

MODUL

“Survey Satelit Pertanahan”

Disusun oleh:

**Eko Budi Wahyono
Muh Arif Suhattanto**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV PERTANAHAN

**KEMENTERIAN AGRARIA DAN TATA RUANG/BPN
SEKOLAH TINGGI PERTANAHAN NASIONAL YOGYAKARTA**

Tahun 2019

Kata Pengantar

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia Nya, Modul **Survey Satelit Pertanian** ini telah dapat diselesaikan.

Ucapan terima kasih penyusun sampaikan kepada berbagai pihak yang telah ikut membantu dan memfasilitasi penyusunan modul ini, sehingga modul yang sederhana ini bisa terwujud.

Modul ini disusun dengan segala keterbatasan yang ada. Oleh karenanya demi penyempurnaan modul ini, saran dan masukan yang berharga dari para pembaca akan sangat berguna.

Akhirnya penyusun berharap semoga modul praktik ini bermanfaat bagi para Taruna/Mahasiswa dan bagi seluruh pembaca yang membutuhkannya.

Yogyakarta, Agustus 2019

Penyusun

DAFTAR ISI

BAB I. Konsep Dasar Penentuan Posisi GNSS	1
A. Kegiatan Belajar 1: Pengertian GNSS dan Satelit GNSS	1
B. Kegiatan Belajar 2: Kelebihan dan Kekurangan Penentuan Posisi dengan Teknologi GNSS.	4
C. Kegiatan Belajar 3: Segmen GNSS.....	5
D. Kegiatan Belajar 4: Sinyal dan Data GNSS.....	7
E. Kegiatan Belajar 5: Prinsip dan metode Penentuan Posisi Dengan GNNS.	12
F. Kegiatan Belajar 6: Kesalahan Dan Bias.	14
Bab II. Data Pengamatan	24
A. Kegiatan belajar 1: Data Pengamatan GNSS/GPS.	24
B. Kegiatan Belajar 2: Differencing Data GNSS/GPS.	25
C. Kegiatan Belajar 3: Single Difference (SD).	26
D. Kegiatan belajar 4: Data Pengamatan Double Difference (DD)	29
E. Kegiatan Belajar 5: Triple Difference (TD).....	31
F. Kegiatan belajar 6: Pengkombinasi Linearan Data	32
BAB III. Metode-Metode Penentuan Posisi dengan GNSS.....	37
A. Kegiatan Belajar 1: Metode Pengukuran Absolute	40
B. Kegiatan Belajar 2: Metode Pengukuran Differential	42
C. Kegiatan Belajar 3: Metode Pengukuran Static	44
D. Kegiatan Belajar 5: Metode Pengukuran Kinematik	46
E. Kegiatan Belajar 6: Metode Pengukuran Stop and go	46
F. Kegiatan Belajar 7: Metode Pengukuran RTK (Real Time Kinematic)	48
G. Kegiatan Belajar 8: Metode Pengukuran PPP	49
H. Kegiatan Belajar 9: Metode Pengukuran CORS.....	51
BAB IV. Pengolahan Data GNSS.....	60
A. Kegiatan Belajar 1: Tahapan Pengolahan Data.	60
B. Kegiatan Belajar 2: Pengolahan Base Line.	64
C. Kegiatan Belajar 3: Pengolahan Jaringan	64
D. Kegiatan Belajar 4: Perataan Jaring Bebas.....	65

E. Kegiatan Belajar 5: Transformasi Datum	66
Bab V. Aplikasi GNSS Untuk Survei Kadastral.....	73
A. Kegiatan Belajar 1: Aplikasi GNSS.	73
B. Kegiatan Belajar 2: GNSS untuk Pengadaan Titik Dasar Teknik	74
C. Kegiatan Belajar 3: GNSS untuk Penentuan Posisi Batas bidang Tanah.	76
D. Kegiatan Belajar 4: GNSS untuk mencari Bidang Tanah.	78
E. Kegiatan Belajar 5: GNSS Untuk Rekonstruksi Batas.	79
F. Kegiatan Belajar 6: GNSS Untuk Realokasi.....	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Informasi yang dikandung sinyal GNSS.....	5
Gambar 2. Segmen GPS (Sumber : Abidin, 2001)	7
Gambar 3. Perjalanan Sinyal GNSS/GPS.....	11
Gambar 4. Prinsip dasar penentuan posisi dengan GNSS (pendekatan vektor)	13
Gambar 5. Prinsip dasar penentuan posisi dengan GNSS	13
Gambar 6. Sistem koordinat GNSS	14
Gambar 7. Differencing Data GNSS	26
Gambar 8. Metode Penentuan Posisi dengan GNSS	38
Gambar 9. Prinsip Penentuan Posisi GNSS/GPS (Sumber : Abidin, 2000)	39
Gambar 10. Metode Penentuan Posisi Dengan GNSS/GPS (Sumber : Abidin, 2007).....	39
Gambar 11. Metode Pengamatan Absolute Statik dan Kinematik	40
Gambar 12. Penentuan posisi Absolut.....	41
Gambar 13. Metode pengamatan diferensial (Hasanuddin Z. Abidin 1994).....	43
Gambar 14. Penentuan posisi Differensial.....	44
Gambar 15. Metode Pengukuran Statik (Hasanuddin Z. Abidin 1994).....	45
Gambar 16. Metode Pengukuran Statik yang dipadukan dengan statik singkat.....	45
Gambar 17. Metode Pengukuran Kinematik secara post-proses maupun real-time	46
Gambar 18. Contoh metode pengukuran stop-and-go	47
Gambar 19. Pengamatan Real Time Kinematic (RTK)-GPS yang terdiri atas base station dan rover station	48
Gambar 20. seperangkat base (kiri) dan rover station (kanan) RTK-GPS	48
Gambar 21. Metode pengukuran Statik dan Kinematik PPP (Precise Point Positioning) Real-Time	50
Gambar 22. Informasi dari satelit yang diperoleh stasiun referensi secara global (Trimble, 2012)	50
Gambar 23. metode relative positioning dengan teknologi CORS.....	51
Gambar 24. Konsep Satu Sistem CORS (Sumber : Arianto and Sunantyo, 2009).....	54
Gambar 25. Prinsip NRTK dengan VRS Sumber (Sumber : Swisstopo, 2009 dalam Djawahir,2010)	55
Gambar 26. Tahapan Pengolahan Data.....	62
Gambar 27. Contoh Data Rinex.....	63
Gambar 28. Pengolahan Base Line.....	64
Gambar 29. Perataan Jaring Terikat.....	66
Gambar 30. Transformasi Koordinat Titik GPS (Sumber : Abidin,2002).....	68
Gambar 31. Distribusi TDT Orde 2, 3 dan 4. (Sumber : Abidin, 2007)	76
Gambar 32. Pengukuran Batas Bidang Tanah dengan GNSS secara langsung (Sumber : Abidin, 2007)	77
Gambar 33. Pengukuran Batas Bidang Tanah dengan GNSS secara tidak langsung (Sumber : Abidin 2007)	78
Gambar 34. Rekonstruksi Batas Bidang Tanah Secara Langsung (Sumber : Abidin 2007)	80
Gambar 35. Rekonstruksi Batas Bidang Tanah Secara Tidak Langsung (Sumber : Abidin 2007)	81

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komparasi Satelit GNSS (Sumber Mahmoud Ahmed El-shora, 2012)	6
Tabel 2. Jenis Frekuensi dan nilai Frekuensi Satelit GNSS (Sumber : Larry D Hothem, 2012)....	8
Tabel 3. Prinsip Metode Penentuan Posisi.....	37
Tabel 4. Faktor dilakukannya proses diferensial pada data GNSS (Hasanuddin Z. Abidin 1994)	43

GLOSARIUM

Global Positioning System (GPS): Sistem navigasi berbasis satelit yang dikembangkan oleh Departemen Pertahanan Amerika.

Global Navigation Satellite System: suatu system satelit yang terdiri dari konstelasi satelit yang menyediakan informasi waktu dan lokasi, memancarkan macam-macam sinyal dalam berbagai frekwensi secara terus menerus, yang tersedia di semua lokasi di atas permukaan bumi

Continuously Operating Reference Station (CORS): suatu teknologi berbasis GNSS yang berwujud sebagai 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 dengan mengumpulkan, merekam, mengirim data dan memungkinkan para pengguna memanfaatkan data dalam penentuan posisi, baik secara *post processing* maupun secara *real time*

NTRIP: sebuah metode untuk mengirim koreksi data GPS/GLONASS (dalam format RTCM) melalui intranet. RTCM sendiri merupakan kependekan dari *Radio Technical Commisission for Maritime Services*, yang merupakan komite khusus yang menentukan standar radio navigasi dan radio komunikasi maritime internasional

Real Time kinematic (RTK) : suatu akronim yang sudah umum digunakan untuk sistem penentuan posisi real time secara differensial menggunakan data fase.

Selective Availability Selective Availability (SA): Metode yang pernah diaplikasikan untuk memproteksi ketelitian posisi absolut secara real-time yang tinggi dari GPS hanya untuk pihak militer Amerika Serikat dan pihak-pihak yang berwenang. Tetapi sejak 2 Mei 2000, kebijakan SA sudah dinonaktifkan

Ellipsoid : Suatu pendekatan model bumi (Berbentuk elips) dimana parameternya ditentukan dari setengah sumbu panjang (a) , setengah sumbu pendek (b) dan nilai penggepengan ($1/f$)

Ephemeris: kesalahan dimana orbit satelit yang dilaporkan oleh *ephemeris* satelit tidak sama dengan orbit satelit yang sebenarnya sehingga akan mempengaruhi ketelitian koordinat titik-titik yang ditentukan

Ambiguitas fase: jumlah gelombang penuh yang tidak terukur oleh *receiver* GPS

Cycle slips merupakan ketidak-kontinuan dalam jumlah gelombang penuh dari fase gelombang pembawa yang diamati, karena sinyal ke *receiver* terputus pada saat pengamatan sinyal

Multipath merupakan fenomena dimana sinyal dari satelit tiba di antena GPS melalui dua atau lebih lintasan yang berbeda [Abidin, 2006]. Dalam hal ini, satu sinyal merupakan sinyal langsung dari satelit ke antena, sedangkan yang lainnya merupakan sinyal-sinyal tidak langsung yang dipantulkan oleh benda-benda (seperti: gedung, jalan raya, mobil, pepohonan, dll

MODUL

I

BAB I. Konsep Dasar Penentuan Posisi GNSS

Metode penentuan posisi dipermukaan bumi dapat dilakukan dengan menggunakan metode terestris maupun ekstraterestris. Penentuan posisi dipermukaan bumi dengan metode ekstraterestris adalah penentuan posisi titik di permukaan bumi dengan melakukan pengamatan atau pengukuran terhadap benda atau obyek di angkasa yang berupa bintang, bulan maupun obyek buatan manusia. Satelit– satelit GNSS memancarkan sinyal – sinyalnya kepermukaan bumi untuk “memberitahu” kepada pengamat tentang posisi satelit tersebut, jarak satelit dari pengamat beserta informasi waktunya. Pada dasarnya sinyal – sinyal ini membawa informasi yang diperlukan oleh pengamat untuk menentukan posisinya di muka bumi. Perjalanan sinyal satelit dalam mencapai antena receiver di permukaan bumi akan dipengaruhi oleh beberapa kesalahan dan bias. Kesalahan dan bias ini akan mempengaruhi ketelitian penentuan posisi yang akan dihasilkan.

Dengan mempelajari modul I ini, diharapkan mahasiswa mampu memahami tentang Pengertian GNSS dan Satelit GNSS, Kelebihan dan Kekurangan penentuan posisi menggunakan GNSS, Sinyal GNSS, Data GNSS, Prinsip dan Metode Penentuan Posisi dengan GNSS, serta Kesalahan dan Bias dalam Penentuan posisi dengan GNSS.

A. Kegiatan Belajar 1: Pengertian GNSS dan Satelit GNSS

Global Navigation Satellite System (GNSS) merupakan istilah singkatan dari suatu sistem satelit navigasi yang menyediakan posisi geospasial dalam lingkup global. GNSS beroperasi secara penuh sejak Desember 2009. Diawali dengan sistem *Global Positioning System* (GPS) yang merupakan suatu konstelasi yang terdiri tidak kurang dari 24 satelit yang menyediakan informasi koordinat posisi yang akurat secara global. GPS mempergunakan satelit dan komputer untuk melakukan penghitungan posisi dimanapun di

muka bumi ini. Sistem ini dimiliki, dioperasikan dan dikontrol oleh *United States Department of Defenses* (DoD). GNSS dapat dipergunakan secara global dimanapun dan oleh siapapun di muka bumi ini secara gratis.

Seiring dengan perkembangan Satelit GPS, GLONASS yang merupakan sistem GNSS yang dimiliki oleh Russia mempunyai cakupan seluruh dunia dengan 18 satelit yang tersedia sejak Desember 2009, dan satelit GALILEO milik Eropa juga COMPASS milik China sedang dikembangkan. GLONASS (*GLObal'naya NAvigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*, atau *Global Navigation Satellite System*) merupakan sistem navigasi ruang angkasa milik Russia yang bisa disamakan dengan sistem GNSS milik Rusia. Satelit berjumlah 21 pada 3 bidang orbit datar.

GNSS sekarang ini terdiri dari 6 Satelit :

- ❑ NAVSTAR GPS (*NAVigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System*) (USA).
- ❑ GLONASS (Rusia) = *Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*).
- ❑ Galileo (Eropa)
- ❑ Compass (China) / Beidou
- ❑ Quasi-Zenith Sistem Satelit (QZSS)
- ❑ *India Regional Navigation Satellite System* (IRNSS)

NAVSTAR GPS atau yang paling sering disebut dengan GPS saja merupakan satelit yang dibuat dan dioperasikan Amerika Serikat diluncurkan sejak 22 Februari 1978 untuk kepentingan penentuan posisi dan navigasi. Sampai saat ini terdapat 32 satelit GPS yang sehat untuk kepentingan penentuan posisi dan navigasi.

GLONASS adalah sistem satelit navigasi global kedua setelah GPS. Pembangunan satelit GLONASS dimulai pada tahun 2001 dengan peluncuran satelit ke orbitnya oleh pemerintah Rusia. Hingga saat ini terdapat 29 satelit yang aktif, namun hanya terdapat 24 satelit dengan kondisi yang sehat.

Galileo merupakan satelit yang dibuat oleh negara-negara yang tergabung dengan Uni Eropa. Pembangunan satelit GLONASS dilaksanakan oleh Komisi Eropa (*European Commission*) dan ESA (*European Space Agency*). ESA bekerja sama dengan the *Galileo Industries Company GmbH* (sekarang menjadi the *European Satellite Navigation Industries* = ESNI). Jika GPS dan GLONASS tujuan awalnya untuk kepentingan militer, maka Galileo tujuan awalnya memang untuk kepentingan pembangunan ekonomi dunia

dan kepentingan sipil. Pada tahun 2013, menurut tahapan pembangunannya sudah bisa beroperasi secara penuh dengan 27 (+3) satelit Galileo beroperasi penuh.

China pada tahun 2000 memulai mengembangkan satelit untuk keperluan penentuan posisi dan navigasi. Satelit untuk penentuan posisi dan navigasi ini diberi nama COMPAS tetapi jika dalam bahasa China dinamakan Beidou. Terdapat tiga tahap pengembangan satelit Beidou ini : Tahap I (periode 2000 – 2003) pembangunan awal satelit sistem penentuan posisi di dalam negeri China, Tahap II pada tahun 2012 sudah dapat menjangkau seluruh kawasan Asia Pasific, Tahap II pada tahun 2020 sudah bisa menjangkau seluruh dunia. Segmen angkasa sistem COMPASS direncanakan akan terdiri dari lima satelit GEO dan 30 satelit non-GEO.

Quasi-Zenith System Satellite (QZSS) atau dalam bahasa Jepang Jun-Ten-Cho mulai dibangun oleh Pemerintah Jepang pada tahun 2003. QZS akan meningkatkan kinerja GPS dalam dua cara, yaitu peningkatan ketersediaan sinyal GPS, dan peningkatan performa GPS (mencakup akurasi dan keaslian sinyal GPS) (Service of QZSS). QZSS terdiri dari 3 (tiga) satelit dan akan memberikan layanan posisi satelit secara regional serta komunikasi dan broadcasting. Setiap satelit akan berada dalam 3 bidang orbit yang berbeda, di mana mempunyai kemiringan 45° terhadap Geostationary Orbit (GEO).

Satelit pertama yang diberi nama Michibiki telah diluncurkan pada tanggal 11 September 2010. Diharapkan QZSS ini akan beroperasi secara penuh pada tahun 2013. Dalam orbitnya tersebut, satelit QZSS akan melengkapi sistem GNSS lainnya yang selama ini digunakan Jepang. Selain itu QZSS akan mencakup wilayah Australia dan daerah Asia. Sistem satelit QZSS diaplikasikan untuk menyediakan layanan berbasis komunikasi (video, audio, dan data), dan informasi posisi. (Quasi-Zenith Satellite System, 2008).

IRNSS adalah sistem satelit navigasi yang dikembangkan oleh badan antariksa India, India Space Research Organisation (ISRO) yang berada di bawah kontrol pemerintah India.

Pemerintah menyetujui proyek pembangunan ini pada bulan Mei 2006, dan dijadwalkan sistem satelit navigasi ini akan selesai dan dapat diimplementasikan pada tahun 2014. Konstelasi IRNSS akan terdiri dari 7 (tujuh) satelit, 3 (tiga) di antaranya di orbit GEO (34° E, 83° E dan 131,5° E), dan 4 (empat) di GSO dengan kemiringan 29 derajat terhadap bidang ekuator seperti yang ditunjukkan pada gambar 2-3b. Semua satelit akan terus terlihat di wilayah India selama 24 jam setiap hari. Sistem IRNSS akan

menyediakan dua jenis layanan, yaitu *Service Standard Positioning* (SPS), dan *Restricted Service for Special User* (layanan terbatas untuk pengguna khusus). Kedua layanan ini akan disediakan pada frekuensi band L5 dan S-band. Aplikasi satelit ini digunakan untuk pemetaan, penentuan posisi dan akurasi cuaca yang lebih baik.

B. Kegiatan Belajar 2: Kelebihan dan Kekurangan Penentuan Posisi dengan Teknologi GNSS.

Ada beberapa hal yang membuat metode pengukuran menggunakan GPS Geodetic / GNSS memiliki kelebihan dibandingkan dengan metode konvensional, diantaranya:

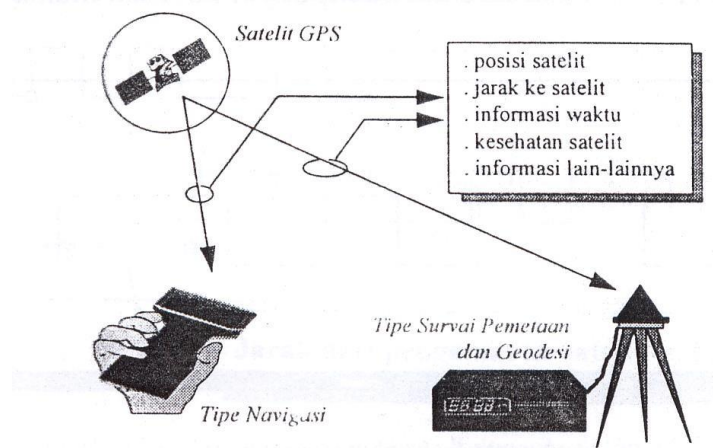
- a. GNSS / GPS Geodetic dapat digunakan setiap saat tanpa tergantung waktu dan cuaca
- b. Satelit-satelit GNSS mempunyai ketinggian orbit yang cukup tinggi yaitu sekitar 20.000 km di atas permukaan bumi serta dengan jumlah yang relatif cukup banyak. Hal ini menjadikan GNSS dapat meliputi wilayah yang cukup luas sehingga dapat digunakan oleh banyak orang sekaligus.
- c. Penggunaan GPS Geodetic dalam penentuan posisi relatif tidak terlalu terpengaruh dengan kondisi topografis daerah survei dibandingkan dengan penggunaan metode terestris.
- d. Posisi yang ditentukan oleh GNSS / GPS Geodetic mengacu ke suatu datum global yang relatif teliti dan mudah direalisasikan, yaitu datum WGS 84.
- e. GNSS dapat memberikan ketelitian posisi yang spektrumnya cukup luas. Dari yang sangat teliti (orde millimeter) sampai orde meter.
- f. Pemakaian sistem GNSS tidak dikenakan biaya.
- g. Lebih efisien dalam waktu, biaya operasional, dan tenaga.
- h. Celah untuk memanipulasi data pada pengukuran GNSS lebih sulit dibandingkan menggunakan metode terestris
- i. Relatif mudah dipelajari sekalipun oleh orang awam yang belum pernah menggunakan.

Akan tetapi terdapat keterbatasan dari teknologi GNSS tersebut antara lain:

- a. Tidak boleh ada penghalang antara receiver dan satelit
- b. Komponen tinggi yang dihasilkan adalah tinggi dengan acuan ellipsoid
- c. Perlu proses yang relatif tidak mudah untuk menganalisa data

C. Kegiatan Belajar 3: Segmen GNSS.

Satelit GNSS memancarkan sinyal-sinyal, pada prinsipnya untuk “memberi tahu” si pengamat sinyal tersebut tentang posisi satelit yang bersangkutan serta jaraknya dari si pengamat beserta informasi waktunya, seperti yang diilustrasikan pada gambar berikut.



Gambar 1. Informasi yang dikandung sinyal GNSS

Segmen – segmen GNSS terdiri atas : segmen satelit, segmen Sistem Kontrol Dan Segmen Pengguna.

1. Segmen Satelit :

Satelit-satelit GNSS dapat diibaratkan sebagai stasiun radio di luar angkasa dengan antenna yang mengirim & menerima sinyal. Sinyal yang dikirim diterima receiver untuk menentukan informasi posisi, kecepatan, maupun waktu. Konstelasi satelit menjadi penting dalam penentuan posisi di muka bumi.

Komparasi dari jumlah satelit dari GNSS dapat dilihat pada table 1 berikut ini :

Tabel 1 . Komparasi Satelit GNSS (Sumber Mahmoud Ahmed El-shora, 2012)

Nama Satelit	Negara	Jumlah Satelit	Tinggi Orbit dan periode
GPS	United States	≥ 24 (24-32)	20,200 km, 12.0h
COMPASS	China	35	21,150 km, 12.6h
GALILEO	European Union	22	23,222 km, 14.1h
GLONASS	Russia	24	19,100 km, 11.3h

Satelit GPS memancarkan sinyal, pada prinsipnya untuk ‘memberi tahu’ si pengamat sinyal tersebut tentang posisi satelit GPS yang bersangkutan serta jaraknya dari pengamat lengkap dengan informasi waktunya. Sinyal GPS juga digunakan untuk menginformasikan kesehatan (kelaik-gunaan) satelit pada pengamat. Dengan mengamati satelit dalam jumlah yang cukup, si pengamat dapat menentukan posisinya serta parameter-parameter lainnya.

2. Segmen Sistem Kontrol.

Segmen Sistem Kontrol merupakan stasiun – stasiun yang berada di permukaan bumi yang berfungsi untuk :

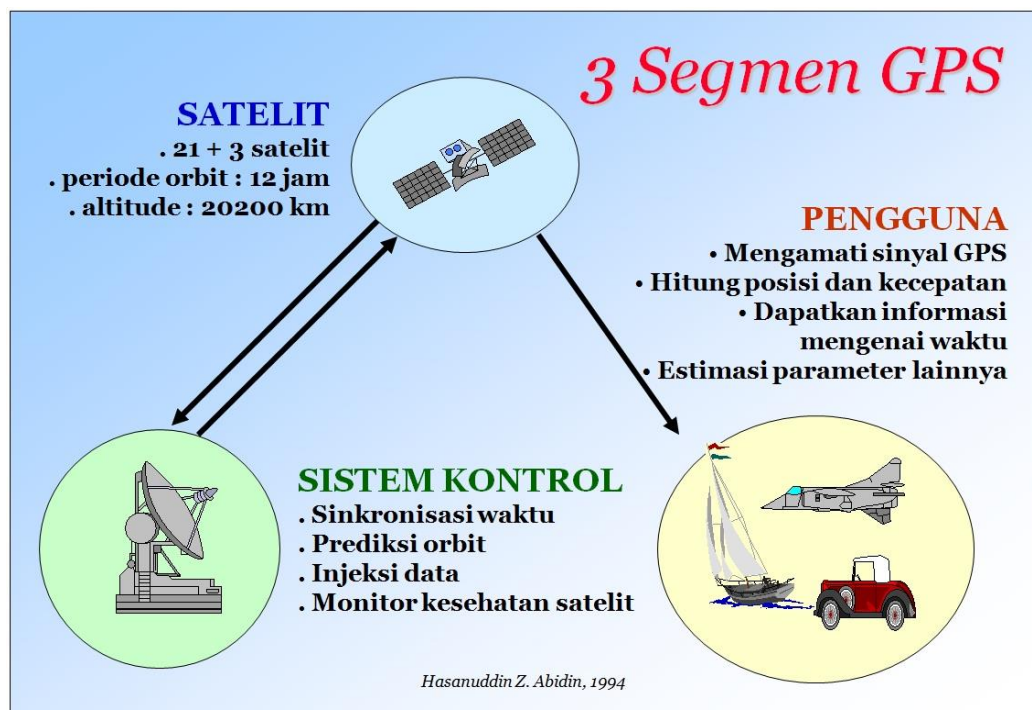
- *Station keeping*
- Memantau status dan kesehatan satelit.
- Memantau Panel Matahari satelit, level daya baterai dan propelant level.
- Menentukan dan menjaga waktu sistem GPS (Sinkronisasi waktu)
- Prediksi orbit
- Injeksi data

Letak sistem kontrol ini tersebar di penjuru dunia, tergantung kepentingan pembangunan dan Negara yang menyelenggarakan system GNSS tersebut. Contoh, GPS

menempatkan system control di : Ascension (Atlantik Selatan), Diego Garcia (S. Hindia), Kwajalein (Pasifik Utara), Hawaii, Cape Canaveral, & Colorado Springs.

