

**PENDEFINISIAN KOORDINAT ULP2 UNIVERSITAS LAMPUNG  
TERHADAP ITRF 2014 MENGGUNAKAN TITIK IKAT IGS DAN CORS  
BADAN INFORMASI GEOSPASIAL**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Restiana**



**JURUSAN TEKNIK GEODESI DAN GEOMATIKA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2020**

## **ABSTRAK**

### **PENDEFINISIAN KOORDINAT ULP2 UNIVERSITAS LAMPUNG TERHADAP ITRF 2014 MENGGUNAKAN TITIK IKAT IGS DAN CORS BADAN INFORMASI GEOSPASIAL**

**Oleh**

**Restiana**

Perkembangan teknologi GNSS dapat digunakan untuk penentuan posisi Titik Kontrol Geodetik. Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika FT UNILA telah memiliki Titik Kontrol Geodetik, yaitu titik ULP1. Saat ini, penggunaan titik ULP1 mulai terhambat dengan adanya pepohonan dan bangunan yang menghalangi penerimaan sinyal satelit sehingga mempengaruhi kualitas data pengamatan. Oleh sebab itu, dilakukan pembuatan titik kontrol baru di lokasi yang bebas hambatan dan titik tersebut diberi nama ULP2.

Penelitian ini dilakukan untuk mendefinisikan koordinat titik ULP2 menggunakan titik ikat IGS dan CORS BIG terhadap ITRF 2014. Metode pengamatan menggunakan survei GNSS secara statik selama empat hari, yaitu tanggal 30 Oktober sampai dengan 2 November 2018. Pengolahan data dilakukan dengan *software* GAMIT/GLOBK menggunakan tiga skenario pengolahan untuk

mendapatkan koordinat yang teliti. Uji signifikansi dilakukan untuk melihat signifikansi perbedaan koordinat yang dihasilkan secara statistik.

Hasil penelitian berupa koordinat definitif titik ULP2 dalam UTM zona 48S arah  $E = 526596,336$  m,  $N = 9407310,9954$  m, dan  $h = 130,6185$  m. Koordinat geodetis  $5.3620393213^{\circ}$  LS dan  $105.240057347^{\circ}$  BT. Koordinat kartesian 3D sumbu  $X = -1669327,67933$  m  $\pm 0,00232$  m,  $Y = 6127212,73483$  m  $\pm 0,00173$  m, dan  $Z = -592068,04474$  m  $\pm 0,00984$  m. Hasil penelitian juga menunjukkan secara statistik bahwa bahwa skenario I, II, dan III tidak memiliki perbedaan koordinat yang signifikan. Titik ikat yang paling optimal untuk pendefinisian koordinat diperoleh dari penggunaan titik ikat IGS dengan distribusi titik yang merata. Selain itu, penggunaan titik ikat dengan distribusi titik yang merata dapat menghasilkan konfigurasi jaring yang baik. Panjang *baseline* yang paling baik berkisar antara 565 km sampai dengan 2.806 km dengan nilai simpangan baku yang kecil pada arah  $E = 2,4$  mm,  $N = 1,8$  mm, dan  $h = 9,9$  mm.

Kata kunci : GAMIT/GLOBK, Pendefinisian koordinat, Titik ikat, ULP2

**ABSTRACT****ULP2 COORDINATE DEFINITION OF LAMPUNG UNIVERSITY ON ITRF 2014 USING IGS AND CORS POINT CORPORATE GEOSPACIAL INFORMATION BOARD****By****Restiana**

The development of GNSS technology can be used to determine the position of a Geodetic Control Point. The Department of Geodesy and Geomatics Engineering of FT UNILA already has a Geodetic Control Point, namely the ULP1 point. At present, the use of ULP1 points is being hampered by the presence of trees and buildings that are blocking the reception of satellite signals, thus affecting the quality of observational data. Therefore, a new control point was made in an obstacle-free location and the point was given the name ULP2.

This research was conducted to define the coordinates of the ULP2 point using IGS and CORS BIG points to ITRF 2014. The observation method used a static GNSS survey for four days, from 30 October to 2 November 2018. Data processing was carried out using GAMIT / GLOBK software using three processing scenarios to get precise coordinates. Significance test is carried out to see the significance of the difference in coordinates produced statistically.

The results of the study were the definitive coordinates of the ULP2 point in the UTM zone 48S in the direction of  $E = 526596.336$  m,  $N = 9407310.9954$  m, and  $h = 130.6185$  m. Geodetic coordinates  $5.3620393213^\circ$  latitude and  $105.240057347^\circ$  east longitude. Cartesian 3D coordinate X axis =  $-1669327,67933$  m  $\pm 0.00232$  m, Y =  $6127212.73483$  m  $\pm 0.00173$  m, and Z =  $-592068.04474$  m  $\pm 0.00984$  m. The results also show that scenarios I, II, and III do not have significant coordinate differences on statistically. The most optimal bonding point for defining coordinates is obtained from the use of IGS bonding points with an even distribution. In addition, the use of thie points with even distribution can produce a good net configuration. The best baseline length ranges from 565 km to 2,806 km with a small standard deviation in the direction of  $E = 2.4$  mm,  $N = 1.8$  mm, and  $h = 9.9$  mm.

Keywords: GAMIT / GLOBK, Defining coordinates, Bonding point, ULP2

**PENDEFINISIAN KOORDINAT ULP2 UNIVERSITAS LAMPUNG  
TERHADAP ITRF 2014 MENGGUNAKAN TITIK IKAT IGS DAN CORS  
BADAN INFORMASI GEOSPASIAL**

Oleh

***RESTIANA***

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
Sarjana Teknik**

**Pada**

**Jurusan Teknik Geodesi Dan Geomatika  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK GEODESI DAN GEOMATIKA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2020**

Judul Skripsi : **PENDEFINISIAN KOORDINAT ULP2  
UNIVERSITAS LAMPUNG TERHADAP  
ITRF 2014 MENGGUNAKAN TITIK IKAT  
IGS DAN CORS BADAN INFORMASI  
GEOSPASIAL**

Nama Mahasiswa : **Restiana**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1515013003

Program Studi : Teknik Geodesi dan Geomatika

Fakultas : Teknik



Pembimbing 1

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing 2

**Romi Fadly, S.T., M. Eng**  
NIP. 19770824 200812 1 001

**Eko Rahmadi, S.T., M.T.**  
NIP. 19710210 200501 1 002

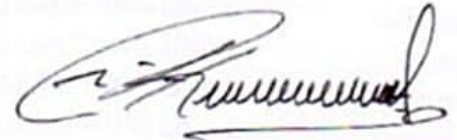
2. Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Geodesi Dan Geomatika

**Ir. Setyanto, M.T.**  
NIP. 19550830 198403 1 001

**MENGESAHKAN**

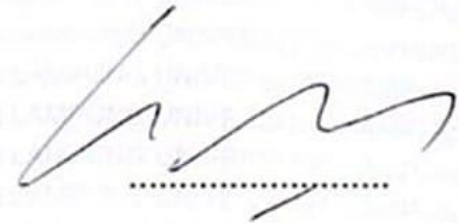
**1. Tim Penguji**

**Ketua : Romi Fadly, S.T., M. Eng.**



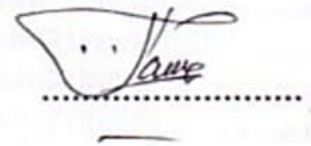
.....

**Sekretaris : Eko Rahmadi, S.T., M.T.**



.....

**Penguji  
Bukan Pembimbing : Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM.**



.....

**2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**Prof. Drs. Ir. Suharno, Ph. D., IPU., ASEAN Eng**  
NIP. 19620717 198703 1 002

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 03 Maret 2020**



## Surat Pernyataan

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul “Pendefinisian Koordinat ULP2 Universitas Lampung terhadap ITRF 2014 Menggunakan Titik Ikat IGS dan CORS Badan Informasi Geospasial” adalah karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain, kecuali yang secara tertulis dirujuk dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila pernyataan ini tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Maret 2020

  
METERAI  
TEMPEL  
E787DAH380628135  
6000  
ENAM RIBU RUPIAH

Restiana

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Desa Pandansari, Kecamatan Sukoharjo, Kabupaten Pringsewu pada tanggal 12 Mei 1997, sebagai anak pertama dari dua bersaudara, dari Bapak Giyono dan Ibu Sustini.

Pendidikan Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SDN 1 Pandansari Selatan, Sukoharjo, Pringsewu pada tahun 2009, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMPN 2 Sukoharjo, Pringsewu pada tahun 2012, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 2 Pringsewu pada tahun 2015.

Tahun 2015, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten praktikum basis data spasial tahun ajaran 2017/2018, aktif di organisasi Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) FT UNILA dan Himpunan Mahasiswa Teknik Geodesi Geomatika (HIMAGES) FT UNILA.

Pada tahun 2018 penulis melakukan kerja praktik di Dinas Survei Dan Pemotretan Udara Angkatan Udara (DISSURPOTRUDAU) TNI Angkatan Udara Halim Perdana Kusuma serta melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Negeri Tua, Kecamatan Marga Tiga, Kabupaten Lampung Timur selama 30 hari. Pada tahun 2019 penulis menjadi perwakilan dari fakultas teknik pada kegiatan Pelatihan *Safety Management* di Universitas Lampung dan BASARNAS Provinsi Lampung.

Alhamdulillah Rabbil'Alamin, Terima kasih Ya Allah

“Untuk Ibu, Ayah dan Adikku Tercinta”

*Kupersembahkan Karyaku*

## SANWANCANA

Puji syukur penulis ucapka kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul “*Pendefinisian Koordinat ULP2 Universitas Lampung terhadap ITRF 2014 Menggunakan Titik Ikat IGS dan CORS Badan Informasi Geospasial*” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik di Universitas Lampung

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Drs. Ir. Suharno, Ph. D., IPU., ASEAN Eng., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung;
2. Bapak Ir. Setyanto, selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika;
3. Bapak Romi Fadly, S.T., M. Eng., selaku pembimbing utama sekaligus pembimbing akademik atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini;
4. Bapak Eko Rahmadi, S.T., M.T., selaku pembimbing kedua atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini;
5. Bapak Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM., selaku penguji utama pada ujian skripsi. Terima kasih untuk masukan dan saran-saran dalam proses penyelesaian skripsi ini;

6. Seluruh dosen Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat;
7. Bapak dan ibu staf administrasi Teknik Geodesi dan Geomatika UNILA
8. Kedua orang tuaku Bapak Giyono dan Ibu Sustini yang telah menjadi penyemangatku. Terima kasih karena tidak pernah berhenti memberikan cinta, kasih sayang, doa serta dukungannya hingga saat ini;
9. Adik kecilku Ika Naura yang telah memberikan semangat dan tawanya;
10. Keluarga besar yang selalu memberikan dukungan serta doa untuk keberhasilan penulis;
11. Bripda Ahmad Fauzi yang telah memberikan semangat, doa serta dukungan.
12. Teman-teman jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika angkatan 2015 kepada Gita, Adenia, Reni, Dea, Febitri, Irena, Resti, Nadya, Altias, Bimo, Dwi Nanda, Reza, Rifqy, Fahmi, Hayan, Nanda R, Nanda F, Faisal, Fauzan, Bayu, Yoda, dan Ridho;
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu yang telah memberikan bantuan, dukungan dan saran dalam penyelesaian skripsi ini.

Bandar Lampung, Maret 2020

*Restiana*

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xxvii</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Titik Kontrol Geodetik .....	13
2.3 GNSS ( <i>Global Navigation Satellite System</i> ) .....	14
2.4 Metode Penentuan Posisi GPS .....	14
2.4.1 Metode penentuan posisi absolut .....	15
2.4.2 Metode penentuan posisi diferensial.....	17
2.4.3 Metode penentuan posisi statik .....	18
2.5 Data Pengamatan <i>Double Differencing</i> .....	18
2.6 Pengolahan <i>Baseline</i> .....	23
2.7 <i>International GNSS Service (IGS)</i> .....	24
2.8 <i>Continously Operating Reference System</i> Badan Informasi Geospasial (CORS BIG).....	25
2.9 <i>International Terrestrial Reference Frame (ITRF)</i> .....	26
2.10 Transformasi Datum.....	27
2.11 <i>Translation, Editing and Quality Checking</i> .....	30
2.12 Perangkat Lunak GAMIT/GLOBK.....	31
2.13 Perataan Jaring Pada GAMIT/GLOBK.....	31
2.14 Uji Signifikansi Beda Dua Parameter.....	34
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>36</b>
3.1 Lokasi Penelitian .....	36

3.2 Diagram Alir Penelitian.....	37
3.3 Persiapan Penelitian.....	38
3.3.1 Persiapan studi literatur.....	38
3.3.2 Persiapan administrasi.....	39
3.3.3 Persiapan alat dan bahan penelitian .....	39
3.4 Pengumpulan Data .....	41
3.4.1 Data pengamatan titik ULP2.....	41
3.4.2 Data pengamatan titik ikat .....	41
3.5 Konversi Raw Data Pengamatan ULP2.....	44
3.6 Pemisahan Data Per <i>DOY</i> dengan TEQC .....	44
3.7 Pengecekan Data RINEX denganTEQC .....	45
3.8 Pembuatan Direktori Kerja.....	45
3.9 <i>Editing File</i> Kontrol Pada Folder Tables.....	47
3.10 Pengolahan Data dengan GAMIT .....	50
3.11 Evaluasi Nilai <i>Fract</i> dan <i>Postfit Nrms</i> .....	55
3.12 Pengolahan Data dengan GLOBK.....	56
3.13 Evaluasi Data <i>Outlier</i> .....	58
3.14 Transformasi Koordinat.....	59
3.15 Analisis Hasil Koordinat .....	60
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>62</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Metode dan sistem penentuan posisi dengan GPS.....	15
2. Metode penentuan posisi secara absolut.....	16
3. Metode penentuan posisi diferensial.....	17
4. Pengamat satelit <i>double difference</i> .....	19
5. Pengamat <i>epoch double difference</i> .....	21
6. Pengolahan data <i>baseline</i> GPS.....	23
7. Sebaran stasiun IGS.....	25
8. Sebaran stasiun CORS BIG.....	26
9. Sebaran ITRF metode pengamatan GPS, VLBI, LLR, SLR dan Doris.....	27
10. Stasiun yang digunakan untuk mengestimasi parameter transformasi antara ITRF 2014 dan ITRF 2008.....	29
11. Lokasi penelitian.....	36
12. Diagram alir penelitian.....	37
13. Distribusi 15 stasiun IGS.....	42
14. Stasiun IGS dengan memperhatikan jarak.....	43
15. Stasiun CORS BIG jarak dekat.....	43
16. Susunan direktori kerja.....	46
17. Visualisasi skenario I.....	51
18. Visualisasi skenario II.....	51
19. Visualisasi skenario III.....	52



**DAFTAR TABEL**

Tabel	Halaman
1. Penelitian terdahulu .....	7
2. Kerangka referensi koordinat.....	13
3. Spesifikasi ketelitian jaring titik kontrol.....	13
4. Dampak proses pengurangan data.....	18
5. Parameter transformasi dari ITRF 2014 ke ITRF 2008 <i>epoch</i> 2010.....	30

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

GNSS (*Global Satellite Navigation System*) adalah suatu istilah yang digunakan untuk mencakup seluruh sistem satelit yang sudah beroperasi maupun dalam perencanaan (Azmi, 2012). Perkembangan teknologi GNSS dapat digunakan dalam kegiatan penentuan posisi Titik Kontrol Geodetik. Menurut SNI 19-6724 (2002). Titik Kontrol Geodetik adalah titik di lapangan yang dimanifestasikan dalam bentuk monumen. Koordinatnya diperoleh menggunakan metode pengukuran geodetik dan dinyatakan dalam suatu sistem referensi koordinat tertentu.

Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Fakultas Teknik Universitas Lampung telah memiliki Titik Kontrol Geodetik, yaitu titik ULP1. Titik tersebut biasanya digunakan sebagai acuan dalam kegiatan praktik lapangan maupun kegiatan pengukuran lainnya. Saat ini, penggunaan titik ULP1 untuk kegiatan survei menggunakan GNSS mulai terhambat dengan adanya pepohonan dan bangunan di sekitar lokasi yang dapat menghalangi penerimaan sinyal satelit sehingga mempengaruhi kualitas data pengamatan. Mengingat kondisi alam yang demikian, maka ketersediaan titik kontrol yang bebas hambatan sangat dibutuhkan. Oleh sebab itu, dilakukan pembuatan titik kontrol baru di lokasi

terbuka yang bebas hambatan dan titik tersebut diberi nama ULP2. Pengukuran dilakukan menggunakan metode pengamatan GNSS secara statik selama empat hari, yaitu tanggal 30 Oktober sampai dengan 2 November 2018.

