

KAJIAN PENENTUAN POSISI JARING KONTROL HORIZONTAL DARI SISTEM TETAP (DGN-95) KE SRGI (Studi Kasus : Sulawesi Barat)

Amirul Hajri, Bambang Darmo Yuwono, Bandi Sasmito^{*)}

Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
 Jl. Prof. Sudarto SH, Tembalang Semarang Telp.(024) 76480785, 76480788
 email : geodesi@undip.ac.id

ABSTRAK

Berdasarkan UU No 4 tahun 2011 tentang Informasi Geospasial, BIG (Badan Informasi Geospasial) sebagai salah satu instansi pemerintah memiliki tugas untuk menyediakan Titik Kontrol Geodesi. Sebelum BIG menetapkan SRGI sebagai datum referensi, Indonesia telah menggunakan Datum Geodesi Nasional 1995. Perubahan penggunaan datum ini juga berpengaruh pada penentuan posisi di Indonesia. Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan penelitian pada Titik Jaring Kontrol Horizontal agar mengetahui perbedaan koordinat dalam sistem tetap (DGN-95) dan SRGI 2013 serta mendapatkan tujuh parameter yang di gunakan dalam transformasi koordinat.

Penelitian ini menggunakan 12 data pengamatan Jaring Kontrol Horizontal di Sulawesi Barat pada tahun 2015. Titik ikat yang digunakan dalam penelitian ini adalah 20 stasiun IGS dan 8 stasiun CORS Indonesia. Pengolahan data menggunakan *software* GAMIT 10.6. Perhitungan *velocity rate* dan model deformasi menandakan perubahan nilai koordinat terhadap fungsi waktu. Dengan menggunakan metode tersebut, didapat koordinat secara SRGI 2013.

Penelitian ini menghasilkan nilai koordinat dalam sistem tetap DGN-95, SRGI 2013 dan menghasilkan *velocity rate* pada masing-masing titik pengamatan. Estimasi solusi parameter transformasi dari DGN-95 ke SRGI terbaik yang diperoleh di dalam penelitian ini ialah : $T_x = -0.0918$, $T_y = 0.0098$, $T_z = -0.0195$, $\lambda = 0.999999989$, $k = 1.19326 \times 10^{-08}$, $\theta = -3.72529 \times 10^{-07}$, $\omega = -5.58794 \times 10^{-09}$.

Kata Kunci : DGN-95, SRGI 2013, GAMIT, *Velocity Rate*, Model Deformasi.

ABSTRACT

Based on law No. 4 of the year 2011 about Geospatial Information, BIG (Geospatial Information Agency) as one of the government agencies have a duty to provide geodetic control points. Before BIG set the SRGI as datum reference for Indonesia, Indonesia has used the National Geodetic Datum 1995. Change of use of the datum it is also influential on the determination of positions in Indonesia. Based on the foregoing it is necessary of a measurement as well as research at point Horizontal Control Network in order to find out how big a difference a coordinate obtained by using the processing system in DGN-95 and SRGI 2013 as well as getting seven parameters that are used in the transformation of coordinates.

This research using 12 observation data horizontal control network in West Sulawesi in 2015. The point IGS used are 20 IGS stations and 8 CORS stations Indonesia. Data processing using software GAMIT 10.6. Velocity rate calculation and deformation models signifies change the coordinate value on the function of time. By using such methods, the obtained coordinates SRGI 2013.

This research resulted in the value of coordinate statik system DGN-95, SRGI2013 and generate great velocity rate at each point of observation. Estimates solution best transformation parameters from DGN-95 to SRGI obtained in this study are: $T_x = -0.0918$, $T_y = 0.0098$, $T_z = -0.0195$, $\lambda = 0.999999989$, $k = 1.19326 \times 10^{-08}$, $\theta = -3.72529 \times 10^{-07}$, $\omega = -5.58794 \times 10^{-09}$.

Keywords : DGN-95, SRGI 2013, GAMIT, *Velocity Rate*, *Deformation Model*.

^{*)} Penulis, Penanggungjawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Berdasarkan amanah UU No 4 tahun 2011 tentang Informasi Geospasial, BIG (Badan Informasi Geospasial) sebagai salah satu instansi pemerintah memiliki tugas untuk menyediakan Titik Kontrol Geodesi yang akan dilengkapi dan ditingkatkan akurasi. Jaringan kontrol Geodesi terdiri atas Jaringan Kontrol Horizontal (JKH), Jaringan Kontrol Vertikal (JKV), dan Jaringan Kontrol Gayabarat (JKG).

Pemerintah juga menetapkan peraturan *One Map Policy* sebagai acuan dan referensi untuk berbagai bidang pekerjaan, pengukuran, pemetaan dan survei rekayasa. SRGI (Sistem Referensi Geospasial Indonesia) sangat diperlukan untuk mendukung kebijakan Satu Peta (*One Map*) bagi Indonesia, dengan satu peta maka semua pelaksanaan pembangunan di Indonesia dapat berjalan serentak tanpa tumpang tindih kepentingan.

Perubahan nilai koordinat terhadap waktu perlu diperhitungkan dalam mendefinisikan suatu sistem referensi geospasial untuk wilayah Indonesia. Perhitungan *velocity rate* dari setiap data pengamatan dilakukan untuk penentuan posisi secara SRGI, jika *velocity rate* tidak dapat ditentukan maka digunakan suatu model deformasi kerak bumi yang ada disekitar titik tersebut. Dengan menggunakan metode tersebut, didapat koordinat secara SRGI 2013.

Sebelum BIG menetapkan SRGI sebagai datum referensi, Indonesia telah menggunakan Datum Geodesi Nasional 1995. Perubahan penggunaan datum ini juga berpengaruh pada penentuan posisi di Indonesia. Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan penelitian pada Titik Jaringan Kontrol Horizontal agar mengetahui perbedaan koordinat dalam sistem tetap (DGN-95) dan SRGI 2013 serta mendapatkan tujuh parameter yang digunakan dalam transformasi koordinat.

