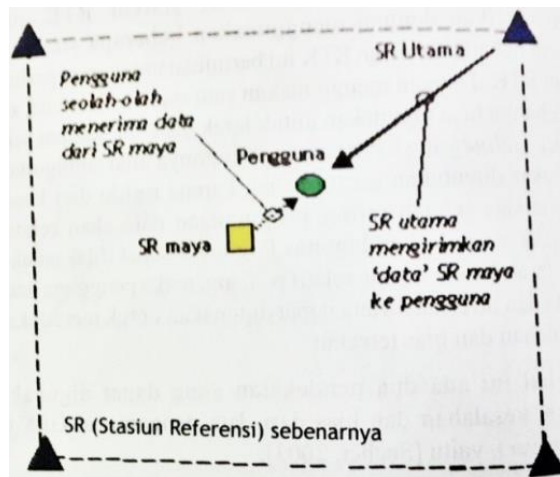
Dalam hal ini ada dua pendekatan yang dapat digunakan untuk mengkoreksi kesalahan dan bias dari pengamatan GPS di stasiun pengguna (*rover*), yaitu:

- *Area Correction Parameters* (ACP), dan
- *Virtual Reference Stations* (VRS)

Pada metode ACP, stasiun-stasiun referensi yang mengamati GPS secara kontinyu menentukan vektor koreksi yang valid untuk suatu kawasan tertentu (seperti kawasan segitiga antar garis penghubung tiga stasiun referensi) dengan waktu peremajaan (*update*) tertentu sesuai keperluan, seperti setiap 10 detik. Vektor koreksi umumnya terdiri dari komponen ionosfer dan troposfer serta komponen geometrik (jam satelit dan orbit). Komponen-komponen ini umumnya diformulasikan sebagai fungsi dari (lintang, bujur) serta waktu, dan dikirimkan ke pengguna oleh stasiun referensi tertentu.

Sedangkan pada metode VRS, stasiun-stasiun referensi mempunyai fungsi utama untuk mensimulasikan data pengamatan GPS di suatu stasiun referensi maya (*virtual*) yang relatif dekat dengan pengguna. Untuk itu pengguna harus mengirimkan lokasinya ke stasiun referensi utama dari sistem VRS. Selanjutnya sistem VRS tersebut menentukan lokasi stasiun referensi maya yang paling baik, menghitung vektor koreksi pada stasiun maya tersebut dan selanjutnya mensimulasikan data pengamatan GPS (*pseudorange* dan fase) pada stasiun tersebut. Setelah itu stasiun referensi utama dari sistem VRS akan mengirimkan data pengamatan GPS hasil simulasi tersebut ke pengguna. Dalam hal ini

pengguna menerima data GPS yang seolah-olah diamati oleh stasiun referensi (*virtual*) yang dekat dengannya, dan langsung bisa menerapkan algoritma RTK yang standar. Secara umum sistem kerja VRS ini dapat diilustrasikan seperti pada Gambar II.15.



Gambar II.15. Ilustrasi suatu sistem VRS (Abidin, 2007)

Terdapat 3 jenis solusi penukuran menggunakan metode RTK:

1. *Fix*.

Rover terhubung dengan *base station*, ketelitian posisi 1 sampai dengan 5cm, ambiguitas fase sudah terkoreksi, jumlah satelit yang ditangkap > 4, bias *multipath* sudah terkoreksi, dan LQ (*Link Quality*)100%.

2. *Float*.

Rover terhubung dengan *base station*, ketelitian posisi >5 cm, ambiguitas fase belum terkoreksi, jumlah satelit yang ditangkap < 4, dan bias *multipath* belum terkoreksi.

3. *Standalone*.

Rover tidak terhubung dengan *base station*, ketelitian posisi > 1 m, ambiguitas fase belum terkoreksi, jumlah satelit yang ditangkap < 4, dan bias *multipath* belum terkoreksi.

II.7.5 Metode Penentuan Posisi Statik

Penentuan posisi secara statik adalah penentuan posisi dari titik-titik yang diam (statik), dapat dilakukan secara absolut maupun diferensial dengan

menggunakan data pseudorange dan atau fase. Dibandingkan dengan metode kinematik, ukuran data pengamatan pada suatu titik lebih banyak, sehingga menyebabkan keandalan dan ketelitian posisi yang diperoleh umumnya relatif lebih tinggi (dapat mencapai orde mm sampai cm).