Pengukuran titik-titik di permukaan bumi memerlukan titik kontrol yang dapat memberikan ketelitian tinggi sampai fraksi milimeter yaitu dengan menggunakan stasiun aktif (Artini, 2014). Pada tahun 2012 Artini melakukan penelitian untuk mendefinisikan stasiun aktif yaitu stasiun GNSS CORS GMU1 dengan pengikatan yang melibatkan 11 titik ikat regional dan menghasilkan nilai simpangan baku sampai fraksi milimeter kemudian Artini melakukan penelitian selanjutnya untuk menentukan koordinat stasiun GNSS CORS GMU1 dengan kombinasi titik ikat GPS global dan regional yang melibatkan 7 stasiun global dan 11 stasiun regional dengan desain jaring lebih rapat. Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan hasil koordinat pada *project* kombinasi dan *project* yang hanya melibatkan titik ikat global. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan *project* kombinasi dan *project* global menghasilkan perbedaan koordinat komponen arah X, Y, dan Z sampai fraksi centimeter.

Pada umumnya survei dengan GPS membutuhkan minimal tiga atau empat titik ikat yang terdistribusi secara merata di sekitar lokasi penelitian (Rizos, 1994 dalam Artini, 2013). Penelitian yang dilakukan Muliawan pada pendefinisian ulang stasiun aktif GMU1 tahun 2011 terdiri dari empat *project* yaitu GMU1a, GMU1b, GMU1c, dan GMU1 dan setiap *project* memiliki konfigurasi yang berbeda yaitu pada distribusi titik IGS yang digunakan (Artini, 2014). Berdasarkan pada hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa *project* GMU1a memiliki ketelitian paling tinggi karena konfigurasi pada *project*

ini menggunakan 10 stasiun IGS dan terdistribusi secara merata di sekitar stasiun GMU1 dan menggunakan ITRF 2008.

Penelitian ini dilakukan untuk pendefinisian koordinat ULP2 Universitas Lampung terhadap ITRF 2014 menggunakan titik ikat IGS dan CORS BIG. Pengolahan data dilakukan dengan *software* GAMIT/GLOBK menggunakan tiga skenario pengolahan. Perbedaan tiga skenario tersebut didasarkan pada penggunaan titik ikat dengan memperhatikan distribusi titik dan jarak. Hal ini dilakukan untuk mengetahui penggunaan titik ikat yang sesuai agar menghasilkan koordinat yang teliti dengan konfigurasi jaring yang baik. Koordinat yang didapatkan selanjutnya dianalisis ketelitiannya dan dilakukan uji signifikansi untuk melihat signifikansi perbedaan koordinat hasil pengolahan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adanya obyek penghalang sinyal satelit disekitar titik ULP1 dapat menimbulkan permasalahan terutama untuk kegiatan survei menggunakan GNSS sehingga dilakukan pembuatan titik kontrol baru, yaitu ULP2 di lokasi terbuka. Titik ULP2 perlu didefinisikan koordinatnya agar dapat digunakan sebagai titik kontrol. Pada penelitian ini digunakan titik ikat IGS dan CORS BIG agar menghasilkan koordinat dengan ketelitian yang baik. Berdasarkan pada rumusan masalah tersebut maka pertanyaan penelitian ini, yaitu:

1. Berapa koordinat definitif ULP2?
2. Bagaimana ketelitian koordinat hasil pengolahan menggunakan titik ikat IGS dan CORS BIG?
3. Manakah titik ikat yang paling sesuai untuk pendefinisian koordinat?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Melakukan pengolahan data titik ULP2 menggunakan titik ikat IGS dan CORS BIG.
2. Melakukan uji signifikansi perbedaan koordinat hasil pengolahan.
3. Menentukan titik ikat yang paling optimal untuk pendefinisian koordinat.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, yaitu:

1. Pemilihan titik ikat yang paling optimal dapat digunakan untuk pendefinisian koordinat.
2. Koordinat titik ULP2 dapat digunakan untuk kegiatan studi khususnya bagi mahasiswa Teknik Geodesi.
3. Penelitian ini dapat dijadikan referensi penelitian selanjutnya.

### **1.5 Ruang Lingkup Penelitian**

Adapun ruang lingkup dalam penelitian antara lain:

1. Menggunakan data observasi titik ULP2, stasiun IGS dan stasiun CORS BIG.
2. Penggunaan titik ikat IGS dengan distribusi titik yang merata tanpa memperhatikan jarak (tersebar di empat kuadran) menggunakan 15 stasiun, yaitu BAKO (Indonesia), COCO (Australia), CUSV (Thailand), DARW (Australia), GUUG (Amerika Serikat), HKSL (Hongkong), HKWS

(Hongkong), HYDE (India), IISC (India), KARR (Australia), KAT1 (Australia), LHAZ (China), POHN (Federasi Mirkronesia), XMIS (Australia), dan YAR3 (Australia).

3. Penggunaan titik ikat IGS dengan memperhatikan jarak (kurang dari 1000 km) menggunakan 4 stasiun, yaitu BAKO (Indonesia), JOG2 (Indonesia), NTUS (Singapura), dan XMIS (Australia).
4. Penggunaan titik ikat CORS BIG menggunakan 5 stasiun yang ada di sekitar lokasi penelitian (jarak dekat), yaitu CBJY (Bandar Jaya), CPRI (Pringsewu), CKRI (Krui), CWJP (Way Jepara), dan CGON (Cilegon).

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Penelitian ini menggunakan referensi dari penelitian terdahulu yang berkaitan dengan pendefinisian koordinat yang diikatkan menggunakan titik ikat IGS dan CORS BIG. Penelitian ini dilakukan di Universitas Lampung menggunakan data pengamatan titik ULP2 selama 4 hari (*doy* 303, 304, 305, dan 306). Titik ikat yang digunakan adalah titik ikat IGS dan CORS BIG yang dibuat dalam tiga skenario pengolahan. Skenario I adalah penggunaan titik ikat IGS dengan distribusi titik yang merata menggunakan 15 stasiun, yaitu BAKO, COCO, CUSV, DARW, GUUG, HKSL, HKWS, HYDE, IISC, KARR, KAT1, LHAZ, POHN, XMIS, dan YAR3. Skenario II adalah penggunaan titik ikat IGS dengan jarak kurang dari 1000 km menggunakan 4 stasiun, yaitu BAKO, JOG2, NTUS, dan XMIS. Skenario III adalah penggunaan titik ikat CORS BIG yang berada di sekitar lokasi penelitian menggunakan 5 stasiun, yaitu CBJY, CGON, CKRI, CPRI, dan CWJP. Kerangka referensi menggunakan ITRF 2014 serta *software* GAMIT/GLOBK versi 10.7.

Perbedaan penelitian terdahulu disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Penelitian terdahulu

No	Judul Penelitian	Penulis	Tahun	Lokasi	Data Pengamatan	Titik Ikat yang Digunakan	Hasil Penelitian
1.	Penentuan Posisi Stasiun GNSS CORS UNDIP <i>Epoch</i> 2015 dan <i>Epoch</i> 2016 Berdasarkan Stasiun IGS dan SRGI Menggunakan Perangkat Lunak Gamit 10.6	Widi Hapsari, Bambang D. Y., Fauzi J. A.	2016	Universitas Diponegoro	Data pengamatan GNSS selama 4 hari pada bulan Juni, Juli dan Agustus tahun 2015, dan data pengamatan pada bulan Januari, Februari dan Maret tahun 2016.	Menggunakan 9 titik ikat IGS (CNMR, COCO, DARW, IISC, PBRI, PIMO, TOW2, XMIS, dan YARR) dan 6 titik ikat SRGI (CBTL, CMAG, CMGL, CPAC, CPWD, dan CSEM)	Berdasarkan hasil pengolahan nilai koordinat terbaik pada project UDP1, yaitu: a. Koordinat kartesian 3D Nilai X 2210748.65826 m $\pm$ 2.11 mm, Y 5931893.19583 m $\pm$ 4.40 mm, dan Z - 777746.10639 m $\pm$ 1.27 mm. b. Koordinat geodetic, dengan nilai Lintang 7° 3' 3.0839652" LS, dan Bujur 110°26'23.4541749" BT. c. Koordinat UTM Zona 49 nilai E 38136.433362654 m, N 220591.975206760 m, dan U 243.0462061m. Hasil uji statistik T menggunakan selang kepercayaan 95% dengan $df \infty$ dan t tabel 1,96, terjadi pergeseran antara tahun 2015 terhadap tahun 2016 pada semua <i>project</i> . Dalam perhitungan <i>velocity rate</i> , dihasilkan nilai <i>velocity rate</i> dengan ketelitian terbaik, yaitu pada $V_x -0.02258 \text{ m} \pm 3.53 \text{ mm}$ , $V_y -0.01065 \pm 6.52 \text{ mm}$ , $V_z -0.01089 \pm 2.36 \text{ mm}$ .



Tabel 1 lanjutan

No	Judul Penelitian	Penulis	Tahun	Lokasi	Data Pengamatan	Titik Ikat yang Digunakan	Hasil Penelitian
2.	Penentuan Posisi Stasiun GNSS CORS UNDIP Pada Tahun 2013 dan 2014 Menggunakan <i>Software</i> GAMIT	Indra Laksana, Bambang D. Y., Mochammad Awaludin	2014	Universitas Diponegoro	Data pengamatan GPS tahun 2013 dan 2014	Menggunakan 13 titik ikat stasiun global	Berdasarkan hasil dan analisis dari penelitian dapat diketahui: 1) Koordinat yang memiliki tingkat ketelitian terbaik terdapat pada strategi pengamatan udp1, yaitu: a. Koordinat kartesian $X = 2.210.748,63185 \text{ m} \pm 1,96 \text{ mm}$ , $Y = 5.931.893,21948 \text{ m} \pm 4,67 \text{ mm}$ dan $Z = -777.746,09427 \text{ m} \pm 1,25 \text{ mm}$ b. Koordinat geodetis, $-703'3,08352''\text{LS}$ dan $110026'23.45310''\text{BT}$ 2) Kecepatan posisi stasiun GNSS CORS UNDIP yang memiliki tingkat ketelitian terbaik adalah strategi pengamatan udp2, yaitu $-0,01133 \text{ m/tahun} \pm 2,00 \text{ mm}$ untuk komponen N, $0,02469 \text{ m/tahun} \pm 5,86 \text{ mm}$ untuk komponen E, $-0,00005 \text{ m/tahun} \pm 1,37 \text{ mm}$ untuk komponen U.
3.	Penentuan Koordinat Definitif <i>Epoch</i> 2013 Stasiun CORS Geodesi Undip Dengan Menggunakan Perangkat Lunak Gamit	Edy S. P., Bambang D. Y., L. M. Sabri..	2013	Universitas Diponegoro	Data pengamatan GNSS bulan Februari ( <i>doy</i> 032 sampai 056) dan bulan Maret ( <i>doy</i> 060 sampai 088).	Menggunakan 7 titik ikat IGS, yaitu BAKO, DARW, DGAR, IISC, PIMO, GUAM, dan YARR.	Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis hasil pengolahan diketahui bahwa selisih koordinat stasiun CORS Undip menggunakan titik ikat IGS ITRF 2008 dengan DGN-95 ITRF 2000 <i>epoch</i> 1998 adalah $\pm 90 \text{ cm}$ . Pemilihan 4 stasiun IGS dan 6 stasiun IGS tidak memperlihatkan pengaruh yang besar pada hasil hitungan koordinat stasiun pengamatan

Tabel 1 lanjutan

No	Judul Penelitian	Penulis	Tahun	Lokasi	Data Pengamatan	Titik Ikat yang Digunakan	Hasil Penelitian
	10.04						CORS UDIP. Hasil uji statistik pada koordinat GPS WEEK stasiun CORS UDIP menggunakan distribusi fisher dengan selang kepercayaan 95% dinyatakan bahwa antara 4 stasiun dan 6 stasiun memiliki signifikansi persamaan dan perbedaan.
4.	Pendefinisian Stasiun Aktif GMU1 Tahun 2012 dengan Titik Ikat GPS Regional dan Global.	Sri Rezki Artini	2014	Universitas Gadjah Mada	Menggunakan data GPS dengan lama waktu pengamatan 7 x 24 jam.	Menggunakan 11 titik ikat regional (BORA, BORB, BORC, BORD, BAKO, CJPR, CDNP, CSRJ, SAMP, CBAL, dan CBIT) dan 7 titik ikat global (DGAR, GUAM, IISC, KARR, KUNM, PIMO, dan TOW2).	Berdasarkan data hasil pengolahan nilai koordinat kartesian 3D stasiun aktif GMU1 adalah sebagai berikut: a. Global. X(-2200206,97517 m ± 1,41 mm), Y (5924895,45335 m ± 2,79 mm), Z (-855932,54726 m ± 0,87 mm). b. Regional_1. X (2200210,82078m ± 10000 mm), Y (5924899,04121 m ± 10000 mm), Z (-855936,94699 m ± 10000 mm). c. Regional_2. X (-2200206,97660 m ± 2,44 mm), Y (5924895,45809 m ± 6,07 mm), Z (-855932,54763 m ± 1,44 mm). d. Regional_3. X (-2200206,97449 m ± 2,26 mm), Y (5924895,45266 m ± 5,66 mm), Z (-855932,54709 m ± 1,38 mm).

						<p>e. Regional_4.  X (-2200206,97464 m ± 2,34 mm),  Y (5924895,45494 m ± 5,78 mm),  Z (-855932,54785 m ± 1,39 mm)</p> <p>f. Kombinasi_1.  X (-2200206,97039 m ± 26,05 mm),  Y (5924895,45474 m ± 26,13 mm),  Z (-855932,57574 m ± 191,11 mm).</p> <p>g. Kombinasi_2.  X (-2200206,97088 m ± 26,08 mm),  Y (5924895,45433 m ± 26,30 mm),  Z (-855932,55993 m ± 192,51 mm).</p> <p>Koordinat hasil pengolahan <i>project</i> global memiliki tingkat ketelitian yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan <i>project</i> lainnya. Koordinat hasil pengolahan <i>project</i> regional_1 menghasilkan koordinat dengan tingkat ketelitian yang lebih rendah jika dibandingkan dengan <i>project</i> lainnya. Oleh sebab itu, maka nilai koordinat stasiun aktif GMU1 pada bulan Juli tahun 2012 adalah koordinat pada <i>project</i> global.</p> <p>Hasil uji-t koordinat kartesian 3D <i>project</i> global terhadap penelitian sebelumnya dengan tingkat kepercayaan 95% menunjukkan secara statistik bahwa koordinat stasiun aktif GMU1 mengalami perubahan yang signifikan. Selisih pada komponen sumbu X sebesar 29,09 mm, sumbu Y sebesar 7,2 mm sedangkan</p>
--	--	--	--	--	--	---

Tabel 1 lanjutan

No	Judul Penelitian	Penulis	Tahun	Lokasi	Data Pengamatan	Titik Ikat yang Digunakan	Hasil Penelitian
							sumbu Z sebesar 9,12 mm. Pada pengolahan keseluruhan <i>project</i> , nilai kecepatan posisi yang dihasilkan tidak valid. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan posisi tersebut mempunyai nilai yang lebih besar daripada nilai simpangan bakunya. Pengolahan kecepatan posisi pada hitungan GAMIT menggunakan data <i>doy</i> pada 2 <i>epoch</i> yang berbeda. Oleh karena itu nilai kecepatan yang dihasilkan pada <i>project</i> ini kurang mencukupi untuk perhitungan kecepatan karena hanya menggunakan data <i>doy</i> pada 1 <i>epoch</i> saja. Skenario untuk pendefinisian stasiun aktif GMU1 adalah runtutan dari hasil pengolahan <i>project</i> global yang ditetapkan sebagai nilai koordinat stasiun aktif GMU1 tahun 2012 dengan kajian pengaruh titik ikat dalam pengolahan.
5.	Pengaruh Penggunaan Titik Ikat IGS untuk Penentuan Posisi <i>Offshore Platforms</i>	Hidayat Panuntun, Nurrohmat W. T. Aris S., Djawahir, Parseno	2012	Anjungan minyak lepas pantai, Malaysia	Data 6 stasiun MASS/MyRT K regional malaysia selama 5 hari (13 juni 2011 sampai dengan 16 juni 2011)	Menggunakan 7 titik ikat global (COCO, KUNM, BAN2, PIMO, DGAR, DARW, TOW2) dan 6 titik ikat regional (GET1, KUAL, CENE, BINI,	Dari analisis hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan titik ikat global menghasilkan koordinat dengan tingkat ketelitian yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan pengolahan dengan titik ikat regional, dan titik ikat kombinasi (global dan regional). Hasil pengolahan dengan menggunakan titik ikat regional menghasilkan koordinat dengan ketelitian yang paling rendah jikadibandingkan

Tabel 1 lanjutan

No	Judul Penelitian	Penulis	Tahun	Lokasi	Data Pengamatan	Titik Ikat yang Digunakan	Hasil Penelitian
						MIRI, LABI)	dengan menggunakan titik ikat global dan titik ikat kombinasi. Selain itu, dari hasil pengujian dengan menggunakan uji-T diperoleh kesimpulan bahwa secara statistik tidak terdapat perbedaan yang signifikan dari koordinat hasil pengolahan pada <i>project</i> global dengan <i>project</i> kombinasi. Nilai perbedaan koordinat yang signifikan terdapat pada kordinat hasil pengolahan <i>project</i> global dengan <i>project</i> regional dan <i>project</i> kombinasi dengan <i>project</i> regional.