3. Segmen Pengguna

Segmen Pengguna terdiri dari pengguna satelit GNSS baik diudara, laut dan udara. Alat penerima signal GNSS (Receiver GNSS) diperlukan untuk menerima dan memproses sinyal – sinyal dari satelit GNSS untuk digunakan penentuan Posisi, kecepatan maupun waktu serta estimasi parameter lainnya.



Gambar 2. Segmen GPS (Sumber : Abidin, 2001)

D. Kegiatan Belajar 4: Sinyal dan Data GNSS

Satelit GNSS memancarkan sinyal – sinyal ke permukaan bumi. Sinyal ini memuat informasi :

- Posisi Satelit yang bersangkutan.
- Jarak Satelit tersebut terhadap sipengamat dan informasi waktunya.
- Informasi kesehatan satelit.

- Informasi pendukung lainnya seperti : parameter untuk perhitungan koreksi jam satelit, parameter model ionosfer satu frekuensi, transformasi waktu GPS ke UTC dan Konstelasi satelit.

Sinyal GNSS sangat kompleks karena :

- GNSS/GPS didesain sebagai sistem multi pemakai.
- GNSS/GPS didesain untuk melayani penentuan posisi secara instan (real time).
- GNSS/GPS didesain untuk keperluan militer dan juga sipil.
- GNSS/GPS harus tahan terhadap gangguan (jaming).
- GNSS/GPS didesain untuk penentuan posisi secara teliti.

Pada dasarnya komponen sinyal GNSS terdiri atas :

- Penginformasi Jarak (code).
- Penginformasi posisi satelit (Navigation message)
- Gelombang Pembawa (Carrier Wave)

Jenis Frekuensi Gelombang yang digunakan oleh GNSS tergantung dari satelitnya. Pada table berikut ini dapat dilihat jenis frekuensi yang digunakan oleh satelit – satelit penentuan posisi.

Tabel 2. Jenis Frekuensi dan nilai Frekuensi Satelit GNSS (Sumber : Larry D Hothem, 2012)

Global Navigation Satellite Systems	Frequency	Center Frequency (MHz)	Modulation Mode	Interoperable or Not
GPS	L1 C/A	1575.42	BPSK(1)	
	L1C	1575.42	MBOC(6,1,1/11)	Yes
	L2C	1227.6	BPSK(1)	
	L5C	1176.45	QPSK	Yes
GLONASS	L1OF/L1OCM	1598.06~1604.40	BPSK	
	L2OF/L2OCM	1242.94~1248.63	BPSK	
	L3 OC	1202.025/1207.14	BPSK	
BeiDou	B1-C	1575.42	MBOC(6,1,1/11)	Yes
	B2a	1191.795	AltBOC(15,10)	Yes
	B2b			
GALILEO	E5a	1191.795	AltBOC(15,10)	Yes
	E5b			
	E1	1575.42	MBOC(6,1,1/11)	Yes

Ada 2 kode *Pseudo-Random Noise* (PRN) yang digunakan sebagai penginformasi jarak :

1) kode-P (*Precise Code* atau *Private Code*)

2) kode-C/A (*Clear Access Code* atau *Coarse Acquisition Code*).

Kode-kode ini merupakan suatu rangkaian kombinasi bilangan-bilangan 0 dan 1 (kode biner). Setiap satelit GPS mempunyai struktur kode yang unik. Hal ini memungkinkan receiver GPS untuk mengenali dan membedakan sinyal-sinyal yang datang dari satelit-satelit yang berbeda. Dengan kode-P ataupun kode C/A, jarak dari pengamat ke satelit dapat ditentukan. Prinsip pengukuran jarak ini adalah dengan membandingkan kode yang diterima dari satelit dengan kode replika yang diformulasikan di dalam receiver.

Dalam pengukuran jarak antara receiver GNSS dengan Satelit dapat menggunakan metode :

1. Pseudorange

- dihitung berdasarkan waktu tempuh sinyal GPS
- diestimasi menggunakan pengamatan data kode GPS, e.g. kode P(Y), kode C/A

2. Jarak Fase

- dihitung berdasarkan fase dari sinyal GPS
- diestimasi menggunakan pengamatan fase dari sinyal GPS, e.g. L1, L2

Di samping berisi kode-kode, sinyal satelit juga berisi *navigation message* (pesan navigasi):

- koefisien koreksi jam satelit,
- parameter orbit,
- almanak satelit,
- UTC,
- parameter koreksi ionosfer,
- status konstelasi,
- kesehatan satelit, dll.

Pesan ini ditentukan oleh Segmen Sistem Kontrol. Salah satu informasi dalam pesan

itu adalah *ephemeris* (orbit) satelit, atau *broadcast ephemeris*.

Dalam *broadcast ephemeris*, informasi posisi satelit tidak diberikan langsung dalam bentuk koordinat, melainkan dalam bentuk elemen – elemen Keplerian orbit GPS untuk menghitung posisi satelit dari waktu ke waktu.

Data ephemeris GPS berisi :

- parameter waktu,
- parameter orbit, dan
- parameter perturbasi satelit.

Dari parameter – parameter *broadcast ephemeris* itu dapat ditentukan koordinat satelit pada setiap epok pengamatan. Sinyal yang berisi almanak satelit yang memberi informasi orbit nominal satelit sangat berguna dalam :

- akuisisi awal (inisiasi) data satelit, dan
- perencanaan waktu pengamatan yang optimal.

Kode-kode dan pesan navigasi dibawa oleh gelombang pembawa (carrier wave) yang menggunakan gelombang L1 dan L2.

- Gelombang L1 membawa kode-kode P (Y) dan C/A beserta pesan navigasi.
- Gelombang L2 membawa kode-kode P (Y) beserta pesan navigasi.

Agar data kode dan pesan navigasi dapat dibawa oleh gelombang pembawa, maka gelombang pembawa perlu dimodulasikan dengan keduanya. Dengan kata lain, gelombang pembawa dimodulasi fase-nya oleh kode dan pesan navigasi.

Pada awalnya, gelombang L1 & L2 didesain untuk membawa data kode dan pesan navigasi. Tetapi dalam perkembangan berikutnya data fase dari L1 & L2 digunakan untuk menentukan jarak pengamat ke satelit. Pada aplikasi pengukuran yang menuntut ketelitian sangat tinggi (orde mm & cm), data fase harus digunakan. Masalahnya, pada pengukuran fase sinyal bukan merupakan jarak absolut sebagaimana pseudorange, tetapi merupakan jarak ambiguous. Untuk itu, data fase perlu diubah menjadi data jarak dengan menentukan ambiguitas fasenya.

Ambiguitas fase (*cycle ambiguity*) adalah jumlah gelombang penuh yang tidak terukur oleh receiver. Padahal untuk merekonstruksi jarak ukuran satelit ke pengamat maka harga ambiguitas fase harus ditentukan lebih dahulu. Ambiguitas fase merupakan bilangan bulat, yang merupakan kelipatan panjang gelombang.

Setiap data pengamatan fase dari satelit yang berbeda akan mempunyai ambiguitas fase yang berbeda.

Penentuan ambiguitas fase hanya dapat dilakukan pada pengamatan *double difference* (DD), karena pada pengamatan *one-way* dan *single difference* (SD) sulit untuk dipisahkan dengan efek kesalahan jam satelit dan receiver. Penentuan ambiguitas fase merupakan hal yang sulit, terutama untuk receiver yang bergerak. Dalam penentuan resolusi ambiguitas fase ini, ada 3 hal yang diperhitungkan :

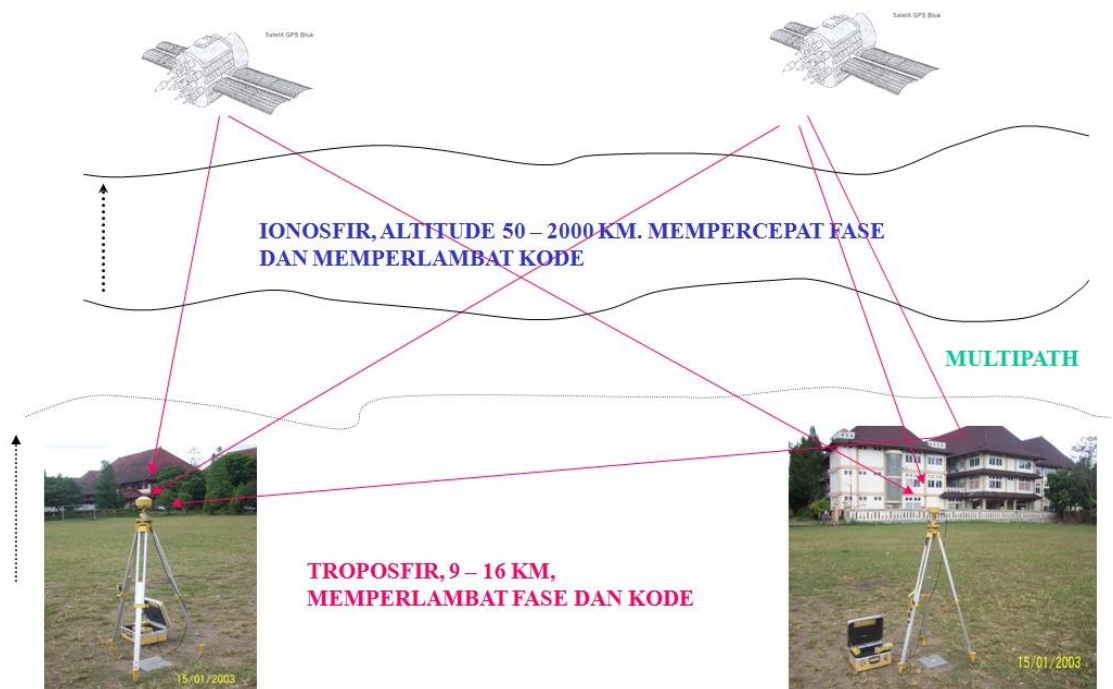
- 1) eliminasi kesalahan dan bias data pengamatan;
- 2) geometri satelit ; dan
- 3) teknik penentuan ambiguitas fase itu sendiri.

Meskipun menggunakan data DD, data fase ini masih mengandung residu kesalahan orbit, bias ionosfer dan troposfer. Besar residu ini akan semakin besar pada pengamatan baseline yang panjang. Sehingga penentuan ambiguitas fase juga akan semakin sulit dengan semakin panjangnya baseline.

Perjalanan Sinyal GNSS/GPS dan Cakupannya.

1. Perjalanan Sinyal GNSS/GPS.

Sinyal akan melalui medium atmosfer. Saat melalui medium-medium ionosfer dan troposfer, sinyal akan mengalami refraksi dan skintilasi, serta pelemahan. Di samping itu, sinyal GPS juga dapat dipantulkan oleh benda-benda di sekitar pengamat (multipath). Sehingga dalam propagasinya sinyal akan terbias dan terjadi ‘kesalahan’.



Gambar 3. Perjalanan Sinyal GNSS/GPS

Berbagai kesalahan dan bias yang terjadi dalam perjalanan sinyal untuk sampai ke receiver akan mempengaruhi terhadap hasil pengukuran jarak pada akhirnya akan mempengaruhi ketelitian posisi.

Sinyal GNSS/GPS yang dipancarkan oleh satelit ke permukaan bumi dengan bentuk berkas sinyal (*Signal beam*). Sinyal yang digunakan untuk penentuan posisi dan parameter lainnya berada dalam ruang pancaran utama serta berada di luar ruang bayangan bumi. GPS tidak mencakup pada permukaan bumi melainkan juga ruang diatas permukaan bumi. Sehingga GNSS/GPS dapat dimanfaatkan juga untuk kepentingan kedirgantaraan. Dengan tinggi orbit yang sangat jauh maka cakupan sinyal ini menjadi sangat luas, pada akhirnya akan membuat pengamatan antar titik menjadi lebih panjang untuk mendapatkan sinyal satelit yang sama.

E. Kegiatan Belajar 5: Prinsip dan metode Penentuan Posisi Dengan GNSS.

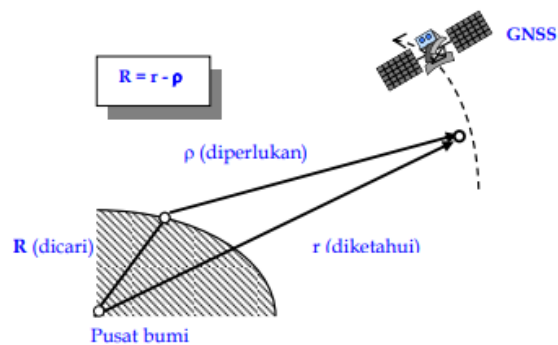
GNSS memberikan kemampuan sebagai berikut :

- Posisi yang diberikan adalah posisi 3-D, yaitu (X,Y,Z) atau (L,B,h).
- Tinggi yang diberikan oleh GPS adalah tinggi ellipsoid.
- Datum dari posisi yang diperoleh adalah WGS (World Geodetic System) 1984 yang menggunakan ellipsoid referensi GRS 1980.
- Penentuan posisi dapat dilakukan dengan beberapa metode : *absolute positioning*, *differential positioning*, *static surveying*, *rapid static*, *pseudo-kinematic* dan *kinematic positioning*.
- Titik yang akan ditentukan posisinya dapat diam maupun bergerak.
- Posisi titik dapat ditentukan terhadap pusat massa bumi ataupun terhadap titik lainnya yang telah diketahui koordinatnya.
- Spektrum ketelitian posisi yang diberikan berkisar dari sangat teliti (orde : mm) sampai kurang teliti (orde : puluhan meter).

Pada dasarnya informasi yang diperoleh dari penentuan posisi dengan GNSS adalah posisi, kecepatan dan waktu. Disamping produk dasar tersebut, parameter turunan lainnya juga dapat ditentukan dengan teknologi GNSS ini. Parameter Turunan tersebut antara lain : Posisi, Kecepatan, Waktu, Percepatan, Frekuensi, Azimut Geodetik, Attitude Parameter, TEC (*Total Electrone Content*), WVC (*Wall Vapour Content*), Parameter Orientasi Bumi, Tinggi Orthometrik, Undulasi Geoid dan Defleksi Vertikal.

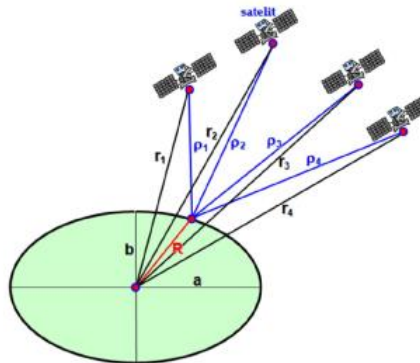
Konsep dasar penentuan posisi dengan GNSS adalah reseksi jarak, yaitu dengan pengukuran jarak secara simultan ke beberapa satelit GNSS yang koordinatnya telah

diketahui. Secara vektor, prinsip dasar penentuan posisi dengan GNSS diperlihatkan pada gambar berikut.



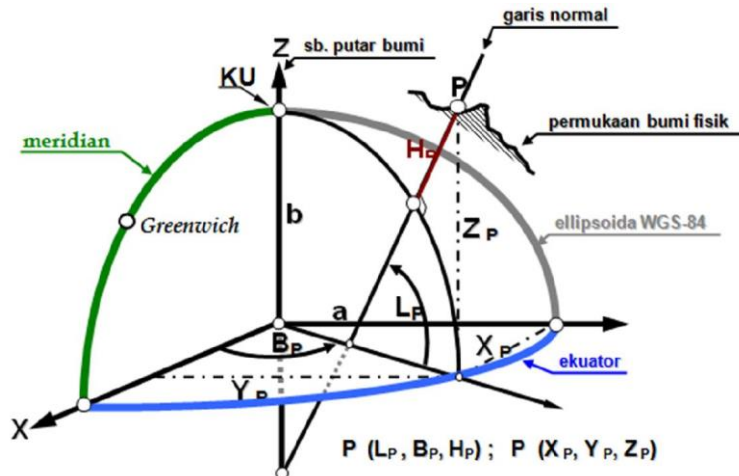
Gambar 4. Prinsip dasar penentuan posisi dengan GNSS (pendekatan vektor)

Pada pengamatan dengan GNSS, yang dapat diukur adalah jarak antara pengamat dengan satelit (bukan vektornya), agar posisi pengamat dapat ditentukan maka dilakukan pengamatan terhadap beberapa satelit sekaligus secara simultan. Gambar berikut adalah ilustrasi prinsip dasar penentuan posisi dengan GNSS.



Gambar 5. Prinsip dasar penentuan posisi dengan GNSS

Koordinat titik-titik yang dihasilkan dari suatu survai GNSS adalah posisi titik 3-D yang mengacu pada datum WGS-84 dalam sistem koordinat kartesian (X,Y,Z) dan geodetik (L,B,H).



Gambar 6. Sistem koordinat GNSS

F. Kegiatan Belajar 6: Kesalahan Dan Bias.

Dalam perjalanan sinyal GPS, dari satelit sampai pengamat pasti tidak terlepas dari berbagai kesalahan dan bias. Kesalahan dan bias GPS tersebut dapat terkait dengan [Sumber : Abidin, 2005]:

- Satelit seperti kesalahan ephemeris, jam satelit, dan Selective Availability (SA).
- Medium propagasi seperti bias ionosfer dan bias troposfer.
- Receiver GPS seperti kesalahan jam receiver, kesalahan yang terkait dengan antena, dan noise (derau).
- Data pengamatan seperti ambiguitas fase dan cycle slips.
- Lingkungan sekitar GPS receiver seperti multipath dan imaging

Berikut ini akan dijelaskan karakteristik dari kesalahan dan bias yang umum terjadi.

1) Kesalahan Yang bersumber pada Satelit.

Kesalahan ephemeris merupakan kesalahan dimana orbit satelit yang dilaporkan oleh ephemeris satelit tidak sama dengan orbit satelit yang sebenarnya sehingga akan mempengaruhi ketelitian koordinat titik-titik yang ditentukan. Efeknya : sebanding dengan besarnya baseline yang diukur. Untuk mereduksi kesalahan :

- Terapkan metode *differential positioning*;
- Perpendek panjang baseline;
- Perpanjang interval waktu pengamatan;
- Tentukan parameter kesalahan orbit dalam estimasi;

- Gunakan ephemeris teliti dari lain sumber (internet).

2) Kesalahan Medium Propagasi.

Perjalanan sinyal satelit yang melalui atmosfer akan dipengaruhi oleh lapisan Ionosfer dan lapisan troposfer. Masing – masing lapisan tersebut menimbulkan bias Ionosfer dan Bias Troposfer.

a. Bias ionosfer

Ion-ion bebas (elektron) dalam lapisan ionosfer akan mempengaruhi propagasi sinyal GPS. Dalam hal ini ionosfer akan mempengaruhi kecepatan, arah, polarisasi, dan kekuatan GPS yang melaluinya. Ionosfer akan memperlambat kecepatan sinyal (ukuran jarak menjadi lebih panjang) dan mempercepat fase (ukuran jarak menjadi lebih pendek), dengan bias jarak (dalam unit panjang) yang sama besarnya. Jadi secara umum, bias ionosfer dapat mengakibatkan ukuran jarak yang dihasilkan menjadi kurang teliti.

Ionosfer yang merupakan bagian atas dari atmosfer (60 – 1.000 km dari permukaan bumi) terdapat sejumlah ion bebas (elektron) yang mempengaruhi perambatan gelombang radio. Efek ionosfer yang terbesar adalah pada kecepatan sinyal, yang berpengaruh langsung terhadap nilai jarak :

- akan memperlambat pseudorange (C/A) sehingga ukuran jarak menjadi lebih panjang, dan
- mempercepat fase (L1, L2, L2C, L5) sehingga ukuran menjadi lebih pendek.

Besarnya bias jarak ini bergantung pada konsentrasi elektron dan frekuensi yang digunakan. Konsentrasi elektron ini sangat dipengaruhi terutama oleh aktivitas matahari dan medan magnet bumi yang bergantung pada lokasi geografis, musim, dan waktu. Sehingga efek ionosfer akan mempunyai variasi spasial dan temporal. Dilihat Variasi spasialnya :

- Pada daerah ekuator, umumnya bias ionosfer besar dan relatif stabil.
- Di kutub, bernilai kecil tetapi cukup fluktuatif.
- Di daerah lintang menengah, nilai bias dan fluktuasinya bernilai sedang.

Dalam Variasi temporalnya :

- dinamika tinggi (*scintillation*)

- menengah (variasi harian dan musiman)
- rendah (variasi 11 tahunan)

Skintilasi yaitu variasi temporal berdinamika tinggi pada amplitudo dan fase sinyal akibat ketidakaturan lapisan ionosfer. Fenomena skintilasi umumnya terjadi di daerah sepanjang ekuator magnetik hingga lintang 300 dan mempunyai efek yang maksimum dari satu jam setelah matahari terbenam hingga tengah malam. (Untuk pengamatan sangat teliti disarankan STOP). Fenomena skintilasi akan meningkatkan *cycle slip* dan menyulitkan penentuan *ambiguitas fase*. Untuk variasi ionosfer yang bersifat harian, aktivitas ionosfer sesuai dengan aktivitas matahari sehingga pada tengah hari sekitar jam 2 siang sebaiknya pengamatan dihentikan, kecuali menggunakan receiver 2 frekuensi. Aktivitas matahari ditengarai dengan bintik matahari yang mempunyai siklus 11 tahun. Saat ini (2013) aktivitas ini mencapai maksimum.

b. Bias troposfer

Ketika melalui lapisan troposfer, sinyal GPS akan mengalami refraksi, yang menyebabkan perubahan kecepatan dan arah sinyal GPS. Bias troposfer ini akan mempengaruhi kecepatan sehingga akan menghasilkan ukuran jarak yang kurang teliti. Lapisan troposfer ini memperlambat data waktu dan data fase.

Tebal lapisan troposfer 9 – 16 km dari permukaan bumi. Pada lapisan troposfer ini temperatur menurun dengan membesarnya ketinggian tempat. Sinyal akan mengalami refraksi yang menyebabkan perubahan kecepatan dan arah. Karena kecepatan berubah maka hasil ukuran jarak menjadi bias. Besarnya bias troposfer ini tidak dapat diestimasi dengan pengamatan 2 frekuensi, karena data pseudorange dan data fase diperlambat oleh troposfer. Siasat untuk meredusir efek troposfer :

1. Lakukan differencing hasil pengamatan;
2. Perpendek panjang baseline;
3. Kedua stasiun pengamat pada ketinggian & kondisi meteorologis yang relatif sama;
4. Gunakan model koreksi standar troposfer;
5. Gunakan model koreksi lokal troposfer;
6. Diingat kandungan uap air di udara;

7. Diestimasi besarnya parameter bias troposfer untuk tiap satelit yang diamat.

Untuk model koreksi standar, bias troposfer dihitung dengan pengamatan terhadap temperatur, tekanan, dan kelembaban udara di permukaan bumi. Selanjutnya digunakan dalam pengolahan data GPS.

3) Kesalahan Yang Bersumber Pada Lingkungan Sekitar.

a. Multipath

Multipath merupakan fenomena dimana sinyal dari satelit tiba di antena GPS melalui dua atau lebih lintasan yang berbeda [Abidin, 2006]. Dalam hal ini, satu sinyal merupakan sinyal langsung dari satelit ke antena, sedangkan yang lainnya merupakan sinyal-sinyal tidak langsung yang dipantulkan oleh benda-benda (seperti: gedung, jalan raya, mobil, pepohonan, dll) di sekitar antena sebelum tiba di antena. Perbedaan panjang lintasan menyebabkan sinyal-sinyal tersebut berinterferensi ketika tiba di 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.

Dalam menghadapi multipath ada 2 metode :

- metode mitigasi spasial
- metode pemrosesan dalam receiver.

Metode mitigasi spasial bersifat preventif dalam penanggulangan multipath :

- Hindari lingkungan pengamatan yang reflektif;
- Gunakan antena yang relatif tahan multipath;
- Jangan mengamati satelit berelevasi rendah;
- Gunakan bidang dasar antena yang bersifat mengabsorpsi sinyal, untuk menahan sinyal
- pantulan dari bawah horizon antena;
- Waktu pengamatan yang panjang.

Metode pemrosesan dalam receiver terhadap penanggulangan *multipath* secara real time.

b. Imaging

Imaging merupakan suatu fenomena yang melibatkan suatu benda konduktif (konduktor) yang berada dekat dengan antenna GPS, seperti reflektor berukuran besar maupun *groundplane* dari antenna itu sendiri [Abidin, 2006]. Efek dari *imaging* ini adalah akan memunculkan antenna ‘bayangan’ (*image*) atau dengan kata lain fenomena *imaging* ini akan mendistorsi pola fase antenna yang seharusnya. Hal ini mengakibatkan perubahan titik pusat fase antenna sehingga akan menyebabkan terjadinya kesalahan pada ukuran jarak.

4) Kesalahan Yang Bersumber Pada Receiver

a. Ambiguitas fase (*cycle ambiguity*)

Ambiguitas fase dari pengamatan fase sinyal GPS merupakan jumlah gelombang penuh yang tidak terukur oleh receiver GPS [Abidin, 2006]. Jumlah gelombang penuh berupa bilangan bulat yang tidak mudah ditentukan atau diselesaikan. Dalam merekonstruksi jarak ukuran antara satelit sampai receiver dengan metode pengukuran jarak fase jumlah gelombang penuh ini jika tepat dalam penentuan bilangan ambiguitas fase, akan sangat membantu memperoleh data ukuran jarak yang sangat teliti. Untuk dapat merekonstruksi jarak ukuran antara satelit dengan antenna maka harga ambiguitas fase tersebut harus ditentukan terlebih dahulu.