I.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara penentuan posisi pada titik Jaringan Kontrol Horizontal dengan sistem tetap (DGN-95) dan SRGI 2013 ?
2. Berapa parameter-parameter transformasi dari Sistem Tetap DGN-95 ke SRGI ?
3. Berapa besar perbedaan koordinat yang terjadi pada Jaringan Kontrol Horizontal antara Sistem Tetap (DGN-95) dengan SRGI 2013 ?

I.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun tujuan Penelitian yang ingin dicapai dalam penelitian ini, adalah :

1. Mendapatkan nilai koordinat hasil pengamatan GPS pada titik Jaringan Kontrol Horizontal di Sulawesi Barat tahun 2015 dalam Sistem DGN-95 dan SRGI.
2. Mengetahui ketelitian pengolahan data GPS menggunakan software GAMIT 10.6 pada titik Jaringan Kontrol Horizontal.

3. Mengetahui cara penentuan posisi sistem referensi tetap atau DGN-95 dan SRGI.
4. Mengetahui kecepatan pergeseran yang terjadi pada titik Jaringan Kontrol Horizontal di Sulawesi Barat.
5. Mendapatkan 7 parameter transformasi koordinat dari sistem tetap DGN-95 dan SRGI.
6. Mengetahui perbedaan koordinat yang terjadi pada Jaringan Kontrol Horizontal antara Sistem Referensi Tetap DGN-95 dan SRGI.

I.4 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah:

1. Daerah penelitian Tugas Akhir ini adalah di Sulawesi Barat.
2. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah 12 Titik Tinggi Geodesi pada tahun 2015 yang tersebar di Sulawesi Barat, diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Titik Tinggi Geodesi tersebut ialah TTG.0365, TTG.0360, TTG.0346, TTG.0394, TTG.0402, TTG.0421, TTG.435, TTG.0688, TTG.0667 G, TTG.0648, TTG.0655, TTG.OMMJ.
3. Titik ikat yang digunakan dalam penelitian ini adalah 20 stasiun IGS dan 8 stasiun CORS Indonesia. 20 Stasiun IGS tersebut adalah Stasiun ALIC, BAKO, BJFS, BNOA, COCO, DARW, KARR, LHAZ, PBRI, PIMO, CHAN, PNGM, IISC, TEHN, MOBS, SUMK, TOW2, URUM, GUAM, XMIS, Sedangkan 8 stasiun CORS tersebut adalah CMAK, CBAL, PALP, CTOL, CKEN, CSBY, CSEM, CTER.
4. Pengolahan data pengamatan GPS menggunakan *software* GAMIT 10.6.
5. Pembuatan penulisan laporan menggunakan *Microsoft Word* 2013.
6. Perhitungan kecepatan pergeseran menggunakan *Microsoft Excel* 2013.

I.5 Metodologi Penelitian

Penelitian ini berfokus pada kajian penentuan posisi dengan sistem referensi tetap DGN-95 dan SRGI 2013 pada Jaringan Kontrol Horizontal di Sulawesi Barat. Data yang digunakan adalah 12 data Jaringan Kontrol Horizontal pada tahun 2015. Titik ikat yang digunakan dalam penelitian ini adalah 20 stasiun IGS dan 8 stasiun CORS Indonesia. Pengolahan data menggunakan *software* GAMIT 10.6. Sedangkan proses pembuatan dan penyusunan laporan menggunakan *software Microsoft Office* 2013. Perubahan nilai koordinat terhadap waktu perlu diperhitungkan dalam mendefinisikan suatu sistem referensi geospasial untuk wilayah Indonesia. Perhitungan *velocity rate* dari setiap data pengamatan dilakukan untuk penentuan posisi secara SRGI, jika *velocity rate* tidak dapat ditentukan maka digunakan suatu model deformasi kerak bumi yang ada disekitar titik tersebut. Dengan menggunakan metode tersebut, didapat koordinat secara SRGI 2013.

II. Tinjauan Pustaka

II.1. Global Positioning System (GPS)

GPS atau *Global Positioning System*, merupakan sebuah alat atau suatu sistem navigasi yang memanfaatkan satelit dan dapat digunakan untuk menginformasikan penggunanya dimana dia berada (secara global) di permukaan bumi yang berbasis satelit. Survei GPS adalah sistem untuk menentukan letak di permukaan bumi dengan bantuan penyelarasan (*synchronization*) sinyal satelit. Sinyal ini diterima oleh alat penerima di permukaan, dan digunakan untuk menentukan letak, kecepatan, arah, dan waktu. Sistem yang serupa dengan GPS antara lain GLONASS Rusia, Galileo Uni Eropa, IRNSS India. Sistem GPS, yang nama aslinya adalah NAVSTAR GPS (*Navigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System*). Pada dasarnya GPS terdiri atas tiga segmen utama, yaitu segmen angkasa (*space segment*) yang terutama terdiri dari satelit-satelit GPS, segmen sistem (*control system segment*) yang terdiri dari stasiun-stasiun pemonitor dan pengontrol satelit, dan segmen pemakai (*user segment*) yang terdiri dari pemakai GPS termasuk alat-alat penerima dan pengolah sinyal dan data GPS (Abidin, 2007).

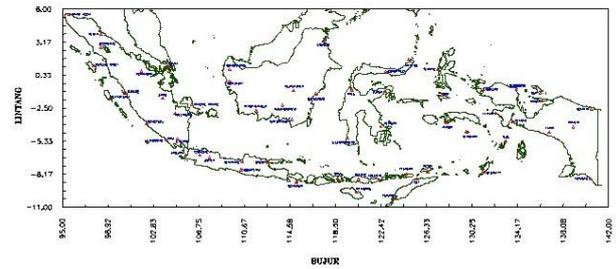
II.2. Jaring Kontrol Geodesi

Jaring kontrol Geodesi terdiri atas Jaring Kontrol Horizontal (JKH), Jaring Kontrol Vertikal (JKV), dan Jaring Kontrol Gayaberat (JKG). Sebagai salah satu data spasial kerangka kontrol geodesi dan geodinamika tercantum dalam Jaringan Data Spasial Nasional. Data-data geodesi di dalamnya dimanfaatkan oleh pemerintah maupun swasta sebagai referensi untuk pekerjaan pemetaan dan survei rekayasa dan sebagai landasan pengembangan ISDN atau Infrastruktur Data Spasial Nasional. Tujuan Jaring Kontrol Horizontal dan Vertikal adalah untuk memonitoring dinamika kerak bumi. GAMIT (*GPS Analysis Package Developed at MIT*) adalah sebuah paket perangkat lunak ilmiah untuk pengolahan data pengamatan GPS yang dikembangkan oleh MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) dan SIO (*Scripps Institution of Oceanography*). Perangkat lunak ini dapat menghasilkan posisi relatif tiga dimensi dari pengamat dengan tingkat ketelitian tinggi karena data yang digunakan selain data *broadcast ephemeris*, juga digunakan data *precise ephemeris* (Edy, 2013 dalam Laksana, 2014).