Berdasarkan pada Tabel 1 dapat dikatakan bahwa perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terdapat pada lokasi penelitian, data yang digunakan, penggunaan titik ikat (jumlah dan stasiun) serta hasil yang diperoleh. Penelitian ini menekankan pada penggunaan titik ikat untuk pendefinisian koordinat titik ULP2 yang dibuat dalam tiga skenario pengolahan yang berbeda.

## 2.2 Titik Kontrol Geodetik

Titik kontrol geodetik adalah titik yang dimanifestasikan di lapangan dalam bentuk monumen. Koordinatnya ditentukan dengan metode pengukuran geodetik dan dinyatakan dalam suatu sistem referensi koordinat tertentu. Pengadaan suatu jaring titik kontrol harus menggunakan titik acuan yang ordenya lebih tinggi dimana jaring titik kontrol yang digunakan sebagai pengikat dispesifikasikan dalam SNI 19-6724 Tahun 2002 seperti Tabel 2.

Tabel 2. Kerangka referensi koordinat

	Orde Jaringan					
	00	0	1	2	3	4
Orde jaring referensi (minimal)	ITRF 2000	00	0	1	2	3
Jumlah minimum titik ikat yang dipakai	4	3	3	3	3	2

Ketelitian dalam pengadaan jaring titik kontrol ditentukan berdasarkan kelas jaringan (pengukuran) dan orde jaring referensi (pengikat) dan dispesifikasikan seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi ketelitian jaring titik kontrol

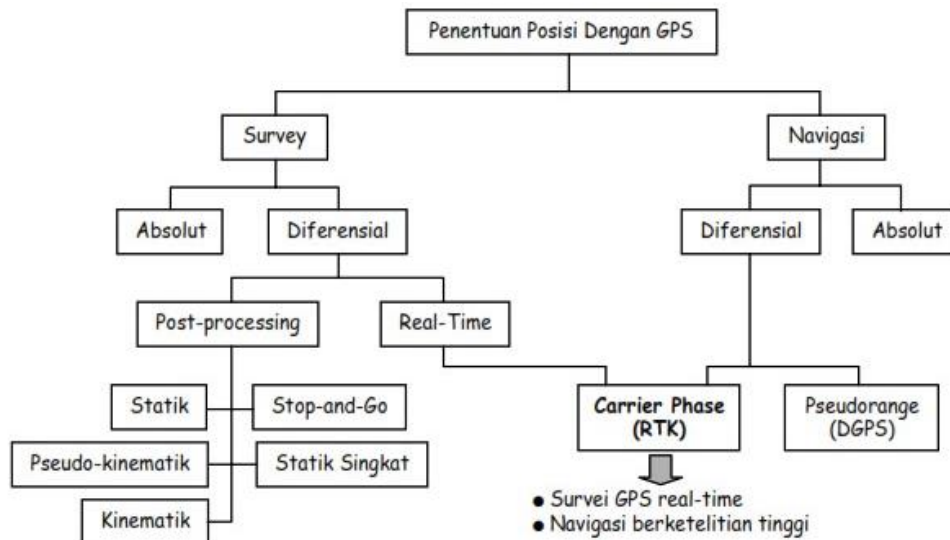
	Orde Jaringan					
	00	0	1	2	3	4
Kelas minimal jaringan (pengukuran)	3A	2A	A	B	C	D
Orde jaring referensi (minimal)	ITRF 2000	00	0	1	2	3

### **2.3 GNSS (*Global Navigation Satellite System*)**

Menurut Azmi (2012), GNSS (*Global Satellite Navigation System*) adalah suatu istilah yang digunakan untuk mencakup seluruh sistem satelit yang sudah beroperasi maupun sedang dalam perencanaan. Sistem satelit navigasi GPS (*Global Positioning System*) merupakan yang paling terkenal milik Amerika Serikat dan telah beroperasi penuh. GLONASS merupakan sistem satelit navigasi yang diluncurkan Rusia. Selain itu, Eropa juga mengembangkan sistem satelit navigasi GALILEO, Cina mengembangkan satelit COMPAS, India IRNSS (*Indian Regional Navigation Satellite System*) dan Jepang QZSS (*Quasi-Zenith Satellite System*). Teknologi GNSS dapat digunakan untuk berbagai macam aplikasi seperti penentuan posisi, survei dan pemetaan serta mendukung berbagai macam aplikasi penentuan posisi untuk ketelitian tinggi. Sistem CORS dapat digunakan untuk berbagai macam aplikasi berbasis GNSS seperti *Network RTK*, *differential positioning* maupun *post-processing GPS*.

### **2.4 Metode Penentuan Posisi GPS**

Konsep penentuan posisi dengan GPS merupakan pengikatan ke belakang dengan jarak secara simultan ke beberapa satelit yang telah diketahui koordinatnya. Posisi yang diberikan oleh GPS adalah posisi tiga dimensi, yaitu X,Y,Z atau L, B, dan h yang dinyatakan dalam datum WGS (*World Geodetic System*) 1984. Metode dan sistem penentuan posisi dengan GPS secara umum dapat ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Metode dan sistem penentuan posisi dengan GPS (Langley, 1998 dalam SNI 19-6724-2002).

Titik yang akan ditentukan posisinya dengan GPS dapat diam (*static*) atau bergerak (*kinematic*). Posisi titik dapat ditentukan menggunakan satu *receiver* GPS terhadap masa bumi yaitu dengan menggunakan metode absolut (*point positioning*) atau terhadap titik lainnya yang telah diketahui koordinatnya (*monitor positioning*) yaitu metode differensial (*relative positioning*) dengan menggunakan minimal dua *receiver* GPS.

#### 2.4.1 Metode penentuan posisi absolut

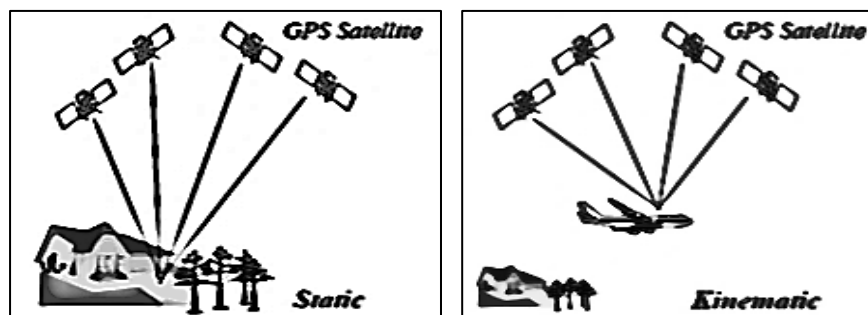
Metode penentuan posisi secara absolut adalah metode yang paling mendasar dari GPS. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penentuan posisi metode absolut, yaitu:

1. Penentuan posisi dapat dilakukan per titik tanpa bergantung pada titik lainnya (*point positioning*).
2. Posisinya ditentukan dalam sistem WGS-84 terhadap pusat massa bumi.



3. Prinsip penentuan posisi adalah reseksi (pengikatan ke belakang) dengan jarak ke beberapa satelit secara simultan.
4. Penentuan posisi hanya memerlukan satu *receiver* GPS. Tipe yang umum digunakan adalah tipe navigasi atau *hand held*.
5. Titik yang akan ditentukan posisinya dapat dalam keadaan diam (statik) atau bergerak (kinematik).
6. Biasanya menggunakan data *pseudorange*.
7. Ketelitian posisi yang diperoleh bergantung pada tingkat ketelitian data serta geometri satelit.
8. Metode ini diaplikasikan untuk keperluan navigasi atau aplikasi lain yang memerlukan informasi posisi yang tidak terlalu teliti tapi tersedia secara instan (*real time*).

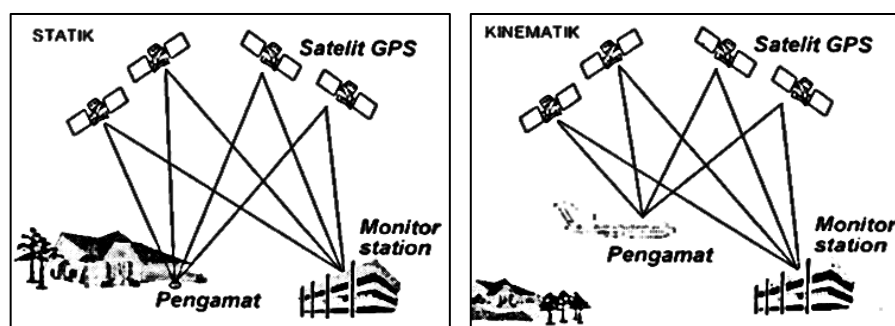
Terdapat 4 parameter yang harus ditentukan dalam penentuan posisi secara absolut pada suatu *epoch* menggunakan data *pseudorange* yaitu parameter koordinat X, Y, Z atau  $\phi, \lambda, h$  dan parameter kesalahan jam *receiver* GPS. Penentuan posisi secara absolut pada suatu *epoch* dengan menggunakan data *pseudorange* memerlukan pengamatan jarak minimal ke empat buah satelit.



Gambar 2. Metode penentuan posisi secara absolut (Abidin, 2000).

### 2.4.2 Metode penentuan posisi diferensial

Pada penentuan posisi metode diferensial, posisi suatu titik ditentukan relatif terhadap titik lainnya yang telah diketahui koordinatnya (*monitor station*). Penentuan posisi secara diferensial dapat diaplikasikan secara statik maupun kinematik menggunakan data *pseudorange* atau fase. Metode penentuan posisi tersebut dapat diilustrasikan seperti pada gambar berikut.



Gambar 3. Metode penentuan posisi diferensial (Abidin, 2000).

Metode penentuan posisi ini dapat mereduksi atau mengeliminasi beberapa jenis kesalahan dan bias data yaitu dengan mengurangi data yang diamati oleh dua *receiver* GPS pada waktu yang bersamaan. Efektivitas pada proses pengurangannya bergantung pada jarak antara *monitor station* dengan titik yang akan ditentukan posisinya. Semakin pendek jarak tersebut maka semakin efektif dampak pengurangan data dan sebaliknya. Selain itu, semakin banyak satelit yang digunakan (geometri satelit semakin baik) maka tingkat ketelitian posisi yang diperoleh juga akan semakin baik. Jenis-jenis kesalahan dan bias yang dapat serta tidak dapat dieliminasi atau direduksi dengan proses pengurangan data dapat dilihat dalam Tabel 4.

Tabel 4. Dampak proses pengurangan data

Kesalahan dan Bias	Dampak Pengurangan Data		
	Dapat dieliminasi	Dapat direduksi	Tidak dapat dieliminasi/direduksi
Jam satelit	✓	-	-
Jam <i>receiver</i>	✓	-	-
Orbit	-	✓	-
Ionosfer	-	✓	-
Troposfer	-	✓	-
<i>Multipath</i>	-	-	✓
<i>Noise</i>	-	-	✓
<i>Selective availability</i>	✓	✓	-

Sumber : Abidin, 2000

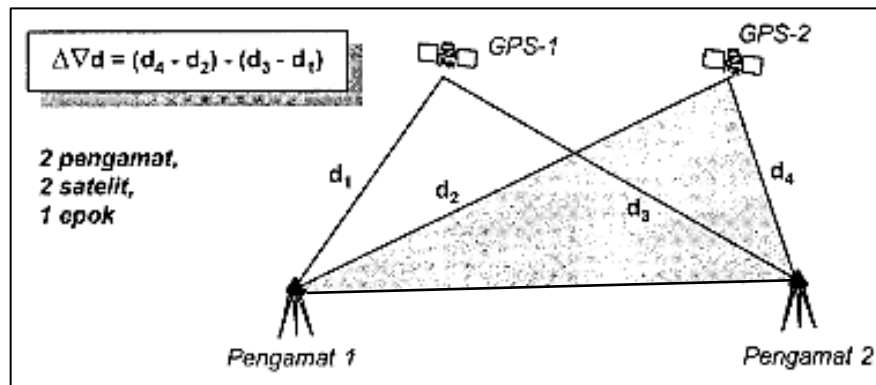
### 2.4.3 Metode penentuan posisi statik

Metode penentuan posisi statik adalah penentuan posisi dari titik-titik yang diam (statik). Penentuan posisi tersebut dapat dilakukan secara absolut maupun diferensial. Metode penentuan posisi secara statik dilakukan dengan waktu pengamatan yang relatif lama (beberapa jam) disetiap titiknya. Biasanya ukuran lebih pada suatu titik pengamatan yang diperoleh dengan metode ini lebih banyak. Hal ini menyebabkan keandalan dan ketelitian posisi yang diperoleh relatif lebih tinggi (dapat mencapai fraksi milimeter sampai centimeter). Metode statik sering digunakan untuk penentuan koordinat dari titik-titik kontrol untuk keperluan pemetaan atau pemantauan deformasi dan geodinamika.

### 2.5 Data Pengamatan *Double Differencing*

*Differencing* adalah proses pengurangan data. Data pengamatan dasar GPS adalah waktu tempuh ( $\Delta t$ ) dari kode P dan C/A serta fase (*carrier phase*) dari

gelombang pembawa L1 dan L2. Berdasarkan cara pengurangan data terdapat tiga jenis data *double differencing* (DD), yaitu pengamat satelit DD ( $\Delta\nabla$ ), satelit *epoch* ( $\nabla\delta$ ), dan pengamat *epoch* ( $\Delta\delta$ ) (Abidin, 2000). Data pengamatan pengamat satelit DD ( $\Delta\nabla$ ) secara geometrik dapat dilihat pada ilustrasi Gambar 4.



Gambar 4. Pengamat satelit *double difference*.

Karakteristik dari proses pengurangan data untuk membentuk data pengamat satelit DD ( $\Delta\nabla$ ) adalah:

1. Mengeliminasi kesalahan jam *receiver* dan satelit.
2. Mereduksi efek dari kesalahan orbit dan bias ionosfer data pengamatan (*baseline* yang tidak terlalu panjang).
3. Apabila kondisi meteorologis pada kedua titik relatif sama, maka efek bias troposfer akan terdeteksi.
4. Ambiguitas fase harus diestimasi.
5. Level *noise* meningkat 2 kali.
6. Data yang umum digunakan pada survei GPS.

Secara matematis data pengamat satelit (*pseudorange* dan fase) pada DD melibatkan dua pengamat (*i* dan *j*) serta dua satelit (*k* dan *l*) untuk suatu frekuensi

pada suatu *epoch*. Persamaan dalam bentuk sederhana dapat dituliskan seperti persamaan 1.1 dan 1.2.

$$\Delta \nabla P_{ij}^{kl} = \nabla \Delta \rho_{ij}^{kl} + \nabla \Delta \vartheta \rho_{ij}^{kl} \dots\dots\dots (1.1)$$

$$\Delta \nabla L_{ij}^{kl} = \nabla \Delta \rho_{ij}^{kl} + \lambda \nabla \Delta N_{ij}^{kl} + \nabla \Delta \vartheta C_{ij}^{kl} \dots\dots\dots (1.2)$$

Keterangan:

$\Delta \nabla$  : data pengamatan pengamat satelit

$P$  : pseudorange

$L$  : jarak fase

$\rho$  : jarak geometris antara satelit pengamat (x,y,x) dengan satelit (m)

$N$  : ambiguitas fase

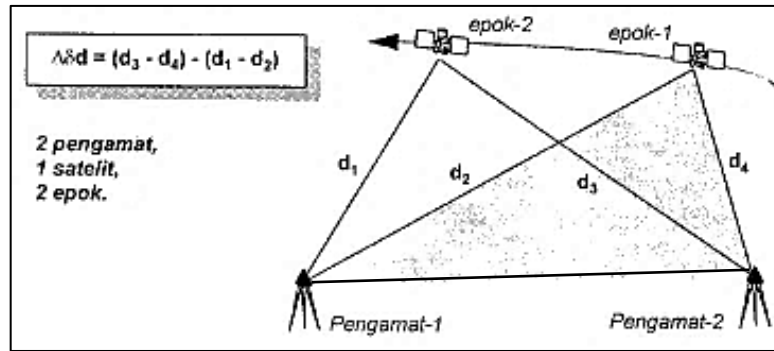
$i$  dan  $j$  : dua pengamat ( $i, j$ )

$k$  dan  $l$  : dua satelit ( $k, l$ )

$\vartheta \rho, \vartheta C$  : *noise* pada hasil pengamatan  $P_1$  dan  $L_2$

Pada persamaan diatas, untuk *baseline* yang relatif pendek (sekitar 20 km) sisa kesalahan orbit, bias ionosfer dan troposfer diasumsikan sudah cukup kecil sehingga dapat diabaikan. Asumsi bahwa lokasi titik dipilih dengan baik dan *receiver* yang digunakan sudah tepat sehingga efek *multipath* juga dapat diasumsikan kecil.

Data pengamatan pengamat *epoch* DD secara geometrik ( $\Delta \delta$ ) diilustrasikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengamat epoch double difference.

Karakteristik proses pengurangan data untuk membentuk data pengamat epoch DD, yaitu:

1. Mengeliminasi kesalahan jam satelit.
2. Mengeliminasi ambiguitas fase dari data pengamatan fase, dengan catatan tidak terjadi *cycle slips* antara kedua epoch.
3. Mereduksi efek kesalahan orbit dan bias ionosfer pada data pengamatan (*baseline* tidak terlalu panjang).
4. Apabila kondisi meteorologis pada kedua titik relatif sama, maka efek bias troposfer dapat tereduksi.
5. Level *noise* meningkat 2 kali
6. Data DD dapat digunakan untuk mengedit *cycle slips*.