Secara umum ada 3 aspek yang harus diperhitungkan dalam proses resolusi ambiguitas :

1. Eliminasi kesalahan dan bias dari data pengamatan.
2. Geometri satelit.
3. Teknik resolusi ambiguitas.

Hal ini diperlukan pada saat pengubahan data fase menjadi hasil ukuran jarak sehingga dihasilkan ketelitian yang sangat presisi. Nilai ambiguitas fase akan selalu tetap selama pengamatan tidak terjadi cycle slip. Penentuan ambiguitas fase ini dilakukan dengan cara pemberian koreksi terhadap nilai ambiguitas fase yang mengambang (float) sehingga diperoleh nilai ambiguitas fase yang integer.

b. Cycle slips

Cycle slips merupakan ketidak-kontinuan dalam jumlah gelombang penuh dari fase gelombang pembawa yang diamati, karena sinyal ke receiver terputus pada saat pengamatan sinyal. Jika dilakukan plotting data pengamatan fase terhadap waktu, maka cycle slip dapat dideteksi dari terdapatnya loncatan mendadak kurva grafik. Dalam proses pengolahan data untuk perhitungan posisi, pengkoreksian cycle slips bisa

dilakukan sebagai suatu proses tersendiri sebelum proses estimasi posisi, ataupun secara terpadu dengan proses pengestimasi posisi.

Penyebab cycle slips :

- memati-hidupkan receiver.
- kerusakan komponen receiver.
- adanya obstruksi di lingkungan sekitar pengamatan.
- rendahnya rasio signal to noise akibat faktor : dinamika receiver yang tinggi, aktivitas atmosfer atau multipath.

Pengoreksiannya dengan algoritma sewaktu prosesing data.

c. Kesalahan jam

Kesalahan jam ini dapat berupa kesalahan jam satelit maupun kesalahan jam receiver. Bentuk kesalahannya dapat berupa bentuk offset waktu, offset frekuensi, maupun frequency drift. Kesalahan jam ini akan langsung mempengaruhi ukuran jarak, baik pseudorange maupun jarak fase.

d. Pergerakan dari pusat antenna

Pada umumnya pusat fase antena GPS akan berubah-ubah tergantung pada elevasi dan azimuth satelit, serta intensitas sinyal, dan lokasinya akan berbeda untuk sinyal L1 dan L2 [Tranquilla et al. 1987]. Hal ini disebabkan oleh sulitnya merealisasikan sumber radiasi yang ideal pada antena GPS. Karena perbedaan tersebut bersifat variatif terhadap waktu, maka besar efek kesalahan karena adanya pergerakan pusat fase antena pada ukuran jarak juga akan bervariasi secara temporal.

5) Kesalahan Yang Bersumber Pada Kebijakan Pemilik Satelit

a. *Selective Availability*

Selective Availability (SA) merupakan metode yang pernah diaplikasikan untuk memproteksi ketelitian posisi absolut secara real-time yang tinggi dari GPS hanya untuk pihak militer Amerika Serikat dan pihak-pihak yang berwenang. Tetapi sejak 2 Mei 2000, kebijakan SA sudah dinonaktifkan.

b. *Anti Spoofing*

Anti Spoofing (AS) merupakan suatu kebijakan dari Departemen Pertahanan Amerika Serikat, dimana 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 berwenang.

Rangkuman

1. Penentuan posisi dengan GNSS (Global Navigation Satellite System) adalah penentuan posisi di muka bumi dengan menggunakan wahana satelit dengan mengukur jarak antara satelit dengan receiver di muka bumi.
2. Contoh Satelit yang dipergunakan untuk survey dengan GNSS : GPS, Glonass, Galileo, Beidou/Compas, Quasi-Zenith Sistem Satelit (QZSS), India Regional Navigation Satellite System (IRNSS)
3. Segmen – segmen GNSS terdiri atas : segmen satelit, Segmen Sistem Kontrol Dan Segmen Pengguna. Masing – masing segmen memiliki peran yang mendukung dalam penentuan posisi di muka bumi dan informasi waktu.
4. Satelit GNSS memancarkan sinyal – sinyal ke permukaan bumi, sinyal ini memuat informasi : Posisi Satelit yang bersangkutan, Jarak Satelit tersebut terhadap sipengamat dan informasi waktunya, Informasi kesehatan satelit dan Informasi pendukung lainnya.
5. Komponen sinyal GNSS terdiri atas : Penginformasi Jarak (code), Penginformasi posisi satelit (Navigation message), Gelombang Pembawa (Carrier Wave).
6. Perjalanan sinyal sampai ke permukaan bumi akan melalui medium atmosfer. Saat melalui medium-medium ionosfer dan troposfer, sinyal akan mengalami refraksi dan skintilasi, serta pelemahan. Di samping itu, sinyal GPS juga dapat dipantulkan oleh benda-benda di sekitar pengamat (multipath). Sehingga dalam propagasinya sinyal akan terbias dan terjadi ‘kesalahan’.
7. Kesalahan dan Bias dalam pengamatan dan pengukuran dengan menggunakan GNSS ini dapat bersumber/disebabkan oleh :
8. Satelit : kesalahan ephemeris dan jam satelit
9. Medium propagasi : bias ionosfer dan troposfer
10. Receiver : ambiguitas fase dan Cycle Slips, kesalahan jam dan antenna.

11. Lingkungan pengamatan : multipath dan imaging.

Latihan

1. Jelaskan kelebihan dan kekurangan penentuan posisi dengan teknologi GNSS
2. Apa yang disebut dengan GNSS ? sebutkan jenis satelit untuk penentuan posisi ?
3. Jelaskan dengan menggunakan tabel perbedaan prinsip penentuan posisi dengan GNSS (Absolute, Differential, Static, Rapid Static, Kinematic, Stop and go dan RTK)
4. Sebutkan dan Jelaskan minimal 4 sumber-sumber kesalahan dalam penentuan posisi dengan GNSS
5. Jelaskan prinsip penentuan posisi dengan PPP (sertakan gambar sebagai ilustrasi)
6. Jelaskan prinsip penggunaan konsep Low Cost Precise Positioning GNSS
7. Segmen satelit apakah yang hanya berfungsi sebagai transmitter data GNSS ?
8. Sebutkan kemampuan apa saja GNSS dalam penentuan posisi di muka bumi ?
9. Apakah fungsi sinyal satelit GNSS ?
10. Jelaskan metode atau cara penentuan jarak dari satelit GNSS hingga receiver yang ada di muka bumi ?
11. Sebutkan komponen – komponen dalam sinyal satelit GNSS ?
12. Terangkan hambatan apa saja yang terjadi dalam perjalanan sinyal satelit hingga mencapai muka bumi.
13. Sebutkan jenis kesalahan dan bias dalam survey dengan GNSS.

Tes Formatif

Pilihlah B jika benar atau S jika salah dari pernyataan-pernyataan berikut.

1. Setiap satelit yang berada di luar angkasa dapat digunakan sebagai wahana untuk penentuan posisi di muka bumi secara langsung. B - S
2. Fungsi satelit dalam survey GNSS sama dengan fungsi satelit telekomunikasi. B - S
3. Salah satu kelebihan pemanfaatan survey GNSS adalah tidak adanya tuntutan visibility antar titik di muka bumi, seperti halnya survey B – S

Terestris.

- 4 Komponen tinggi yang digunakan adalah tinggi diatas diatas Mean B – S Sea Level (MSL), sehingga hasil ukuran tersebut langsung dapat diplot dalam Peta.
- 5 Sinyal satelit yang sampai pada receiver membawa informasi jarak B – S antara satelit dengan Receiver.
- 6 Metode *differential positioning*, Perpendek panjang baseline ; dan B – S Perpanjang interval waktu pengamatan dapat mereduksi kesalahan ephemeris satelit.
- 7 Salah satu metode pengukuran jarak dalam penentuan posisi dengan B – S GNSS adalah jarak fase, yaitu memperhitungkan jumlah gelombang penuh yang diterima oleh receiver.
- 8 Geometri satelit sangat berpengaruh terhadap ambiguitas fase, B – S dengan geometri satelit yang baik akan memperoleh nilai ketelitian data yang baik..
- 9 Cycle slips adalah ketidak kontinyuan sinyal fase yang diamati B – S karena suatu sebab sehingga receiver ‘terputus’ dalam pengamatan.Cycle Slips sering terjadi di daerah urban.
- 10 Salah satu metode mengeliminasi multipath adalah membuat nilai B - S mask angle sekecil mungkin.

Cocokkan jawaban Saudara dengan kunci jawaban Tes Formatif yang terdapat pada bagian akhir Modul ini. Hitunglah jawaban Saudara yang benar. Kemudian gunakan rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan Saudara terhadap materi kegiatan belajar ini.

Rumus :

Jumlah jawaban Saudara yang benar

$$\text{Tingkat Penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100 \%$$

10

Arti tingkat penguasaan yang Saudara peroleh adalah :

90 – 100 % = Baik Sekali;

80 – 90 % = Baik;

70 – 80 % = Cukup;

$\leq 70 \%$ = Kurang

Bila Saudara memperoleh tingkat penguasaan 80 % atau lebih, Saudara dapat meneruskan dengan kegiatan belajar (Modul) selanjutnya. Sedangkan jika tingkat penguasaan Saudara masih berada di bawah 80 %, Saudara diwajibkan mengulangi kegiatan belajar (modul) ini, terutama bagian yang belum Saudara kuasai secara baik.

MODUL

II

Bab II. Data Pengamatan

Data pengamatan dasar dalam system GPS adalah waktu tempuh dari kode P dan C/A serta fase (Carrier phase) dari gelombang pembawa L1 dan L2. Pengamat dapat mengamati sebagian atau seluruh jenis pengamatan tersebut tergantung dari jenis dan tipe receiver GPS yang digunakan.

Dengan mempelajari modul II ini, diharapkan Mahasiswa mampu menjelaskan berbagai macam teknik differencing data pengamatan GNSS, beserta kegunaannya.

Modul III ini akan mempelajari tentang Differencing Data GNSS, Single Difference, Double Difference dan Triple Difference.

A. Kegiatan belajar 1: Data Pengamatan GNSS/GPS.

Ada 2 data pengamatan dasar GPS :

1. waktu tempuh (dt) dari kode P dan C/A;
2. fase (Φ) dari gelombang pembawa L1 dan L2.

Seseorang dapat mengamati sebagian atau seluruh jenis data pengamatan tersebut, tergantung pada jenis dan tipe alat penerima sinyal satelit GNSS. Hasil pengamatan terkait dengan posisi pengamat (X, Y, Z) serta parameter lainnya jika di formulasikan menjadi persamaan berikut ini :

$$P_i = \rho + dp + dion_i + dtrop + (dt - dT) + MP_i + \delta P_i$$

$$L_i = L + dp + dion_i + dtrop + (dt - dT) + MC_i - \lambda_i N_i + \delta C_i$$

$P = c \cdot \Delta t$ = pseudorange

$L = \lambda \cdot \Phi$ = jarak fase

ρ = jarak geometris pengamat – satelit

c	= kecepatan cahaya dalam vakum
λ	= panjang gelombang sinyal
d_p	= kesalahan jarak akibat kesalahan ephemeris
d_{trop}	= bias troposfer
d_{ion}	= bias ionosfer
dt, dT	= kesalahan jam receiver dan jam satelit
MP, MC	= efek multipath hasil pengamatan P dan L
N_1, N_2	= ambiguitas fase (jumlah gelombang) sinyal L1 dan L2
σ_P, σ_C	= derau pada hasil pengamatan P dan L

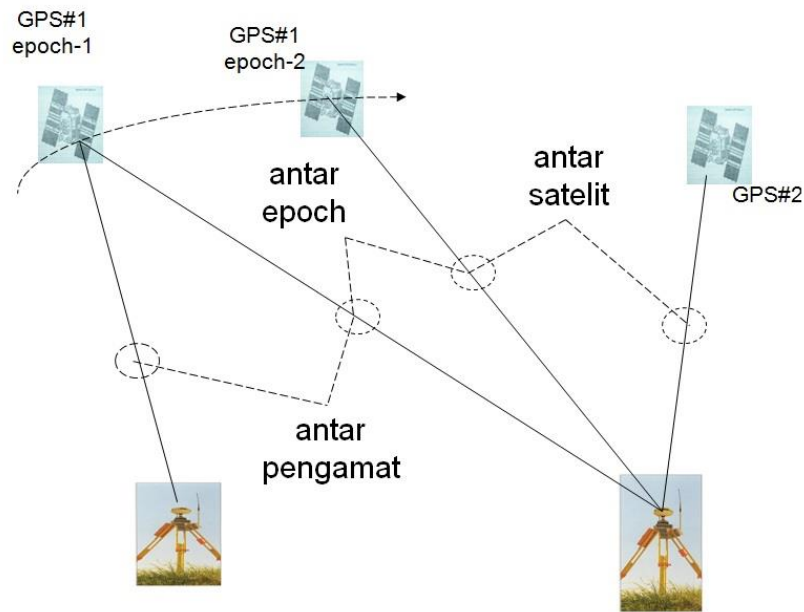
Ada beberapa perbedaan karakteristik terkait dengan hasil pengamatan menggunakan data jarak fase dan pengamatan pseudorange. Hasil pengamatan jarak fase lebih teliti dibandingkan dengan pengamatan pseudorange. Pengamatan Pseudorange digunakan untuk aplikasi – aplikasi yang tidak memerlukan ketelitian yang tinggi. Kesalahan dan bias yang terjadi saat pengamatan ada beberapa hal yang bisa di eliminasi dengan menggunakan metode saling dikurangkan (Differencing) dan juga bisa di kombinasilinerkan menjadi beberapa jenis data pengamatan GPS lainnya.

B. Kegiatan Belajar 2: Differencing Data GNSS/GPS.

Pengurangan (Differencing) antar data pengamatan GPS dapat dilakukan dengan beberapa moda. Data pengamatan GNSS/GPS juga dapat saling dikurangkan baik antara dua pengamat, dua satelit maupun dua epok (waktu pengamatan) yang berbeda. Pengurangan antar satelit dan antar pengamat dilakukan terhadap data yang diamati pada epok yang sama. Data pengamatan dasar yang berupa jarak-jarak antara satelit dan antena receiver dapat saling dikurangkan (differencing) dan dapat dikombinasilinerkan menjadi data pengamatan GPS lainnya.

Berdasarkan pada banyaknya pengurangan yang dilakukan dikenal data pengamatan:

1. **one-way (OW);**
2. **single difference (SD);**
3. **double difference (DD); dan**
4. **triple difference (TD).**



Gambar 7. Differencing Data GNSS

OW adalah data pengamatan dari 1 pengamat ke 1 satelit pada 1 frekuensi (pseudorange atau jarak fase). Konsekuensi dari differencing :

- Mengeliminasi atau mereduksi sebagian kesalahan dan bias sinyal, sehingga data menjadi lebih teliti.
- Mengurangi kuantitas data pengamatan, sehingga beban pengolahan data berkurang.
- Membuat hasil pengamatan berkorelasi secara matematis, yang dapat dilihat pada matrik var-kov. pengamatan untuk hitung perataan.
- Meningkatkan level noise pada data pengamatan.

C. Kegiatan Belajar 3: Single Difference (SD).

Data pengamatan Single Difference adalah selisih antara dua data pengamatan one way (OW). Jadi dalam hal ini 2 data OW ditransform menjadi data SD. Berdasarkan pada cara pengurangan data pengamatan OW, dikenal tiga jenis data SD, yaitu :

- antar pengamat SD (Δ);
- antar satelit (Δ); dan
- antar epoch (δ).

a) Data Antar Pengamat SD (Δ).

Karakteristik dari proses differencing untuk membentuk data SD antar Pengamat adalah

- Kedua jam receiver harus disinkronisasi.
- Mengeliminasi kesalahan jam satelit.
- Mereduksi efek kesalahan orbit dan bias ionosfer untuk basis yang tidak terlalu panjang.
- Jika kondisi meteorologis kedua titik relatif sama, maka efek bias troposfer akan tereduksi.
- Level noise meningkat $\sqrt{2}$ kali.

Secara matematis, data antar pengamat SD (baik pseudorange dan fase) yang melibatkan 2 receiver (i dan j), 1 satelit (k) pada 1 frekuensi pada epoch tertentu :

$$\Delta P_{ij}^k = P_j^k - P_i^k$$

$$= \Delta p_{ij}^k + \Delta d_{p_{ij}}^k + \Delta d_{ion_{ij}}^k + \Delta d_{trop_{ij}}^k + \Delta d_{t_{ij}}^k + \Delta M P_{ij}^k + \Delta \delta P_{ij}^k$$

$$\Delta L_{ij}^k = L_j^k - L_i^k$$

$$= \Delta p_{ij}^k + \Delta d_{p_{ij}}^k + \Delta d_{ion_{ij}}^k + \Delta d_{trop_{ij}}^k + \Delta d_{t_{ij}}^k + \Delta M C_{ij}^k - \lambda_i \Delta N_{ij}^k + \Delta \delta C_{ij}^k$$

Pada 2 persamaan ini, komponen kesalahan jam satelit (dT) sudah tereliminasi proses differencing. Komponen kesalahan orbit, bias ionosfer dan troposfer walaupun sudah tereduksi dan bernilai kecil.

b) Data SD Antar Pengamat (Δ).

Karakteristik dari proses differencing untuk membentuk data SD antar Satelit adalah:

- a. Mengeliminasi kesalahan jam receiver.
- b. Mereduksi efek bias ionosfer pada data pengamatan untuk satelit yang relatif dekat.
- c. Jika kondisi meteorologis ke kedua satelit relatif sama, maka bias troposfer juga akan tereduksi.
- d. Level noise meningkat $\sqrt{2}$ kali.

Secara matematis, data pseudorange dan fase antar satelit SD yang melibatkan 1 pengamat (i), 2 satelit (k dan l) untuk suatu frekuensi pada epoch tertentu :

$$\Delta P_i^{kl} = P_j^l - P_i^k$$

$$= \Delta \rho_i^{kl} + \Delta d\rho_i^{kl} + \Delta dion_i^{kl} + \Delta dtrop_i^{kl} - \Delta dT_i^{kl} + \Delta MP_i^{kl} + \Delta \phi P_i^{kl}$$

$$\Delta L_i^{kl} = L_j^l - L_i^k$$

$$= \Delta \rho_i^{kl} + \Delta d\rho_i^{kl} - \Delta dion_i^{kl} + \Delta dtrop_i^{kl} + \Delta dT_i^{kl} + \Delta MC_i^{kl} - \lambda \Delta N_i^{kl} + \Delta \phi C_i^{kl}$$

Dalam 2 persamaan di atas, komponen kesalahan jam receiver (dt) tereliminasi.

c) Data SD Antar Epoch (δ).

Karakteristik dari proses differencing untuk membentuk data SD antar epoch adalah

- Mengeliminasi ambiguitas fase (N) seandainya tidak terjadi cycle slips.
- Mereduksi efek bias ionosfer dan troposfer, bahwa tingkat pereduksian akan semakin besar dengan semakin kecilnya interval waktu kedua epoch.
- Level noise meningkat $\sqrt{2}$ kali.

Secara matematis, data pseudorange dan fase antar epoch SD yang melibatkan 1 pengamat (i), 1 satelit (k) dan 2 epoch berurutan (t_1 dan t_2) untuk suatu frekuensi tertentu :

$$\delta P_i^k (t_1, t_2) = P_j^k (t_2) - P_i^k (t_1)$$

$$= \delta \rho_i^k + \delta d\rho_i^k + \delta dion_i^k + \delta dtrop_i^k + \delta dt_i^k - \delta dT_i^k + \delta MP_i^k + \delta \phi P_i^k$$

$$\delta L_i^k (t_1, t_2) = L_j^k (t_2) - L_i^k (t_1)$$

$$= \delta \rho_i^k + \delta d\rho_i^k - \delta dion_i^k + \delta dtrop_i^k + \delta dt_i^k - \delta dT_i^k + \delta MC_i^k + \delta \phi C_i^k$$

Seandainya terjadi cycle slips antara kedua epoch, maka persamaannya :

$$\delta L_i^k (t_1, t_2) = \delta \rho_i^k + \delta d\rho_i^k - \delta dion_i^k + \delta dtrop_i^k + \delta dt_i^k - \delta dT_i^k + \delta MC_i^k - \lambda \delta N_i^k + \delta \phi C_i^k$$

Dalam differencing data-data pengamatan antar satelit, ada 2 metode :

1. metode differencing referensi tetap
2. metode differencing berurutan.

Pada receiver komersial, metode (1) yang digunakan. Satelit yang digunakan sebagai referensi memenuhi syarat :

1. rentang datanya (*data span*) yang paling panjang, agar differencing data antar satelit dapat lebih optimal.
2. sudut elevasinya paling tinggi, agar bias ionosfer dan troposfer relatif kecil.

D. Kegiatan belajar 4: Data Pengamatan Double Difference (DD)

Data pengamatan DD adalah selisih antara 2 data SD, atau 4 data OW ditransform menjadi 1 data DD. Terdapat 3 jenis data DD : pengamat – satelit DD ($\Delta \Lambda$); satelit – epoch ($\Delta \delta$); dan pengamat – epoch ($\Delta \delta$).

1. Data Pengamat – Satelit DD ($\Delta \Lambda$).

Karakteristik dari differencing untuk membentuk data Pengamat – Satelit DD :

- a. Mengeliminasi kesalahan jam receiver dan satelit.
- b. Mereduksi kesalahan orbit dan bias ionosfer (untuk baseline relatif pendek).
- c. Jika kondisi meteorologis ke kedua satelit relatif sama, maka efek bias troposfer juga akan tereduksi.
- d. Ambiguitas fase masih harus diestimasi.
- e. Level noise meningkat 2 kali.
- f. Merupakan data yang umum digunakan dalam survei GPS.

Secara matematis, data pengamatan Pengamat - Satelit DD yang melibatkan 2 pengamat (I dan j), 2 satelit (k dan l) untuk suatu frekuensi dan epoch tertentu :

$$\begin{aligned} \Delta \Lambda P_{ij}^{kl} &= \Delta P_{jj}^l - \Delta P_{ij}^k \\ &= \Delta \Lambda \rho_{ij}^{kl} + \Delta \Lambda d\rho_{ij}^{kl} + \Delta \Lambda dion_{ij}^{kl} + \Delta \Lambda dtrop_{ij}^{kl} + \Delta \Lambda MP_{ij}^{kl} + \Delta \Lambda \text{BIP}_i^{klj} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta \Delta L_{ij}^{kl} &= \Delta L_{jj}^l - \Delta L_{ij}^k \\ &= \Delta \Delta \rho_{ij}^{kl} + \Delta \Delta d\rho_{ij}^{kl} - \Delta \Delta dion_{ij}^{kl} + \Delta \Delta dtrop_{ij}^{kl} + \Delta \Delta MC_{ij}^{kl} - \lambda \Delta \Delta N_{ij}^{kl} + \\ &\Delta \Delta \nabla C_{ij}^{kl}\end{aligned}$$

Pada persamaan, komponen kesalahan jam receiver dan jam satelit sudah tereliminasi. Tetapi komponen kesalahan orbit dan bias atmosfer sudah tereduksi dan bernilai kecil. Untuk baseline < 20Km, sisa kesalahan orbit dan bias atmosfer dapat diabaikan (~ 0).

2. Data Satelit Epoch DD ($\Delta \delta$)

Karakteristik differencing untuk membentuk data Satelit – Epoch DD :

- Mengeliminasi kesalahan jam receiver.
- Mengeliminasi ambiguitas fase, asal tidak ada cycle slips antara kedua epoch.
- Mereduksi efek bias ionosfer dan bias troposfer yang bergantung pada posisi relatif kedua satelit dan besarnya selang waktu kedua epoch.
- Level noise meningkat 2 kali.
- Merupakan data DD yang tidak umum digunakan.

Secara matematis, data pseudorange dan fase antar pada data Pengamat-Epoch DD yang melibatkan 1 pengamat (i dan j), 2 satelit (k dan l) dan 2 epoch berurutan (t1 dan t2) untuk suatu frekuensi tertentu :

$$\begin{aligned}\Delta \delta P_i^{kl}(t_1, t_2) &= \Delta P_j^l(t_1, t_2) - \Delta P_i^k(t_1, t_2) \\ &= \Delta \delta \rho_i^{kl} + \Delta \delta d\rho_i^{kl} + \Delta \delta dion_i^{kl} + \Delta \delta dtrop_i^{kl} - \Delta \delta dT_i^{kl} + \Delta \delta MP_i^{kl} + \Delta \\ &\delta \nabla P_i^{kl} \\ \Delta \delta L_i^{kl}(t_1, t_2) &= \Delta L_{ij}^l(t_1, t_2) - \Delta L_{ij}^k(t_1, t_2) \\ &= \Delta \delta \rho_i^{kl} + \Delta \delta d\rho_i^{kl} - \Delta \delta dion_i^{kl} + \Delta \delta dtrop_i^{kl} - \Delta \delta dT_i^{kl} + \Delta \delta MC_i^{kl} + \\ &\delta \nabla C_i^{kl}\end{aligned}$$

Dalam hal ini kesalahan jam receiver (dt) tereliminasi, tetapi kesalahan jam receiver tetap ada karena bervariasi dengan waktu.