II.3. Datum Geodesi Nasional 1995 (DGN-95)

Seiring dengan perkembangan teknologi GPS, maka pada tahun 1996 Bakosurtanal mendefinisikan datum baru untuk keperluan survei dan pemetaan menggantikan ID74, yang disebut dengan Datum Geodesi Nasional 1995 atau disingkat dengan DGN-95. Berdasarkan Surat Keputusan Kepala Bakosurtanal Nomor : HK.02.04/II/KA/96 tanggal 12 Februari 1996 penggunaan datum telah ditetapkan untuk menggunakan Datum Geodesi Nasional 1995 (DGN-95) yang merupakan referensi tunggal dalam pengelolaan (pengumpulan, penyimpanan dan penggunaan) data

geospasial pada strata lokal, regional, nasional bahkan internasional. DGN-95 adalah datum geodesi yang geosentris dan diberlakukan untuk keperluan survei dan pemetaan di seluruh wilayah NKRI.



Gambar 1 JKH Nasional untuk mendefinisikan DGN 1995 (srgi.big.go.id, 2015).

DGN-95 merupakan sistem referensi geospasial yang bersifat statis, dimana perubahan nilai koordinat terhadap waktu sebagai akibat dari pergerakan lempeng tektonik dan deformasi kerak bumi, tidak diperhitungkan.

II.4. Sistem Referensi Geospasial Indonesia 2013

SRGI adalah suatu terminologi modern yang sama dengan terminologi Datum Geodesi Nasional (DGN) yang lebih dulu didefinisikan, yaitu suatu sistem koordinat nasional yang konsisten dan kompatibel dengan sistem koordinat global. SRGI mempertimbangkan perubahan koordinat berdasarkan fungsi waktu, karena adanya dinamika bumi. Secara spesifik, SRGI 2013 adalah sistem koordinat kartesian 3-dimensi (X, Y, Z) yang geosentrik. Implementasi praktis di permukaan bumi dinyatakan dalam koordinat Geodetik lintang, bujur, tinggi, skala, gayaberat, dan orientasinya beserta nilai laju kecepatan dalam koordinat planimetrik (toposentrik) termasuk bagaimana nilai-nilai koordinat tersebut berubah terhadap waktu.

SRGI (Sistem Referensi Geospasial Indonesia) tunggal sangat diperlukan untuk mendukung kebijakan Satu Peta (*One Map*) bagi Indonesia. Dengan satu peta maka semua pelaksanaan pembangunan di Indonesia dapat berjalan serentak tanpa tumpang tindih kepentingan. Dalam realisasinya sistem referensi geospasial ini dinyatakan dalam bentuk Jaring Kontrol Geodesi Nasional dimana setiap titik kontrol geodesi akan memiliki nilai koordinat yang teliti baik nilai koordinat horizontal, vertikal maupun gayaberat.



Gambar 2 Jaring Kontrol Horizontal untuk mendefinisikan SRGI 2013 (srgi.big.go.id, 2015).



Gambar 3 Jaring Kontrol Vertikal untuk mendefinisikan SRGI 2013 (srgi.big.go.id, 2015).

II.5. GAMIT dan GLOBK

GAMIT merupakan program yang memasukkan algoritma hitung kuadrat terkecil dengan parameter berbobot untuk mengestimasi posisi relatif dari sekumpulan stasiun, parameter orbit dan rotasi bumi, *zenith delay* dan ambiguitas fase melalui pengamatan *double difference*. Kelebihan dari perangkat lunak ini adalah bisa memasukkan data koreksi atmosfer, pasang surut laut, dan pemodelan cuaca. Pembobotan stasiun pengamatan, tujuh informasi stasiun, koordinat pendekatan, pengaturan sesi pengamatan dapat dilakukan dengan perangkat lunak ilmiah ini. Hasil keluaran dari perangkat lunak GAMIT berupa estimasi dan matrik kovarian dari posisi stasiun dan parameter orbit dan rotasi bumi yang kemudian dimasukkan pada GLOBK (Bahlevi, 2013 dalam Laksana, 2014).

GLOBK adalah satu paket program yang dapat mengkombinasikan hasil pemrosesan data survei terestris ataupun data survei ekstra terestris. Kunci dari data *input* pada GLOBK adalah matriks kovarian dari koordinat stasiun, parameter rotasi bumi, parameter orbit, dan koordinat hasil pengamatan lapangan. *Input file* digunakan *h-file* dari hasil pengolahan dengan GAMIT atau GIPSY atau Bernesse.

II.6. ITRS dan ITRF

ITRS direalisasikan dengan koordinat dan kecepatan pergeseran sejumlah titik stasiun pengamatan ekstra terestrial di permukaan bumi (*fiducial point*) yang tergabung dalam ITRF (*International Terrestrial Reference Frame*). Koordinat stasiun ITRF merealisasikan origin dan orientasi salib sumbu koordinat geodetik. Sementara itu stasiun ITRF bergerak karena gerak lempeng tektonik sehingga koordinatnya senantiasa berubah secara dinamis dengan pola (besar dan arah) yang bervariasi antara satu titik dengan titik yang lain. Stasiun ITRF diamati secara kontinu dengan teknik-teknik VLBI (*Very Long Baseline Interferometry*), LLR (*Lunar Laser Ranging*), SLR (*Solar Laser Ranging*), GNSS, dan DORIS. Dari data pengamatan ini kemudian diturunkan solusi parameter posisi dan kecepatan pergeseran titik-titik stasiun ITRF dan besaran lainnya misalnya parameter EOP dan sebagainya. Berdasarkan pengamatan secara teliti posisi titik-titik dalam suatu jaring secara kontinu ataupun berkala, GPS juga telah banyak digunakan

untuk mempelajari dinamika bumi (geodinamika) (Fahrurrazi, 2011).