Secara matematis, data pengamatan pengamat epoch DD melibatkan dua pengamat (*i* dan *j*), satu satelit (*k*) dan dua epoch ( $t_1$  dan  $t_2$ ) untuk satu frekuensi dapat dituliskan seperti persamaan 1.3 dan 1.4.

$$\Delta\delta P_{ij}^k(t_1, t_2) = \Delta P_{ij}^k(t_2) - \Delta P_{ij}^k(t_1) \dots\dots\dots (1.3)$$

$$\Delta\delta L_{ij}^k(t_1, t_2) = \Delta L_{ij}^k(t_2) - \Delta L_{ij}^k(t_1) \dots\dots\dots (1.4)$$

Keterangan:

$\Delta\delta$  : data pengamatan pengamat epoch

$P$  : pseudorange

$L$  : jarak fase

$k$  : satu satelit ( $k$ )

$i$  dan  $j$  : dua pengamat ( $i, j$ )

$t_1$  dan  $t_2$  : data pengamatan dua *epoch* ( $t_1, t_2$ )

Jika terjadi *cycle slips* antara kedua *epoch* , maka persamaan (1.4) akan menjadi seperti persamaan 1.5.

$$\Delta\delta L_{ij}^k(t_1, t_2) = \Delta\delta\rho_{ij}^k + \Delta\delta d\rho_{ij}^k + \Delta\delta dtrop_{ij}^k - \Delta\delta dion_{ij}^k + \Delta\delta dt_{ij}^k + \Delta\delta MC_{ij}^k - \lambda \cdot \Delta\delta N_{ij} + \Delta\delta\vartheta_{ij} \dots \dots \dots (1.5)$$

Keterangan:

$\Delta\delta$  : data pengamatan pengamat *epoch*

$P$  : pseudorange

$L$  : jarak fase

$\rho$  : jarak geometris antara satelit pengamat (x,y,x) dengan satelit (m)

$\vartheta$  : noise

$k$  : satu satelit ( $k$ )

$i$  dan  $j$  : dua pengamat ( $i, j$ )

$t_1$  dan  $t_2$  : data pengamatan dua *epoch* ( $t_1, t_2$ )

$MC$  : efek *multipath* hasil pengamatan

$d\rho$  : kesalahan jarak akibat kesalahan *ephemeris* (orbit)

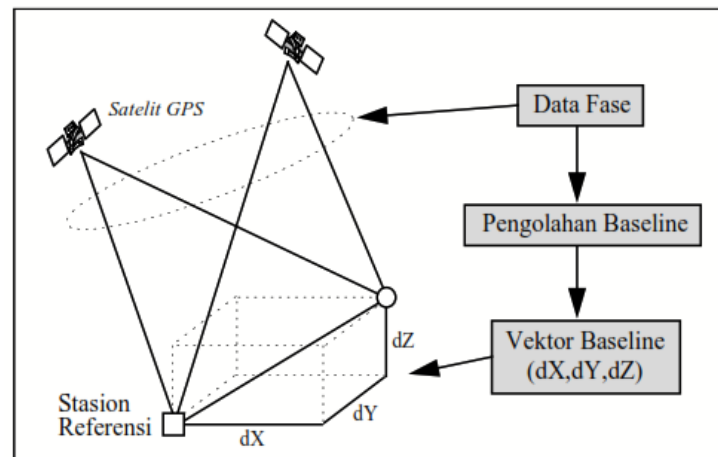
$dt$  : kesalahan dan *offset* dari jam *receiver* dan jam satelit

$dion$  : bias yang disebabkan oleh refraksi ionosfer (m)

$dtrop$  : bias yang disebabkan oleh refraksi troposfer (m)

## 2.6 Pengolahan *Baseline*

Pada dasarnya pengolahan dilakukan dengan tujuan untuk menghitung vektor *baseline* atau koordinat relatif ( $dX, dY, dZ$ ) menggunakan data fase sinyal GPS yang dikumpulkan pada dua titik ujung dari *baseline* yang bersangkutan. Pengolahan *baseline* dapat diilustrasikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengolahan data *baseline* GPS (SNI 19-6724-2002)

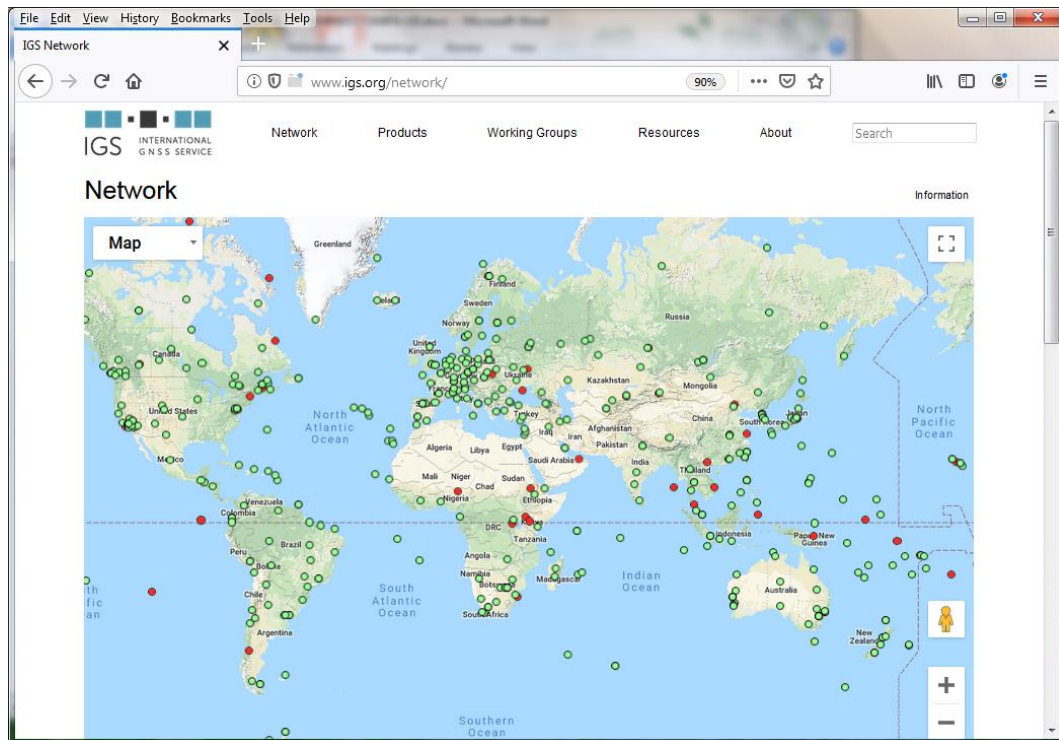
Pada survei GPS, umumnya pengolahan *baseline* dilakukan secara satu persatu (*single baseline*) dari *baseline* ke *baseline*. Pengolahan dimulai dari suatu titik tetap yang telah diketahui koordinatnya sehingga membentuk jaring yang tertutup. Selain itu, pengolahan *baseline* dapat dilakukan secara sesi per sesi pengamatan, dimana satu sesi terdiri dari beberapa *baseline* (*single session, multi baseline*). Data yang digunakan dalam pengestimasian vektor *baseline* adalah data fase *double difference* dan *data pseudorange*. Data *pseudorange* biasanya digunakan oleh perangkat lunak pengolah *baseline* sebagai data pembantu dalam menentukan koordinat pendekatan, sinkronisasi waktu kedua *receiver* GPS dan pendeteksian *cycle slips*.



Perangkat lunak yang digunakan dalam pengolahan *baseline* adalah *software* ilmiah dan *software* komersial. *Software* ilmiah biasanya digunakan untuk pengolahan data survei GPS yang menuntut ketelitian yang relatif tinggi dengan cakupan jaringan skala regional maupun global. *Software* komersial biasanya digunakan untuk keperluan pengadaan titik kontrol pemetaan. Pengoperasiannya relatif lebih mudah karena tidak banyaknya pilihan dalam strategi pemodelan dan pengestimasiian kesalahan dan bias. Menurut SNI 19-6724 (2002), perangkat lunak yang digunakan dalam pengolahan sebaiknya mampu menghitung besarnya bias troposfer, menghitung koreksi ionosfer untuk data GPS *single frekuensi* dan mampu memberikan solusi bebas ionosfer untuk data dua frekuensi.

## **2.7 International GNSS Service (IGS)**

IGS merupakan badan multi nasional yang menyediakan data GNSS, informasi *ephemeris* (orbit) serta data pendukung penelitian geodetik dan geofisik. IGS sebagai komponen dari *Global Geodetic Observation System* yang mengoperasikan jaringan global stasiun GNSS. ITRF direalisasikan oleh jaringan IGS permanen berupa stasiun-stasiun pengamatan GNSS yang ada di seluruh dunia dan beroperasi secara kontinu. Penggunaan stasiun IGS dalam pengukuran geodetik dapat memberikan posisi relatif yang sesuai dengan ITRF. Data IGS dapat diunduh secara gratis melalui <http://igsb.jpl.nasa.gov>. Persebaran stasiun IGS dapat dilihat melalui situs [www.igs.org/network](http://www.igs.org/network).

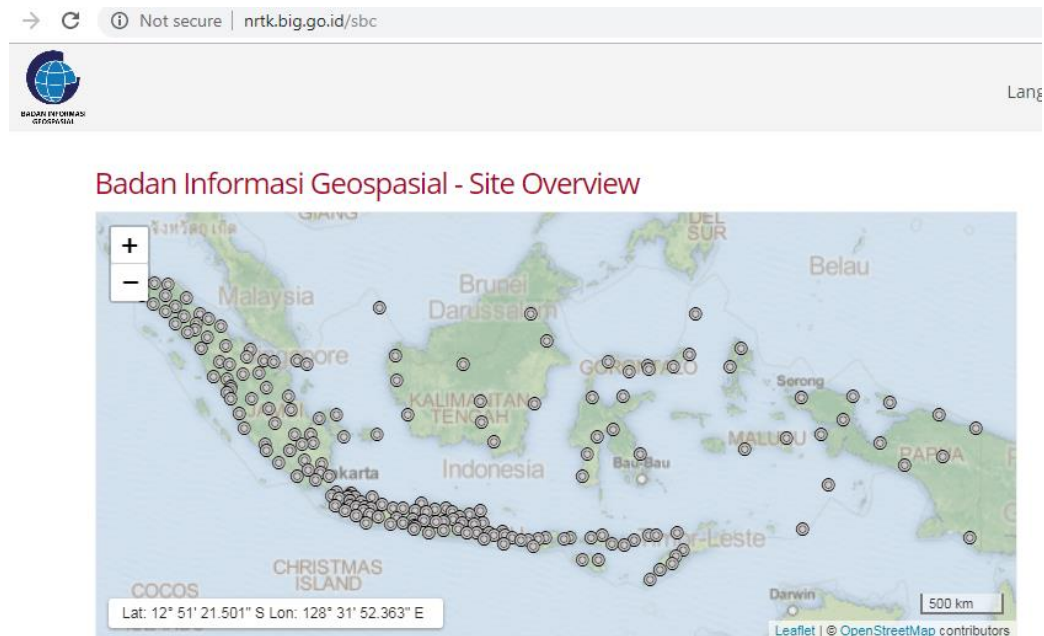


Gambar 7. Sebaran stasiun IGS.

## 2.8 *Continuously Operating Reference System* Badan Informasi Geospasial (CORS BIG)

CORS BIG adalah CORS yang dikelola oleh Badan Informasi Geospasial sebagai stasiun pengamatan geodetik tetap dan kontinu yang selanjutnya disebut Ina-CORS (BIG, 2018). Stasiun-stasiun tersebut tersebar di Indonesia sehingga membantu pemeliharaan Sistem Referensi Geospasial Indonesia (SRGI), kegiatan survei geodinamika dan deformasi, studi ionosfer dan meteorologi serta membantu berbagai macam kebutuhan terkait survei dan pemetaan lainnya. CORS BIG memberikan layanan data meliputi data RINEX, *post processing*, *real time kinematik* (RTK), *Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*

(NTRIP) dan deskripsi stasiun Ina-CORS yang dapat diakses melalui <http://nrtk.big.go.id> maupun email ke [info@big.go.id](mailto:info@big.go.id).

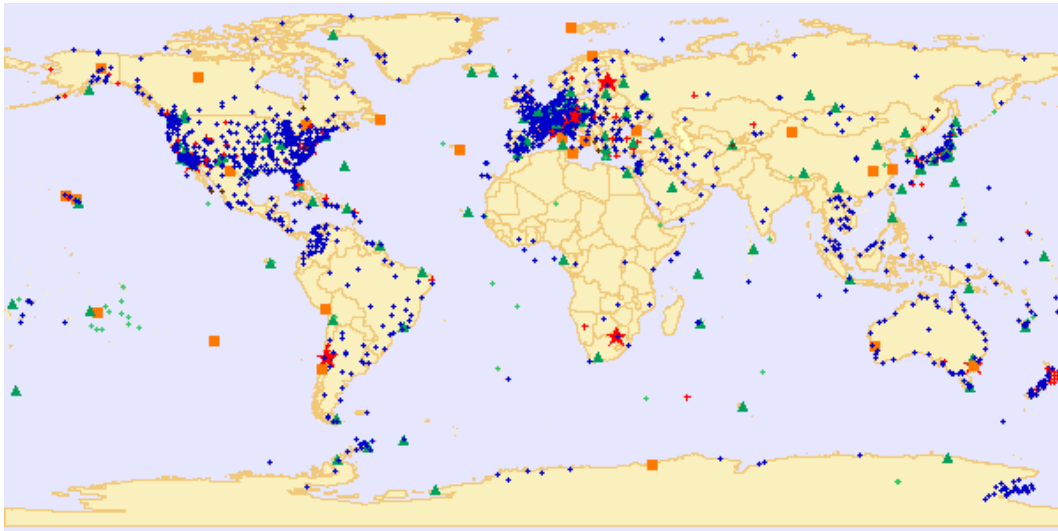


Gambar 8. Sebaran stasiun CORS BIG.

## 2.9 *International Terrestrial Reference Frame (ITRF)*

ITRF merupakan suatu kerangka koordinat global realisasi dari ITRS (*International Terrestrial Reference Station*). ITRF dipresentasikan dengan koordinat dan kecepatan yang didapatkan dari sejumlah titik yang tersebar diseluruh permukaan bumi. ITRF diamati menggunakan metode-metode pengamatan *Global Positioning System (GPS)*, *Very Long Baseline Interferometry (VLBI)*, *Lunar Laser Ranging (LLR)*, *Solar Laser Ranging (SLR)*, dan DORIS. Jaring kerangka ITRF dipublikasikan oleh IERS (*International Earth Orientation System*) setiap tahunnya dan diberi nama ITRF-yy, dimana yy menunjukkan tahun terakhir data yang digunakan untuk menentukan kerangka tersebut. Sebagai

contoh, ITRF94 menunjukkan kerangka koordinat yang dihitung pada tahun 1995 menggunakan semua data IERS sampai akhir tahun 1994. Nilai koordinat yang di dapat dari ITRF digunakan sebagai acuan untuk realisasi terbaru ITRF. Sebaran ITRF dapat dilihat dapat dilihat melalui situs [itrf.ensg.ign.fr](http://itrf.ensg.ign.fr).



Gambar 9. Sebaran ITRF metode pengamatan GPS, VLBI, LLR, SLR dan Doris.

## 2.10 Transformasi Datum

Datum merupakan sekumpulan parameter yang mendefinisikan suatu sistem koordinat dan posisinya dinyatakan terhadap permukaan bumi (Permatahati *et al*, 2012). Pada prinsipnya transformasi datum adalah pengamatan pada titik-titik yang sama (titik sekutu). Titik-titik tersebut memiliki koordinat dalam berbagai datum dan dari koordinat tersebut dapat diketahui hubungan matematis antara datum yang bersangkutan sehingga terdapat besaran-besaran yang dapat menggambarkan hubungan tersebut. Besaran-besaran tersebut disebut dengan parameter transformasi. Parameter datum yang digunakan dalam pendefinisian koordinat, serta kedudukan dan orientasinya dalam ruang di muka bumi, yaitu:

- a. Parameter utama, yaitu setengah sumbu panjang ellipsoid (a), setengah sumbu pendek (b), dan pengepengan ellipsoid (f).
- b. Parameter translasi, yaitu yang mendefinisikan koordinat titik pusat ellipsoid ( $X_0, Y_0, Z_0$ ) terhadap titik pusat bumi.
- c. Parameter rotasi, yaitu ( $\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z$ ) yang mendefinisikan arah sumbu-sumbu ( $X, Y, Z$ ) ellipsoid.