Seandainya terjadi *cycle slips* antara kedua epoch, maka persamaannya :

$$\begin{aligned}\Delta \delta L_i^{kl}(t_1, t_2) &= \Delta \delta \rho_i^{kl} + \Delta \delta d\rho_i^{kl} - \Delta \delta dion_i^{kl} + \Delta \delta dtrop_i^{kl} - \Delta \delta dT_i^{kl} + \Delta \delta MC_i^{kl} - \lambda \\ &+ \delta N_i^{kl} + \Delta \delta \nabla C_i^{kl}\end{aligned}$$

3. Data Pengamat Epoch ($\Delta \delta$).

Karakteristik Differencing untuk membentuk data pengamat epoch :

- a. Mengeliminasi kesalahan jam satelit.
- b. Mengeliminasi ambiguitas fase dari data pengamatan fase, asal tidak ada *cycle slips* antara kedua epoch.
- c. Mereduksi efek kesalahan orbit dan bias ionosfer pada data pengamatan (baseline yang tidak terlalu panjang).
- d. Jika kondisi meteorologis pada kedua pengamat relatif sama, maka efek bias troposfer juga akan tereduksi.
- a. Level noise meningkat 2 kali.
- e. Data DD bisa digunakan untuk mengedit *cycle slips*

Secara matematis, data pseudorange dan fase antar pada data Pengamat-Epoch DD yang melibatkan 1 pengamat (i dan j), 2 satelit (k dan l) dan 2 epoch berurutan (t1 dan t2) untuk suatu frekuensi tertentu :

$$\begin{aligned}\Delta \delta P_i^{kl}(t_1, t_2) &= \Delta P_j^l(t_1, t_2) - \Delta P_i^k(t_1, t_2) \\ &= \Delta \delta \rho_i^{kl} + \Delta \delta d\rho_i^{kl} + \Delta \delta dion_i^{kl} + \Delta \delta dtrop_i^{kl} - \Delta \delta dT_i^{kl} + \Delta \delta MP_i^{kl} + \Delta \delta \nabla P_i^{kl} \\ \Delta \delta L_i^{kl}(t_1, t_2) &= \Delta L_j^k(t_1, t_2) - \Delta L_i^k(t_1, t_2) \\ &= \Delta \delta \rho_i^{kl} + \Delta \delta d\rho_i^{kl} - \Delta \delta dion_i^{kl} + \Delta \delta dtrop_i^{kl} - \Delta \delta dT_i^{kl} + \Delta \delta MC_i^{kl} + \Delta \delta \nabla C_i^{kl}\end{aligned}$$

Dalam hal ini kesalahan jam receiver (dt) tereliminasi, tetapi kesalahan jam receiver tetap ada karena bervariasi dengan waktu.

Seandainya terjadi *cycle slips* antara kedua epoch, maka persamaannya :

$$\begin{aligned}\Delta \delta L_i^{kl}(t_1, t_2) &= \Delta \delta \rho_i^{kl} + \Delta \delta d\rho_i^{kl} - \Delta \delta dion_i^{kl} + \Delta \delta dtrop_i^{kl} - \Delta \delta dT_i^{kl} + \Delta \delta MC_i^{kl} - \lambda \cdot \\ &\quad + \delta N_i^{kl} + \Delta \delta \nabla C_i^{kl}\end{aligned}$$

E. Kegiatan Belajar 5: Triple Difference (TD).

Karakteristik differencing untuk membentuk data Satelit – Pengamat – Epoch TD :

- b. Mengeliminasi kesalahan jam satelit dan jam receiver.
- c. Mengeliminasi ambiguitas fase, asal tidak ada *cycle slips* antara kedua epoch.

- d. Mereduksi efek kesalahan orbit dan bias ionosfer pada baseline yang tidak terlalu panjang.
- e. Jika kondisi meteorologis pada kedua pengamat relatif sama, maka efek bias troposfer juga akan tereduksi.
- f. Level noise meningkat 2 kali.
- g. Biasa digunakan untuk mengedit *cycle slips* secara otomatis.
- h. Biasa digunakan untuk penentuan pendekatan vektor baseline dalam proses pengestimasi posisi.

Secara matematis, data pseudorange dan fase pada data TD yang melibatkan 2 pengamat (i dan j), 2 satelit (k dan l) dan 2 epoch berurutan (t_1 dan t_2) untuk suatu frekuensi tertentu :

$$\begin{aligned}
 +, \delta P_{ij}^{kl}(t_1, t_2) &= +, P_{ij}^l(t_1, t_2) - +, P_{ij}^k(t_1, t_2) \\
 &= +, \delta \rho_{ij}^{kl} + +, \delta d\rho_{ij}^{kl} + +, \delta dion_{ij}^{kl} + +, \delta dtrop_{ij}^{kl} \\
 &\quad + +, \delta MP_{ij}^{kl} + +, \delta \mathcal{H}P_{ij}^{kl} \\
 +, \delta L_{ij}^{kl}(t_1, t_2) &= +, L_{ij}^l(t_1, t_2) - +, L_{ij}^k(t_1, t_2) \\
 &= +, \delta \rho_{ij}^{kl} + +, \delta d\rho_{ij}^{kl} - +, \delta dion_{ij}^{kl} + +, \delta dtrop_{ij}^{kl} \\
 &\quad + +, \delta MC_{ij}^{kl} + +, \delta \mathcal{H}C_{ij}^{kl}
 \end{aligned}$$

Dalam hal ini kesalahan jam receiver (dt) dan jam satelit (dT) tereliminasi.

Seandainya terjadi *cycle slips* antara kedua epoch, maka persamaannya :

$$\begin{aligned}
 +, \delta L_{ij}^{kl}(t_1, t_2) &= +, \delta \rho_{ij}^{kl} + +, \delta d\rho_{ij}^{kl} - +, \delta dion_{ij}^{kl} + +, \delta dtrop_{ij}^{kl} + +, \delta MC_{ij}^{kl} - \lambda. +, \delta N_{ij}^{kl} + \\
 &\quad +, \delta \mathcal{H}C_{ij}^{kl}
 \end{aligned}$$

Data pengamatan TD fase banyak digunakan dalam penentuan posisi, di samping data DD.

Persamaannya :

$$+, \delta L_{ij}^{kl}(t_1, t_2) = +, \delta \rho_{ij}^{kl} + +, \delta \mathcal{H}C_{ij}^{kl}$$

F. Kegiatan belajar 6: Pengkombinasi Linearan Data

Data L_1 dan L_2 disamping dapat didiferencing, juga dapat dikombinasilinearkan. Kombinasi linear berguna dalam proses penentuan resolusi ambiguitas fase, yaitu

mengubah besar efek kesalahan dan bias yang besarnya bergantung pada frekuensi sinyal, seperti bias ionosfer, noise, dan multipath.

Sedangkan besarnya efek kesalahan dan bias yang besarnya tidak bergantung pada frekuensi sinyal, seperti kesalahan orbit, kesalahan jam satelit dan receiver, serta bias troposfer tidak dapat diredusir oleh metode kombinasi linear.

Harapan dari kombinasi linear :

- ambiguitas dinyatakan bilangan bulat (integer);
- panjang gelombangnya relatif panjang;
- efek refraksi ionosfer menjadi kecil;
- noise pengamatan tetap kecil.

Rangkuman

1. Ada 2 data pengamatan dasar GPS : Waktu tempuh (dt) dari kode P dan C/A dan fase (Φ) dari gelombang pembawa L1 dan L2.
2. Salah satu metode untuk mengeliminasi kesalahan dan bias pengamatan dengan GNSS adalah menggunakan metode Differencing Data Pengamatan GNSS.
3. Data pengamatan dasar yang berupa jarak-jarak antara satelit dan antena receiver dapat saling dikurangkan (*differencing*) dan dapat dikombinasilinearkan menjadi data pengamatan GPS lainnya.
4. Berdasarkan pada banyaknya pengurangan yang dilakukan dikenal data pengamatan: **one-way (OW)** ; **single difference (SD)** ; **double difference (DD)**; **dan triple difference (TD)**.
5. Data L_1 dan L_2 disamping dapat didifferencing, juga dapat dikombinasilinearkan. Kombinasi linear berguna dalam proses penentuan resolusi ambiguitas fase, yaitu mengubah besar efek kesalahan dan bias yang besarnya bergantung pada frekuensi sinyal, seperti bias ionosfer, noise, dan multipath.

Latihan

1. Sebutkan dua data dasar pengamatan GNSS ?

2. Apakah maksud dan tujuan dari Pengurangan (Differencing) antar data pengamatan GPS ?
3. Sebutkan Jenis – Jenis Differencing Data Pengamatan GNSS ?
4. Apakah akibat dari proses Pengurangan (Differencing) antar data pengamatan GPS ?
5. Apakah yang disebut dengan Data Pengamatan Double Difference (DD)

Tes Formatif I

Pilihlah B jika benar atau S jika salah dari pernyataan-pernyataan berikut.

1. Hasil pengamatan jarak fase lebih teliti dibandingkan dengan B - S pengamatan pseudorange
2. Pengamatan Pseudorange digunakan untuk aplikasi – aplikasi yang B - S tidak memerlukan ketelitian yang tinggi contoh pada pengamatan menggunakan receiver tipe Navigasi.
3. One Way adalah data pengamatan dari 2 pengamat ke 1 satelit pada 1 B – S frekuensi (pseudorange atau jarak fase).
- 4 Single Difference tidak dapat mengeliminasi kesalahan jam satelit. B – S
- 5 Data pengamatan Double Difference adalah selisih antara 2 data B – S Single Difference, atau 4 data One Way ditransform menjadi 1 data Double Difference.
- 6 Differencing membentuk data satelit – epoch akan memiliki B – S karakteristik : mereduksi efek bias ionosfer dan bias troposfer yang bergantung pada posisi relatif kedua satelit dan besarnya selang waktu kedua epoch.
- 7 Dalam Double Difference dengan Data Pengamat – Satelit DD, B – S Ambiguitas fase tidak perlu di estimasi lagi.
- 8 Salah satu karakteristik differencing untuk membentuk data Satelit – B – S

Pengamat – Epoch Triple Difference : digunakan untuk mengedit *cycle slips* secara otomatis

- 9 Dalam Triple Difference jika kondisi meteorologis pada kedua B – S pengamat relatif sama, maka efek bias troposfer juga akan tereduksi
- 10 Harapan dari kombinasi linear : ambiguitas dinyatakan bilangan B - S bulat (integer) ; panjang gelombangnya relatif panjang ; efek refraksi ionosfer menjadi kecil ; noise pengamatan tetap kecil.

Cocokkan jawaban Saudara dengan kunci jawaban Tes Formatif yang terdapat pada bagian akhir Modul ini. Hitunglah jawaban Saudara yang benar. Kemudian gunakan rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan Saudara terhadap materi kegiatan belajar ini.

Rumus :

Jumlah jawaban Saudara yang benar

Tingkat Penguasaan = ----- X 100 %

10

Arti tingkat penguasaan yang Saudara peroleh adalah :

90 – 100 % = Baik Sekali;

80 – 90 % = Baik;

70 – 80 % = Cukup;

≤ 70 % = Kurang

Bila Saudara memperoleh tingkat penguasaan 80 % atau lebih, Saudara dapat meneruskan dengan kegiatan belajar (Modul) selanjutnya. Sedangkan jika tingkat penguasaan Saudara masih berada di bawah 80 %, Saudara diwajibkan mengulangi kegiatan belajar (modul) ini, terutama bagian yang belum Saudara kuasai secara baik.

BAB III. Metode-Metode Penentuan Posisi dengan

GNSS

MODUL

III

Pada dasarnya penentuan posisi dengan GNSS adalah reseksi dengan jarak, yaitu pengukuran jarak dari receiver ke beberapa satelit secara simultan. Posisi atau koordinat masing – masing satelit telah diketahui.

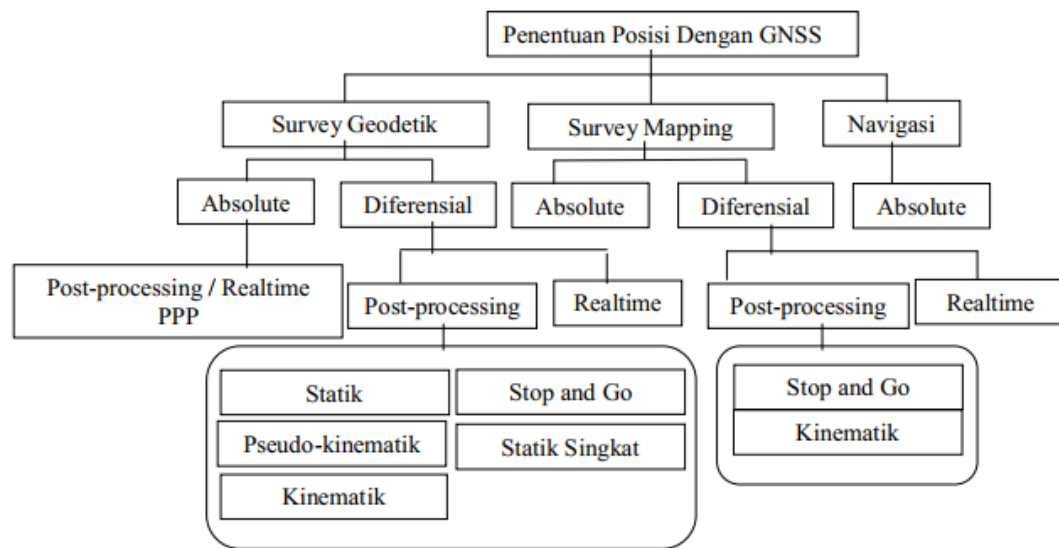
Dengan mempelajari modul ini, diharapkan Mahasiswa mampu menjelaskan prinsip penentuan posisi dan faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam penentuan posisi dengan GNSS.

Modul IV ini akan mempelajari tentang Metode Penentuan Posisi GNSS : *absolute, differential, static, rapid static, pseudo-kinematic*, dan *stop and go*. Prinsip dan karakteristik dari setiap metode penentuan posisi tersebut dijelaskan berikut ini :

Tabel 3. Prinsip Metode Penentuan Posisi

METODE	ABSOLUT	DIFERENSIAL	TITIK	RECEIVER
	Menggunakan 1 Receiver	Menggunakan 2 Receiver		
STATIK	Y	Y	Diam	Diam
KINEMATIK	Y	Y	Bergerak	Bergerak
RAPIDSTATIC		Y	Diam	Diam (singkat)
PSEUDO-KINEMATIK		Y	Diam	Diam & Bergerak
STUP AND-GO		Y	Diam	Diam & Bergerak

Berdasarkan aplikasinya, metode-metode penentuan posisi dengan GNSS juga dapat dibagi atas tiga kategori utama, yaitu survey geodetik, survey mapping dan navigasi, dijelaskan sebagai berikut :

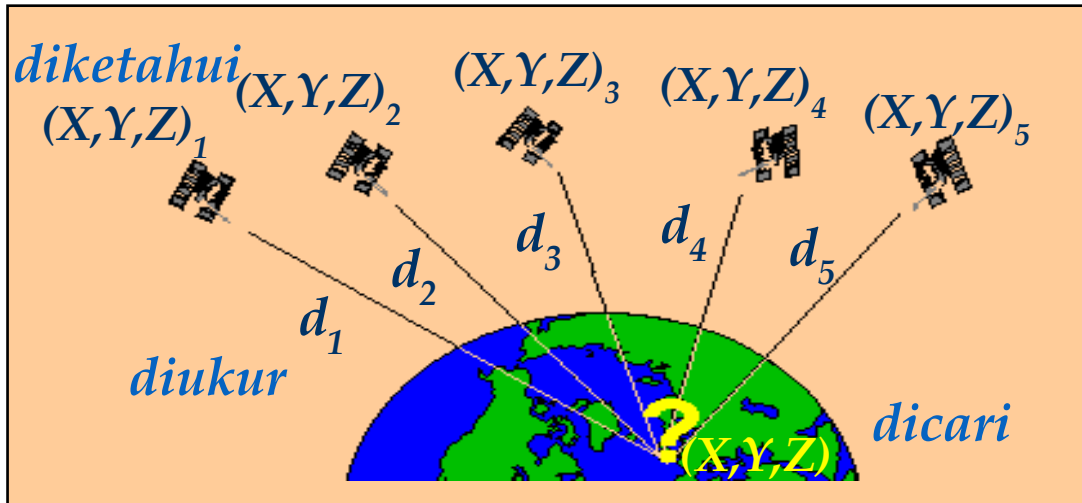


Gambar 8. Metode Penentuan Posisi dengan GNSS

Penentuan Posisi Dengan GPS :

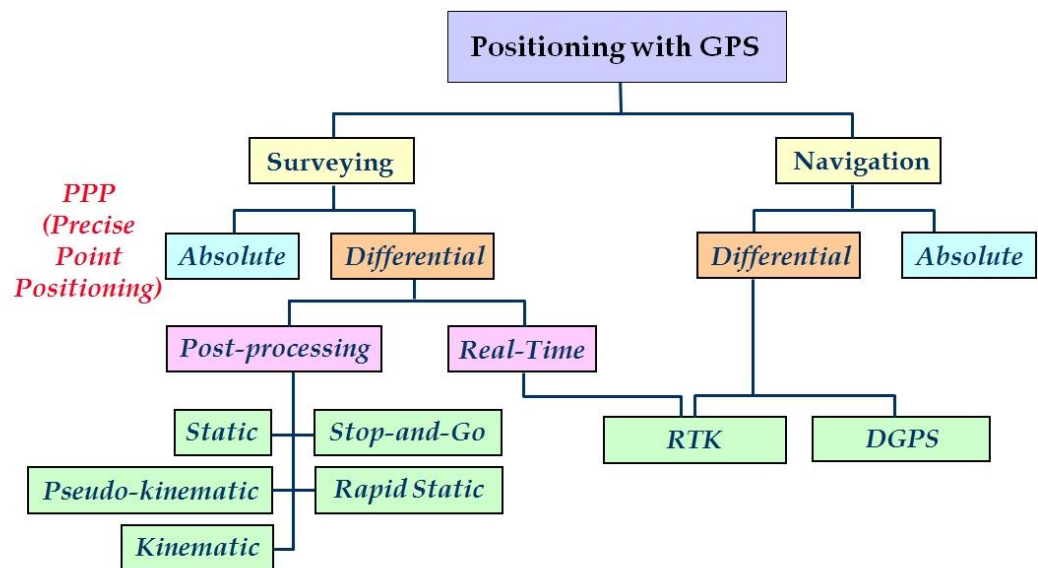
- Posisi yang diberikan adalah posisi 3-D, yaitu (X,Y,Z) atau (L,B,h).
- Tinggi yang diberikan oleh GPS adalah tinggi ellipsoid.
- Datum dari posisi yang diperoleh adalah WGS (World Geodetic System) 1984 yang menggunakan ellipsoid referensi GRS 1980.
- Penentuan posisi dapat dilakukan dengan beberapa metode : absolute positioning, differential positioning, static surveying, rapid static, pseudo-kinematic dan kinematic positioning.
- Titik yang akan ditentukan posisinya dapat diam maupun bergerak.
- Posisi titik dapat ditentukan terhadap pusat massa bumi ataupun terhadap titik lainnya yang telah diketahui koordinatnya.

Prinsip dasar penentuan posisi dengan GPS bukanlah sesuatu yang baru. Prinsipnya sama dengan prinsip penentuan posisi terestris yang mengukur jarak ke beberapa titik kontrol yang telah diketahui koordinatnya (reseksi). Dalam kasus GPS, titik kontrol ‘diangkat’ ke atas menjadi satelit. Satelit bisa dilihat sebagai titik kontrol 3D yang bergerak mengelilingi Bumi. Koordinat Satelit dihitung berdasarkan data dalam Pesan Navigasi.



Gambar 9. Prinsip Penentuan Posisi GNSS/GPS (Sumber : Abidin, 2000)

Gambar 3.3. Prinsip Penentuan Posisi GNSS/GPS (Sumber : Abidin, 2000)

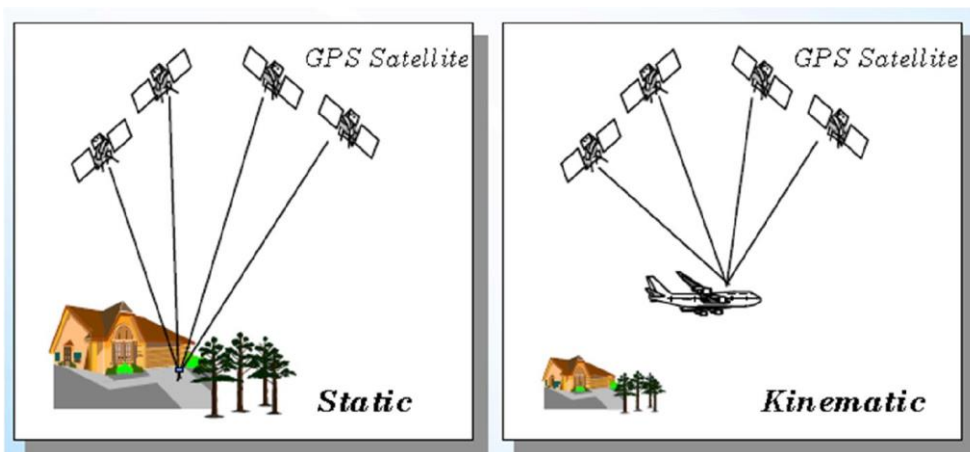


Hasanuddin Z. Abidin, 2006

Gambar 10. Metode Penentuan Posisi Dengan GNSS/GPS (Sumber : Abidin, 2007)

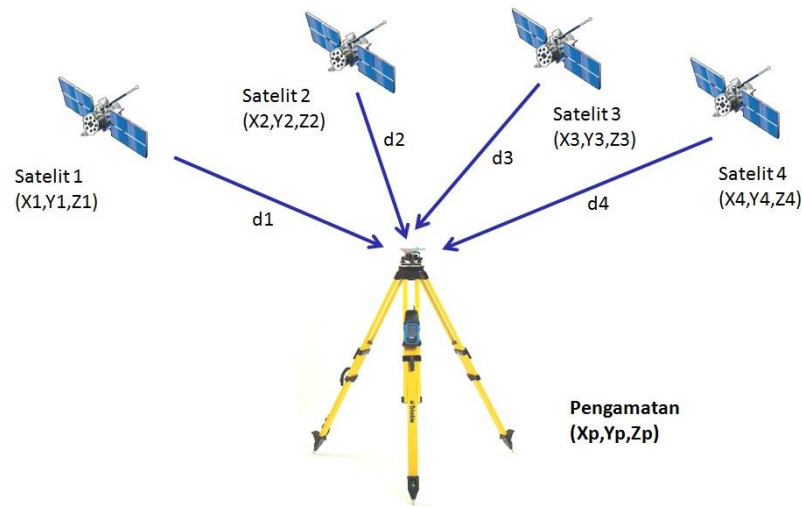
A. Kegiatan Belajar 1: Metode Pengukuran Absolute

Metode pengamatan ini dinamakan juga *point positioning* karena penentuan posisi dapat dilakukan per titik tanpa tergantung pada titik lainnya yang diberikan berdasarkan sistem referensi datum WGS-84 terhadap pusat masa bumi, dengan menggunakan satu alat receiver GNSS. Prinsip dasarnya adalah melakukan pengukuran jarak terhadap beberapa satelit secara simultan, titik yang akan ditentukan posisinya dalam keadaan diam atau bergerak, dan biasanya berdasarkan pengamatan data pseudo range. Pengamatan data phase bisa juga digunakan jika sebelumnya telah ditentukan inialisasi ambiguitas phase atau telah diestimasi bersamaan dengan nilai posisinya, pengamatan ini dinamakan *Precise Point Positioning* (PPP) yang menggunakan data phase dalam pengamatan statik atau postproses.



Gambar 11. Metode Pengamatan Absolute Statik dan Kinematik

- Dinamakan juga point positioning.
- Hanya memerlukan satu receiver GPS
- Titik yang ditentukan posisinya bisa diam (statik) maupun bergerak (kinematik).
- Biasanya menggunakan data pseudorange
- Data fase juga bisa digunakan kalau ambiguitas fasenya sudah diketahui ataupun diestimasi bersama-sama dengan posisi.
- Ketelitian posisi yang diperoleh sangat tergantung pada tingkat ketelitian data serta geometri dari satelit.
- Tidak dimaksudkan untuk penentuan posisi yang teliti.
- Aplikasi utama : navigasi, Reconaissance, dan Ground Truthing



Gambar 12. Penentuan posisi Absolut

Untuk memperoleh Posisi (X_p, Y_p, Z_p) digunakan rumus sebagai berikut :

$$(X_p - X_1)^2 + (Y_p - Y_1)^2 + (Z_p - Z_1)^2 = (d_1 - c \cdot dt)^2$$

$$(X_p - X_2)^2 + (Y_p - Y_2)^2 + (Z_p - Z_2)^2 = (d_2 - c \cdot dt)^2$$

$$(X_p - X_3)^2 + (Y_p - Y_3)^2 + (Z_p - Z_3)^2 = (d_3 - c \cdot dt)^2$$

$$(X_p - X_4)^2 + (Y_p - Y_4)^2 + (Z_p - Z_4)^2 = (d_4 - c \cdot dt)^2$$

$(X_1, Y_1, Z_1) ; (X_2, Y_2, Z_2) ; (X_3, Y_3, Z_3) ; (X_4, Y_4, Z_4)$ = Posisi Masing – Masing Satelit
Pada satu epoch.

c = kecepatan cahaya

dt = kesalahan dan offset dari jam receiver.

Level Ketelitian yang diberikan : SPS (standart Positioning Services) dan PPS (Precise Positioning Services).

SPS : Kode C/A. dan PPS Kode P (L1 dan L2)

Ketelitian Penentuan Posisi Absolut yang menggunakan Pseudorange pada umumnya di karakterisir sebagai fungsi dari geometri satelit dan ketelitian data pseudorange.

B. Kegiatan Belajar 2: Metode Pengukuran Differential

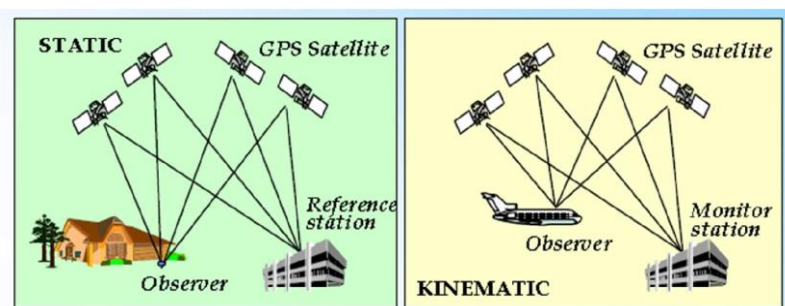
Metode pengamatan ini juga dinamakan *relative positioning*, dibutuhkan minimal 2 alat GNSS geodetik, salah satu alat tersebut ditempatkan pada titik yang diketahui koordinatnya (titik referensi), dan alat yang lain ditempatkan pada posisi yang ditentukan merupakan relatif terhadap titik referensi tersebut. Prinsip dasarnya yaitu melakukan proses diferensial untuk melakukan eliminasi dan reduksi terhadap beberapa kesalahan dan bias, sehingga diperoleh posisi yang lebih akurat. Efektifitas dari proses diferensial ini sangat tergantung kepada jarak antara titik referensi dan titik yang akan ditentukan posisinya (panjang baseline), semakin dekat jaraknya maka akan lebih efektif. Titik yang akan ditentukan bisa dalam keadaan diam atau bergerak, dan data yang digunakan yaitu pseudorange, phase atau *phase-smoothed pseudorange*. Metode pengamatan ini digunakan untuk kegiatan survey dan pemetaan, survey geodetik, dan navigasi presisi.