II.7.6 Metode Penentuan Posisi Kinematik

Penentuan posisi secara kinematik adalah penentuan posisi dari titik-titik yang bergerak dan *receiver* GPS tidak dapat atau tidak mempunyai kesempatan untuk berhenti pada titik-titik tersebut. Dapat dilakukan secara absolut maupun diferensial. Hasil penentuan posisi bisa diperlukan saat pengamatan (*real-time*) ataupun sesudah pengamatan (*post processing*).

II.7.7 Metode Survei Statik Singkat

Metode survei statik singkat (*Rapid Static*) merupakan penentuan posisi secara statik dengan waktu pengamatan yang lebih singkat, yaitu 5-20 menit. Metode ini rentan terhadap efek kesalahan dan bias. Metode statik singkat ini umumnya hanya diaplikasikan untuk *baseline* yang relatif pendek (<5 Km). Dan seandainya ambiguitas fase dapat ditentukan dengan benar, maka ketelitian posisi titik yang diperoleh adalah dalam orde sentimeter.

II.7.8 Metode Survei Pseudo-Kinematik

Metode survei *pseudo-kinematik* yang kadang disebut juga metode interminttent ataupun metode reoccupation, pada dasarnya dapat dilihat sebagai realisasi dari dua metode statik singkat yang dipisahkan oleh selang waktu yang relatif cukup lama (sekitar satu sampai beberapa jam).

Seperti halnya pada metode statik singkat, metode *pseudo-kinematik* ini memerlukan satelit geometri yang baik, tingkat bias dan kesalahan data yang relatif rendah, serta lingkungan yang relatif tidak menimbulkan *multipath*.

II.7.9 Metode Survei Stop and Go

Metode *stop and Go* atau disebut juga metode semi-kinematik. Pada metode ini titik-titik yang akan ditentukan posisinya tidak bergerak (statik), sedangkan *receiver* GPS bergerak dari titik-titik dimana setiap titiknya *receiver*

yang bersangkutan diam beberapa saat di titik-titik tersebut. Metode ini berbasiskan pada metode penentuan posisi diferensial dan membutuhkan kondisi pengamatan yang baik untuk mencapai ketelitian posisi yang relatif tinggi.

II.8 Sumber-sumber Kesalahan

Sebagaimana pada umumnya pengukuran suatu besaran di lapangan, pengamatan sinyal-sinyal GPS juga tidak dapat luput dari kesalahan. Kesalahan-kesalahan pada pengamatan (jarak-jarak) GPS ini dapat dibagi menjadi :

1. Kesalahan Ephemeris (Orbit)

Kesalahan ini terjadi ketika orbit satelit yang dilaporkan oleh ephemeris satelit tidak sama dengan orbit satelit yang sebenarnya, dengan kata lain posisi satelit yang dilaporkan tidak sama dengan posisi satelit yang sebenarnya. Kesalahan ephemeris tersebut kemudian akan mempengaruhi ketelitian dari koordinat titik-titik (absolut maupun relatif) yang ditentukan. Semakin panjang *baseline* yang diamati maka efek bias ephemeris satelit akan semakin besar.

2. Ionosfer

Kesalahan ini disebabkan oleh keberadaan elektron-elektron bebas yang beterbangan di lapisan ionosfir yang menyebabkan kecepatan, arah, polarisasi, dan kekuatan sinyal GPS yang melaluinya. Modulasi sinyal-sinyal GPS akan mengalami perlambatan (*pseudo-range* hasil konversi kode-kode C/A dan P akan lebih panjang dari semestinya) begitu melalui lapisan ini, sementara fase-fase frekuensi radio gelombang pembawa *carrier* L1 dan L2 menjadi lebih pendek dari yang sebenarnya) dengan besar yang sama.