Model transformasi yang sering digunakan adalah model transformasi helmert 14-parameter. Transformasi tersebut digunakan untuk transformasi koordinat yang terikat dengan datum/kerangka referensi global pada waktu tertentu (t) ke koordinat dengan datum/kerangka referensi global yang berbeda pada waktu tertentu (t). Model transformasi ini mempertimbangkan dua faktor, yaitu datum (asal, orientasi dan skala) dan waktu ( Hassan *et al*, 2017). Secara matematis model transformasi 14-parameter untuk transformasi koordinat antar datum/kerangka referensi dapat dilihat pada persamaan 1.6.

$$X(t)_{xx} = T + ds.X(t_0)_{yy} + K \cdot X(t_0)_{yy} + X(t_0)_{yy} + [\bar{T} + \bar{ds}.X(t_0)_{yy} + K \cdot X(t_0)_{yy} + K \cdot X(t_0)_{yy} + \bar{X}(t_0)_{yy}] (t - t_{0x}) \dots \dots \dots (1.6)$$

Model matematis untuk transformasi koordinat dari *epoch* t ke *epoch*  $t_0$  dapat dilihat pada persamaan 1.28.

$$X(t) = X(t_0) + (t - t_0) (v(t_0)) \dots \dots \dots (1.7)$$

Dalam hal ini,

$X(t)_{xx}$  : vektor posisi kerangka referensi xx pada *epoch* t

$X(t)_{yy}$  : vektor posisi kerangka referensi yy pada *epoch* t

$X(t_0)_{yy}$  dan  $\bar{X}(t_0)_{yy}$  : vektor posisi dan kecepatan kerangka referensi yy pada *epoch* acuan  $t_0$

$t_{0x}$  : *epoch* acuan dari kerangka referensi xx

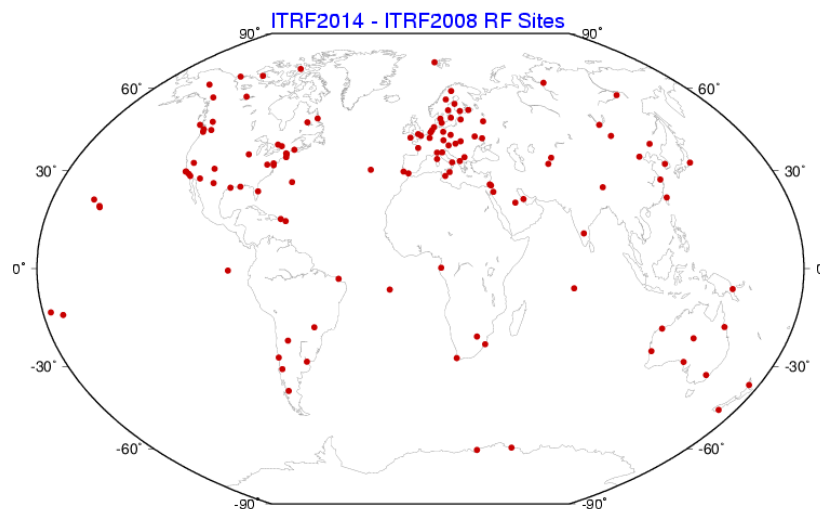
$T, ds, K, \bar{T}, ds, \bar{K}$  : 14 parameter transformasi antar kerangka referensi.

$X(t)$  : vektor posisi *epoch* t

$X(t_0)$  : vektor posisi *epoch*  $t_0$

$v(t_0)$  : vektor kecepatan

Proses transformasi antar datum dapat dilakukan menggunakan nilai-nilai parameter transformasi. Nilai-nilai tersebut diperoleh dari proses perhitungan menggunakan data pengamatan stasiun-stasiun ITRF. Distribusi stasiun yang digunakan dalam transformasi ITRF 2014 ke ITRF 2008 dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Stasiun yang digunakan untuk mengestimasi parameter transformasi antara ITRF 2014 dan ITRF 2008 ([http://itrf.ensg.ign.fr/ITRF\\_solutions/2014/tp\\_14-08.php](http://itrf.ensg.ign.fr/ITRF_solutions/2014/tp_14-08.php)).

Nilai parameter transformasi global antar ITRF dapat diperoleh melalui situs [http://itrf.ensg.ign.fr/trans\\_para.php](http://itrf.ensg.ign.fr/trans_para.php). Nilai parameter transformasi dari ITRF 2014 ke 2008 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Parameter transformasi dari ITRF 2014 ke ITRF 2008 *epoch* 2010.

<i>Parameter</i>	Parameter Transformasi						
	$T_X$ (mm)	$T_Y$ (mm)	$T_Z$ (mm)	D (ppb)	$R_X$ (,001'')	$R_Y$ (,001'')	$R_Z$ (,001'')
	1,6	1,9	2,4	-0,02	0,000	0,000	0,000
+/-	0,2	0,1	0,1	0,02	0,006	0,006	0,006
<i>Rates</i>	$T_X$ (mm)	$T_Y$ (mm)	$T_Z$ (mm)	D (ppb/y)	$R_X$ (,001''/y)	$R_Y$ (,001''/y)	$R_Z$ (,001''/y)
	0,0	0,0	-0,01	0,03	0,000	0,000	0,000
+/-	0,2	0,1	0,1	0,02	0,006	0,006	0,006

### 2.11 Translation, Editing and Quality Checking

TEQC merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk membantu pemrosesan data GNSS (Estey *et al*, 2014), seperti :

- a) *Translation* : pembacaan *file* penerima asli GNSS dan menerjemahkan data ke format lain.
- b) *Editing* : ekstraksi metadata, pengeditan atau koreksi metadata, *header* RINEX atau BINEX.
- c) *Quality and Checking* : pemeriksaan kualitas data GPS atau GLONASS (biner asli, BINEX, atau observasi)

Salah satu fungsi TEQC yang sering digunakan adalah untuk mengonversi format biner tertentu ke *file* RINEX observasi atau navigasi dan pengecekan kualitas data RINEX untuk mendapatkan informasi yang berkaitan dengan data observasi seperti waktu pengamatan, jumlah *epoch* dan nilai rata-rata *multipath* (MP1 dan MP2).

### 2.12 Perangkat Lunak GAMIT/GLOBK

GAMIT adalah *software* analisis data GPS yang komperhensif yang dikembangkan oleh MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) yang dapat menjalankan fungsi seperti menyiapkan data untuk diproses, melakukan perhitungan tiga dimensi dan orbit satelit. GLOBK (*Global Kalman Filter VLBI and GPS Analysis Program*) adalah pemfilter data untuk memperoleh koordinat rata-rata stasiun dengan mengkombinasikan hasil pengolahan harian dari pengamatan yang dilakukan lebih dari satu hari, melakukan perhitungan untuk mendapatkan estimasi koordinat stasiun dari data pengamatan harian atau tahunan untuk mendapatkan data *time series* dan memperoleh koordinat *repetabilities* untuk evaluasi tingkat ketelitian pengukuran harian. Perangkat lunak ini menggunakan metode *double difference* dan prinsip metode parameter berbobot dalam perhitungan data *pseudorange* dan *charrier phase*.

### 2.13 Perataan Jaring Pada GAMIT/GLOBK

Perataan jaring pada GAMIT/GLOBK menggunakan metode hitung perataan kuadrat terkecil parameter berbobot dan *double difference*. Metode *double difference* digunakan apabila terdapat dua *receiver* yang berada pada dua titik pengamatan, yaitu stasiun A yang mempunyai koordinat  $X_A, Y_A, Z_A$  dan B yang mempunyai koordinat  $X_B, Y_B, Z_B$ , kemudian *receiver* tersebut melakukan pengamatan terhadap dua satelit, yaitu u dan v (Palupi, 2015). Persamaan umum *double difference* yang dihasilkan adalah seperti persamaan 1.8 dan 1.9.

$$\rho_{A=}^u = \sqrt{[X^i(t) - X_A]^2 + [Y^i(t) - Y_A]^2 + [Z^i(t) - Z_A]^2} \dots\dots\dots (1.8)$$



$$\rho_{B=v}^v = \sqrt{[X^i(t) - X_B]^2 + [Y^i(t) - Y_B]^2 + [Z^i(t) - Z_B]^2} \dots\dots\dots(1.9)$$

Keterangan:

$\rho_A^u$  : jarak antara satelit u ke stasiun A (titik pengamatan)

$\rho_B^v$  : jarak antara satelit v ke stasiun B (titik pengamatan)

Stasiun A dianggap memiliki koordinat pendekatan yaitu  $X_A^o, Y_A^o, Z_A^o$  dan koreksi untuk stasiun ini adalah  $dX_A, dY_A, dZ_A$ , sehingga didapatkan persamaan seperti 1.10, 1.11, dan 1.12.

$$X_A = X_A^o + dX_A \dots\dots\dots(1.10)$$

$$Y_A = Y_A^o + dY_A \dots\dots\dots(1.11)$$

$$Z_A = Z_A^o + dZ_A \dots\dots\dots(1.12)$$

Keterangan:

$X_A, Y_A, Z_A$  : koordinat titik A

$X_A^o, Y_A^o, Z_A^o$  : koordinat pendekatan titik A

$dX_A, dY_A, dZ_A$  : koreksi posisi titik A

Kemudian persamaan 1.8 dan 1.9 dilinierisasi sehingga menghasilkan persamaan 1.13 dan 1.14.

$$\rho_A^u(t) = \rho_A^u + cx^u(t).dX_A + cy^u(t).dY_A + cz^u(t).dZ_A \dots\dots\dots(1.13)$$

$$\rho_B^v(t) = \rho_B^v + cx^v(t).dX_B + cy^v(t).dY_B + cz^v(t).dZ_B \dots\dots\dots(1.14)$$

Selanjutnya melakukan substitusi persamaan tersebut terhadap matriks residu sehingga menghasilkan persamaan *double difference* seperti persamaan 1.14.

$$\Delta \nabla L_{AB}^{uv}(t) + \Delta \nabla rC_{AB}^{uv}(t) = \Delta \nabla \rho_{AB}^{uv}(t) + \Delta cx^{uv}(t).dX_A + \Delta cy^{uv}(t).dX_y + \Delta cz^{uv}(t).dX_z - \lambda. \Delta \nabla_{AB}^{uv} \dots\dots\dots(1.15)$$

Keterangan:

$\Delta \nabla L_{AB}^{uv}$  : besaran *double difference*

- C : matriks desain *double difference*
- $\rho$  : matriks jarak antara satelit ke titik pengamatan
- $\lambda$  : panjang gelombang sinyal pembawa

Metode parameter berbobot yang digunakan seperti pada persamaan 1.16.

$$L'a = Xa \dots\dots\dots(1.16)$$

Matriks bobot seperti pada persamaan 1.17 dan matriks residu seperti pada persamaan 1.18.

$$P = \begin{bmatrix} P_1 & 0 \\ 0 & P_2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(1.17)$$

$$V = A X + L \dots\dots\dots( 1.18)$$

Keterangan:

- P : matriks bobot
- V : matriks residu
- A : matriks desain
- X : matriks parameter
- L : matriks sisa

Matriks A, X, dan L di dapat dengan persamaan 1.19, 1.10, dan 1.21

$$A = [\nabla c_{X_{AB}}^{uv}(t) \nabla c_{Y_{AB}}^{uv}(t) \nabla c_{Z_{AB}}^{uv}(t) - \lambda] \dots\dots\dots(1.19)$$

$$L = [\Delta \nabla L_{AB}^{uv}(t) - \Delta \nabla \rho_{AB}^{uv}(t)] \dots\dots\dots(1.20)$$

$$X = \begin{bmatrix} dX_A \\ dY_A \\ dZ_A \\ \Delta \nabla N_{AB} \end{bmatrix} \dots\dots\dots(1.21)$$

Evaluasi hasil pengolahan dengan GAMIT dilakukan dengan melakukan analisis menggunakan nilai *fract* dan *postfit nrms*. Nilai *fract* adalah perbandingan nilai *adjust* dan nilai *formal* sedangkan nilai *postfit nrms* adalah nilai perbandingan

antara nilai varian aposteriori dan varian apriori untuk nilai bobot. Berikut persamaan untuk nilai *fract* dan *postfit nrms*.

$$Fract = \frac{adjust}{formal} \dots\dots\dots (1.22)$$

Keterangan:

*Adjust* : nilai perataan masing-masing koordinat pendekatan

*Formal* : ketidakpastian pemberian bobot hitungan

Nilai *fract* digunakan untuk menganalisis kejanggalan yang ada pada nilai *adjust* karena efek *non-linear*.

$$Postfit nrms = \sqrt{\frac{\sum x^2}{(n-u)}} \text{ dan } x^2 = \frac{\text{varian aposteriori}}{\text{varian apriori}} \dots\dots\dots (1.23)$$

Keterangan:

n : jumlah ukuran

u : jumlah parameter

## 2.14 Uji Signifikansi Beda Dua Parameter

Uji signifikansi beda dua parameter digunakan untuk mengetahui signifikansi perbedaan dua parameter. Uji signifikansi dilakukan dengan membandingkan t hitungan dengan t tabel menggunakan distribusi *student* pada tingkat kepercayaan dan derajat kebebasan tertentu. Pada penelitian ini, uji signifikansi beda dua parameter digunakan untuk mengetahui signifikansi perbedaan koordinat yang dihasilkan dari penggunaan titik ikat skenario I (distribusi merata) dengan skenario II (jarak dekat kurang dari 1000 km). Skenario I (distribusi merata) dengan skenario III (di sekitar lokasi penelitian), dan skenario II (jarak dekat

kurang dari 1000 km) dengan skenario III (di sekitar lokasi penelitian). Perhitungan uji signifikansi perbedaan dilakukan menggunakan persamaan 1.24 dan 1.25 (Widjajanti, 2010 dalam Ulinuha, 2014).

$$t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\sigma_{x1}^2 + \sigma_{x2}^2}} \dots\dots\dots(1.24)$$

Dengan penerimaan untuk hipotesis nol (H0)

$$t \leq t_{\sigma/2,df} \dots\dots\dots(1.25)$$

Dalam hal ini,

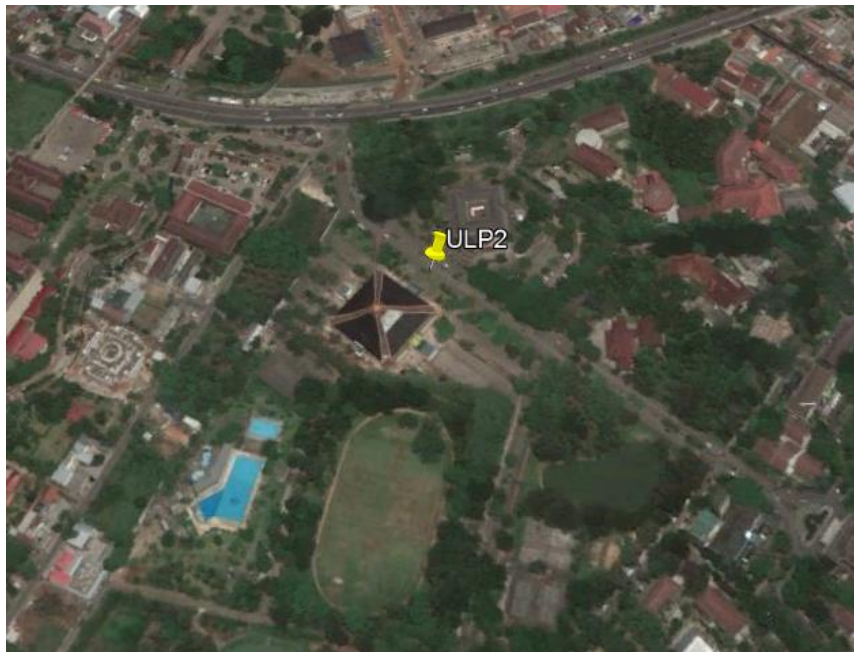
- t : Nilai t-hitungan
- $\bar{x}_1$  : parameter pertama
- $\bar{x}_2$  : parameter kedua
- $\sigma_{x1}^2$  : varians parameter pertama
- $\sigma_{x2}^2$  : varians parameter kedua
- df : derajat kebebasan

Hipotesis nol (Ho) diterima jika sesuai dengan persamaan 1.25, yaitu apabila nilai t hitung  $\leq$  t tabel. Penerimaan Ho mengindikasikan bahwa dua parameter tidak memiliki perbedaan secara signifikan. Hipotesis nol (Ho) ditolak apabila t hitung  $\geq$  t tabel. Hal tersebut mengindikasikan bahwa dua parameter berbeda secara signifikan.