II.7. Pemodelan Deformasi

Pemodelan deformasi kerak bumi harus disertakan dalam pertimbangan aspek teknis. Pemodelan deformasi kerak bumi pada dasarnya adalah untuk mendapatkan nilai vektor-vektor laju kecepatan deformasi kerak bumi disebabkan interaksi pergerakan lempeng tektonik dan gempa bumi, menggantikan pengukuran faktual dilapangan antara lain karena alasan ekonomis, adanya kesulitan akses menuju berbagai lokasi dan faktor lainnya (Subarya, 2013). Vektor perubahan nilai koordinat sebagai fungsi waktu ditentukan berdasarkan pengamatan geodetik. Dalam hal vektor perubahan nilai koordinat sebagai fungsi waktu tidak dapat ditentukan berdasarkan pengamatan geodetik maka digunakan suatu model deformasi kerak bumi yang diturunkan dari pengamatan geodetik di sekitarnya.

II.8. Tranformasi Koordinat

Data koordinat geosentrik harus dirubah menjadi koordinat dengan sistem T oposentrik (n, e ,u) secara manual munggunakan *Microsoft Excel*. Untuk merubah dari sistem koordinat geosentrik menjadi toposentrik digunakan rumus persamaan transformasi :

$$\begin{bmatrix} n_A \\ e_A \\ u_A \end{bmatrix} = R(\varphi_o, \lambda_o) \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix}$$

$$R(\varphi_o, \lambda_o) = \begin{pmatrix} -\sin \varphi_o \cos \lambda_o & -\sin \varphi_o \sin \lambda_o & \cos \varphi_o \\ -\sin \lambda_o & \cos \lambda_o & 0 \\ \cos \varphi_o \cos \lambda_o & \cos \varphi_o \sin \lambda_o & \sin \varphi_o \end{pmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_A - X_o \\ Y_A - Y_o \\ Z_A - Z_o \end{bmatrix}$$

Kecepatan pergeseran menandakan perubahan nilai koordinat terhadap fungsi waktu sehingga digunakan untuk penentuan posisi secara SRGI. Setelah mendapat koordinat dalam sistem DGN-95 dan SRGI, selanjutnya menentukan parameter transformasi koordinat dari sistem DGN-95 ke SRGI.

Penentuan 7 parameter transformasi koordinat ini menggunakan rumus transformasi model Bursa Wolf. Model ini sering disebut juga sebagai model *linear conformal in three dimension* atau *three dimensional similarity transformation*. Hal ini disebabkan bahwa dalam model ini faktor skala pada semua arah adalah sama. Dalam model ini bentuk jaringan dipertahankan, maka sudut tidak berubah, tetapi panjang baseline dan posisi titik dapat berubah.

$$\begin{bmatrix} x_B \\ y_B \\ z_B \end{bmatrix} = \lambda \cdot \begin{bmatrix} 1 & \kappa & -\theta \\ -\kappa & 1 & \omega \\ \theta & -\omega & 1 \end{bmatrix}_{radial} \cdot \begin{bmatrix} x_A \\ y_A \\ z_A \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{bmatrix}$$

Jika nilai parameter transformasi belum diketahui, maka dapat ditentukan menggunakan titik sekutu. Sehingga :

$$X = -[A^t(B \cdot P \cdot B^t)^{-1}A]^{-1} \cdot A^t \cdot (B \cdot P \cdot B^t)^{-1} \cdot F$$

III. Metodologi Penelitian

III.1. Persiapan

III.1.1. Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan adalah:

1. Laptop Acer dengan spesifikasi *Processor Intel® Core™ i5-3337U CPU 1.8 GHz, RAM 4,00 GB, Harddisk 500GB*
2. Alat tulis

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Sistem Operasi *Windows 7.0* dan *Linux Ubuntu 14.04*.
2. *GAMIT/GLOBK* versi 10.6, digunakan dalam pemrosesan/ pengolahan data RINEX.
3. *Microsoft Office 2010*, sebagai perangkat untuk pembuatan dan penulisan laporan.
4. *VISIO* digunakan untuk pembuatan diagram alir.
5. *TEQC*, digunakan untuk *Translatiom, Editing (metadata extraction, formatting, windowing dan splicing)* dan *Quality Checking file RINEX*.

III.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini, yaitu:

1. Data pengamatan GPS tahun 2015 di Sulawesi Barat. Terdiri dari 12 titik pengamatan TTG, yaitu TTG.0346, TTG.0394, TTG.0402, TTG.0421, TTG.435, TTG.0688, TTG.0667 G, TTG.0648, TTG.0655, TTG. 0MMJ. Pengamatan GPS ini dilakukan selama ± 36 jam.