Sistem DGPS = Sistem Differential Global Positioning System. Penentuan Posisi real time secara diferensial menggunakan data pseudorange. Diperlukan suatu sistem komunikasi data tertentu untuk mengirimkan Koreksi Diferensial. Koreksi Diferensial bisa berupa koreksi pseudorange (Paling lazim) maupun koreksi koordinat (jarang digunakan). Ketelitian yang diperoleh : 1 s/d 3 meter. Digunakan untuk penentuan obyek yang bergerak atau untuk survei kelautan. Berdasarkan luas wilayah cakupan koreksinya, sistem DGPS dibedakan atas :

1. LADGPS (*Local Area DGPS*). Jumlah Stasiun Referensi 1, koreksi pseudorange, validitas koreksi untuk jarak <100 Km (Lokal)
2. WADGPS (*Wide Area DGPS*). Jumlah Stasiun Referensi beberapa, koreksi vektor (jam satelit, 3 komponen kesalahan orbit, parameter bias model ionosfer dan troposfer), validitas koreksi sifatnya regional (wilayah). Sistem ini menggunakan satelit komunikasi untuk mengirimkan koreksinya. Pelayanan WADGPS dilaksanakan secara komersial meliputi beberapa kawasan regional di seluruh dunia.

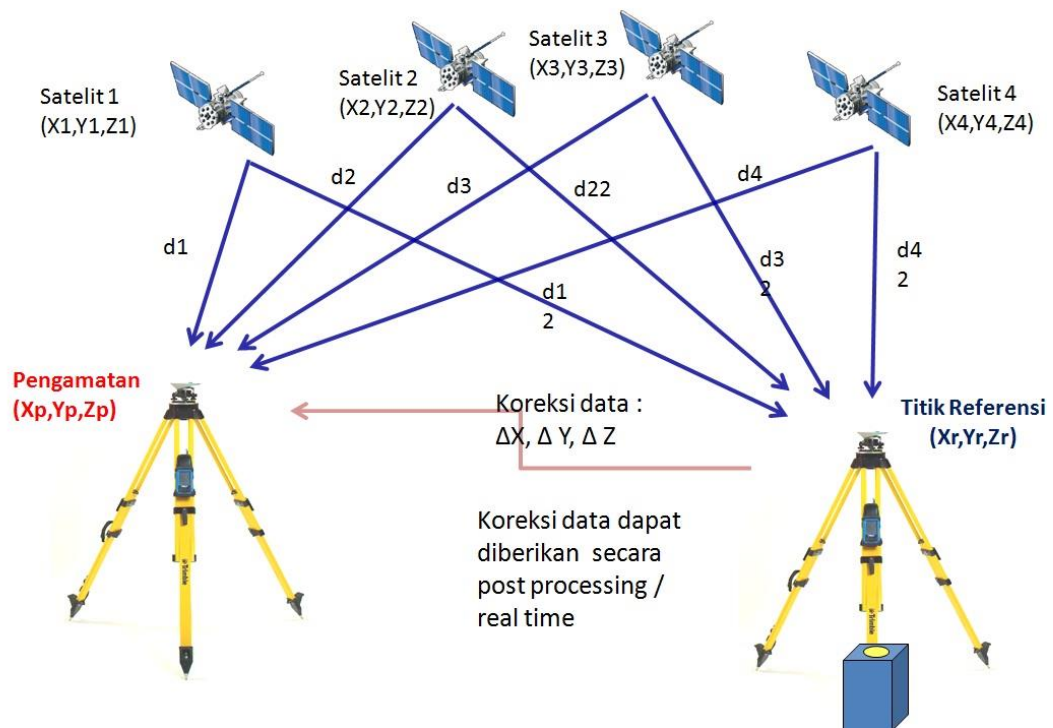
Tabel 4. Faktor dilakukannya proses diferensial pada data GNSS (Hasanuddin Z. Abidin 1994)

Kesalahan dan Bias	Bisa dieliminir	Bisa direduksi	Tidak bisa dieliminir atau direduksi
Satellite clock	√		
Receiver clock	√		
Orbit (Ephemeris)	√		
Ionosphere	√		
Troposphere	√		
Multipath	√		
Noise	√		



Gambar 13. Metode pengamatan diferensial (Hasanuddin Z. Abidin 1994)

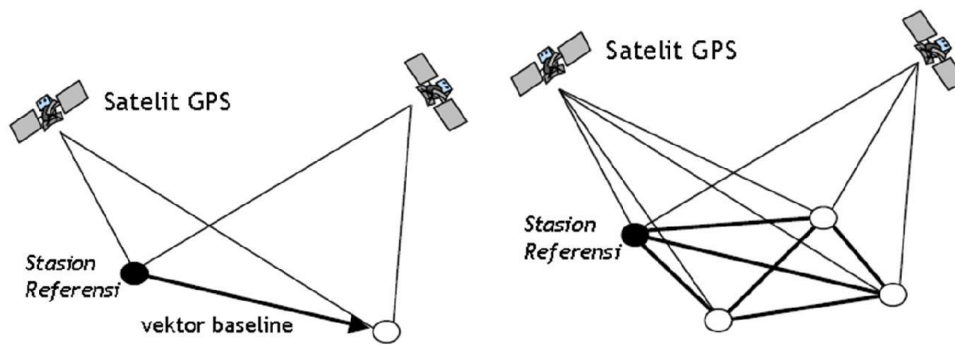
Efektivitas dari *differencing process* sangat tergantung pada jarak antara *monitor station* dengan titik yang akan ditentukan posisinya (semakin pendek semakin efektif). Titik yang ditentukan posisinya bisa diam (statik) maupun bergerak (kinematik). Bisa menggunakan data *pseudorange* atau/dan data fase. Ketelitian posisi tipikal yang diperoleh : mm – dm. Aplikasi utama : survai pemetaan, survai geodesi, maupun navigasi berketelitian tinggi.



Gambar 14. Penentuan posisi Differensial

C. Kegiatan Belajar 3: Metode Pengukuran Static

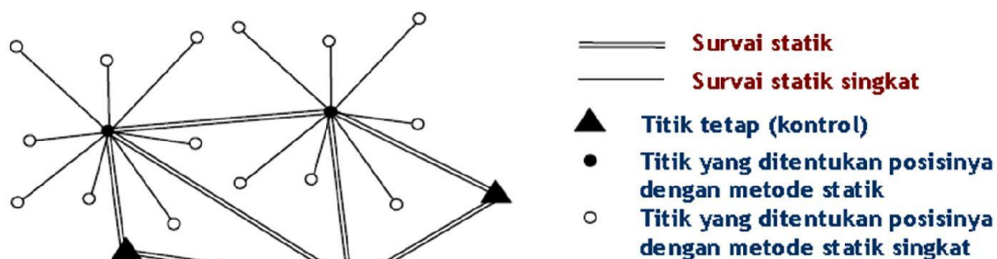
Pada metode pengukuran ini titik yang akan ditentukan posisinya tidak bergerak, pengamatan yang dilakukan bisa secara absolute maupun diferensial, data pengamatan bisa menggunakan pseudorange dan/atau phase yang selanjutnya dilakukan pengolahan data setelah pengamatan (post process), keandalan dan ketelitian yang diperoleh cukup tinggi yaitu di orde milimeter sampai centimeter, dan biasanya digunakan untuk penentuan titik-titik kontrol survey pemetaan maupun survey geodetik.



Gambar 15. Metode Pengukuran Statik (Hasanuddin Z. Abidin 1994)

Kegiatan Belajar 4: Metode Pengukuran Rapid Static

Metode pengukuran statik singkat ini dilakukan dengan sesi pengamatan yang lebih singkat (5-20 menit), prosedur pengumpulan data di lapangan sama dengan pengukuran statik, lama pengamatan tergantung pada panjang baseline, jumlah satelit, serta geometri satelit pengamatan ini berbasiskan metode pengamatan diferensial dengan menggunakan data phase. Persyaratan mendasar adalah penentuan ambiguitas phase secara cepat sehingga menuntut penggunaan piranti lunak pemroses data GNSS yang andal dan canggih. Pada saat melakukan pengukuran di lapangan memerlukan kondisi satelit geometri yang baik, tingkat bias dan kesalahan data yang relatif rendah, serta lingkungan yang relatif tidak menimbulkan multipath, selain itu alat GNSS yang digunakan diharapkan mempunyai data dual frekuensi. Ketelitian relatif posisi titik yang diperoleh adalah dalam orde centimeter, pengukuran statik singkat ini diantaranya digunakan untuk survey pemetaan dengan orde tidak terlalu tinggi, perapatan titik dan survey rekayasa.

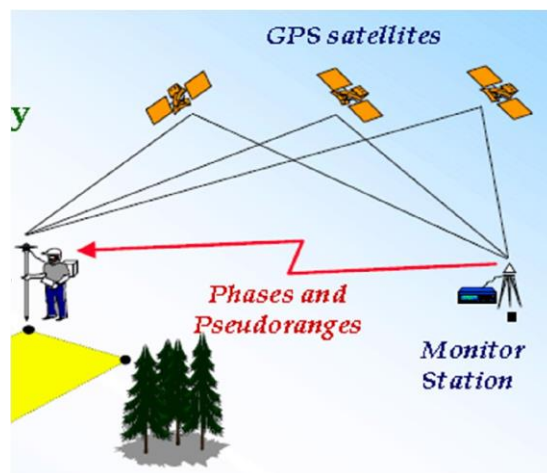


Hasanuddin Z. Abidin, 1995

Gambar 16. Metode Pengukuran Statik yang dipadukan dengan statik singkat

D. Kegiatan Belajar 5: Metode Pengukuran Kinematik

Pada metode pengukuran kinematik ini titik-titik yang akan ditentukan posisinya bergerak (kinematik), selain untuk posisi, GNSS juga bisa digunakan untuk menentukan kecepatan, percepatan dan altitude. Pengamatan ini bisa dilakukan secara absolute maupun diferensial dengan menggunakan data pseudorange dan/atau phase. Hasil penentuan posisi nya bisa diperlukan saat pengamatan (real-time) ataupun sesudah pengamatan (post-processing), untuk pengamatan diferensial secara realtime diperlukan komunikasi data antara stasiun referensi dengan receiver yang bergerak. Penentuan posisi kinematik secara teliti memerlukan penggunaan data phase dengan penentuan ambiguitas phase secara on-the-fly. Penggunaan metode kinematik biasanya dilakukan untuk navigasi, pemantauan (surveillance), guidance, fotogrametri, airborne gravimetry, survei hidrografi dan lain-lain.



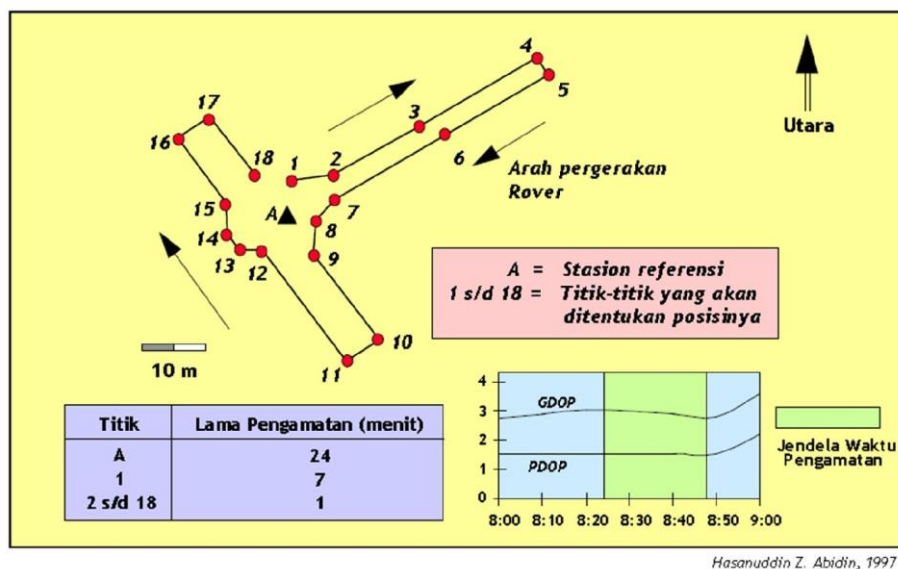
Gambar 17. Metode Pengukuran Kinematik secara post-proses maupun real-time

E. Kegiatan Belajar 6: Metode Pengukuran Stop and go

Pada metode pengukuran ini dilakukan pergerakan alat GNSS sebagai rover dan stop selama beberapa puluh detik dari titik ke titik, dinamakan juga survey semi kinematik, mirip dengan pengukuran kinematik, hanya titik yang akan ditentukan posisinya tidak bergerak dan alat GNSS diam beberapa saat di titik

tersebut. Perlu diperhatikan ambiguitas phase pada titik awal harus ditentukan sebelum alat GNSS rover bergerak, untuk mendapatkan tingkat ketelitian berorde centimeter.

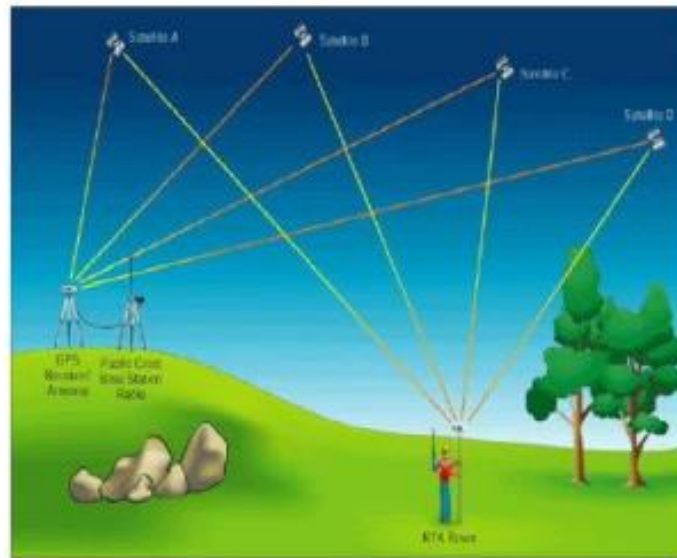
Karakteristik : Rover bergerak dan stop (beberapa saat = puluhan detik) dari titik ke titik. Nama Lain = Survei semi kinematik, mirip kinematik hanya posisi titik yang akan ditentukan posisinya diam dan receiver diam beberapa saat. Ambiguitas fase pada titik awal harus ditentukan (Inisiasi) sebelum receiver bergerak, untuk mendapatkan ketelitian sampai fraksi cm. Selama pergerakan antar titik, receiver harus selalu mengamati sinyal GPS (tidak boleh loose). Jika selama pengukuran terjadi cycle slip, receiver harus kembali ke titik sebelumnya untuk inisialisasi lagi kemudian baru bergerak. Dasar Penentuan Posisi : Differensial Positioning. Trajectori dari moving receiver antar titik tidak diperlukan meskipun teramati. Diperlukan Software khusus untuk pengolahan datanya. Untuk mendapatkan kualitas hasil yang baik maka : Geometri satelit harus baik, tingkat bias dan kesalahan rendah dan tidak ada/dihindari multipath. Penentuan posisi bisa dilaksanakan secara real time atau post processing. Cocok untuk penentuan posisi yang memiliki jarak relatif dekat contoh : Persawahan, perkebunan dan padang peternakan.



Gambar 18. Contoh metode pengukuran stop-and-go

F. Kegiatan Belajar 7: Metode Pengukuran RTK (Real Time Kinematic)

Prinsip penentuan posisi secara relative yang memanfaatkan data fase (RTK) atau pseudo-range (DGPS secara real time atau paska pengukuran). Metode RTK dapat dijelaskan sebagai berikut.



Gambar 19. Pengamatan Real Time Kinematic (RTK)-GPS yang terdiri atas base station dan rover station

Survei metode RTK terdiri atas base dan rover station, dengan receiver yang ada base station tidak berubah posisi antenanya selama melakukan pengukuran sedang receiver yang berfungsi sebagai rover dipindah-pindahkan sesuai untuk positioning yang direncanakan. Receiver yang ada di base dan rover station harus selalu memperoleh signal GPS selama melakukan pengukuran, koreksi diferensial dipancarkan dari base station ke rover station menggunakan fasilitas RTCM. Survei GPS untuk pengamatan RTK sangat sering digunakan untuk pekerjaan mapping hingga saat ini, dan seperangkat hardware untuk pengamatan RTK disajikan pada gambar di bawah ini.



Gambar 20. seperangkat base (kiri) dan rover station (kanan) RTK-GPS

Persoalan utama yang dihadapi pada survei GPS dengan metode RTK adalah kualitas dan kemampuan penerimaan koreksi diferensial dan jarak dari base station ke rover station.

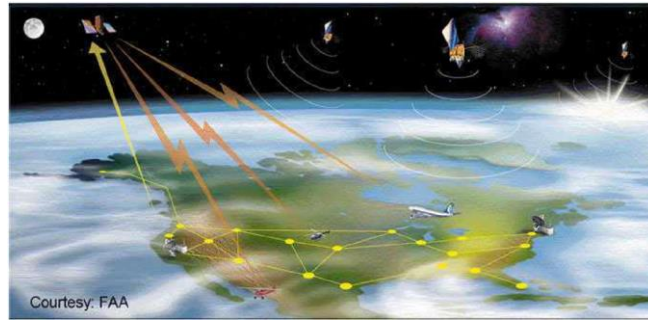
Rizos dan Cranenbroeck (2006) menyatakan bahwa semakin jauh jarak antara base ke rover station (kurang dari 20 Km) maka kualitas penerimaan koreksi diferensial semakin berkurang (less precision). Kualitas koreksi diferensial dipengaruhi oleh orbit error, ionospheric dan tropospheric signal refraction Roberts dkk (2004).

Sistem RTK (Real-Time Kinematic) adalah sistem penentuan posisi real-time secara diferensial menggunakan data fase. Dapat digunakan untuk penentuan posisi obyek-obyek yang diam maupun bergerak. Untuk merealisasikan tuntutan real-time nya, monitor station harus mengirimkan data fase dan pseudorange ke pengguna secara real-time menggunakan sistem komunikasi data tertentu. Ketelitian tipikal posisi : 1 - 5 cm. Aplikasi utama : staking out, survai kadaster, survai pertambangan, navigasi berketelitian tinggi.

Untuk Komunikasi data : Base Station (stasiun Referensi) dilengkapi perangkat pemancar, sedangkan Rover (Stasiun pengguna) dilengkapi perangkat penerima data. Komunikasi data menggunakan pita frekuensi VHF/UHF, untuk itu dituntut adanya visibilitas langsung (line of sight) antara base dan rover.

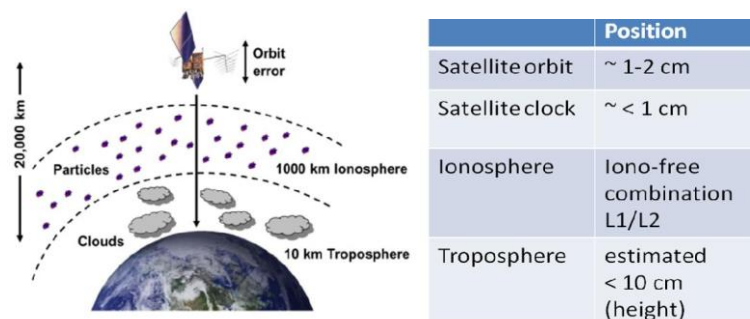
G. Kegiatan Belajar 8: Metode Pengukuran PPP

Pada metode pengukuran ini menggunakan teknologi terbaru dengan menggunakan satu alat receiver yang mempunyai kemampuan menerima data koreksi secara realtime dari satelit komunikasi L-Band, pengamatan secara statik dilakukan dengan inialisasi awal sekitar 30 menit di tempat yang relatif terbuka, dan selanjutnya ketelitian akan berada pada titik temu (konvergensi) atau tetap sekitar dibawah 10 centimeter, kemudian selanjutnya bisa dilakukan metode pengukuran kinematik.



Gambar 21. Metode pengukuran Statik dan Kinematik PPP (Precise Point Positioning) Real-Time

Teknologi terbaru untuk metode pengamatan data phase Precise Point Positioning secara realtime bisa dilakukan, yaitu dengan menggunakan informasi satelit yang presisi dari orbit satelit, jam satelit, bias satelit dan informasi tambahan lainnya yang diperoleh dari stasiun referensi secara global dan dikirim ke server pusat untuk dilakukan pengolahan data yang kemudian dikirimkan kembali melalui satelit komunikasi L-Band dalam format koreksi realtime cmrxe kepada pengguna.



Gambar 22. Informasi dari satelit yang diperoleh stasiun referensi secara global (Trimble, 2012)

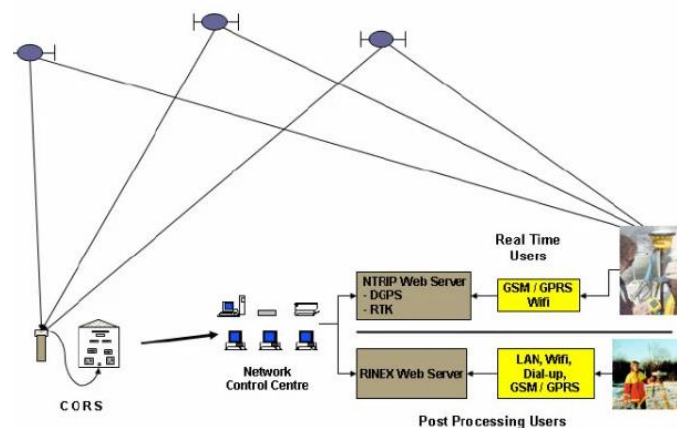
Menggunakan prinsip penentuan posisi secara Absolut. Data penentuan posisi : jarak one way fase dan Pseudorange dalam bentuk kombinasi bebas atmosfer. Dioperasikan dalam metode statik. Memerlukan data GPS dua frekuensi dengan receiver tipe Geodetik. Proses pengolahan data menggunakan soft ware ilmiah untuk mendapatkan ketelitian yang tinggi. Soft ware pengolahan data PPP ada juga yang dapat diakses dengan gratis di internet. Contoh : CSRS – PPP Service (buatan Kanada) dan

AUTO Gypsy PPP Service (buatan USA). Ketelitian yang diperoleh : 2 – 3 cm untuk komponen Planimetris dan 2 dm untuk komponen tinggi.

H. Kegiatan Belajar 9: Metode Pengukuran CORS

CORS pada umumnya digunakan untuk berbagai kepentingan praktis (engineering purposes). Teknologi CORS berkembang mengingat keperluan positioning metode RTK terkendala kualitas koreksi diferensial yang semakin menurun terhadap jangkauan jarak dan juga waktu yang digunakan untuk akuisisi data terutama setting up receiver di base station.

Maunder,2007 mengemukakan bahwa pengoperasian CORS bisa menggunakan satu atau beberapa stasiun referensi GNSS yang beroperasi secara terus menerus (24 jam tidak terputus). Sistem CORS terdiri atas satellite navigation positioning technology, modern computer management technology and internet technology. Sistem ini akan melangkapi secara otomatis dengan diversifikasi data pengamatan satelit GNSS (Carrier phase dan Pseudo-range), koreksi diferensial, status informasi dan hal-hal yang berhubungan dengan informasi GNSS (Roberts, dkk, 2004). Teknologi CORS secara diagramatis dapat dilihat seperti pada gambar berikut



Gambar 23. metode relative positioning dengan teknologi CORS

Teknologi CORS, sebagai base station terdiri atas (Maunder,2007):

- Fixed station
- Temporary station.

Fixed station pada umumnya diinstall di suatu bangunan yang secara permanent dapat difungsikan dan memenuhi syarat sebagai stasiun aktif CORS. Sedangkan temporary station pada umumnya tempatkan bangunan yang dalam jangka waktu tertentu akan dipindah atau tidak difungsikan lagi sebagai base station karena berbagai pertimbangan teknis dan administrative.