### III. METODE PENELITIAN

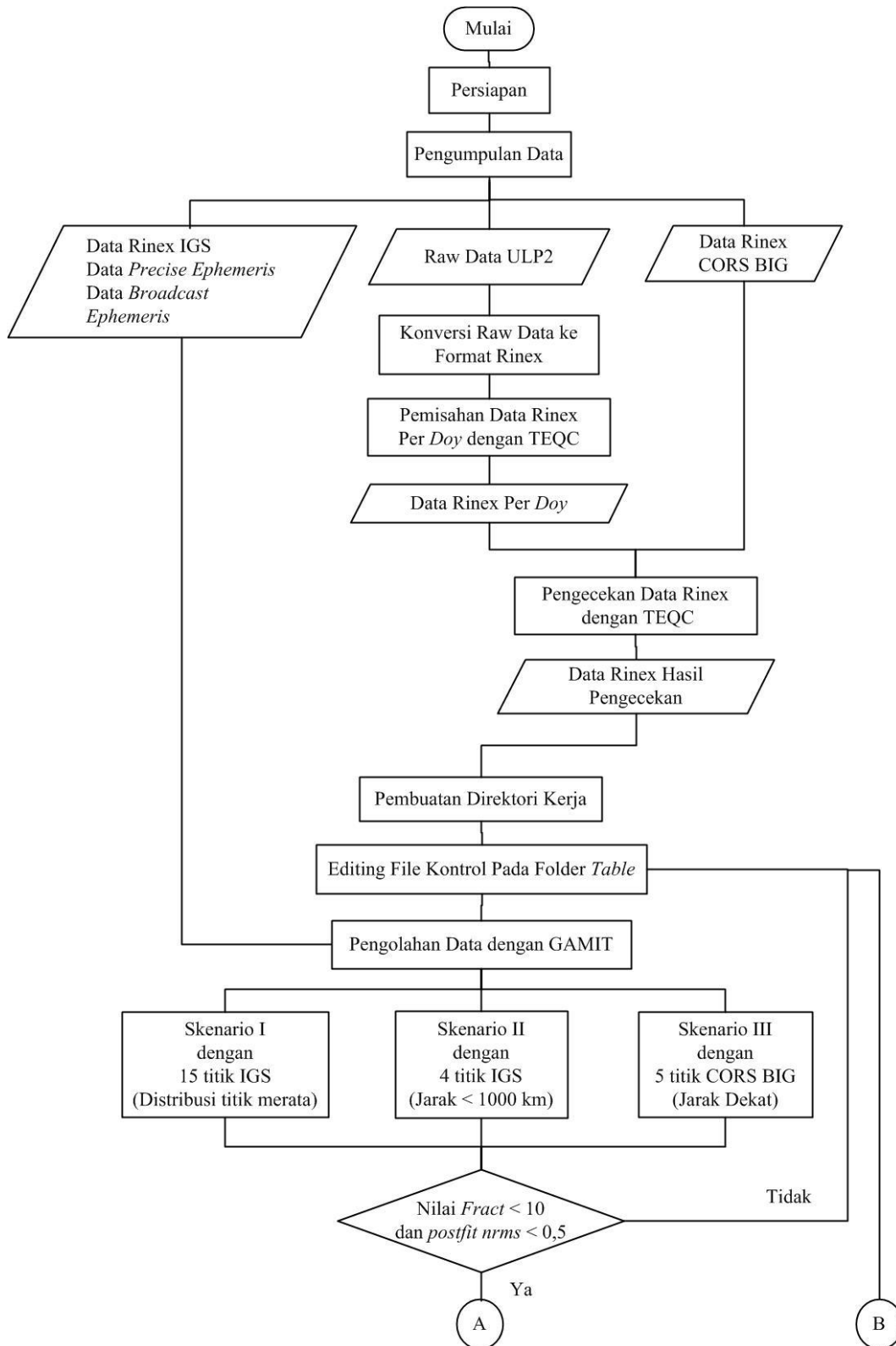
#### 3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di titik ULP2 Universitas Lampung yang berlokasi di Jl. Prof. Dr. Sumatri Brojonegoro No. 1, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung.

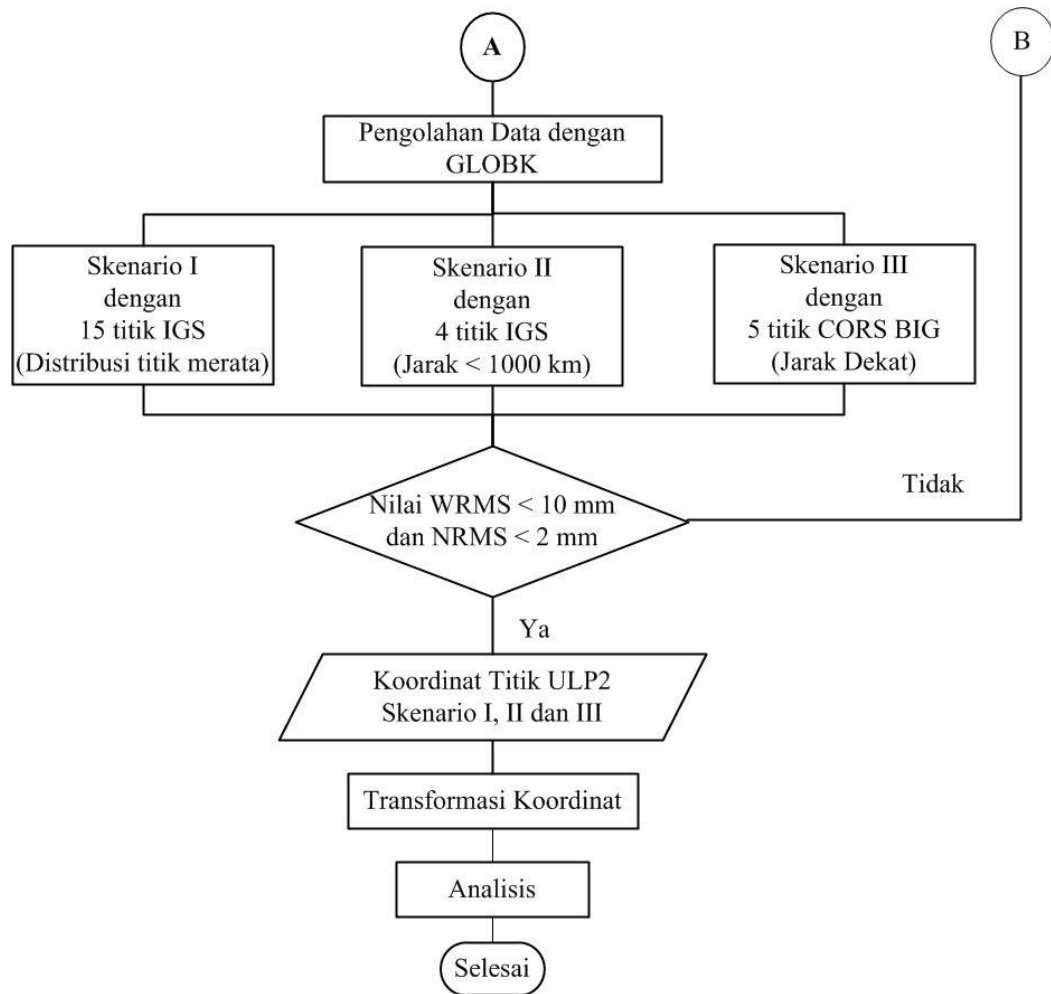


Gambar 11. Lokasi penelitian (modifikasi *google earth*).

### 3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 12. Diagram alir penelitian.



Gambar 12 lanjutan

### 3.3 Persiapan Penelitian

Tahap persiapan dilakukan agar kegiatan penelitian dapat berjalan dengan lancar.

Tahap persiapan yang dilakukan adalah sebagai berikut.

#### 3.3.1 Persiapan studi literatur

Tahap ini dilakukan untuk mendapatkan referensi serta teori-teori yang berkaitan dengan penelitian. Studi literatur yang digunakan sebagai referensi berisi tentang metode pengambilan data survei GNSS, pendefinisian koordinat, penggunaan titik

ikat dan pengolahan data menggunakan *software* GAMIT. Referensi tersebut diambil dari buku, jurnal penelitian dan artikel dari internet.

### **3.3.2 Persiapan administrasi**

Persiapan administrasi dilakukan agar kegiatan pengambilan data berjalan dengan lancar dan legal. Persiapan administrasi dilakukan dengan membuat surat perizinan. Adapun surat perizinan tersebut adalah perizinan untuk pengambilan data GNSS di Universitas Lampung, peminjaman alat dan permohonan data CORS BIG.

### **3.3.3 Persiapan alat dan bahan penelitian**

Persiapan alat dan bahan dilakukan untuk menunjang kegiatan penelitian. Peralatan yang digunakan terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak.

- a. Perangkat keras yang digunakan adalah:
  1. *Receiver* Hemisphere versi S321 dengan spesifikasi dua frekuensi, multi-GNSS (GPS, GLONNAS, Galileo, BeiDou, SBAS).
  2. *Receiver* Hi-Target versi V30 dengan spesifikasi dua frekuensi, multi-GNSS (GPS, GLONNAS, BeiDou, SBAS).
  3. Komputer HP dengan spesifikasi processor Intel Core i3, RAM 4,00 GB Sistem operasi linux 64-bit.
  4. Laptop ASUS A455L dengan spesifikasi processor Intel(R) Core(TM) i3-4030U CPU 1.90 GHz, RAM 2.00GB, sistem operasi windows 64-bit.
  5. Statif
  6. Triba



7. Meteran 10 m
  8. Akumulator
  9. Kamera
- b. Perangkat Lunak yang digunakan adalah :
1. Sistem Operasi Linux Ubuntu 16.04.
  2. Perangkat lunak TEQC
  3. Perangkat lunak GAMIT/GLOBK versi 10.7
  4. *Software RINEXDesktop*
  5. *Software Hi-Target Geomatics Office*
  6. *Microsoft Office Word 2010.*
  7. *Microsoft Office Excel 2010.*
  8. *Microsoft Office Visio 2010.*

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Data RINEX titik ULP2 *doy* 303, 304, 305, dan 306.
2. Data RINEX stasiun CORS BIG, yaitu CBJY, CGON, CKRI, CPRI dan CWJP *doy* 303, 304, 305, dan 306.
3. Data RINEX stasiun IGS, yaitu BAKO, COCO, CUSV, DARW, GUUG, HKSL, HKWS, HYDE, IISC, KARR, KAT1, LHAZ, JOG2, NTUS POHN, XMIS, YAR3 *doy* 303, 304, 305, dan 306.
4. Data *precise ephemeris* (orbit IGS Final) berformat sp3.
5. Data *broadcast ephemeris* (navigasi satelit).

### 3.4 Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian adalah data pengamatan titik ULP2 dan data pengamatan titik ikat.

#### 3.4.1 Data pengamatan titik ULP2

Data pengamatan titik ULP2 diperoleh melalui survei GNSS secara statik selama 4 hari. Pengambilan data pengamatan dimulai pada tanggal 30 Oktober 2018 sampai dengan 03 November 2018 pukul 11.00 WIB. Pengamatan dilakukan selama 96 jam dimana 48 jam menggunakan alat Hemisphere dan 48 jam menggunakan alat Hi-Target. Perekaman data menggunakan *sampling rate* 15 detik dengan *mask angle* sebesar 10 derajat.

#### 3.4.2 Data pengamatan titik ikat

Data pendukung merupakan data sekunder yang diperoleh dengan cara mengumpulkan dari instansi penyedia data atau dengan cara mengunduh dari situs penyedia data. Data pendukung yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Data RINEX dari 15 stasiun IGS beserta data *precise ephemeris* dan *broadcast ephemeris*. diunduh secara *online* menggunakan *software* GAMIT. GAMIT melakukan pengunduhan data tersebut melalui situs <http://sopac.ucsd.edu> (*Scripps Orbit and Permanent Array Center*) atau <http://cddis.nasa.gov> (*Crustal Dynamics Data Information System*). Data RINEX hasil unduhan tersimpan di dalam folder RINEX. Data *precise ephemeris* tersimpan di dalam folder igs dan data *broadcast ephemeris* tersimpan di dalam folder brdc. Data RINEX diperoleh dari stasiun IGS yang

masih aktif dengan ketersediaan data yang lengkap untuk *doy* 303, 304, 305, dan 306.



Gambar 13. Distribusi 15 stasiun IGS.

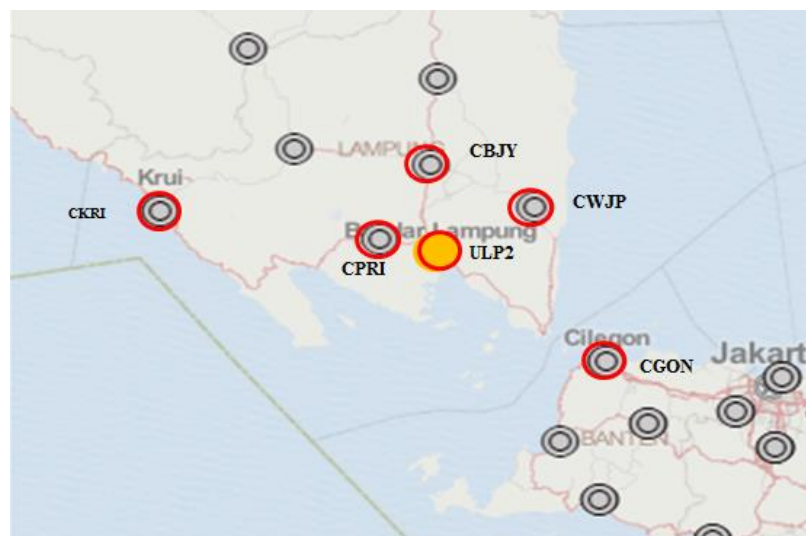
Pemilihan 15 stasiun IGS tersebut dengan memperhatikan sebaran titik ikat yang tersebar di empat kuadran tanpa memperhatikan jarak. Stasiun yang digunakan, yaitu BAKO, COCO, CUSV, DARW, GUUG, HKSL, HKWS, HYDE, IISC, KARR, KATI, LHAZ, POHN, XMIS, dan YAR3.

2. Pemilihan stasiun IGS dengan jarak kurang dari 1000 km menggunakan 4 stasiun, yaitu BAKO, JOG2, NTUS, dan XMIS



Gambar 14. Stasiun IGS dengan memperhatikan jarak.

3. Data RINEX stasiun CORS BIG diperoleh dari Badan Informasi Geospasial dengan *doy* yang sama dengan data pengamatan titik ULP2 (303, 304, 305, dan 306). Stasiun yang digunakan adalah stasiun yang jaraknya dekat dengan lokasi penelitian, yaitu CBJY, CGON, CKRI, CPRI, dan CWJP.



Gambar 15. Stasiun CORS BIG jarak dekat.

### 3.5 Konversi Raw Data Pengamatan ULP2

Data hasil pengamatan titik ULP2 yang diperoleh dari *receiver* Hemisphere dan *receiver* Hi-Target masih berupa raw data dengan format .bin dan .gnss. Raw data tersebut perlu dikonversi ke dalam format RINEX (*Receiver Independent Exchange Format*). RINEX merupakan format pertukaran data yang memungkinkan dilakukannya pengelolaan data, baik secara *post processing* maupun secara *offline* di berbagai *software* pengolahan. Raw data dikonversi ke dalam format RINEX versi 2.11, dimana versi tersebut adalah versi yang dapat terbaca oleh *software* TEQC. Konversi raw data titik ULP2 ke dalam format RINEX dilakukan menggunakan 2 *software*, yaitu RINEXDesktop dan *Hi-Target Geomatics Office* (HGO). *Software* RINEXDesktop digunakan untuk mengkonversi data dari *receiver* Hemisphere sedangkan *software* HGO digunakan untuk mengkonversi data dari *receiver* Hi-Target.

### 3.6 Pemisahan Data Per *DOY* dengan TEQC

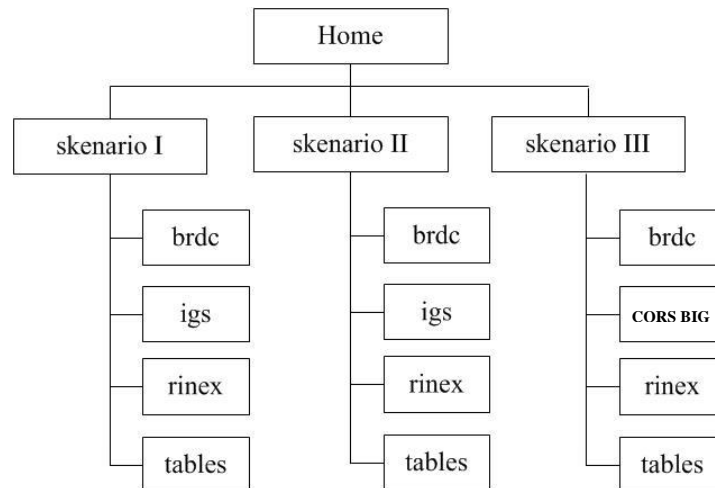
Pemisahan data bertujuan untuk membagi keseluruhan data pengamatan menjadi beberapa *doy*. *Doy* adalah istilah yang umum digunakan dalam penamaan data pengamatan sesuai tanggal pengamatan menurut kalender GPS. Penentuan *doy* pengamatan dapat dilihat dari tanggal dimulainya pengamatan. Pada penelitian ini, pengamatan GNSS dimulai pada tanggal 30 November sampai dengan 03 November 2018 sehingga penamaan *doy* yang sesuai dengan kalender GPS adalah 303, 304, 305, dan 306.

### 3.7 Pengecekan Data RINEX dengan TEQC

Pengecekan data RINEX dengan TEQC bertujuan untuk mengetahui informasi data RINEX seperti tipe *receiver* dan tipe *antenna*, waktu pengamatan, interval observasi serta informasi lain yang berkaitan dengan data pengamatan. Selain itu, pengecekan data RINEX dilakukan untuk mengetahui kualitas data RINEX dengan melihat nilai *multipath* (MP1 dan MP2). Kualitas data RINEX dapat dikatakan baik apabila memiliki nilai *multipath* yang kecil yaitu kurang dari 0,5. *File* yang digunakan dalam pengecekan data RINEX adalah *file* observasi. Pengecekan dilakukan pada data RINEX ULP2 dan CORS BIG *doy* 303, 304, 305, dan 306.