3. Troposfer

Kesalahan ini juga merupakan deviasi kecepatan dan arah sinyal-sinyal GPS dari kecepatan cahaya di ruang hampa ketika melalui lapisan troposfir. Baik sinyal kode maupun fase gelombang pembawa akan mengalami perlambatan (jarak hasil hitungan lebih panjang dari semestinya) yang sama besar pada lapisan ini.

4. *Multipath*

Multipath adalah fenomena dimana sinyal dari satelit tiba diantena GPS melalui dua atau lebih lintasan yang berbeda. Dalam hal ini satu sinyal merupakan sinyal langsung dari satelit ke antena, sedangkan yang lainnya merupakan sinyal tidak langsung yang dipantulkan oleh benda-benda disekitar antena sebelum tiba diantena.

5. Ambiguitas Fase (*Cycle Ambiguity*)

Ambiguitas fase dari pengamatan fase sinyal GPS adalah jumlah gelombang penuh yang tidak terukur oleh *receiver* GPS. Untuk dapat merekonstruksi jarak ukuran antara satelit dengan antena maka harga ambiguitas fase harus terlebih dahulu ditentukan, setiap pengamatan fase dari satelit yang berbeda akan mempunyai harga ambiguitas fase tersendiri.

6. *Cycle Slips*

Cycle slip adalah ketidak-kontinyuan dalam jumlah gelombang penuh dari fase gelombang pembawa yang diamati, karena *receiver* yang disebabkan oleh satu dan lain hal, “terputus” dalam pengamatan sinyal. Penyebab terjadinya *cycle slip* adalah mematikan dan menghidupkan *receiver* secara sengaja; terhalangnya sinyal GPS masuk ke antena disebabkan oleh bangunan, pohon, dll; rendahnya rasio *signal-to-noise*, yang bisa disebabkan oleh beberapa faktor seperti dinamika *receiver* yang tinggi, aktifitas ionosfer yang tinggi, *multipath*; dan adanya kerusakan komponen dalam *receiver*.

7. *Selective Availability* (SA)

SA merupakan metode yang pernah diaplikasikan untuk memproteksi ketelitian posisi absolut secara *real-time* yang tinggi dari GPS hanya pihak militer Amerika Serikat dan pihak-pihak yang diberi izin. Efek SA dapat dieliminasi atau direduksi dengan baik dengan menggunakan metode penentuan posisi diferensial secara statik serta panjang *baseline* yang tidak terlalu panjang.

8. *Anti Spoofing* (AS)

AS merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengubah kode-P dari sinyal GPS diubah menjadi kode-Y yang bersifat rahasia, yang strukturnya hanya diketahui oleh pihak militer Amerika Serikat dan pihak-pihak yang diizinkan.

9. Kesalahan Jam

Kesalahan dari salah satu jam, apakah itu dalam bentuk *offset* waktu, *offset* frekuensi, ataupun *frequency drift* ini disebabkan oleh perbedaan antara jam satelit dan jam *receiver* yang mempengaruhi ukuran jarak, baik *pseudorange* dan fase dari suatu pengamatan.

10. Pergerakan Dari Pusat Fase Antena

Kesalahan yang terjadi akibat titik sumber radiasi yang ideal akan mempunyai muka fase gelombang berbentuk bola serta pusat fase yang tetap, dalam realitanya karena sulit direalisasi pada antena GPS. Maka pusat fase antena GPS umumnya akan berubah-ubah tergantung pada elevasi dan *azimuth* satelit serta intensitas sinyal, dan lokasinya akan berbeda untuk sinyal L1 dan L2. Karena satelit GPS selalu bergerak maka pusat fase antena pun akan berubah dari waktu ke waktu.

11. *Imaging*

Kesalahan yang melibatkan suatu benda konduktif yang berada dekat dengan antena GPS, seperti reflektor berukuran besar maupun *groundplane* dari antena itu sendiri. Radiasi dari antena yang sebenarnya akan menimbulkan arus induksi pada benda konduktif yang reflektif tersebut, sehingga benda tersebut akan membangkitkan pola radiasi tertentu, sehingga ia seolah-olah menjadi antena tersendiri yang dapat dilihat sebagai “bayangan” (*image*) dari antena yang sebenarnya. Jadi dengan kata lain, fenomena *imaging* ini akan mendistorsi pola fase antena yang seharusnya.