Gambar 4 JKG daerah studi penelitian

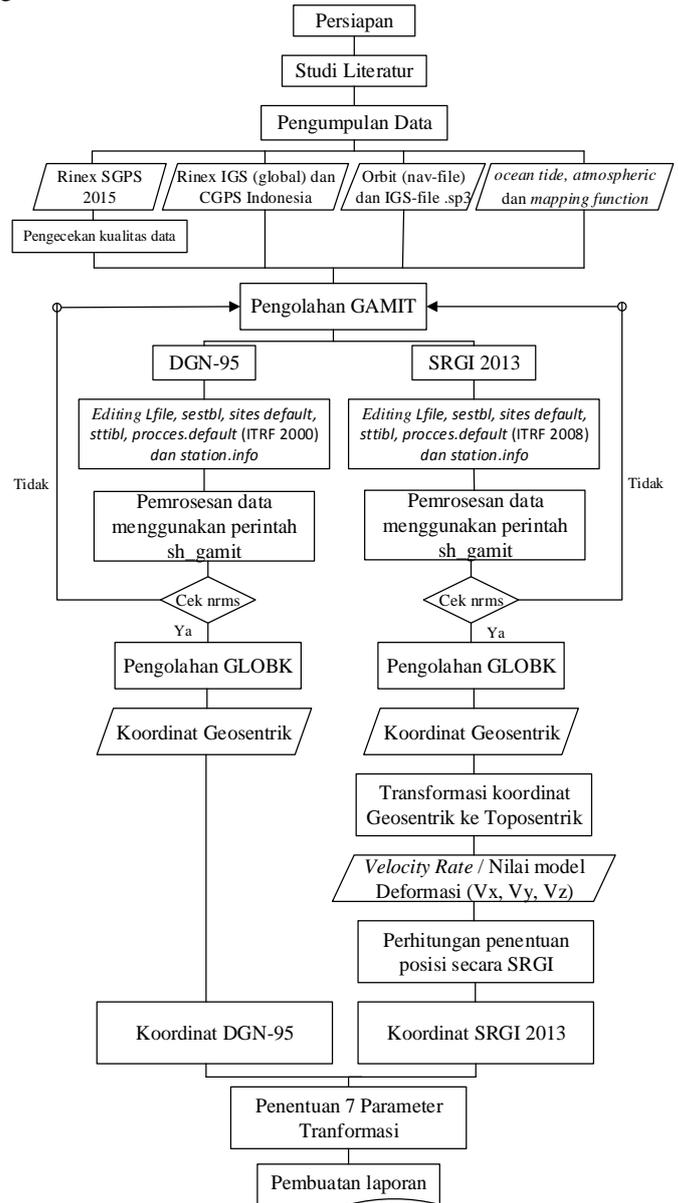
2. Data pengamatan stasiun 20 IGS dan 8 CORS BIG sebagai titik ikat dalam pengolahan. (gambar persebaran titik ikat dapat dilihat pada lembar lampiran).
3. Data *prices ephemeris*. Data *ephemeris* yang digunakan berupa *IGS ephemeris final orbit* dalam format **.sp3*.

4. Bahan pendukung. Data ini digunakan apabila akan memperbaharui ketelitian hasil pengolahan dengan menggunakan GAMIT.

- a. *File atmosfer (atmdisp_cm.YYYY)*
- b. *File pemodelan cuaca yang merupakan fungsi pemetaan cuaca hitungan (vmflgrid.YYYY)*.
- c. *File gelombang laut atau pasang surut (otl_FES2004.grid)*.

III.3 Pelaksanaan

Diagram alir penelitian adalah seperti pada gambar III.2.



Gambar 5 Diagram Alir Penelitian

IV. Hasil Dan Pembahasan

IV.1. Pengecekan Data dengan TEQC

Tabel 1 Hasil uji statik kualitas data pengamatan

Id_Pilar	Mp1	Mp2
TTG-0365	0,73382	0,88689
TTG-0360	0,47329	0,60342
TTG-0346	0,49482	0,63197
TTG-0394	0,84091	0,85763
TTG-0402	0,47423	0,52975
TTG-0421	0,51181	0,56524
TTG-0435	0,36027	0,43164
TTG-0688	0,53803	0,61473
TTG-0667	0,90630	0,99302
TTG-0648	0,61749	0,63419
TTG-0655	0,92353	1,01659
TTG-0MMJ	1,04291	1,57384

Pada Tabel 1 menunjukkan dengan nilai *moving average* MP1 dan MP2 berdasarkan pengecekan data dengan TEQC yang menunjukkan efek *multipath* saat pengukuran berlangsung. Semakin kecil nilai *moving average* sebuah data, semakin baik pula kualitas data pengukuran tersebut. Efek *multipath* diklasifikasikan baik apabila mempunyai nilai kurang dari 0,5 m (Panuntun, 2012). Pada kualitas data MP1 hanya 4 titik yang bisa dikatakan cukup baik, yaitu titik TTG-0360, TTG-0346, TTG-0402 dan TTG 0435. Sedangkan pada kualitas data MP2, hanya satu titik yang nilainya dibawah 0,5 m, yaitu TTG-0435. Sehingga titik dengan kualitas data MP1 dan MP2 terbaik dan memenuhi standar kurang dari 0,5 m yakni TTG-0435 yang terletak di area Bandar Udara Tampa Padang, Mamuju, dimana lokasi titik ini juga cukup baik dan cuaca yang mendukung saat pengambilan data sehingga memiliki kualitas data terbaik dari titik lain nya. Titik pengamatan yang memiliki nilai MP1 dan MP2 terbesar adalah TTG-0MMJ dengan MP1 sebesar 1,04291 dan MP2 sebesar 1,57384.

IV.2. Pengolahan GAMIT

Hasil dari pengolahan GAMIT menghasilkan beberapa file keluaran diantaranya *h-files*, *q-files* dan *sh_gamit.summary* yang memuat *prefit* dan *postfit nrms* beserta *phase ambhiguities*. Pada masing – masing file tersebut berisi hasil pengolahan yang menunjukkan kualitas data hasil pengolahan yang berisi nilai *postfit* dan *prefit loosely constraint* baik *bias fixed* maupun *bias free* dan itu semua tertera secara ringkas di *summary file*.

Pada *summary file* hasil pengolahan GAMIT, Nilai *postfit* dan *prefit* paling baik mendekati 0,2 dan tidak melebihi 0,5 untuk memastikan bahwa tidak ada *cycle slips* yang cukup berarti (Panuntun, 2012). Pada penelitian ini keseluruhan nilai rata-rata *postfit nrms* dan *prefit nrms* menunjukkan nilai rata-rata *postfit* dan *prefit* sudah masuk kriteria yang baik karna nilai tersebut mendekati 0,2 dan tidak melebihi 0,5. Pada jenis *wade lane* (WL) dan *narrow lane* (NL), data hasil pengolahan sudah masuk kriteria baik karna nilai WL>90% dan NL>80%, Hanya TTG-0394 yang memiliki nilai

NL<80%, Hal ini mengindikasikan bahwa pada TTG-0394 masih ada kesalahan pada ukuran, konfigurasi jaringan, kualitas orbit, koordinat apriori, atau kondisi atmosfer.

Nilai *Fract* pada *q-file* hasil pengolahan GAMIT menunjukkan kriteria yang baik dikarenakan semua nilai *fract* <10. Jika nilai *fract* lebih dari 10, hal tersebut mengindikasikan bahwa terdapat kesalahan kasar dan sistematis pada pengolahan tersebut (Panuntun, 2012).