Teknologi CORS terdiri atas 2 sistem utama, system yang ada di base station sebagai stasiun referensi dan system yang ada di rover station sebagai user. Koneksi antara base station dan rover station menggunakan jaringan internet tanpa kabel. Kedudukan base station sebagai fixed station, beroperasi selama 24 jam dan memperoleh koneksi jaringan internet secara terus menerus. Fungsi base station adalah menangkap gelombang satelit GNSS, menyimpan raw data gelombang satelit GNSS kedalam server dan memberikan koreksi diferensial kepada setiap user yang login dengan server yang ada di base station. Sedangkan rover station melakukan akuisisi data satelit GNSS dan melakukan login menggunakan GPRS/CDMA, akses via jaringan internet ke base station untuk memperoleh koreksi diferensialnya. Hasil positioning di setiap rover station akan dapat diperoleh secara real time maupun post processed. Beberapa provider mobile IP networks di Indonesia antara lain : indosat, telkomsel, XL, Telkom, Smart Telecom, Bakrie telecom dll Beberapa mobile IP networks yang tersedia dan ada dipasaran (Lintaka, 2004) antara lain:

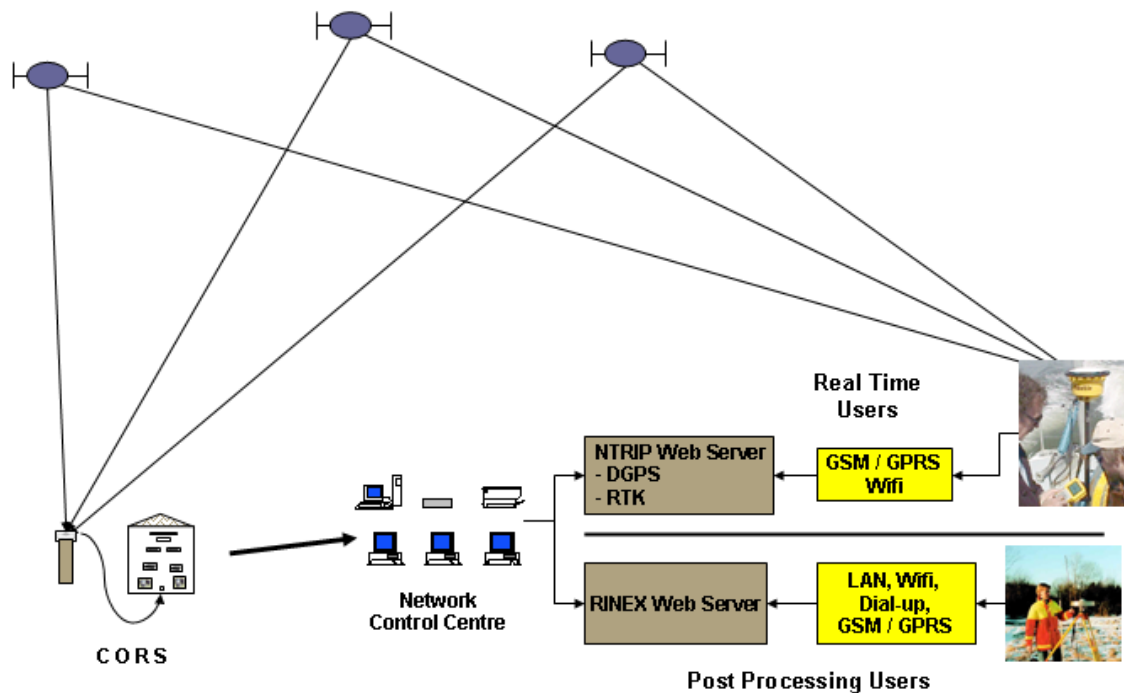
- a. GSM (Global System for Mobile Communication) dgn frekuensi 1800 s/d 1900 MHz band.
- b. GPRS (General Packet Radio Service), dengan GPRS, transmisi data mobile bias lebih cepat menjadi 115.000 bps menggunakan infrastruktur GSM yang sudah ada.
- c. CDMA (Code Division Multiple Access)
- d. EDGE (Enhanced Datarate for Global Evolution) UMTS (Universal Mobile Telephone System) dengan frekuensi 1900 MHz sampai 2025 MHz dan 2110 MHz sampai 2200 MHz

Data layanan CORS meliputi data dalam format RINEX dan streaming NTRIP. Data RINEX dapat diunduh untuk kemudian diolah dengan menggunakan software komersial (LGO, TGO, GPSurvey, Pinnacle, dll) maupun scientific (GAMIT, Bernese, dll). Pemrosesan dapat dilakukan dengan men-diferensialkan data RINEX dari CORS dengan data RINEX hasil pengukuran klien. Koreksi data GPS dalam format RTCM ini digunakan untuk penentuan posisi secara real-time (RTK atau DGPS).

Pemaknaan CORS dengan JRSP adalah sama, JRSP dapat dikatakan teknologi CORS di lingkungan BPN. CORS / JRSP : sebuah sistem jaringan stasiun referensi yang bekerja secara kontinyu selama 24 jam nonstop. CORS / JRSP teknologi berbasis GNSS, stasiun referensi setiap titiknya dilengkapi dengan receiver yang mampu menangkap sinyal satelit GNSS yang beroperasi secara kontinyu. Untuk dapat mengakses CORS, maka receiver klien harus dilengkapi dengan sambungan internet untuk sarana komunikasi data dari stasiun CORS ke Receiver Klien. Data CORS dapat dikirim melalui web dalam format RINEX (Receiver Independent Exchange) maupun Streaming NTRIP (Network Transport RCTM Via Internet Protocol). NTRIP adalah sebuah metode untuk mengirimkan koreksi data GNSS dalam format RTCM melalui internet. RTCM adalah Radio Technical Commission For Maritim Services, yang merupakan komite khusus yang menentukan standart radio navigasi dan radio komunikasi maritim internasional. Data Format Rinex untuk pengolahan data secara post processing, sedangkan data NTRIP untuk pengamatan posisi secara Real Time. Penentuan posisi dengan memanfaatkan teknologi JRSP dapat dilakukan dengan cara :

- Network RealTime Kinematik.
- Network Differensial GNSS.
- Post Prosessing.

Stasiun Referensi (base station)/JRSP merekam data satelit GNSS secara kontinyu, disimpan, dikirim dan atau direkam pada pusat kontrol JRSP melalui jaringan internet secara serempak. (JRSP merupakan titik acuan yang telah diketahui koordinatnya). Receiver GNSS Geodetik (Rover) melakukan pengukuran dan proses hitungan sistem algoritma dan perataan tertentu dari data – data JRSP melalui Network Real Time Kinematic (NRTK). (Receiver GNSS Geodetik (Rover) titik yang akan ditentukan koordinatnya). Data dikirim dari Base Station ke rover merupakan data dalam format raw data, yang digunakan untuk melakukan koreksi data.



Gambar 24. Konsep Satu Sistem CORS (Sumber : Arianto and Sunantyo, 2009)

Data yang disimpan di pusat kontrol JRSP dalam format Rinex. (Kepentingan Post Processing). Data yang dikirim ke Rover dalam bentuk RCTM. Komunikasi data antara Pusat Kontrol JRSP dengan Rover menggunakan jaringan : GSM/GPRS/CDMA.

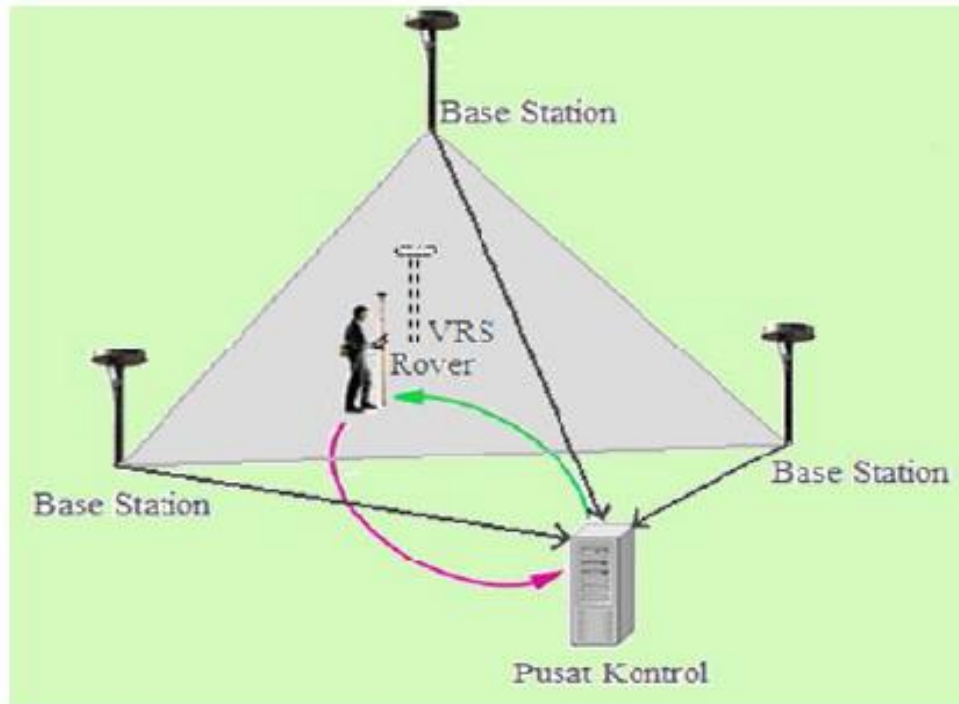
Metode Jaring RTK (Network RTK) yang dapat digunakan :

- Virtual Reference Station (VRS).
- Master Auxiliary Concept (MAC), sekarang berkembang menjadi iMac.

a) Metode Virtual Reference Station (VRS) (Jansen, 2009) :

- Pusat Kontrol NRTK (Stasiun Referensi), menghimpun data dari base station, menentukan ambiguitas fase (Fixed) dalam jaring, dan menghitung koreksi jaringan atau Areal Correction Parameter (FKP : Flächen Keorrektur Parameter).
- Rover mengirimkan data koordinat pendekatan ke Operator Pusat Kontrol.

- Dengan Koordinat Penedekatan, operator mensimulasi posisi VRS di dekat rover, merekayasa data pengamatan untuk posisi VRS dan mengoreksinya dengan koreksi jaring dan mentransmisikan ke rover.
- Dengan data yg diterima dari operator dan data pengamatan di rover sendiri, rover melakukan proses hitungan untuk mendapatkan solusi koodinat rover secara real time.



Gambar 25. Prinsip NRTK dengan VRS Sumber (Sumber : Swisstopo, 2009 dalam Djawahir,2010)

b) Master Auxiliary Concept (MAC) (RCTM Standart) :

- Mentransmisikan perbedaan raw data master dan ambiguitas diratakan hingga 32 lokasi tambahan
- Sepenuhnya standar format dan isi didefinisikan dalam RTCM 3.1
- Bekerja dalam dua cara dan modus siaran
- Semua informasi relevan yang tersedia untuk penjelajah
- Rover dapat menggunakan data secara optimal, termasuk multi-posisi dasar, satelit tidak tetap dan bahkan jatuh kembali ke algoritma RTK basetunggal

- Sedikit lebih tinggi penggunaan bandwidth (tergantung pada ukuran sel).
- c) Individualized Master-Auxiliary Corrections (i-MAX)
- Mentransmisikan data dihitung yang direferensikan ke stasiun referensi nyata
 - Menggunakan format umum yang dipahami olehbasetunggal
 - Transmisi datakompak
 - Isi pesan tidak standar (dalam penggunaan model troposfer apriori)tertentu
 - Membutuhkan dua cara komunikasi
 - Informasi jaringan hilang (tidak semua informasi yang relevan tersedia untuk penjelajah)

Rangkuman

1. Prinsip penentuan posisi GNSS/GPS sama dengan prinsip penentuan posisi terestris yang mengukur jarak ke beberapa titik kontrol yang telah diketahui koordinatnya (reseksi). Dalam GNSS/GPS, titik kontrol ‘diangkat’ ke atas menjadi satelit. Satelit bisa dilihat sebagai titik kontrol 3D yang bergerak mengelilingi Bumi. Koordinat Satelit dihitung berdasarkan data dalam Pesan Navigasi..
2. Penentuan posisi dengan GNSS dapat dilakukan dengan beberapa metode : *absolute positioning*, *differential positioning*, *static surveying*, *rapid static*, *pseudo-kinematic* dan *kinematic positioning*.
3. Penentuan Posisi Statik, adalah penentuan posisi dengan titik yang akan ditentukan posisinya tidak bergerak atau diam.
4. Penentuan Posisi Kinematik, adalah titik yang akan ditentukan posisinya bergerak (Kinematik). Selain posisi juga bisa digunakan untuk menentukan : Kecepatan, Percepatan dan altitude/tinggi tempat.
5. Metode Rapid Static adalah Static Surveying dengan sesi pengamatan lebih singkat (5 – 20 menit). Prosedur pengumpulan data seperti Static Surveying. Lama Pengamatan tergantung : Panjang baseline, jumlah satelit serta geometri satelit.
6. Metode Stop And Go adalah metode penentuan posisi dengan cara rover bergerak dan stop (beberapa saat = puluhan detik) dari titik ke titik. Nama Lain = Survei semi kinematik, krn mirip kinematik hanya posisi titik yang akan ditentukan posisinya diam dan receiver diam beberapa saat. Ambiguitas fase pada titik awal harus ditentukan (Inisiasi) sebelum receiver bergerak.

7. Metode PPP adalah penentuan posisi menggunakan prinsip penentuan posisi secara Absolut. Data penentuan posisi : jarak one way fase dan Pseudorange dalam bentuk kombinasi bebas atmosfer. Dioperasikan dalam metode statik. Memerlukan data GPS dua frekuensi dengan receiver tipe Geodetik. Proses pengolahan data menggunakan software ilmiah untuk mendapatkan ketelitian yang tinggi
8. CORS / JRSP : sebuah sistem jaringan stasiun referensi yang bekerja secara kontinyu selama 24 jam nonstop. CORS / JRSP teknologi berbasis GNSS, stasiun referensi setiap titiknya dilengkapi dengan receiver yang mampu menangkap sinyal satelit GNSS yang beroperasi secara kontinyu

Latihan

1. Jelaskan dengan menggunakan tabel perbedaan prinsip penentuan posisi dengan GNSS (Absolute, Differential, Static, Rapid Static, Kinematic, Stop and go dan RTK)
2. Jelaskan apa yang dimaksud dengan DOP, Obstruksi dan Mask Angle
3. Jelaskan Strategi Pengamatan untuk mengontrol Kualitas Data pada Survei GPS?
4. Sebutkan tahapan proses pengolahan data pada survei GPS
5. Pilihlah B jika benar atau S jika salah dari pernyataan-pernyataan berikut.

Tes Formatif

1. Hal penting dalam penentuan posisi di permukaan bumi dengan B - S menggunakan teknologi GNSS adalah penentuan jarak antara satelit ke receiver di atas bumi.
2. Penentuan posisi secara absolut menghasilkan ketelitian yang paling B - S rendah dibandingkan penentuan posisi GNSS/GPS secara differensial.
3. Receiver GNSS/GPS tipe Navigasi dapat digunakan untuk penentuan B - S posisi kerangka dasar pemetaan atau jaring kerangka kontrol.
4. Receiver untuk penentuan posisi secara differensial yang diperlukan B - S

minimal sebanyak 2 buah.

- 5 Penentuan posisi secara differential dilakukan cepat dan receivernya B – S harus tetap selalu terkoneksi satelit yang diamati serta pengolahan datanya dilaksanakan secara post processing dinamakan RTK
- 6 Dalam penentuan posisi metode stop and go, receiver baik yang ada B – S di base station maupun rover harus selalu terkoneksi dengan satelit yang sama.
- 7 Penentuan posisi Precise Point Positioning (PPP) dapat B – S menghasilkan posisi yang cukup teliti karena proses pengolahan datanya dibantu dengan koreksi yang diberikan saat pengolahan data.
- 8 Data CORS dapat dikirim melalui web dalam format RINEX B – S (Receiver Independent Exchange) maupun Streaming NTRIP (Network Transport RCTM Via Internet Protocol).
- 9 Pusat Kontrol NRTK (Stasiun Referensi), menghimpun data dari B – S base station, menentukan ambiguitas fase (Fixed) dalam jaring, dan menghitung koreksi jaringan atau Areal Correction Parameter (FKP : Flächen Keorrektur Parameter merupakan metode VRS dalam system CORS.
- 10 JRSP dalam melakukan membangun sistem jaringan pemberian B - S koreksi kepada rover melalui metode iMAX.

Cocokkan jawaban Saudara dengan kunci jawaban Tes Formatif yang terdapat pada bagian akhir Modul ini. Hitunglah jawaban Saudara yang benar. Kemudian gunakan rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan Saudara terhadap materi kegiatan belajar ini.

Rumus :

Jumlah jawaban Saudara yang benar

$$\text{Tingkat Penguasaan} = \frac{\text{-----}}{10} \times 100 \%$$

Arti tingkat penguasaan yang Saudara peroleh adalah :

90 – 100 % = Baik Sekali;

80 – 90 % = Baik;

70 – 80 % = Cukup;

≤ 70 % = Kurang

Bila Saudara memperoleh tingkat penguasaan 80 % atau lebih, Saudara dapat meneruskan dengan kegiatan belajar (Modul) selanjutnya. Sedangkan jika tingkat penguasaan Saudara masih berada di bawah 80 %, Saudara diwajibkan mengulangi kegiatan belajar (modul) ini, terutama bagian yang belum Saudara kuasai secara baik.

MODUL IV

BAB IV. Pengolahan Data GNSS

Data GNSS yang diperoleh dari pengamatan dilapangan menggunakan receiver GNSS dapat diolah baik secara real time maupun post processing. Untuk real time langsung diperoleh informasi posisi saat itu juga dengan ketelitian mulai sedang sampai tinggi. Sedangkan untuk post prosesing dilakukan setelah proses pengambilan data dilapangan dan diolah di laboratoriu atau kantor.

Dengan mempelajari modul ini, diharapkan Mahasiswa mampu melaksanakan pengolahan data GNSS dan Transformasi Datum.

Modul V ini akan mempelajari tentang Tahapan Pengolahan Data, Pengolahan Base Line, Pengolahan Jaringan, Dan Transformasi Datum.

A. Kegiatan Belajar 1: Tahapan Pengolahan Data.

Data yang diperoleh dari pengamatan satelit dapat langsung diproses saat itu juga sehingga hasilnya dapat diketahui secara real time, tetapi ada juga semua data pengamatan di simpan dahulu dalam memory storage. Kemudian data tersebut baru di olah pada lain waktu, maka pemrosesan data dengan cara seperti ini dinamakan pemrosesan data secara post processing.

Pengolahan data umumnya bertumpu pada hitung perataan kuadrat terkecil (Least Square adjustment). Koordinat dihitung umumnya dalam sistem kartesian 3D (X,Y,Z) yang geosentrik. Pengolahan data dilakukan secara bertahap, baseline per baseline, untuk kemudian membentuk jaringan baru dilakukan perataan jaringan. Perhitungan Vektor baseline dapat dilakukan setelah data dari receiver-receiver GPS di download ke komputer. Ketelitian koordinat yang diinginkan akan mempengaruhi tingkat kecanggihan dari proses pengolahan data. Tetapi masih banyak faktor yang mempengaruhi ketelitian koordinat ini.

Tingkat kecanggihan pemodelan dan pengolahan data yang akan diterapkan sangat tergantung pada tingkat ketelitian yang akan dicapai :

1. Kelas A (Ilmiah) : < 1 ppm

Untuk Survei : Rekayasa Teliti, Pemantauan Deformasi, Geodinamik.

2. Kelas B (Geodetik) : $1 - 10$ ppm

Untuk Survei : Pengadaan titik kontrol (densifikasi kerangka dasar geodetik), Pemetaan, eksplorasi dan eksploitasi sumber daya alam.

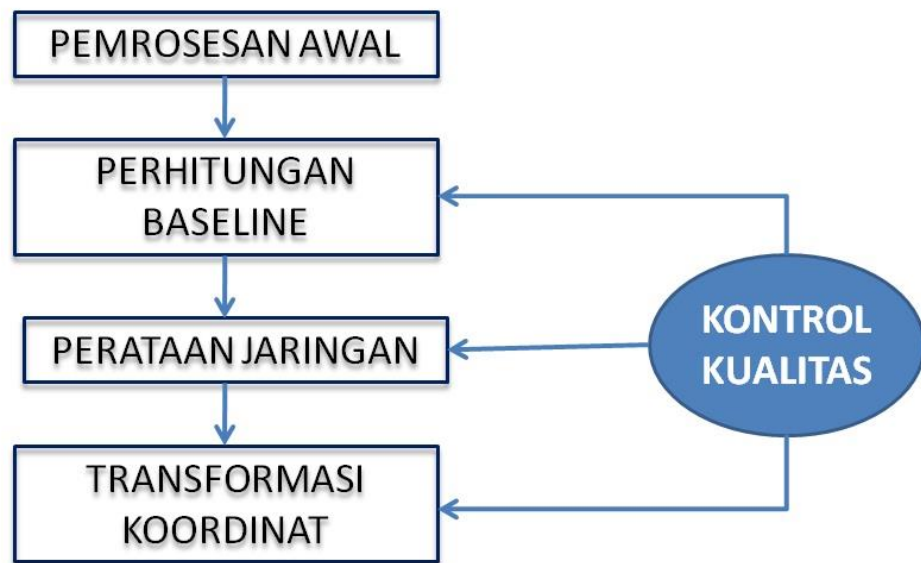
3. Kelas C (Survei Umum) : > 10 ppm

Untuk survei dengan ketelitian lebih rendah, perumahan, Kadaster, GIS, survei umum lainnya.

Pengolahan data fase dapat dilakukan beberapa Moda :

1. Moda Baseline, pengolahan data dilakukan perbaseline, untuk masing-masing baseline data dari dua receiver GPS yang terkait proses.
2. Moda Sesi, pengolahan data dilakukan persesi pengamatan, yaitu terhadap seluruh data yang dikumpulkan bersamaan dalam suatu sesi pengamatan.
3. Moda Survei, seluruh data yang dikumpulkan dalam suatu survei (Campaign) yang terdiri dari beberapa sesi pengamatan, diproses sekaligus secara simultan.

Diagram alir tahapan pemrosesan data secara Post Processing dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 26. Tahapan Pengolahan Data

Pemrosesan awal dalam tahapan pengolahan data :

- Pentransferan Data Dan Pengkodean (Coding).
- Pemeriksaan dan pengeditan data.
- Pelaporan data serta pembuatan basis data.
- Penentuan posisi secara absolut dengan menggunakan data pseudorange.
- Hasil tahap pemrosesan awal : Data dengan format yang diinginkan (Misal RINEX) dan informasi ephemeris beserta koordinat pendekatan.

Data Rinex.

RINEX (Receiver Independent Exchange) adalah format standart untuk pertukaran data survei GPS dan navigasi presisi.

Karakteristik Format RINEX :

- Format ASCII, maks 80 karakter.
- Data fase dalam unit panjang gelombang dan data pseudorange dalam unit meter.
- Semua kalibrasi tergantung receiver dalam aplikasinya ke data.
- Tanda waktu adalah waktu pengamatan dalam kerangka waktu jam receiver bukan jam GPS.

- Data pengamatan, Data Navigation Message, dan Data Metereologi diberikan dalam file file yang berbeda.

Contoh format data rinex hasil pengamatan :

```

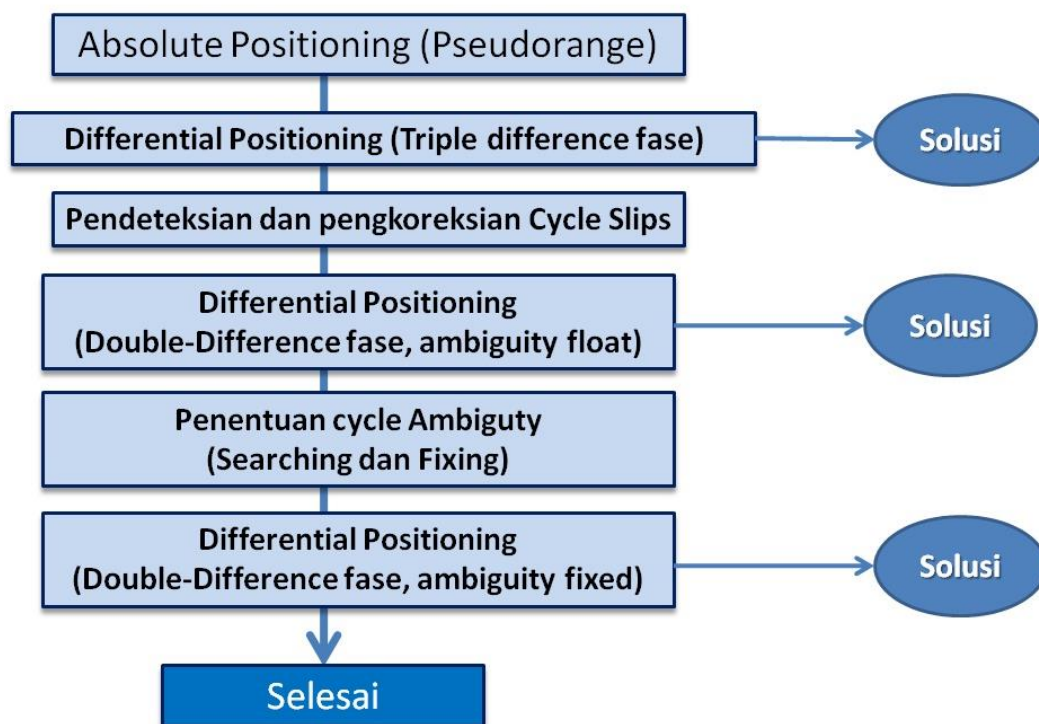
TDT_1140 - Notepad
File Edit Format View Help
| 2 NAVIGATION DATA G RINEX VERSION / TYPE
LEICA GEO OFFICE 4.0 9-12-10 03:09 PGM / RUN BY / DATE
15 LEAP SECONDS
END OF HEADER
5 91 4 24 14 0 0.0-7.966859266162D-05-6.025402399246D-12 0.000000000000D+00
5.200000000000D+01 2.037500000000D+01 4.481972570858D-09-2.438315592603D+00
1.052394509315D-06 2.137816627510D-03 1.041777431965D-05 5.153578170776D+03
3.096000000000D+05-2.235174179077D-08-3.097766524513D+00 7.450580596924D-09
9.564548030160D-01 1.780625000000D+02 2.084648051788D-01-7.873184770801D-09
-5.068068187342D-10 1.000000000000D+00 5.890000000000D+02 0.000000000000D+00
2.000000000000D+00 0.000000000000D+00-9.778887033463D-09 5.200000000000D+01
3.096000000000D+05
9 91 4 24 14 0 0.0 4.742247983813D-05 2.387423592154D-12 0.000000000000D+00
5.600000000000D+01-1.756250000000D+01 4.252677321404D-09-2.461448189540D-01
-1.017004251480D-06 1.697517861612D-02 1.698732376099D-06 5.153692596436D+03
3.096000000000D+05-1.993030309677D-07-1.024102345470D+00 9.313225746155D-08
9.822092739188D-01 3.608437500000D+02 1.554359086049D+00-8.503211468280D-09
4.893060956412D-11 1.000000000000D+00 5.890000000000D+02 0.000000000000D+00
2.800000000000D+00 0.000000000000D+00-5.587935447693D-09 5.600000000000D+01
3.096000000000D+05
12 91 4 24 14 0 0.0-4.671886563301D-05 3.524291969370D-12 0.000000000000D+00
5.200000000000D+01-1.134375000000D+02 4.108028139882D-09 5.210016990692D-01
-5.885958671570D-06 3.363612690009D-03 8.642673492432D-06 5.153556589127D+03
3.096000000000D+05 6.705522537231D-08 5.983496304067D-02-2.607703208923D-08
9.735211921624D-01 2.230000000000D+02-3.269427397574D-01-7.838897531087D-09
1.821504405641D-11 1.000000000000D+00 5.890000000000D+02 0.000000000000D+00
2.000000000000D+00 0.000000000000D+00-1.164153218269D-08 5.200000000000D+01
3.096000000000D+05
12 91 4 24 16 0 0.0-4.669371992350D-05 3.410605131648D-12 0.000000000000D+00
8.400000000000D+01-1.170625000000D+02 4.036239342753D-09 1.571413392955D+00
-6.251037120819D-06 3.363755764440D-03 8.348375558853D-06 5.153555831909D+03
3.168000000000D+05 1.676380634308D-08 5.977912784634D-02 5.401670932770D-08
9.735214028226D-01 2.285000000000D+02-3.271056049643D-01-7.769251908485D-09
-3.107272425473D-11 1.000000000000D+00 5.890000000000D+02 0.000000000000D+00
2.000000000000D+00 0.000000000000D+00-1.164153218269D-08 8.400000000000D+01
3.168000000000D+05
14 91 4 24 14 0 0.0 1.138811931014D-04 3.183231456205D-12 0.000000000000D+00
3.900000000000D+01 1.301875000000D+02 3.686939198388D-09 2.865523897989D+00
6.718561053276D-06 5.726763629355D-03 6.161630153656D-06 5.153610059738D+03
3.096000000000D+05 5.215406417847D-08-1.995659665201D+00-2.235174179077D-08
9.843770917599D-01 2.711250000000D+02-2.083025453274D+00-7.688177205978D-09
2.389385356238D-10 1.000000000000D+00 5.890000000000D+02 0.000000000000D+00
2.000000000000D+00 0.000000000000D+00-8.847564458847D-09 3.900000000000D+01
3.096000000000D+05
14 91 4 24 16 0 0.0 1.139040105045D-04 3.183231456205D-12 0.000000000000D+00
4.400000000000D+01 1.203750000000D+02 3.788014790729D-09-2.367438051378D+00
6.349757313728D-06 5.728137097321D-03 6.137415766716D-06 5.153607599258D+03
3.168000000000D+05 1.676380634308D-08-1.995714679698D+00-6.891787052155D-08
9.843786848777D-01 2.765312500000D+02-2.083033562229D+00-7.674247903822D-09
1.871506560835D-10 1.000000000000D+00 5.890000000000D+02 0.000000000000D+00
2.000000000000D+00 0.000000000000D+00-8.847564458847D-09 4.400000000000D+01
3.168000000000D+05
18 91 4 24 14 0 0.0 1.091156154871D-04 2.160049916711D-12 0.000000000000D+00

```

Gambar 27. Contoh Data Rinex

B. Kegiatan Belajar 2: Pengolahan Base Line.

Baseline adalah garis vector antar titik hasil dari pengamatan GNSS pada waktu yang sama. Terdapat dua jenis baseline yaitu base line trivial dan base line non trivial. Baseline trivial adalah baseline yang dapat diturunkan (kombinasi linear) dari baseline – base line lainnya. Baseline non trivial adalah baseline yang bukan baseline trivial. Dalam satu sesi pengamatan dengan sejumlah receiver GNSS ($= n$) dari satu sesi pengamatan, akan diperoleh $(n-1)$ baseline bebas yang boleh digunakan untuk perataan jaringan.