II.9 GNSS CORS

CORS (*Continuously Operating Reference Station*) adalah suatu teknologi berbasis GNSS yang berwujud sebagai suatu jaring kerangka geodetik yang pada

setiap titiknya dilengkapi dengan *receiver* yang mampu menangkap sinyal dari satelit-satelit GNSS yang beroperasi secara penuh dan kontinyu selama 24 jam sehari, 7 hari per minggu dengan mengumpulkan, merekam, mengirim data, dan memungkinkan para pengguna (*users*) memanfaatkan data dalam penentuan posisi, baik secara *post processing* maupun secara *real time* (On The Job Training, 2011).

Berikut ini adalah beberapa contoh antenna GNSS CORS yang terdapat pada *base station* BIG Kota Semarang, *base station* UNDIP dapat dilihat pada Gambar II.16 berikut.



(a)



(b)

Gambar II.16. (a) Antena pada *base station* BIG Kota Semarang, (b) UNDIP

Jaringan Referensi Satelit Pertanahan (JRSP) merupakan sebuah sistem jaringan stasiun referensi yang bekerja secara kontinyu selama 24 jam nonstop. JRSP merupakan pengembangan teknologi *Continuously Operating Reference Station* (CORS) atau teknologi untuk menentukan posisi secara global menggunakan *system satellite positioning*. *Global Navigation Satellite System* (GNSS) dapat disebut sebagai sistem navigasi dan penentuan posisi menggunakan satelit. GNSS didesain untuk memberikan informasi waktu dan posisi secara kontinyu di seluruh dunia. GNSS merupakan metode pengukuran ekstra-terestris, yaitu penentuan posisi yang dilakukan dengan melakukan pengamatan dan pengukuran terhadap satelit atau benda angkasa lainnya.

JRSP merupakan suatu teknologi berbasis *Global Navigation Satellite System* (GNSS) yang berwujud sebagai stasiun referensi-stasiun referensi yang pada setiap titiknya dilengkapi dengan *receiver* yang mampu menangkap sinyal dari satelit-satelit GNSS yang beroperasi secara kontinyu 24 jam per hari, 7 hari per

minggu. Stasiun referensi-stasiun referensi tersebut melakukan pengumpulan, perekaman, dan pengiriman data yang memungkinkan para pengguna memanfaatkan data untuk penentuan posisi yang disajikan oleh JRSP, baik secara *network realtime kinematics*, *network differential GNSS*, maupun *post-processing*.

Untuk dapat mengakses GNSS-CORS, *receiver* harus dilengkapi dengan sambungan internet sebagai komunikasi data dari stasiun GNSS-CORS ke *receiver*. Dalam hal ini data GNSS-CORS tersedia melalui *web* dalam format RINEX (*Receiver Independent Exchange*) maupun *Streaming NTRIP (Network Transport RTCM via Internet Protocol)*. NTRIP adalah sebuah metode untuk mengirim koreksi data GPS/GLONASS (dalam format RTCM) melalui jaringan internet, sehingga informasi mengenai posisi dapat diperoleh secara cepat. RTCM sendiri adalah kependekan dari *Radio Technical Commission for Maritime Services*, yang merupakan komite khusus yang menentukan standard radio navigasi dan radio komunikasi maritim internasional. Data format RINEX disediakan untuk pengolahan data secara *post-processing*, sedangkan data NTRIP untuk pengamatan posisi secara *real-time*.

II.10 Uji Statistik

II.10.1 HRMS

Sickle (2001) menyebutkan bahwa HRMS (*Horizontal Root Mean Square*) adalah nilai yang merepresentasikan ketelitian posisi horisontal suatu titik. Semakin kecil HRMS maka semakin teliti suatu pengukuran yang dilakukan. HRMS dirumuskan dengan persamaan II.1 berikut:

$$HRMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n ((x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2)}{n}} \dots\dots\dots(II.1)$$