IV.3. Hasil Pengolahan GLOBK

Hasil pengolahan pada GLOBK merupakan proses untuk mendapatkan nilai koordinat. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada file dengan ekstensi *.org yang berisikan koordinat beserta simpangan bakunya. dalam file yang berekstensi *.org ini akan ditampilkan solusi koordinat harian sesuai nama file. Pada penelitian ini, hasil koordinat pengolahan GLOBK terbagi menjadi 2, yaitu penentuan posisi secara sistem referensi tetap atau DGN-95 menggunakan ITRF 2000 dan hasil penentuan posisi secara SRGI 2013 yang menggunakan ITRF 2008 (tabel pada lembar lampiran). Berdasarkan hasil koordinat yang diperoleh dari pengolahan GLOBK menggunakan ITRF 2000 dan ITRF 2008, perbedaan koordinat tidak jauh berbeda, hanya berkisar antara 0,01 milimeter (mm) sampai 1,79 milimeter (mm).

IV.4. Perhitungan Velocity Rate dan Nilai Deformasi

Hasil dari model deformasi dan perhitungan kecepatan pergeseran yang akan digunakan untuk penentuan posisi secara SRGI dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2 Vektor-vektor pergeseran pada setiap titik pengamatan

Id_Pilar	Vx m/thn	Vy m/thn	Vz m/thn	Keterangan
TTG-0365	-0,0221	-0,0139	-0,0077	CMAK
TTG-0360	-0,0028	0,0065	-0,0028	Pengolahan
TTG-0346	-0,0029	-0,0014	-0,0048	Pengolahan
TTG-0394	0,0077	0,0031	0,0009	Pengolahan
TTG-0402	-0,0066	-0,0015	-0,0068	Pengolahan
TTG-0421	-0,0012	0,0045	-0,0052	Pengolahan
TTG-0435	-0,0182	-0,0103	0,0102	PALP
TTG-0688	-0,0182	-0,0103	0,0102	PALP
TTG-0667	-0,0005	0,0083	-0,0019	Pengolahan
TTG-0648	-0,0182	-0,0103	0,0102	PALP
TTG-0655	-0,0038	0,0007	-0,0057	Pengolahan
TTG-0MMJ	-0,0182	-0,0103	0,0102	PALP

Pada TTG-0365, TTG-0435, TTG-0688, TTG-0648 dan TTG-0MMJ nilai *velocity rate* atau nilai model deformasinya diambil dari kecepatan pergeseran titik CORS epoch 1 Januari 2012 yang ada di Sulawesi, titik CORS tersebut yaitu CMAK dan PALP, dua titik CORS ini merupakan titik yang paling dekat dengan data penelitian.

IV.5. Hasil Penentuan Posisi secara DGN-95

DGN-95 merupakan sistem referensi geospasial yang bersifat statis, dimana perubahan nilai koordinat terhadap waktu sebagai akibat dari pergerakan lempeng tektonik dan deformasi kerak bumi tidak diperhitungkan.

Tabel 3 Hasil Koordinat DGN-95 epoch 2015

Id_Pilar	X	Y	Z
TTG-0365	-3118023,15040	5555123,40424	-334210,64547
TTG-0360	-3118140,95359	5554170,55154	-347110,06916
TTG-0346	-3120650,04527	5549583,50886	-379607,85095
TTG-0394	-3099263,62355	5561142,61568	-385534,79612
TTG-0402	-3076507,18921	5573736,54159	-385888,80266
TTG-0421	-3075296,18756	5578834,23195	-316046,40482
TTG-0435	-3091941,02168	5571254,52515	-286156,17966
TTG-0688	-3141744,55251	5549733,56740	-106343,96105
TTG-0667	-3124228,68880	5557271,42355	-192723,84914
TTG-0648	-3108919,15378	5563718,62694	-247037,59075
TTG-0655	-3122654,86451	5556948,64116	-225172,80355
TTG-0MMJ	-3078549,56706	5578206,61835	-294874,32456

IV.6. Hasil Penentuan Posisi secara SRGI

Penentuan posisi dengan SRGI menggunakan komponen dari *velocity rate* atau medel deformasi yang bertujuan untuk mengurangi hasil pengamatan GPS dengan faktor perubahan nilai koordinat sebagai fungsi waktu sebagai akibat dari pergerakan lempeng tektonik dan deformasi kerak bumi. Koordinat yang didapat pada suatu *epoch* pengamatan akan di kembalikan pada *epoch* referensi 1 Januari 2012. Rumus yang digunakan adalah :

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_r = \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_t - (T_b - T_a) V_{x,y,z}$$

Keterangan :

- (X, Y, Z) *r* = hasil koordinat saat ini dalam SRGI
- (X, Y, Z) *t* = nilai koordinat pengamatan saat ini
- T_a dan T_b = tahun awal dan kecepatan pergeseran
- V_{x,y,z} = Nilai laju kecepatan pergeseran / model deformasi (*easting, northing*; timur, utara).

Tabel 4 Hasil Koordinat SRGI

Id_Pilar	X	Y	Z
TTG-0365	-3118023,12837	5555123,41825	-334210,63778
TTG-0360	-3118140,94521	5554170,53200	-347110,06074
TTG-0346	-3120650,03678	5549583,51320	-379607,83679
TTG-0394	-3099263,64666	5561142,60639	-385534,79881
TTG-0402	-3076507,16941	5573736,54608	-385888,78231
TTG-0421	-3075296,18503	5578834,21975	-316046,38864
TTG-0435	-3091941,00307	5571254,53520	-286156,18978
TTG-0688	-3141744,53748	5549733,58465	-106343,98499
TTG-0667	-3124228,68676	5557271,39804	-192723,84365
TTG-0648	-3108919,13554	5563718,63697	-247037,60093
TTG-0655	-3122654,85390	5556948,64031	-225172,78703
TTG-0MMJ	-3078549,54844	5578206,62825	-294874,33431