Gambar 28. Pengolahan Base Line.

C. Kegiatan Belajar 3: Pengolahan Jaringan

Perataan Jaring Bebas dan Terikat seluruh jaring harus dilakukan dengan menggunakan software perataan kuadrat terkecil yang telah dikenal.

Akurasi komponen horisontal jaring yang akan dinilai terutama dari analisis elips kesalahan garis 2D yang dihasilkan oleh perataan jaring bebas untuk setiap baseline yang diamat. Pengolahan Jaringan : Perataan Jaring Bebas dan Perataan Jaring Terikat.

D. Kegiatan Belajar 4: Perataan Jaring Bebas.

Perataan Jaring Bebas dimaksudkan untuk mengecek kualitas dan konsistensi dari data vektor baseline.

Perataan jaring bebas dapat dilakukan dengan metode :

- Metode Kendala Minimal (Minimal Constraint).
- Metode Kendala Internal (Inner Constraint).
- Metode Generalized Matrix inverse

Perangkat lunak komersial umumnya menggunakan metode Kendala Minimal.

1. Perataan Jaring GPS Kendala Minimal

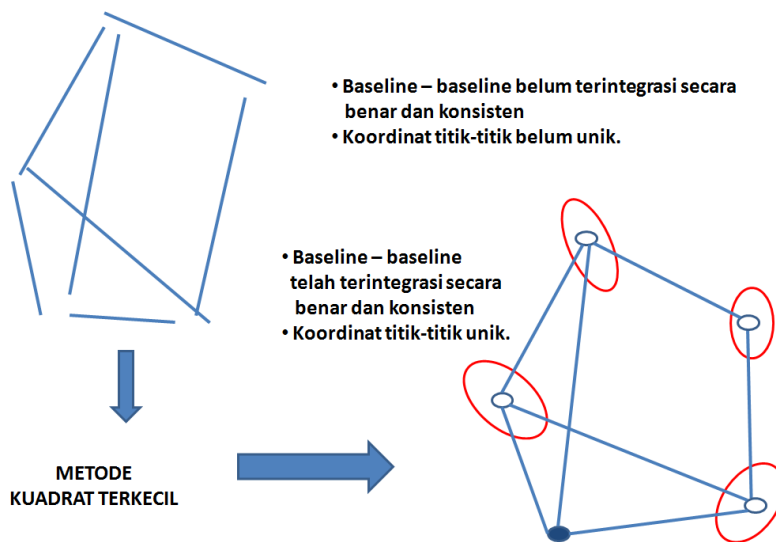
Satu titik dianggap sebagai titik tetap yang diketahui koordinatnya dalam hitung perataan. Vektor baseline bebas berinteraksi satu dengan yg lain untuk membentuk jaring GPS yang Optimal. Jika tidak ada kendala dari luar yang mempengaruhinya. Nilai residual yang diperoleh merefleksikan konsistensi internal dari vektor baseline (Refleksi dari tingkat presisi data vektor baseline). Nilai residual maupun bentuk dan ukuran dari ellips kesalahan relatif, tidak akan terpengaruh oleh lokasi titik dalam jaringan yang dianggap sebagai titik tetap.

2. Perataan Jaring Terikat

Perataan Jaring Terikat akan mengikut sertakan semua data ukuran yang valid serta akan menggunakan semua titik kontrol sebagai titik tetap. Perangkat lunak komersial GPS umumnya menganggap titik kontrol sebagai titik tetap (tidak mempunyai kesalahan). Perataan jaring terikat akan memberikan koordinat definitif untuk semua titik – titik yang baru.

Fungsi Perataan Jaring Terikat :

- Mengecek Konsistensi data ukuran dengan titik kontrol yang telah ada (mekanisme kontrol kualitas)
- Mengintegrasikan titik titik dalam jaringan baru ke jaringan titik yang telah ada yang tingkat ketelitiannya lebih tinggi atau setidaknya sama (Kepastian datum dan sistem koordinat).



Gambar 29. Perataan Jaring Terikat

E. Kegiatan Belajar 5: Transformasi Datum

Datum geodetik atau referensi permukaan atau **georeferensi** adalah parameter sebagai acuan untuk mendefinisikan geometri ellipsoid bumi. Datum geodetik diukur menggunakan metode manual hingga yang lebih akurat lagi menggunakan satelit. Jenis geodetik menurut metodenya :

1. Datum horizontal adalah datum geodetik yang digunakan untuk pemetaan horizontal. Dengan teknologi yang semakin maju, sekarang muncul kecenderungan penggunaan datum horizontal geosentrik global sebagai pengganti datum lokal atau regional.
2. Datum vertikal adalah bidang referensi untuk sistem tinggi ortometris. Datum vertikal digunakan untuk merepresentasikan informasi ketinggian atau kedalaman. Biasanya bidang referensi yang digunakan untuk sistem tinggi ortometris adalah geoid.

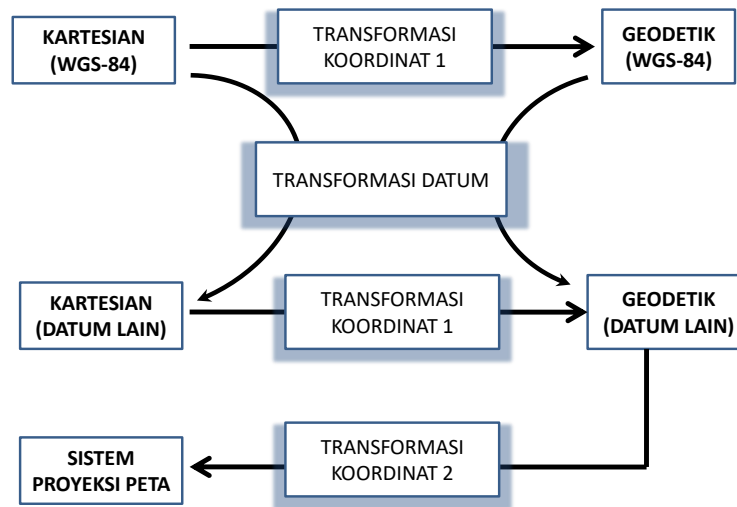
Jenis datum geodetik menurut luas areanya :

1. Datum lokal adalah datum geodesi yang paling sesuai dengan bentuk geoid pada daerah yang tidak terlalu luas. Contoh datum lokal di Indonesia antara lain : datum Genoek, datum Monconglowe, DI 74 (Datum Indonesia 1974), dan DGN 95 (Datum Geodetik Indonesia 1995).
2. Datum regional adalah datum geodesi yang menggunakan ellipsoid referensi yang bentuknya paling sesuai dengan bentuk permukaan geoid untuk area yang relatif

lebih luas dari datum lokal. Datum regional biasanya digunakan bersama oleh negara yang berdekatan hingga negara yang terletak dalam satu benua. Contoh datum regional antara lain : datum indian dan datum NAD (North-American Datum) 1983 yang merupakan datum untuk negara-negara yang terletak di benua Amerika bagian utara, European Datum 1989 digunakan oleh negara-negara yang terletak di benua eropa, dan Australian Geodetic Datum 1998 digunakan oleh negara-negara yang terletak di benua australia.

3. [Datum global](#) adalah datum geodesi yang menggunakan ellipsoid referensi yang sesuai dengan bentuk geoid seluruh permukaan bumi. Karena masalah penggunaan datum yang berbeda pada negara yang berdekatan maupun karena perkembangan teknologi penentuan posisi yang mengalami kemajuan pesat, maka penggunaan datum mengarah pada datum global. Datum global yang pertama adalah WGS 60, WGS66, WGS 72, awal tahun 1984 dimulai penggunaan datum WGS 84, dan ITRF.

Banyak peta atau data geodesi yang memakai datum yang berbeda. Misalnya untuk keperluan survey geodesi yang lebih luas, seperti penentuan batas-batas antar negara, maka diperlukan datum bersama. Perbedaan ini biasanya dapat mencapai ratusan meter jika dikonversi ke satuan panjang. Untuk menyamakan Datum geodesi perlu suatu model transformasi berdasarkan transformasi koordinat bumi. Prinsip transformasi datum adalah pengamatan pada titik-titik yang sama atau disebut titik sekutu. Titik sekutu ini memiliki koordinat-koordinat dalam berbagai datum. Dari koordinat-koordinat ini dapat diketahui hubungan matematis antara datum yang bersangkutan. Selanjutnya titik-titik yang lain dapat ditransformasikan. Prinsip transformasi datum adalah pengamatan pada titik-titik yang sama atau disebut titik sekutu. Titik sekutu ini memiliki koordinat-koordinat dalam berbagai datum. Dari koordinat-koordinat ini dapat diketahui hubungan matematis antara datum yang bersangkutan sehingga terdapat besaran-besaran yang menggambarkan hubungan keduanya yang disebut dengan parameter transformasi. Dalam penentuan posisi menggunakan GNSS, datum yang digunakan oleh sistem GNSS tergantung dari satelit dan perusahaan GNSS tersebut. Contoh GNSS Beidou, menggunakan datum China Geodetic System 2000 (CGS2000), padahal untuk pemetaan di Indonesia Datum yang digunakan adalah DGN 1995 yang menggunakan ellipsoid referensi mengacu pada WGS 1984. Maka untuk pemetaan di wilayah Indonesia, hasil pengukuran dengan menggunakan satelit GNSS Beidou harus dilakukan transformasi datum.



Gambar 30. Transformasi Koordinat Titik GPS (Sumber : Abidin,2002)

1. Transformasi Geodetik – Kartesian.

Koordinat geodetik suatu titik (lihat pada gambar 3 pada modul 1) yang dinyatakan dalam suatu system referensi ellipsoid dinyatakan (ϕ, λ, h) dimana ϕ adalah lintang geodetic, λ adalah bujur geodetic dan h tinggi ellipsoid. Koordinat tersebut juga dapat dinyatakan dalam system kartesian (X, Y, Z) . Kedua system koordinat tersebut dapat saling ditransformasikan satu dengan lainnya, dengan menggunakan formulasi matematis (Seeber, 1993 dalam Abidin 2002) :

$$X_p = (R_N + h) \cos \phi \cos \lambda$$

$$Y_p = (R_N + h) \cos \phi \sin \lambda$$

$$Z_p = [(1 - e^2) R_N + h] \sin \phi$$

$$R_N = a / ((1 - e^2 \sin^2 \phi))^{0.5}$$

$$e^2 = (a^2 - b^2) / a^2$$

dimana a dan b adalah setengah sumbu panjang dan setengah sumbu pendek dari ellipsoid referensi yang digunakan.

Untuk Transformasi dari (X,Y,Z) ke (ϕ, λ, h) tidak dapat secara langsung seperti halnya rumus dari (ϕ, λ, h) ke (X,Y,Z) karena persamaannya tidak linier. Untuk itu harus menggunakan harga pendekatan.

2. Transformasi Kartesian – Kartesian.

Posisi yang diberikan oleh system GPS adalah koordinat dalam system koordinat kartesian 3D (X,Y,Z) dalam datum WGS 1984. Para pengguna bisa saja menggunakan datum yang berbeda dengan WGS 1984. Untuk itu perlu adanya transformasi datum. Terdapat model matematika yang dapat digunakan untuk Transformasi Kartesian – Kartesian. Model Transformasi 3D yang paling umum digunakan adalah Transformasi Affine. Pada transformasi affine, garis lurus ditransformasikan garis lurus, garis – garis sejajar akan ditransformasikan akan tetap sejajar. Pada umumnya ukuran, bentuk, posisi dan orientasi dari garis – garis dalam jaringan akan berubah (Abidin, 2002). Faktor skala bergantung pada orientasi dari garis tetapi tidak pada posisinya dalam jaringan, sehingga panjang dari semua garis dalam suatu arah tertentu akan mempunyai faktor skala yang sama.

Rumus Transformasi Affine :

$$X = a x + b y + C_1$$

$$Y = c x + d y + C_2$$

Dengan :

(X,Y) : Sistem koordinat nasional.

(x,y) : Sistem koordinat lokal.

a,b,c,d, C₁, C₂ : Parameter – parameter transformasi,

dengan nilai : $a \neq d$; $b \neq c$

Catatan : nilai a,b,c dan d cukup dihitung sampai 7 (tujuh) desimal

Pemilihan model matematika untuk transformasi koordinat suatu jaringan titik – titik GPS akan dipengaruhi oleh faktor – faktor (Rizos, 1995, dalam Abidin, 2002) :

1. Luas Wilayah yang di cakup oleh jaringan titik – titik GPS.
2. Distorsi yang ada dalam jaringan.
3. Dimensi Jaringan (2D atau 3D)
4. Ketelitian yang diperlukan.
5. Parameter Transformasi.

Rangkuman

1. Pengolahan data umumnya bertumpu pada hitung perataan kuadrat terkecil (Least Square adjustment). Koordinat dihitung umumnya dalam sistem kartesian 3D (X,Y,Z) yang geosentrik. Pengolahan data dilakukan secara bertahap, baseline per baseline, untuk kemudian membentuk jaringan baru dilakukan perataan jaringan.
2. Baseline adalah garis vector antar titik hasil dari pengamatan GNSS pada waktu yang sama. Terdapat dua jenis baseline yaitu base line trivial dan base line non trivial.
3. Pengolahan base line, hanya menghubungkan antar base yang diolah saja. Belum menghubungkan antar base line sehingga membentuk suatu jaringan. Maka untuk perlu dilakukan perataan Jaring Bebas dan Terikat seluruh jarring. Perataan jarring ini harus dilakukan dengan menggunakan software perataan kuadrat terkecil yang telah dikenal.
4. Dalam penentuan posisi menggunakan GNSS, datum yang digunakan oleh system GNSS tergantung dari datum yang digunakan oleh perusahaan GNSS tersebut. Maka untuk itu perlu ada penyatuan datum antara datum yang digunakan oleh system GNSS dengan datum yang digunakan dalam kegiatan pemetaan. Proses penyelarasan datum yang berbeda ini dinamakan transformasi datum.

Latihan

1. Bagaimana tahapan pengolahan data hasil pengamatan satelit GNSS secara post processing ?
2. Apakah yang dinamakan base line ?
3. Apakah tujuan dari dilakukan pengolahan jaringan dari seluruh hasil pengamatan GNSS dengan metode statik untuk kepentingan pembangunan titik kontrol ?
4. Jelaskan secara ringkas mengenai Transformasi Koordinat ?
5. Mengapa setelah dari pengolahan jaringan masih diperlukan tahapan pekerjaan transformasi datum ?

Tes Formatif

Pilihlah B jika benar atau S jika salah dari pernyataan-pernyataan berikut.

1. Penentuan posisi secara statik dengan pengolahan *data post processing* akan mendapatkan hasil data yang lebih teliti dibandingkan penentuan posisi secara absolut. B - S
2. Proses pemberian koreksi dalam pengamatan GNSS melalui interkoneksi internet yang secara langsung diberikan saat epok yang sama disebut pengolahan *data post processing*. B - S
3. Tahapan pengolahan data GNSS/ GPS dimulai dari pengolahan baseline terlebih dahulu sebelum pengolahan jaringan. B – S
4. Base line adalah garis vektor antar titik - titik pengamatan GNSS/GPS pada epok yang sama. B – S
5. Pengolahan base line hanya terjadi antar base line – base line saja, sehingga akan membentuk jaringan – jaringan. B – S
6. Base line yang diolah untuk kepentingan perataan jaringan adalah base line trivial. B – S
7. Proses differencing terkait data pengamatan dapat dilakukan dalam proses pengolahan base line. B – S
8. Koordinat yang dihasilkan dari pengamatan GNSS/GPS merupakan koordinat dalam sistem kartesian 3 D (X, Y,Z). B – S
9. Pekerjaan pemetaan di Indonesia, jika menggunakan satelit GPS untuk penentuan posisinya maka diperlukan transformasi datum. B – S
10. Model Matematika Transformasi Affine sangat sesuai untuk pemetaan kepentingan survey kadastral di Indonesia. B - S

Cocokkan jawaban Saudara dengan kunci jawaban Tes Formatif yang terdapat pada bagian akhir Modul ini. Hitunglah jawaban Saudara yang benar. Kemudian gunakan rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan Saudara terhadap materi kegiatan belajar ini.

Rumus :

$$\text{Tingkat Penguasaan} = \frac{\text{Jumlah jawaban Saudara yang benar}}{10} \times 100 \%$$

Arti tingkat penguasaan yang Saudara peroleh adalah :

90 – 100 % = Baik Sekali;

80 – 90 % = Baik;

70 – 80 % = Cukup;

≤ 70 % = Kurang

Bila Saudara memperoleh tingkat penguasaan 80 % atau lebih, Saudara dapat meneruskan dengan kegiatan belajar (Modul) selanjutnya. Sedangkan jika tingkat penguasaan Saudara masih berada di bawah 80 %, Saudara diwajibkan mengulangi kegiatan belajar (modul) ini, terutama bagian yang belum Saudara kuasai secara baik.

MODUL V

Bab V. Aplikasi GNSS Untuk Survei Kadastral

Data GNSS yang diperoleh dari pengamatan dilapangan menggunakan receiver GNSS dapat diolah baik secara real time maupun post processing. Untuk real time langsung diperoleh informasi posisi saat itu juga dengan ketelitian mulai sedang sampai tinggi. Sedangkan untuk post prosesing dilakukan setelah proses pengambilan data dilapangan dan diolah di laboratorium atau kantor.

Dengan mempelajari modul ini, diharapkan Mahasiswa mampu menjelaskan aplikasi GNSS pada pekerjaan pengukuran dan pemetaan kadastral.

Modul VI ini akan mempelajari tentang Aplikasi GNSS untuk Mencari bidang tanah, pengadaan TDT, penentuan posisi batas bidang, rekonstruksi batas, dan relokasi.

A. Kegiatan Belajar 1: Aplikasi GNSS.

Dengan telah berkembangnya teknologi penentuan posisi GNSS dan dengan diluncurkannya satelit untuk penentuan posisi di permukaan bumi, maka penggunaan teknologi GNSS untuk penentuan posisi menjadi sangat beragam dan hampir di semua bidang yang memerlukan informasi geospasial dapat menggunakan teknologi GNSS ini. Pada awalnya teknologi GPS oleh Amerika Serikat digunakan untuk kepentingan militer sekarang lebih banyak digunakan untuk kepentingan sipil. Satelit Glonass, Galileo dan Compass mulai diluncurkan memang digunakan lebih banyak untuk kepentingan sipil dibanding militer. Dalam pekerjaan survey kadastral, aplikasi GNSS dapat digunakan untuk : pengadaan titik dasar teknik, penentuan posisi batas bidang tanah, mencari lokasi bidang tanah dan rekonstruksi atau pengembalian batas bidang tanah serta untuk kepentingan relokasi. Kelebihan penggunaan GNSS dalam bidang survey kadaster adalah :

1. Spektrum ketelitian posisi yang dimiliki GNSS sangat luas mulai dari yang sangat teliti (fraksi mm) sampai kurang teliti atau biasa biasa saja (fraksi meter). Maka

apliaksi GNSS dapat digunakan sesuai kebutuhan dalam survey kadaster. Ketelitian data yang diberikan semakin baik. Dengan perkembangan teknologi GNSS yang dapat memberikan informasi posisi dengan ketelitian yang semakin baik tentu akan dapat memberikan jaminan kepastian letak batas bidang tanah, kepastian luas bidang tanah dan kepastian posisi bidang tanah yang menjadi subyek survey kadastral

2. Dapat diintegrasikan dengan system lain. Penggunaan GNSS yang di integrasikan dengan system Geo - Komputerisasi Kantor Pertanahan, akan sangat membantu dalam proses pengukuran secara otomatis (Otomasi survey). Kegiatan peencatatan sudah mulai dikurangi, sudah menuju kedalam era e gouverment.
3. Penggunaan yang tidak terlalu dipengaruhi oleh topografi, tentu akan sangat baik untuk kegiatan survey kadastral yang harus dapat menyediakan informasi geospasial di seluruh permukaan bumi.
4. Penggunaan sumber daya manusia yang efisien tidak memerlukan sumber daya manusia yang banyak. Dengan makin terbatasnya jumlah anggaran Negara untuk pengadaan sumber daya manusia, maka terobosan penggunaan teknologi GNSS makin dibutuhkan.
5. Pengunaan GNSS yang tidak mengenal waktu operasional, dapat dilakukan pagi, siang bahkan malam hari. Karena itulah penggunaan teknologi GNSS ini dapat mempercepat kegiatan survey kadastral jika di bandingkan dengan survey terestris menggunakan Total Station atau teodolit.

B. Kegiatan Belajar 2: GNSS untuk Pengadaan Titik Dasar Teknik

Dalam kegiatan survey kadastral diperlukan suatu kerangka dasar kadastral nasional, realisasi kerangka dasar kadastral nasional dilapangan adalah titik dasar teknik. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997, Titik Dasar Teknik adalah titik yang mempunyai koordinat yang diperoleh dari suatu pengukuran dan perhitungan dalam suatu sistem tertentu yang berfungsi sebagai titik kontrol atau titik ikat untuk keperluan pengukuran dan rekonstruksi batas. Berdasarkan klasifikasinya Titik Dasar Teknik (TDT) terdiri dari :

1. Titik Dasar Teknik Orde 0/1.
2. Titik Dasar Teknik Orde 2

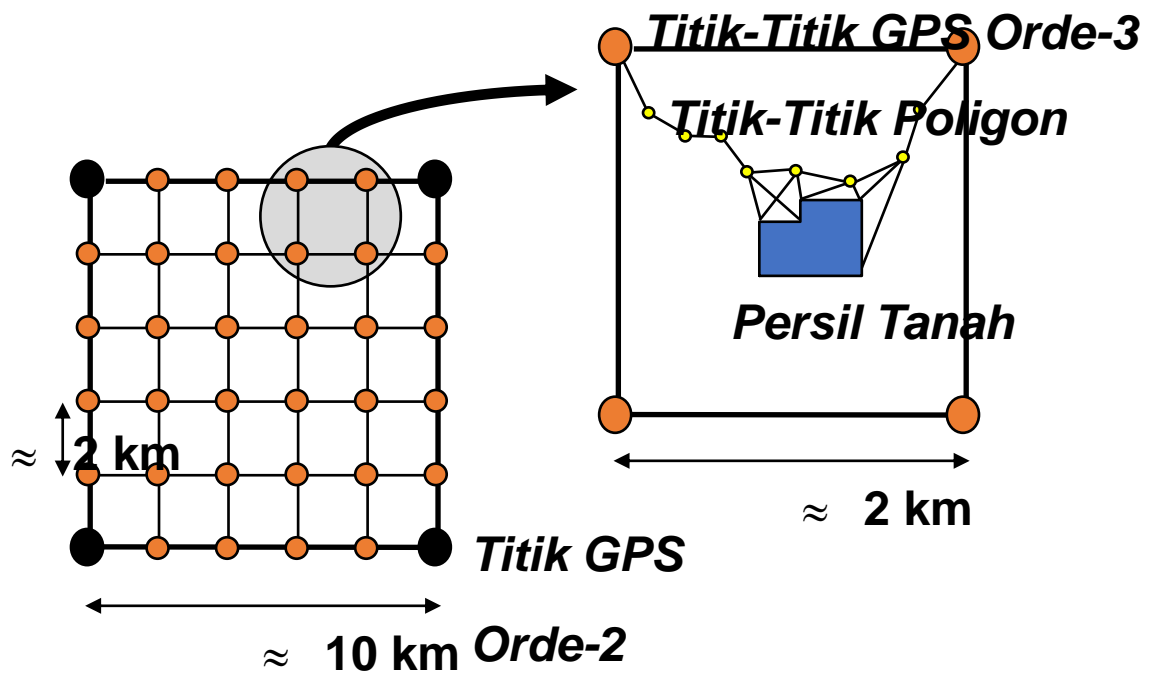
3. Titik Dasar Teknik Orde 3

4. Titik Dasar Teknik Orde 4

5. Titik Dasar Teknik Orde Perapatan.

Pembangunan TDT Orde 0/1 dilaksanakan oleh Badan Informasi Geospasial (dahulu BAKOSURTANAL), sedangkan pembangunan TDT orde 2 sampai dengan TDT orde perapatan dilaksanakan oleh instansi Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia. Distribusi dan karakteristik geometri dari TDT mulai Orde 2, TDT Orde 3, TDT orde 4 dan atau Perapatan dapat dilihat pada gambar 1 berikut ini. Jarak antar TDT Orde 2 sebesar 10 Km, kemudian diturunkan ke TDT Orde 3 dengan jarak antar TDT orde 3 sejauh 1 – 2 Km. Diantara TDT orde 3 dibangun TDT orde 4 dengan jarak antar TDT orde 4 sejauh 150 meter termasuk TDT Orde perapatan. Pengadaan jaring kerangka dasar kadastral nasional dengan menggunakan teknologi GNSS dapat menggunakan metode :

- 1) TDT Orde 0/1 : membentuk jaring – jaring dengan menggunakan metode *Differential Static Post-processing*.
- 2) TDT Orde 2 dan 3 : membentuk jaring – jaring dengan metode *Differential Static Post-processing*.
- 3) TDT Orde 4 dan Perapatan, karena ketelitian lebih rendah dibanding orde 3 maka metode penentuan posisi dapat menggunakan : *Differential Static Post-processing, Stop And Go, Rapid Static atau Real Time Kinematik yang Differential termasuk CORS*.