Keterangan :

x_1 = Data Absis 1

x_2 = Data Absis 2

y_1 = Data Ordinat 1

y_2 = Data Ordinat 2

n = Jumlah Data

II.10.2 Simpangan Baku

Istilah simpangan baku pertama kali diperkenalkan oleh Karl Pearson pada tahun 1894, dalam bukunya *On the dissection of asymmetrical frequency curves*. Dalam statistika dan probabilitas, simpangan baku atau standar deviasi adalah ukuran sebaran statistik yang paling lazim. Singkatnya, ia mengukur bagaimana nilai-nilai data tersebar. Bisa juga didefinisikan sebagai, rata-rata jarak penyimpangan titik-titik data diukur dari nilai rata-rata data tersebut. Simpangan baku didefinisikan sebagai akar kuadrat varians. Simpangan baku merupakan bilangan tak-negatif, dan memiliki satuan yang sama dengan data.

Simpangan baku untuk populasi disimbolkan dengan σ (*sigma*) dan didefinisikan dengan rumus:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \dots\dots\dots (II.2)$$

Keterangan :

- σ = Nilai simpangan baku atau standar deviasi
- x_i = Data populasi 1
- x_2 = Data Populasi 2
- N = Jumlah data

II.10.3 Uji Fisher (Uji-F)

Uji *Fisher* adalah suatu analisis varians yang memungkinkan untuk mengetahui apakah dua atau lebih *mean* populasi akan bernilai sama dengan menggunakan data dari sampel masing-masing populasi. Biasanya analisis varians lebih efektif digunakan untuk menguji tiga atau lebih populasi,

- *The null hypothesis, H0*,
Pernyataan yang membandingkan statistik populasi dengan statistik sampel. Pernyataan ini mengindikasikan apa yang diharapkan dari populasi.
- *The alternative hypothesis, Ha*
Hipotesis yang diterima bila H_0 ditolak

- *The test statistic*

Dihitung dari data sampel dan digunakan untuk menolak atau menerima hipotesis nol

- *The rejection region*

Nilai untuk uji statistik dimana H_0 ditolak. Jika statistik hitungan lebih besar daripada nilai pada *rejection region*, hal tersebut menandakan bahwa statistik sampel dari hipotesis nol berada di luar *confidence interval*

Uji ini dilakukan dengan membandingkan *variance* dari 2 (dua) set sampel, rumus yang digunakannya yaitu :

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad \text{or} \quad F = \frac{S_2^2}{S_1^2} \quad F = \frac{\text{larger sample variance}}{\text{smaller sample variance}} \dots\dots\dots (II.3)$$

Keterangan :

S_1^2 = Varians populasi 1

S_2^2 = Varians populasi 2

F = Nilai F hitung

Tabel F *Distributions*

$$F_{\alpha, v_1, v_2} = \frac{1}{F_{1-\alpha, v_2, v_1}} \dots\dots\dots (II.4)$$

Keterangan :

F_{α, v_1, v_2} atau F_{α} = Nilai F tabel

Hipotesis nol ditolak jika:

- *One-tailed test* digunakan untuk menguji apakah rata-rata sampel lebih besar atau kecil daripada rata-rata populasi.

$$F > F_{\alpha} \dots\dots\dots (II.5)$$

- *Two-tailed test* digunakan untuk menguji apakah rata-rata sampel berbeda secara statistik dengan rata-rata populasi.

$$F > F_{\alpha/2} \dots\dots\dots (II.6)$$

II.11 Receiver Trimble GeoXT 3000 Series

Receiver Trimble GeoXT 3000 Series merupakan GPS *receiver* kombinasi komputer *handheld* dengan *receiver* GPS ini dapat membantu pengukuran dalam mengukur permukaan bumi kapan dan dimana dibutuhkan pengukuran , dengan spesifikasi sebagai berikut ini :

1. *Real-time* submeter GPS dengan SBAS terintegrasi dan *EVEREST Multipath*.
2. Akurasi 50 cm setelah *postprocessing* dengan teknologi *Trimble DeltaPhase*.
3. Resolusi tinggi layar VGA untuk peta tajam dan jelas
4. *Bluetooth* dan konektivitas LAN nirkabel.
5. 1 GB penyimpanan *onboard plus* slot SD untuk kartu *removable*.
6. Sistem operasi *windows Mobile versi 6.1* (Faisal, 2014).