### 3.8 Pembuatan Direktori Kerja

Penelitian ini memiliki tiga skenario pengolahan sehingga tiga direktori kerja diperlukan untuk menyimpan data pengolahan masing-masing skenario. Direktori kerja dibuat di dalam direktori *home* dan direktori kerja tersebut diberi nama skr1 (skenario I) untuk pengolahan dengan distribusi titik ikat yang merata menggunakan 15 stasiun IGS, skr2 (skenario II) untuk pengolahan dengan memperhatikan jarak (kurang dari 1000 km) menggunakan 4 stasiun IGS dan skr3 (skenario III) untuk pengolahan dengan memperhatikan jarak dekat (titik ikat disekitar lokasi penelitian) menggunakan 5 stasiun CORS BIG. Susunan direktori kerja tersebut dapat dilihat pada gambar 16.



Gambar 16. Susunan direktori kerja.

Masing-masing direktori kerja berisi beberapa folder, yaitu:

- a. Folder *brdc* digunakan sebagai tempat penyimpanan *file* navigasi satelit (*broadcast ephemeris*) hasil unduhan yang sesuai dengan *doy* pengamatan dengan format *file* [ddd]0.[yy]n. *File* *brdc* yang diperoleh sesuai dengan *doy* data pengamatan yang digunakan dalam penelitian, yaitu *brdc3030.18.n*, *brdc3040.18.n*, *brdc3050.18.n*, dan *brdc3060.18.n*. *File* tersebut diunduh secara *online* pada tahap *automatic batch processing* GAMIT
- b. Folder *igs* digunakan sebagai tempat penyimpanan data orbit IGS Final dengan format \*.*sp3*. *File* *.sp3* yang digunakan adalah *igs20252.sp3*, *igs20253.sp3*, *igs20254.sp3*, dan *igs20255.sp3* dimana 2025 menunjukkan orbit final *gps week*. Penambahan 2, 3, 4, 5 menunjukkan hari pengamatan, yaitu mulai dari hari rabu sampai dengan sabtu. *File* tersebut diunduh secara *online* pada tahap *automatic batch processing* GAMIT.
- c. Folder RINEX digunakan sebagai tempat untuk menyimpan RINEX data pengamatan sesuai dengan skenario yang dibuat. Skenario I (*skr1*)

menggunakan data RINEX titik ULP2 dan 15 stasiun IGS *doy doy* 303, 304, 305, dan 306. Skenario II (skr2) menggunakan *file* RINEX titik ULP2 dan 4 stasiun IGS. Skenario III (skr3) menggunakan *file* RINEX titik ULP2 dan 5 stasiun CORS BIG. *File* RINEX stasiun IGS diunduh secara *online* pada tahap *automatic batch processing* GAMIT.

- d. Folder *tables*, folder tersebut berisi *file-file* kontrol yang berkaitan dengan proses pengolahan, seperti memasukkan nama-nama stasiun yang akan digunakan, mengatur pengunduhan *doy* data pendukung, memberikan koordinat pendekatan stasiun pengamatan dan memberikan nilai bobot. Folder tersebut dibuat secara otomatis oleh GAMIT menggunakan *command*.

### 3.9 Editing File Kontrol Pada Folder Tables

Tahap ini dilakukan pada *file-file* tertentu yang berada di dalam folder *tables* dan *editing file* dilakukan pada :

- a. *File process.default*, *file* ini berisi perintah yang berkaitan dengan waktu pengambilan data pengamatan. Pada proses *automatic batch processing* (pengolahan data dengan GAMIT) secara *online* data RINEX dari stasiun-stasiun IGS akan terunduh secara otomatis, untuk menghindari pengunduhan data yang tidak diperlukan sehingga perlu dilakukan penyuntingan agar hanya data dengan *doy* yang sama yang terunduh. *Editing* dilakukan dengan mengubah set  $rx\_doy\_minus = 1$  menjadi 0 yang artinya GAMIT hanya akan mengunduh data RINEX yang sesuai dengan *doy* pengamatan yang



diinputkan. Penelitian ini menggunakan *doy* 303, 304, 305, 306 sehingga GAMIT tidak akan mengunduh data RINEX pada *doy* sebelumnya (*doy* 302).

- b. *File site.default, editing file* tersebut perlu dilakukan agar stasiun-stasiun pengamatan yang diolah sesuai dengan skenario pengolahan yang digunakan. *Editing* dilakukan dengan menginput nama-nama stasiun pengamatan global dan stasiun pengamatan lainnya yang digunakan. Masing-masing skenario pengolahan menginputkan nama stasiun pengamatan, memberikan nama *project* pengolahan dan memberikan opsi pengambilan data. Penginputan nama stasiun mengikuti format [site] [expt] [opsi1]. Berikut ini merupakan nama-nama stasiun pengamatan, nama *project* dan opsi yang digunakan pada ketiga skenario.

1. Skenario I

Nama-nama stasiun yang di *input* pada skenario ini adalah BAKO, COCO, CUSV, DARW, GUUG, HKSL, HKWS, HYDE, IISC, KARR, KAT1, LHAZ, POHN, XMIS, YAR3, dan ULP2. *Project* yang digunakan untuk pemanggilan data *input* tersebut adalah expo. Opsi yang digunakan untuk stasiun pengamatan global (IGS) adalah ftprnx dan untuk titik ULP2 menggunakan opsi localrx. Opsi ftprnx digunakan untuk melakukan pengunduhan data RINEX secara *online* sedangkan opsi localrx digunakan untuk data pengamatan yang telah memiliki data RINEX di dalam folder RINEX local.

2. Skenario II

Nama-nama stasiun yang di *input* pada skenario ini adalah BAKO, JOG2, NTUS, XMIS, dan ULP2. Skenario ini menggunakan *project*

expo untuk pemanggilan data yang diinput. Opsi yang digunakan adalah *ftprnx* untuk stasiun pengamatan global (IGS) dan *localrx* untuk titik ULP2.

### 3. Skenario III

Nama-nama stasiun yang di *input* pada skenario ini adalah CBJY, CGON, CKRI, CPRI, CWJP, dan ULP2. Skenario ini menggunakan *project expo* untuk pemanggilan data yang diinput dan opsi *localrx* karena data RINEX untuk stasiun-stasiun yang digunakan ada di dalam folder lokal.

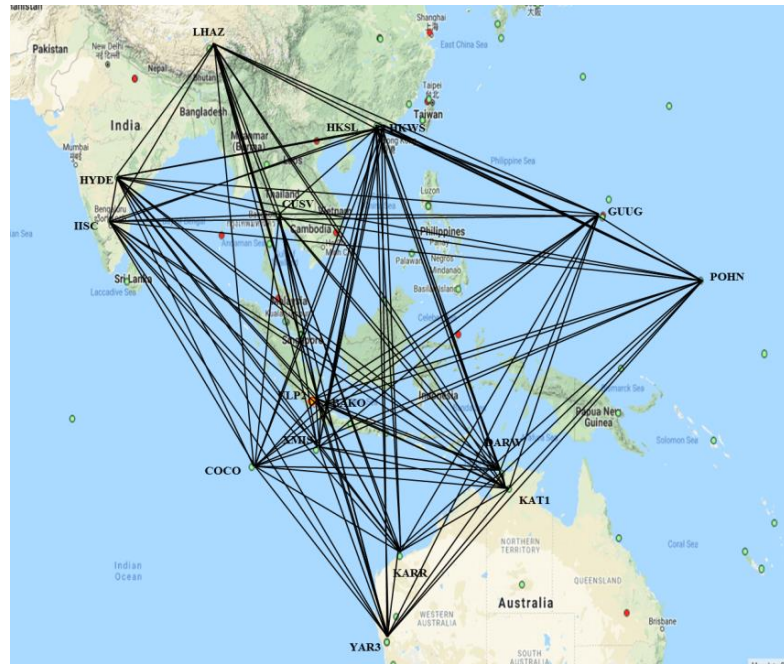
- c. *File lfile, editing* pada *file* ini dilakukan dengan tujuan supaya koordinat pendekatan dari stasiun pengamatan lokal dapat terbaca pada proses pengolahan data menggunakan GAMIT karena pada dasarnya *lfile* hanya berisi koordinat pendekatan dari stasiun pengamatan global. *Editing* dilakukan dengan memberikan nilai koordinat pendekatan titik pengamatan yang didapatkan dari data RINEX yang terdapat didalam direktori lokal ke *lfile*. Pada penelitian ini, koordinat pendekatan yang diinput pada *lfile* adalah koordinat pendekatan yang sesuai dengan masing-masing skenario, dimana pada skenario I koordinat pendekatan yang diinput ke dalam *lfile* adalah koordinat pendekatan dari titik ULP2, skenario II menginput koordinat pendekatan dari titik ULP2 dan pada skenario III menginput koordinat pendekatan dari titik ULP2 dan CORS BIG.
- d. *File sittbl, file* ini berisi nilai *constraint* dari semua stasiun pengamatan global sedangkan penelitian ini tidak menggunakan semua stasiun pengamatan global yang ada sehingga *editing* perlu dilakukan agar stasiun pengamatan

yang terdapat didalam *file* kontrol ini sesuai dengan skenario pengolahan yang digunakan. Nilai *constraint* untuk stasiun pengamatan global atau titik ikat adalah 00.50 (asumsi stasiun stabil sehingga diberi bobot besar) dan titik ULP2 diberi nilai *constraint* 99.00 yang berarti bahwa koordinat tersebut di *adjust* dengan nilai *constraint* yang besar/bobot kecil (asumsi untuk stasiun pengamatan titik ULP2 tidak stabil).

### **3.10 Pengolahan Data dengan GAMIT**

Proses pengolahan data menggunakan GAMIT adalah proses pengolahan data secara otomatis (*Automatic batch processing*) setelah *input* RINEX dan *editing file* selesai dilakukan. Proses ini akan melakukan beberapa hal, seperti mengunduh data RINEX IGS beserta data *precise ephemeris* dan *broadcast ephemeris* secara *online*, mendapatkan matriks varian kovarian serta menghasilkan beberapa *file* pendukung untuk proses pengolahan menggunakan GLOBK. Terdapat tiga skenario pengolahan pada proses ini, yaitu:

1. Skenario 1 adalah pengolahan dengan memperhatikan distribusi titik ikat tanpa memperhatikan jarak. Dalam hal ini, skenario I menggunakan 15 titik ikat dari stasiun IGS yang terdistribusi secara merata di empat kuadran.



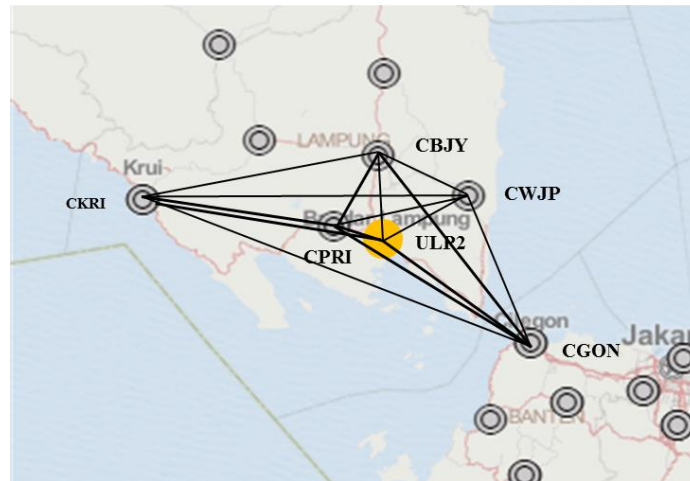
Gambar 17. Visualisasi skenario I.

2. Skenario II adalah pengolahan titik ikat dengan memperhatikan jarak (kurang dari 1000 km). Skenario ini menggunakan 4 titik ikat dari stasiun IGS dan terdistribusi secara tidak merata.



Gambar 18. Visualisasi skenario II.

3. Skenario III adalah pengolahan titik ikat dengan jarak dekat (titik ikat berada disekitar lokasi penelitian) yaitu menggunakan 5 titik dari stasiun CORS BIG.



Gambar 19. Visualisasi skenario III.

Perintah yang digunakan untuk menjalankan proses *Automatic batch processing* adalah.

```
sh_gamit-expt [expt] -s yyyy d1 d2 -pres ELEV -orbit IGSF
```

Keterangan:

- [expt] : nama *project* yang digunakan dalam skenario pengolahan  
(ditentukan pada saat *editing file site.default*)
- s : digunakan apabila pengolahan dilakukan lebih dari satu hari
- yyyy : tahun data pengamatan yang diolah
- d1 : *doy* awal data pengamatan yang diolah
- d2 : *doy* akhir data pengamatan yang diolah
- pres : opsi untuk *plot* residu sebagai *sky plot*
- ELEV : opsi untuk *plot* residu dan *phase elevation*
- IGSF : opsi untuk menggunakan orbit IGS final

Pada pengolahan data menggunakan GAMIT, terdapat beberapa proses yang berjalan secara berurutan, yaitu:

- a. ARC, digunakan untuk menghasilkan *T-File*. *File* ini berisi tabel *ephemeris* yang di dapat dari IGS dalam format *file* sp3, proses ini dapat dilewati jika *T-File* sudah diciptakan oleh sh\_sp3fit..
- b. YAWTAB, digunakan untuk pembuatan tabel nilai YAW tiap satelit pada setiap *epoch* sebagai *input* pada *T-File*.
- c. MODEL, digunakan untuk menghitung *Prefit Residual* dan *Partial Derivatives* pengamatan yang terdapat pada *X-File* kemudian *file* ini dikonversi menjadi *C-File*. *C-File* yang telah dikoreksi menghasilkan data dengan format c<expt>a.<doy>.
- d. AUTCLN, digunakan untuk membaca *C-File* yang selanjutnya digunakan untuk mencari *Cycle Slips, Double Difference Residual*.
- e. CFMRG, digunakan untuk membaca *C-File* kemudian memilih dan mendefinisikan parameter yang akan dilakukan perataan.
- f. SOLVE, digunakan untuk memberikan hitungan perataan kuadrat terkecil pada koorinat stasiun pengamatan dan parameter-parameter orbit, melakukan *update M-File* dengan parameter hasil perataan. Format data yang dihasilkan adalah m<expt>p.<doy>. Selain itu, proses ini juga membuat *L-File* seri a (l<expt>a.<doy>) dan *Q-File* seri p (q<expt>p.<doy>).
- g. MODEL, digunakan untuk menghitung ulang *Prefit Residual* dan *Prefit Partial* pada *X-File* menggunakan koordinat yang telah diupdate dan membuat ulang *C-File* dengan seri b.

- h. AUTCLN, digunakan untuk membersihkan data dengan menggunakan residual dari koordinat yang telah diupdate kemudian menulis ulang *C-File* seri b.
- i. CFMRG, digunakan untuk membuat *M-File* baru seri a dari *C-File* seri b dengan format data m<expt>a.<doy> dan c<expt>b.<doy>.
- j. sh\_sigelv, perintah ini digunakan untuk membuat data *noise* ke dalam *N-File*.
- k. SOLVE, digunakan untuk menghitung ulang koordinat dan parameter orbit dengan hitung perataan kuadrat terkecil serta menghitung ulang ambiguitas fase. Hasil dari proses SOLVE ini adalah penulisan ulang *M-File*, *L-File* seri a dan *G-File* seri b. *Q-File* hasil dari proses SOLVE terakhir memuat semua solusi hasil pengolahan GAMIT dengan format q<expt>a.<doy>.

Pengolahan menggunakan GAMIT menghasilkan beberapa *file* yang tersimpan di dalam folder *doy* (303, 304,305, 306). *File-file* tersebut, yaitu:

1. *H-file* : *file* yang berisi hasil perataan berupa matriks varian kovarian yang akan digunakan sebagai *input* pada pengolahan menggunakan GLOBK.
2. *Q-file* : *file* yang berisi hasil analisis proses pengolahan.
3. *B-file* adalah *file* kontrol yang digunakan untuk melakukan *automatic batch processing*.
4. *D-file* : *file* yang berisi banyaknya sesi setiap project seperti jumlah *receiver* tiap sesi, jam titik pengamatan pada *t-file*, jam satelit pada *j-file*, koordinat pada *l-file* dan urutan sesi.
5. *G-file* : *file* yang berisi kondisi awal dari orbit satelit.

6. *J-file* : *file* yang berisi informasi mengenai jam satelit.
7. *K-file* : *file* berisi *broadcast ephemeris* dan *pseudoranges* selama rentang waktu pengamatan.
8. *T-file* : *file* yang berisi tabel *ephemeris*.
9. *X-file* : *file input* untuk observasi yang memuat gelombang L1, L2, *pseudoranges*, amplitudo, inisial koordinat stasiun pengamatan, *antenna offset* serta identifikasi satelit di setiap *receiver*.