IV.7. Hasil Penentuan 7 Parameter Transformasi

Dari hasil perhitungan transformasi datum menggunakan Transformasi model Bursa-Wolf di dapat tujuh parameter transformasi datum geodetik dari DGN-95 ke SRGI 2013. Dalam penentuan parameter transformasi ini, dilakukan percobaan berdasarkan banyak titik sekutu yang digunakan. Solusi parameter transformasi dari DGN-95 ke SRGI terbaik yang diperoleh di dalam penelitian ini yaitu :

Tabel 5 Parameter transformasi

PARAMETER	Besar Nilai
ΔX (m)	-0,0918
ΔY (m)	0,0098
ΔZ (m)	-0,0195
λ (ppm)	0,999999989
k (rad)	$1,19326 \times 10^{-08}$
θ (rad)	$-3,72529 \times 10^{-07}$
Ω (rad)	$-5,58794 \times 10^{-09}$

Berdasarkan parameter yang ditunjukkan Tabel 5, apabila melakukan transformasi koordinat dari DGN ke SRGI menggunakan parameter diatas, maka di peroleh selisih koordinat berkisar ± 5 mm pada koordinat X, ± 10 mm pada koordinat Y, dan ± 15 mm pada koordinat Z, dengan asumsi bahwa proses transformasi menggunakan rumus transformasi model Bursa-Wolf sesuai dengan rumus yang peneliti gunakan dalam transformasi koordinat. Ketelitian parameter transformasi tersebut memiliki nilai RMS sebesar 0,0223 m. Hal ini menunjukkan bahwa besarnya translasi, rotasi dan skala memiliki kualitas hitungan yang fit terhadap parameter transformasi dari DGN-95 ke SRGI.

IV.8. Kajian Tentang DGN-95 dan SRGI 2013

Di Negara kita penggunaan datum telah ditetapkan berdasarkan Surat Keputusan Kepala Bakosurtanal Nomor : HK.02.04/II/KA/96 tanggal 12 Februari 1996 untuk menggunakan Datum Geodesi Nasional 1995 (DGN-95) yang merupakan referensi tunggal dalam pengelolaan data geospasial. DGN-95 adalah datum geodesi yang geosentris untuk keperluan survei dan pemetaan di seluruh wilayah NKRI. DGN-95 menggantikan datum yang telah ada seperti Datum Indonesia 1974 (ID-74) (Ramdani, 2011). Pada DGN-95 perubahan nilai koordinat terhadap waktu sebagai akibat dari pergerakan lempeng tektonik dan deformasi kerak bumi tidak diperhitungkan, sehingga sistem ini merupakan sistem referensi geospasial yang bersifat statis.

Pada 17 Oktober 2013, diluncurkannya SRGI 2013. Berdasarkan Peraturan Kepala BIG No. 15 Th 2013 : Sistem Referensi Geospasial adalah suatu sistem referensi koordinat, yang digunakan dalam pendefinisian dan penentuan posisi geospasial mencakup posisi horizontal, posisi vertikal maupun nilai gayaberat serta perubahannya sebagai fungsi waktu. Sistem ini digunakan secara nasional dan konsisten untuk wilayah NKRI serta kompatibel dengan sistem referensi geospasial global. SRGI 2013 digunakan sebagai sistem referensi geospasial tunggal dalam

penyelenggaraan IG nasional. SRGI 2013 terdiri atas Sistem Referensi Geospasial Horizontal dan Sistem Referensi Geospasial Vertikal.

Tabel 6 Perbedaan yang mendasar antara SRGI 2013 dengan DGN 1995 (srgi.big.go.id, 2015).

KETERANGAN	DGN 1995	SRGI 2013
SIFAT SISTEM REFERENSI	Statik	Memperhitungkan perubahan nilai koordinat sebagai fungsi waktu
SISTEM REFERENSI KOORDINAT	ITRS	ITRS
KERANGKA REFERENSI KOORDINAT	Jaring Kontrol Geodesi yang terikat pada ITRF 2000	Jaring Kontrol Geodesi yang terikat pada ITRF 2008
DATUM GEODETIK	WGS 84	WGS 84
SISTEM REFERENSI GEOSPASIAL VERTIKAL	MSL	Geoid
SISTEM AKSES DAN LAYANAN	Tertutup	Terbuka dan <i>self service</i>

Berdasarkan Tabel 6 diketahui ciri – ciri SRGI 2013 (Susilo, 2014) :

1. Datum semi dinamik/kinematik.
2. Mengacu ke kerangka referensi global ITRF 2008.
3. Epok referensi : 1 Januari 2012.
4. Ellipsoid referensi: WGS 1984 ($a = 6378137.0$ m; $1/f = 298,257223563$).
5. Kalau ada versi terbaru ITRF tersedia, SRGI 2013 akan otomatis diperbaharui.
6. Perubahan nilai koordinat dalam bentuk model deformasi (pergerakan lempeng tektonik dan gempa bumi).
7. Sistem akses dan layanan bersifat terbuka atau *self service*.

Indonesia masih menerapkan datum semi dinamik dikarenakan jika Indonesia menerapkan *Fully Dinamik* atau *Fully Kinematic* datum, maka akan sulit untuk diterapkan didunia praktis, seperti mengintegrasikan peta-peta, *stacking out* dan industri informasi geospasial lainnya ke dalam satu kerangka referensi. Oleh karena itu, perlu jembatan supaya tetap mengakomodasi perubahan koordinat terhadap fungsi waktu dan memudahkan aplikasi praktis dalam bidang IG, maka Indonesia mengacu pada sistem semi dinamik (semi kinematic) datum dengan menerapkan sistem semi dinamik ini, maka diperlukan suatu model deformasi Indonesia (Apsari, 2016).

V. Penutup

V.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisis pada penelitian ini, dapat diambil beberapa kesimpulan akhir sebagai berikut :

- 1) Proses penentuan posisi dalam koordinat SRGI memperhitungkan nilai *velocity rate* sebagai fungsi waktu akibat pergerakan lempeng dan deformasi

kerak bumi. Dalam beberapa hal, jika vektor perubahan nilai koordinat sebagai fungsi waktu (*velocity rate*) tidak dapat ditentukan berdasarkan pengamatan geodetik maka digunakan suatu nilai model deformasi kerak bumi yang diturunkan dari pengamatan geodetik di sekitarnya. Sedangkan proses penentuan posisi dalam koordinat DGN-95 perubahan nilai koordinat terhadap waktu sebagai akibat dari pergerakan lempeng tektonik dan deformasi kerak bumi tidak diperhitungkan, sehingga sistem ini merupakan sistem referensi geospasial yang bersifat statis. SRGI 2013 dengan DGN-95 memiliki sistem referensi/saling sumbu titik koordinat (0,0), elipsoid referensi, dan datum geodetik yang sama. Yang membedakan adalah kerangka referensinya, dimana DGN-95 menggunakan ITRF 2000 sedangkan SRGI 2013 menggunakan ITRF 2008 serta memiliki *epoch* referensi pada tahun 2012.