Gambar 31. Distribusi TDT Orde 2, 3 dan 4. (Sumber : Abidin, 2007)

C. Kegiatan Belajar 3: GNSS untuk Penentuan Posisi Batas bidang Tanah.

Pada dasarnya GNSS dapat digunakan untuk penentuan posisi secara langsung batas bidang tanah. Posisi batas bidang tanah ditentukan secara relative terhadap titik dasar teknik atau base station jika metode penentuan posisinya menggunakan metode Jaring Referensi Satelit Pertanian (JRSP/CORS). TDT yang digunakan sebagai titik referensi sebaiknya menggunakan TDT Orde 3, jika mengalami kesulitan atau ada alasan khusus yang menghambat dalam pengamatan di TDT Orde 3 tersebut dan terlalu jauh dari lokasi bidang tanah, maka dapat menggunakan TDT orde 4 sebagai titik referensinya.

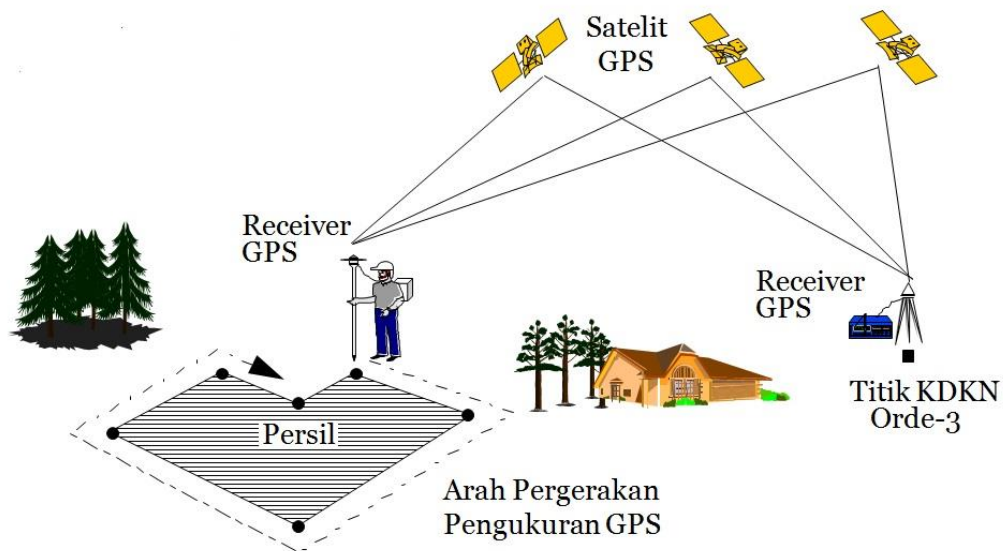
Keuntungan penentuan posisi titik batas bidang tanah menggunakan GNSS :

1. Koordinat batas – batas bidang tanah akan dalam satu system koordinat nasional, sehingga memudahkan dalam kegiatan pengeplotan batas bidang tanah tersebut diatas peta dasar pendafataran dan peta pendaftaran yang menggunakan system koordinat nasional.
2. Memudahkan dalam kegiatan rekonstruksi batas bidang tanah, jika batas bidang tanah tersebut dalam suatu waktu hilang.

3. memudahkan pencarian lokasi bidang tanah di lapangan.

Penentuan posisi batas bidang tanah menggunakan GNSS dapat dilakukan secara langsung maupun tidak langsung. Pada prinsipnya penentuan posisi menggunakan GNSS akan sangat baik jika lokasi pengukuran tersebut memiliki obstruksi yang baik ke arah angkasa dengan penghalang yang nihil.

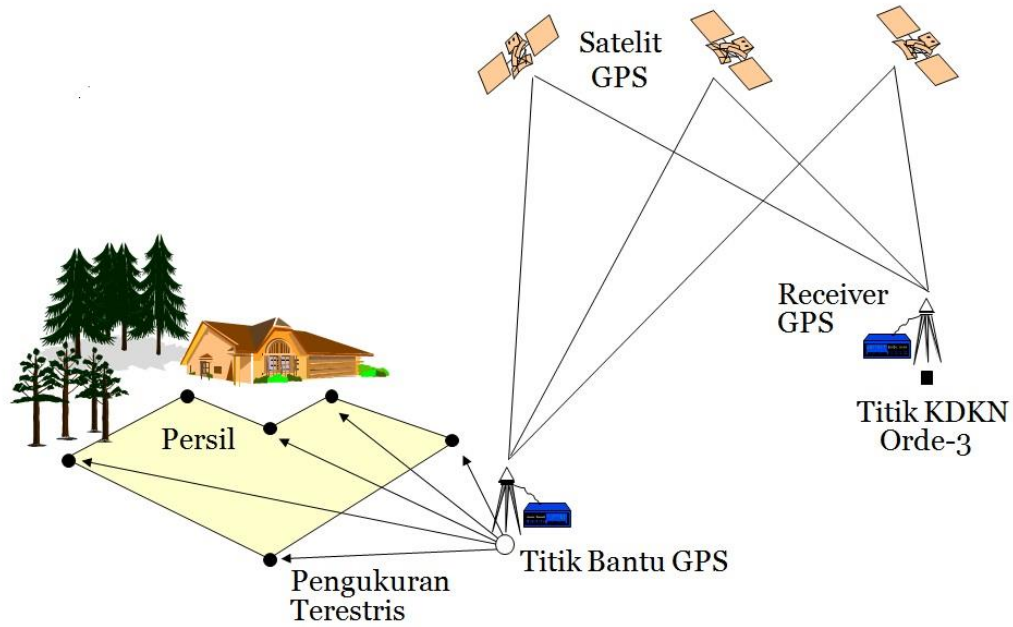
Metode penentuan posisi batas bidang tanah menggunakan GNSS secara langsung yaitu dilakukan pengukuran secara langsung diatas bidang tanah tersebut menggunakan receiver GNSS. Salah satu receiver GNSS berdiri diatas TDT / Base Station dan satu rover (receiver) berdiri diatas titik batas bidang tanah yang akan diukur posisinya. Ketelitian yang diinginkan dalam pengukuran ini tergantung dari : batas ketelitian yang ditentukan, jarak antara batas bidang tanah dengan TDT/Base Station, lama pengamatan, data yang digunakan untuk pemrosesan data (Pseudorange atau fase). Waktu atau lama pengukuran seluruh batas bidang tanah harus memperhatikan dan menghitung pergerakan alat antar batas bidang tanah tersebut. Penentuan posisi secara langsung dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini.



Gambar 32. Pengukuran Batas Bidang Tanah dengan GNSS secara langsung (Sumber : Abidin, 2007)

Metode penentuan posisi batas bidang tanah menggunakan GNSS secara tidak langsung, adalah menentukan posisi batas – batas bidang tanah dilaksanakan secara terestris dari suatu titik bantu GNSS yang dipilih pada suatu lokasi yang memiliki

obstruksi yang baik dekat dengan lokasi bidang tanah. Titik bantu tersebut ditentukan posisi relatifnya dari TDT terdekat dengan menggunakan metode differential GPS menggunakan data fase. Besaran ketelitian yang diperoleh dari hasil penentuan posisi dengan metode secara tidak langsung ini belum ada batasan toleransi.



Gambar 33. Pengukuran Batas Bidang Tanah dengan GNSS secara tidak langsung (Sumber : Abidin 2007)

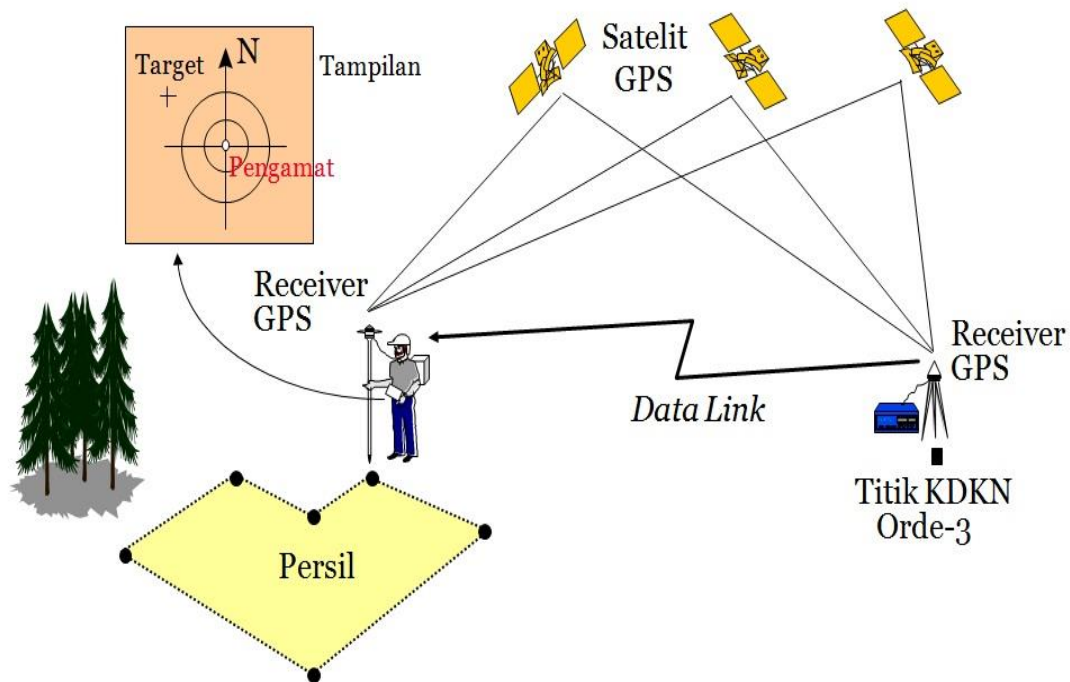
D. Kegiatan Belajar 4: GNSS untuk mencari Bidang Tanah.

Mencari letak suatu bidang tanah atau mendefinisikan letak suatu bidang tanah sangat diperlukan dalam rangka menemukan letak bidang tanah atau mendefinisikan letak suatu bidang tanah dilapangan untuk keperluan system informasi pertanahan. Dalam mendefinisikan atau mencari letak bidang tanah dapat digunakan posisi tengah dari bidang tanah tersebut, sehingga secara keseluruhan bidang g tanah tersebut dapat ditentukan letaknya. Pada umumnya luas bidang tanah di Indonesia relative luas diatas puluhan meter persegi, maka ketelitian 1 meter posisi tengah bidang tanah tersebut dirasa cukup. Jika posisi bidang tanah sudah didefinisikan diatas peta, maka mencari lokasi bidang tanah tersebut di lapangan akan menjadi sangat mudah. Dengan metode seperti yang akan di jelaskan dalam GNSS untuk Rekonstruksi Batas.

E. Kegiatan Belajar 5: GNSS Untuk Rekonstruksi Batas.

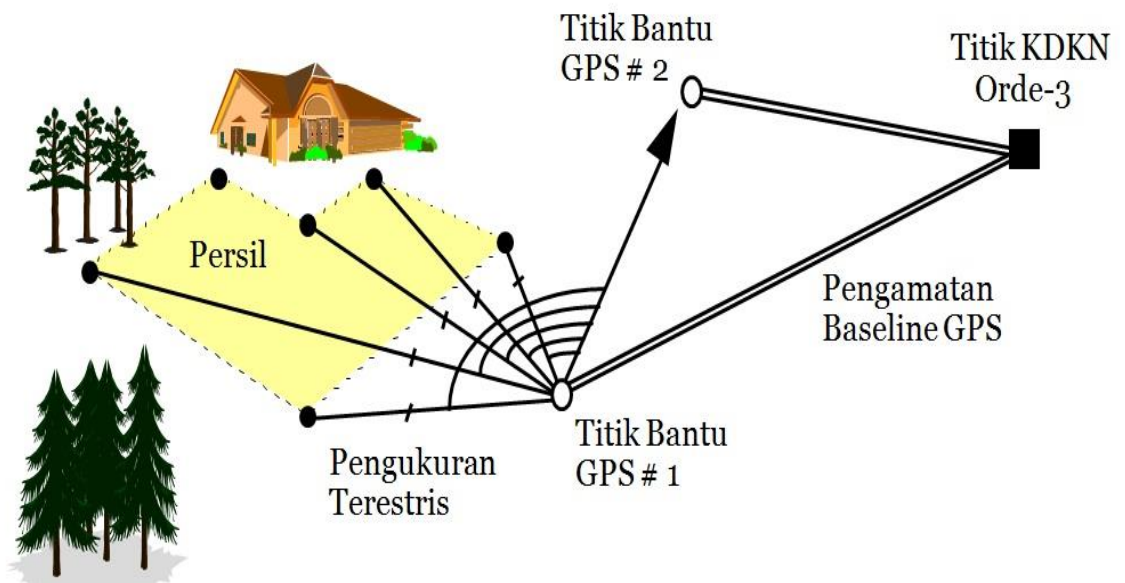
Pasal 24 ayat 2 PMNA Nomor 3 Tahun 1997 :Prinsip dasar pengukuran bidang tanah dalam rangka penyelenggaraan pendaftaran tanah adalah harus memenuhi kaidah-kaidah teknis pengukuran dan pemetaan sehingga bidang tanah yang diukur dapat dipetakan dan dapat diketahui letak dan batasnya di atas peta serta dapat direkonstruksi batas-batasnya di lapangan. Pekerjaan Rekonstruksi Batas Bidang Tanah atau Pengembalian Batas Bidang Tanah adalah pekerjaan yang sangat penting demi terjaminnya kepastian letak batas bidang tanah yang telah disepakati oleh pihak – pihak yang berbatasan, namun kondisi terkini batas bidang tanah tersebut hilang atau tidak ditemukan. Dalam menemukan atau memasang kembali batas tersebut harus tepat posisinya seperti sedia kala saat pengukuran dan penetapan tanda batas bidang tanah dilaksanakan. Prinsip dasar penggunaan GNSS untuk kegiatan rekonstruksi batas adalah penggunaan koordinat batas – batas bidang tanah yang telah diketahui sebelumnya, kemudian di letakkan kembali di lapangan karena tanda batas bidang tanah tersebut hilang. Metode Rekonstruksi Batas Bidang Tanah menggunakan GNSS dapat dilaksanakan dengan menggunakan dua metode yaitu metode langsung dan metode tidak langsung.

Rekonstruksi Batas menggunakan metode langsung, rekonstruksi yang dilakukan dengan pengukuran di lapangan menggunakan GNSS secara langsung memperoleh koordinat yang diperlukan. Karena koordinat tersebut diperlukan secara langsung di lapangan maka metode differential GNSS secara real time sangat dibutuhkan. Untuk itu komunikasi data secara real time antara receiver GNSS di stasiun referensi/base station dengan receiver GNSS yang bergerak (rover) sangat penting dan menjadi kebutuhan utama. Penentuan posisi relative secara real time, terdapat dua system yaitu DGPS (Differential GPS) dan RTK (Real Time Kinematic). Untuk bidang tanah yang cukup luas maka penggunaan metode DGPS sangat memungkinkan karena ketelitian yang diperoleh bisa mencapai 2 meter. Perkembangan terkini DGPS bisa sampai level 5 cm. Sedangkan untuk bidang tanah yang tidak terlalu luas bisa menggunakan metode RTK, karena fraksi ketelitian yang diperoleh bisa mencapai level 2 – 5 cm. RTK sekarang terdapat dua cara untuk komunikasi data yaitu RTK Radio dan RTK melalui Internet (CORS). RTK Radio, komunikasi data melalui gelombang radio maka untuk ini receiver baik base station maupun rover harus dilengkapi seperangkat komunikasi gelombang radio. CORS, transportasi data menggunakan jaringan internet yang ada dalam system telekomunikasi GSM.



Gambar 34. Rekonstruksi Batas Bidang Tanah Secara Langsung (Sumber : Abidin 2007)

Rekonstruksi Batas menggunakan metode tidak langsung, dilakukan dengan menentukan koordinat dua buah titik bantu disekitar batas bidang tanah yang hilang dengan menggunakan metode differensial dengan GNSS. Dari dua titik bantu tersebut yang telah diukur koordinatnya menggunakan GNSS, diukur secara terestris batas – batas bidang tanah yang hilang menggunakan data jarak dan sudut. Dihitung koordinat titik – titik batas bidang tanah tersebut. Sehingga batas – batas bidang tanah tersebut dapat direkonstruksi kembali letaknya dilapangan.



Gambar 35. Rekonstruksi Batas Bidang Tanah Secara Tidak Langsung (Sumber : Abidin 2007)

F. Kegiatan Belajar 6: GNSS Untuk Realokasi.

Proses Realokasi sebenarnya mirip dengan kegiatan rekonstruksi batas bidang tanah. Koordinat batas bidang tanah sudah ada dan akan diletakkan dilapangan. Koordinat batas ini diperoleh dari ukuran dilapangan sebelumnya. Tanda batas bidang tanah sudah ada sebelumnya kemudian hilang. Adapun proses realokasi adalah posisi/koordinat atas bidang tanah diperoleh dari proses perhitungan diatas peta, belum pernah dilakukan kegiatan pengukuran terhadap batas – batas bidang tanah ini dilapangan. Untuk itu perlu suatu peta rencana realokasi dahulu. Koordinat hasil perhitungan diatas peta ini kemudian dipasang dilapangan. Dan baru dilakukan pemasangan tanda batas bidang tanah. Metode yang digunakan untuk realokasi bidang tanah ini sama dengan metode rekonstruksi batas yaitu metode langsung dan metode tidak langsung. Untuk metode tidak langsung penentuan koordinat titik bantu dilakukan dilapangan terlebih dahulu, kemudian dilakukan plotting diatas peta rancangan realokasi bidang tanah. Contoh kegiatan realokasi bidang tanah ini adalah pekerjaan Land Consolidation atau konsolidasi tanah.

Rangkuman

1. Dalam pekerjaan survey kadastral, aplikasi GNSS dapat digunakan untuk : pengadaan titik dasar teknik, penentuan posisi batas bidang tanah, mencari lokasi bidang tanah dan rekonstruksi atau pengembalian batas bidang tanah serta untuk kepentingan relokasi.
2. Pengadaan jaring kerangka dasar kadastral nasional dengan menggunakan teknologi GNSS sesuai dengan orde kerangka dasar kadastral nasionalnya. Metode yang dapat digunakan : *Differential Static Post-processing, Stop And Go, Rapid Static atau Real Time Kinematik yang Differential termasuk CORS*.
3. GNSS dapat digunakan untuk penentuan posisi secara langsung batas bidang tanah. Posisi batas bidang tanah ditentukan secara relative terhadap titik dasar teknik atau base station jika metode penentuan posisinya menggunakan metode Jaring Referensi Satelit Pertanian (JRSP/CORS). TDT yang digunakan sebagai titik referensi sebaiknya menggunakan TDT Orde 3, jika mengalami kesulitan atau ada alasan khusus yang menghambat dalam pengamatan di TDT Orde 3 tersebut dan terlalu jauh dari lokasi bidang tanah, maka dapat menggunakan TDT orde 4 sebagai titik referensinya.
4. Dalam mendefinisikan atau mencari letak bidang tanah dapat digunakan posisi tengah dari bidang tanah tersebut, sehingga secara keseluruhan bidang tanah tersebut dapat ditentukan letaknya. Pada umumnya luas bidang tanah di Indonesia relative luas diatas puluhan meter persegi, maka ketelitian 1 meter posisi tengah bidang tanah tersebut dirasa cukup. Maka penggunaan GNSS tipe navigasi dengan penentuan posisi secara absolute sudah dirasa cukup.
5. Prinsip dasar penggunaan GNSS untuk kegiatan rekonstruksi batas adalah penggunaan koordinat batas – batas bidang tanah yang telah diketahui sebelumnya, kemudian di letakkan kembali di lapangan karena tanda batas bidang tanah tersebut hilang. Metode Rekonstruksi Batas Bidang Tanah menggunakan GNSS dapat dilaksanakan dengan menggunakan dua metode yaitu metode langsung dan metode tidak langsung.
6. Proses Realokasi sebenarnya mirip dengan kegiatan rekonstruksi batas bidang tanah. Koordinat batas bidang tanah sudah ada dan akan diletakkan di lapangan. Metode yang digunakan untuk realokasi bidang tanah ini sama dengan metode rekonstruksi batas yaitu metode langsung dan metode tidak langsung. Untuk

metode tidak langsung penentuan koordinat titik bantu dilakukan dilapangan terlebih dahulu, kemudian dilakukan plotting diatas peta rancangan realokasi bidang tanah

Latihan

1. Sebutkan kelebihan GNSS untuk survei kadastral ?
2. Jelaskan Penggunaan GNSS dan metodenya untuk pengadaan Titik Dasar Teknik ?
3. Jelaskan Penggunaan GNSS dan metodenya untuk pengukuran batas bidang tanah ?
4. Bagaimana peran GNSS untuk menentukan posisi bidang tanah ?
5. Jelaskan Penggunaan GNSS dan metodenya untuk rekonstruksi batas bidang tanah ?
6. Apa Perbedaan antara rekonstruksi batas bidang tanah dan realokasi bidang tanah ?
7. Bagaimana penggunaan GNSS untuk realokasi bidang tanah ?

Tes Formatif

Pilihlah B jika benar atau S jika salah dari pernyataan-pernyataan berikut.

1. Pengukuran batas bidang tanah menggunakan teknologi GNSS B - S secara langsung dapat dilakukan untuk batas yang berada di dalam gedung.
2. Ketelitian yang diperoleh dalam penentuan posisi menggunakan GNSS sangat tergantung pada metode penentuan posisi yang digunakan.
3. Untuk pengukuran GNSS untuk kepentingan penentuan posisi titik dasar teknik dapat menggunakan receiver GNSS tipe Navigasi Absolut.
4. Hasil ukuran posisi dengan menggunakan teknologi CORS dapat digunakan untuk penentuan posisi TDT orde 4

- 5 Dalam mengidentifikasi lokasi bidang tanah di lapangan dari Sistem B – S Informasi Pertanahan dapat menggunakan GNSS tipe Navigasi.
- 6 Penggunaan instrumen Total Station dapat digabungkan dengan B – S teknologi GNSS untuk rekonstruksi batas. Maka teknik ini dinamakan pengembalian batas secara langsung.
- 7 Kendala yang sangat mengganggu dalam rekonstruksi batas di B – S daerah permukiman adalah faktor multipath.
- 8 Obstruksi yang tidak terlalu bagus dalam penentuan posisi B – S menggunakan teknologi CORS dapat dibantu dengan menggunakan pengukuran atau penentuan posisi secara tidak langsung.
- 9 Rekonstruksi batas bidang tanah menggunakan GNSS dapat B – S dilakukan jika batas bidang tanah dinyatakan dengan suatu nilai koordinat.
- 10 Faktor pembeda realokasi dan rekonstruksi batas bidang tanah B - S terletak pada sumber datanya.

Cocokkan jawaban Saudara dengan kunci jawaban Tes Formatif yang terdapat pada bagian akhir Modul ini. Hitunglah jawaban Saudara yang benar. Kemudian gunakan rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan Saudara terhadap materi kegiatan belajar ini.

Rumus :

Jumlah jawaban Saudara yang benar

Tingkat Penguasaan = ----- X 100 %

Arti tingkat penguasaan yang Saudara peroleh adalah :

90 – 100 % = Baik Sekali;

80 – 90 % = Baik;

70 – 80 % = Cukup;

≤ 70 % = Kurang

Bila Saudara memperoleh tingkat penguasaan 80 % atau lebih, Saudara dapat meneruskan dengan kegiatan belajar (Modul) selanjutnya. Sedangkan jika tingkat penguasaan Saudara masih berada di bawah 80 %, Saudara diwajibkan mengulangi kegiatan belajar (modul) ini, terutama bagian yang belum Saudara kuasai secara baik.