### 3.11 Evaluasi Nilai *Fract* dan *Postfit Nrms*

*File* hasil analisis pengolahan menggunakan GAMIT terdapat di dalam *qfile*. *Qfile* memuat nilai *fract* dan *postfit nrms* masing-masing *doy* (303, 304, 305 306). Analisis hasil pengolahan dengan GAMIT digunakan untuk mengetahui kualitas data hasil hitungan. Nilai *fract* merupakan perbandingan dari nilai *adjust* dan nilai *formal* yang besarnya harus kurang dari 10. Nilai *postfit nrms* yang baik dan bebas dari *cycle slip* adalah  $< 0,5$  (Herring, 2015). Selain itu, analisis hasil pengolahan menggunakan GAMIT juga dilakukan terhadap *file sh\_gamit\_(ddd).summary* dimana *file* tersebut memuat nilai presentase ambiguitas fase *Wide-Lane* (WL) dan *Narrow-Lane* (NL) serta informasi lain berupa nilai *constraint* apabila  $> 0,3$  m, maka pengulangan proses *Automatic Batch Processing* GAMIT perlu dilakukan.



### 3.12 Pengolahan Data dengan GLOBK

Pengolahan dengan GLOBK dilakukan untuk mendapatkan koordinat definitif titik ULP2. Proses ini dapat dilakukan setelah hasil analisis pengolahan dengan GAMIT diterima. Data masukan yang digunakan proses pengolahan menggunakan GLOBK adalah matriks kovarian dari koordinat stasiun, parameter orbit, parameter rotasi bumi dan koordinat hasil pengamatan (Palupi, 2015). Hasil pengolahan dengan GAMIT yang tersimpan di dalam *h-file*. *H-file* yang digunakan adalah *h-file* hasil GAMIT dan *h-file* global. *File* tersebut akan terpanggil secara otomatis pada proses GLRED. Tahap pengolahan menggunakan GLOBK adalah sebagai berikut.

1. *Editing file .cmd*

*Editing* pada *file .cmd* bertujuan untuk memberikan opsi-opsi yang diperlukan untuk *output* pengolahan seperti informasi panjang *baseline* dan koordinat UTM. *Editing file globk\_cmd* dilakukan dengan menambah opsi BLEN dan UTM pada baris *command prt\_opt* dan *org\_opt*. Opsi BLEN digunakan untuk mendapatkan informasi mengenai panjang *baseline* dan opsi UTM digunakan untuk mendapatkan output koordinat UTM.

*Editing file glorg.cmd* dilakukan dengan menambah opsi x pada baris *command source~/gg/tables/igs14\_comb.stab\_site* yang berarti bahwa *command* tersebut tidak digunakan. *Editing* tersebut dilakukan karena skenario pengolahan tidak menggunakan semua stasiun IGS sehingga harus disesuaikan dengan skenario pengolahan. Penyesuaian dilakukan dengan menambah *command stab\_site* pada baris selanjutnya yang diikuti dengan nama-nama stasiun IGS sesuai skenario pengolahan.

## 2. Perhitungan posisi dengan GLRED

Proses pengolahan data menggunakan GLRED berfungsi untuk melakukan perhitungan posisi masing-masing hari menggunakan *input* matriks varian kovarian masing-masing *doy* yang terdapat di dalam *file* *h*. Proses ini membaca data dari satu hari pada suatu waktu untuk menghasilkan deret waktu tertentu. Proses tersebut dapat dijalankan menggunakan perintah `sh_glred -expt [expt] -s yyyy d1 d2 -opt H G T`.

Keterangan:

- [expt] : nama eksperimen yang digunakan dalam *project* (ditentukan pada saat *editing file site.default*)
- s : Opsi untuk pengolahan yang dilakukan lebih dari satu hari
- yyyy : Tahun data pengamatan yang diolah
- d1 : *Doy* awal data pengamatan yang diolah
- d2 : *Doy* akhir data pengamatan yang diolah
- H : Konversi *file-file* ASCII yang dihasilkan dari GAMIT ke *file-H* binner sebagai masukan ke GLOBK menggunakan `htoglb`.
- G : Opsi untuk menjalankan `glred` untuk kombinasi atau pengulangan
- T : Membaca *output file* solusi dari GLOBK dan *plot* seri waktu.

Pengolahan menggunakan GLRED menghasilkan koordinat posisi harian dan rata-rata harian tiap stasiun pengamatan beserta nilai simpangan baku. *File* tersebut berada dalam folder `gsoln` dengan format nama *file* `globk_[nama project]_yydd.org`.

### 3.13 Evaluasi Data *Outlier*

Hasil pengolahan menggunakan GLOBK dilakukan evaluasi menggunakan nilai *wrms* (*weight root mean square*) dan *nrms* (*normalized root mean square*) pada hasil keluaran *plot time series*. Evaluasi ini bertujuan untuk melihat data *outliers* hasil pengamatan. *Outliers* adalah data yang menyimpang jauh dengan data lainnya. *Outliers* terjadi karena terdapat data yang memiliki jumlah lebih sedikit daripada data lainnya sehingga mempengaruhi kualitas pengolahan. Nilai *plot time series* dapat dikatakan baik jika nilai *wrms* < 10 mm dan *nrms* < 2 mm (Herring, *et al.* 2018). *Wrms* digunakan untuk menunjukkan kepresisian data dengan nilai rata-rata pengamatan sedangkan *nrms* merupakan nilai *rms* dibagi dengan selisih antara nilai maksimal dan minimal data. Jika hasil *plotting time series* memiliki nilai *wrms* dan *nrms* yang melebihi (tidak baik), maka dilakukan pengolahan ulang pada GAMIT dengan menghilangkan data yang mengandung *outliers*. Hasil *plot time series* tersebut dapat dilihat dalam folder *plots* pada *file* dengan ekstensi MEAN.(nama stasiun).unl.orbit.res.ps.

Koordinat definitif titik ULP2 diperoleh setelah melewati proses evaluasi pengolahan dengan GLOBK. Koordinat definitif adalah nilai-nilai koordinat kerangka horizontal yang telah diberikan koreksi, sehingga hasil pengukurannya telah memenuhi persyaratan geometris (Pd T-10-2004-A). Koordinat definitif dan nilai simpangan baku yang dihasilkan dari tiga skenario pengolahan yaitu berupa koordinat harian (*per doy*) dengan *doy* 303, 304, 305, dan 306 dan koordinat rata-rata harian (gabungan dari masing-masing hari). Koordinat definitif hasil pengolahan tersipan di dalam folder *gsoln* masing-masing skenario dengan nama

*file* globk\_expo \_18303.org, globk\_expo \_18304.org, globk\_expo \_18305, globk\_expo \_18306.org, dan globk\_expo \_18303\_306.org

### **3.14 Transformasi Koordinat**

Transformasi koordinat dilakukan untuk mendapatkan koordinat titik ULP2 yang mengacu kepada Sistem Referensi Geospasial Indonesia (SRGI), yaitu menggunakan ITRF 2008 *epoch* 2012. Koordinat yang akan ditransformasi merupakan koordinat kartesian hasil perhitungan menggunakan ITRF 2014 *epoch* 2010. Perhitungan transformasi koordinat dilakukan menggunakan 14 parameter transformasi dari ITRF 2014 *epoch* 2010 ke ITRF 2008 *epoch* 2010. Parameter transformasi diperoleh melalui situs [http://itrf.ensg.ign.fr/trans\\_para.php](http://itrf.ensg.ign.fr/trans_para.php). Tahapan yang dilakukan dalam transformasi koordinat, yaitu:

1. Melakukan transformasi koordinat dari ITRF 2014 *epoch* 2010 ke ITRF 2008 *epoch* 2010 menggunakan model transformasi helmert 14 parameter dengan persamaan 1.27. Hasil transformasi tersebut adalah ITRF 2008 *epoch* 2010 sehingga perlu dilakukan transformasi antar *epoch*.
2. Melakukan transformasi antar *epoch* dari *epoch* 2010 ke *epoch* 2012 menggunakan aplikasi transformasi koordinat antar *epoch* yang terdapat pada situs [srgi.big.go.id](http://srgi.big.go.id).

### 3.15 Analisis Hasil Koordinat

Pada penelitian ini, analisis dilakukan terhadap tiga skenario pengolahan untuk mengetahui signifikansi perbedaan koordinat yang dihasilkan. Berikut ini tahapan dalam analisis perbedaan koordinat.

#### 1. Menghitung perbedaan koordinat

Koordinat yang dihasilkan dari tiga skenario pengolahan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai perbedaan koordinat. Koordinat yang digunakan adalah koordinat kartesian rata-rata harian pada sumbu X, Y, dan Z. Berdasarkan hasil penyelisihan masing-masing skenario, maka skenario yang menghasilkan koordinat dengan paling optimal dapat diketahui dilihat dari nilai perbedaan koordinat yang kecil. Berikut model matematik yang digunakan dalam perhitungan:

$$dX = X_{SK1} - X_{SK2}$$

$$dY = Y_{SK1} - Y_{SK2}$$

$$dZ = Z_{SK1} - Z_{SK2}$$

Dalam hal ini,

dX : perbedaan atau selisih koordinat kartesian sumbu X

dY : perbedaan atau selisih koordinat kartesian sumbu Y

dZ : perbedaan atau selisih koordinat kartesian sumbu Z

sk1 : skenario pertama

sk2 : skenario kedua

#### 3. Uji signifikansi beda dua parameter

Pada penelitian ini, pengujian dilakukan untuk melihat signifikansi perbedaan koordinat dari dua parameter secara statistik. Uji signifikansi beda dua

parameter dilakukan menggunakan distribusi *t student* dengan tingkat kepercayaan 95% dan derajat kebebasan  $\infty$ . Perhitungan uji *t* dilakukan dengan cara menghitung beda dua parameter dibagi akar kuadrat dari masing-masing nilai simpangan bakunya. Dalam hal ini, uji *t* dilakukan untuk menguji perbedaan koordinat pada penggunaan titik ikat skenario I dengan skenario II, skenario I dengan skenario III, dan skenario II dengan skenario III. Berikut model matematik yang digunakan dalam perhitungan:

- 1) Uji signifikansi beda dua parameter sumbu X

$$t = \frac{|X_{sk1} - X_{sk2}|}{\sqrt{\sigma_{X_{sk1}}^2 + \sigma_{X_{sk2}}^2}}$$

- 2) Uji signifikansi beda dua parameter sumbu Y

$$t = \frac{|Y_{sk1} - Y_{sk2}|}{\sqrt{\sigma_{Y_{sk1}}^2 + \sigma_{Y_{sk2}}^2}}$$

- 3) Uji signifikansi beda dua parameter sumbu Z

$$t = \frac{|Z_{sk1} - Z_{sk2}|}{\sqrt{\sigma_{Z_{sk1}}^2 + \sigma_{Z_{sk2}}^2}}$$

Dalam hal ini,

*t* : nilai *t* hitung

*X* : koordinat kartesian sumbu X

*Y* : koordinat kartesian sumbu Y

*Z* : koordinat kartesian sumbu Z

sk1 : skenario pertama

sk2 : skenario kedua

$\sigma^2$  : varians

## DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_\_\_. 2018. *Format penulisan karya ilmiah universitas lampung*. Bandar Lampung
- \_\_\_\_\_. 2018. *Inacors big satu referensi pemetaan indonesia*. Badan Informasi Geospasial.
- \_\_\_\_\_. *ITRF transformtion parameters from itrif 2014 to itrif 2008*. [http://itrif.ensg.ign.fr/trans\\_para.php](http://itrif.ensg.ign.fr/trans_para.php). Di akses pada 20 Oktober 2019.
- \_\_\_\_\_. *ITRF solutions 2014*. [http://itrif.ensg.ign.fr/ITRF\\_solutions/2014/tp\\_14-08.php](http://itrif.ensg.ign.fr/ITRF_solutions/2014/tp_14-08.php). Di akses pada 27 Oktober 2019.
- \_\_\_\_\_. 2002. *Jaring kontrol horisontal*. Badan Standarisasi Nasional.
- Abidin, H. Z. 2002. *Penentuan posisi dengan gps dan aplikasinya*. Pradnya Paramita : Jakarta.
- Abidin, H. Z. 2016. *Survei dengan gps dan aplikasinya*. ITB Press : Bandung
- Aditya, F.H., Yuwono, B.D., dan Sasmito, B. 2015. Analisis geometri jaring pada pengukuran gps untuk pengadaan titik kontrol orde-2. *Jurnal Geodesi Undip*. 4(2): 267-276.
- Artini, S.R. 2014. Penentuan koordinat stasiun gnss cors gm1 dengan kombinasi titik ikat gps global dan regional. *Jurnal Teknik Sipil*. 10(1): 37-4.
- Artini, S.R. 2014. Penggunaan titik ikat gps regional dalam pendefinisian stasiun aktif gm1 yang diikatkan terhadap itrif 2008, *Jurnal Teknik Sipil*, 10(2): 124-131.
- Artini, S.R. 2014. Pedefinisian stasiun aktif gm1 tahun 2012 dengan titik ikat gps regional dan global. *Tesis Universitas Gadjah Mada*. Diakses pada 24 Oktober 2019.

- Azmi, M. 2012. Sistem cors (*continuously operating reference station*) di indonesia dan di beberapa negara. *Artikel*. <http://digital.itb.ac.id>. Diakses pada 13 Maret 2019.
- Estey, Lou and Stuart Wier. 2014. *Teqc Tutorial : Basic of Teqc Use and Teqc Products*. <https://www.unavco.org>. Diakses pada 22 Februari 2019.
- Handoko, E. W., dan Abidin, H. Z. 2018. Analisis transformasi datum dari datum indonesia 1974 ke datum geodesi nasional 1995. *INA-Rxiv Papers*. 1-9.
- Hapsari, W., Yuwono, B.D., Amarrohman, F.J. 2016. Penentuan posisi stasiun gnss cors undip *epoch* 2015 dan *epoch* 2016 berdasarkan stasiun igs dan CORS BIG menggunakan perangkat lunak gamit 10.6. *Jurnal Geodesi Undip*. 5(4): 243-253.
- Hassan, W. Tarek., El-Tokhey, M., Fath-Allah, T. F., Ragheb, A. E. 2017. *Assessment of diffeent approaches of dynamic/static datum transformation in egypt using different plate motion models*. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)* 7(2): 152-159.
- Herring, T.A., King, R.W., Floyd, M. A., McClusky, S.C. 2006. *Introdustion to gamit/globk*. Departemen of Earth, Atmospheric, and Planetary Science, Massachusetts Institute of Technology.
- Herring, T.A., King, R.W., Floyd, M. A., McClusky, S.C. 2018. *Introdustion to gamit/globk*. Departemen of Earth, Atmospheric, and Planetary Science, Massachusetts Institute of Technology.
- Keputusan Menteri Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2004. Pd T-10-2004-A pengukuran dan pemetaan terestris sungai. *Artikel*. [sni.litbang.pu.go.id](http://sni.litbang.pu.go.id). diakses pada 16 September 2019.
- Laksana, I., Yuwono, B.D., Awaluddin, M. 2014. Penentuan posisi stasiun gnss cors undip pada tahun 2013 dan 2014 menggunakan software gamit. *Jurnal Geodesi Undip*. 3(4)193-201
- Palupi, F. J. 2015. Evaluasi ketelitian koordinat hasil pengamatan gnss stasiun tgd dan sgy pada pemantauan sesar opak dengan titik ikat global dan lokal. *Jurnal Uviversitas Gadjah Mada*. 1-25.
- Panuntun, H., Widjayanti, N., Sunantyo, T. A., Djawahir., Parseno. 2012. Pengaruh penggunaan titik ikat gps untuk penentuan posisi *offshore platform*. *Prosiding Universitas Gadjah Mada*. 1-301.



- Permatahati, D.A., Kahar, S., dan Sabri, M.L. 2012. Transformasi Koordinat pada Peta Lingkungan Laut Nasional dari Datum ID74 Ke WGS84 untuk Keperluan Penentuan Batas Wilayah Laut Provinsi Jawa Tengah dan Jawa Barat. *Jurnal Geodesi Undip* 1(1):1-10.
- Purba, E. S., Yuwono, B. D., Sabri, L. M. 2013. Penentuan koordinat definitif *epoch* 2013 stasiun cors geodesi undip dengan menggunakan perangkat lunak gamit 10.04. *Jurnal Geodesi Undip* 2(4): 85-106.
- Rahadi, M. E., Awaluddin, M., Sabri, L. M. 2013. Analisis ketelitian pengukuran *baseline* panjang gnss dengan menggunakan perangkat lunak gamit 10.4 dan topcon tools v.7. *Jurnal Geodesi Undip* 2(4):194-209.
- Ramadhony, A.B., Awaludin, M., Bandi S. 2017. Analisis pengukuran bidang tanah dengan menggunakan gps pemetaan. *Jurnal Geodesi Undip*. 6(4): 305-315.
- Rudianto, B., Yuhanafia, N. 2013. Pengaruh penambahan jumlah titik ikat terhadap peningkatan ketelitian posisi titik pada survei gps. *Jurnal Reka Geomatika*. 1(2):1-11.
- Syetiawan, A., Lumban-Gaol Y. A. 2016. Indonesia cors station becoming part of international gnss service. *International Conference on Technology, Innovation, and Society*. ITP PRESS. 337-339.
- Ulinnuha, H. 2014. Perbandingan 7 parameter transformasi datum dari itrf 2005 metode molodensky-badekas dengan parameter global iers (studi kasus : cors bpn diy). *Skripsi Uviversitas Gadjah Mada*. Diakses pada 11 Aj 2019.