- 2) Solusi parameter transformasi dari DGN-95 ke SRGI terbaik yang diperoleh di dalam penelitian ini ialah : $T_x = -0.0918$, $T_y = 0.0098$, $T_z = -0.0195$, $\lambda = 0.999999989$, $k = 1.19326 \times 10^{-08}$, $\theta = -3.72529 \times 10^{-07}$, $\omega = -5.58792 \times 10^{-09}$.
- 3) Perbedaan koordinat dengan menggunakan kerangka referensi global ITRF 2000 dengan ITRF 2008 yang diolah menggunakan perangkat lunak GAMIT 10.6 terdapat perbedaan koordinat sebesar 0,01 milimeter (mm) sampai 1,79 milimeter (mm).
- 4) Dari proses transformasi menggunakan 7 parameter yang telah didapat, terdapat perbedaan koordinat berkisar ± 5 mm pada koordinat **X**, ± 10 mm pada koordinat **Y**, dan ± 15 mm pada koordinat **Z**.

V.2. Saran

Berdasarkan dari pengalaman peneliti mulai dari persiapan hingga akhir dari proses penelitian ini, terdapat beberapa saran untuk kemajuan penelitian mendatang, saran-saran diberikan kepada instansi pemerintah dalam hal ini BIG, pengguna IG dan juga mahasiswa, diantaranya :

1. Saran untuk Badan Informasi Geospasial
 - a) Badan Informasi Geospasial (BIG) harus mempunyai dan menetapkan parameter-parameter transformasi dari sistem lama (DGN-95) ke sistem baru (SRGI 2013).
 - b) BIG harus melakukan penambahan stasiun tetap GPS untuk bisa melayani secara optimal (menjangkau seluruh wilayah Indonesia).
 - c) BIG harus terus melakukan publikasi, seminar/*workshop* di Perguruan Tinggi dan masyarakat tentang pentingnya SRGI 2013 dan melakukan sosialisasi mengenai petunjuk teknis dalam pengaplikasian SRGI 2013.
 - d) Vektor perubahan nilai koordinat sebagai fungsi waktu yang mutakhir harus dapat diakses oleh seluruh pengguna dengan mudah dan cepat.
2. Saran untuk pengguna IG

- a) Pengguna IG harus mengetahui secara penuh tentang SRGI 2013, sehingga dalam pengukuran serta pembuatan peta memiliki satu referensi yang sama dan dapat meminimalisir terjadinya permasalahan akibat perbedaan sistem referensi.
- b) Untuk mendukung pengoperasian penuh dari SRGI 2013 diperlukan sinergi dari semua pengguna IG dalam menerapkan *one map policy* agar tujuan yang ingin dicapai dari SRGI 2013 bisa terpenuhi.
3. Saran untuk Mahasiswa
- a) Sebagai seorang mahasiswa khususnya geodesi, diharuskan mempelajari tentang sistem referensi (SRGI) yang ada di Indonesia, sehingga bisa mendukung proses pengembangan dan pengoperasiannya.
- b) Pengecekan dan Pegadaan data harus dilakukan terlebih dahulu di Badan Informasi Geospasial untuk mendapatkan data yang kita butuhkan, sehingga tidak terjadi kekurangan data.
- c) Memperbanyak literatur tentang DGN-95 dan SRGI 2013.
- Geomatika Kelompok Bidang Geodesi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Subarya, Cecep. 2013. *Sistem Referensi Geospasial Indonesia Sistem Referensi Terestris Kinematik : Berdasarkan Model Pergerakan Lempeng dan Deformasi Faktual*. Workshop SRGN ke-3, Surabaya.
- Soedomo, A.S. dan Sudarman., *Sistem & Transformasi Koordinat*. Modul kuliah Sistem dan Transformasi Koordinat program studi teknik Geodesi & Geomatika Fakultas Ilmu & Teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung.
- Susilo. 2014. *Implementasi SRGI 2013 : Komponen Horizontal*. Workshop Sistem Referensi Geospasial Indonesia (SRGI 2013), Yogyakarta.

VI. Daftar Pustaka

- _____. <https://www.unavco.org/software/data-processing/teqc/teqc.html>. Diakses pada tanggal 1 Juli 2016.
- _____. <http://itrf.ign.fr/>. Di akses pada tanggal 2 September 2016.
- _____. <http://srgi.big.go.id>. Diunduh pada tanggal 11 Maret 2016.
- _____. www.big.go.id. Diunduh pada tanggal 11 Maret 2016
- Abidin, H.Z. 2007. *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya, Cetakan Ketiga*. Jakarta .PT. Pradnya Paramita.
- Badan Informasi Geospasial. *Peraturan Kepala Kepala BIG No. 15 Tahun 2013*.
- Fahrurazi, Djawahir. 2011. *Sistem Acuan Geodetik*. Cetakan pertama. Yogyakarta. Gadjah Mada University Press.
- Herring, T,A, dkk. 2006. *GLOBK Reference Manual*. Departement of Earth, Atmospheric, and Planetary Science, Massachusetts Institute of Technology.
- Herring, T.A., King, R.W., & McClusky, S.C. 2010. *GAMIT Reference Manual*. Departement of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences. Massachusetts Institute of Technology.
- Laksana, Indra. 2014. *Penentuan Posisi Stasiun GNSS CORS Undip Pada Tahun 2013 dan 2014 Menggunakan Software Gamit. Skripsi*. Program Studi Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang.
- Panuntun, Hidayat. 2012. *Penentuan Posisi Anjungan Minyak Lepas Pantai Dengan Titik Ikat GPS Regional dan Global. Tesis*. Teknik