

Verifikasi TDT Orde 2 BPN dengan Stasiun CORS BPN-RI Kabupaten Grobogan

Rizna Trinayana, Bambang Darmo Yuwono, L. M. Sabri ^{*)}

Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, SH, Telp. (024) 76480785, 76480788 Tembalang Semarang

Abstrak

GNSS CORS merupakan dasar dari penelitian verifikasi TDT Orde 2 BPN Grobogan dengan stasiun CORS BPN-RI Kabupaten Grobogan. Pengamatan dilakukan pada enam titik TDT orde 2 BPN menggunakan dua stasiun CORS berbeda yaitu stasiun CORS BPN Grobogan dan stasiun CORS BAKO. Koordinat yang dihasilkan akan dibandingkan dengan koordinat TDT orde 2 BPN. Pengolahan koordinat menggunakan software ilmiah GAMIT 10.4 (*GPS Analysis Package Developed at Massachusetts Institute of Technology*). Masing-masing koordinat hasil pengikatan ke stasiun CORS dan BAKO akan dilakukan transformasi koordinat *Affine* dan *Helmert*.

Berdasar standar deviasi yang diperoleh dari transformasi koordinat, koordinat hasil olahan dengan titik ikat CORS BPN menggunakan sistem transformasi helmert lebih bagus daripada koordinat hasil olahan dengan titik ikat CORS BAKO yaitu sebesar 0,00004204827821 m.

Keywords : GNSS CORS, GAMIT, TDT orde 2, Transformasi Koordinat.

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

GNSS adalah sistem navigasi satelit yang dapat memberikan informasi posisi geospasial mencakup area global digunakan untuk menentukan posisi penerima di darat, di laut, atau di ruang angkasa melalui transmisi sinyal beberapa satelit buatan. Untuk dapat menikmati layanan GNSS terdapat lembaga dunia yang terdiri dari 200 lebih stasiun referensi permanen, stasiun ini tersebar di seluruh dunia dengan tujuan menyediakan produk data pengamatan observasi GNSS dengan kualitas tinggi. Layanan ini dikenal dengan nama IGS (International GNSS System). Terus berkembangnya teknologi pengukuran dan pemetaan memunculkan sistem referensi CORS (*Continuously Operation Reference System*). CORS merupakan sistem titik kontrol dasar modern yang bersifat aktif terus menerus dan dapat diakses secara real time. CORS digunakan untuk referensi penentuan posisi, pengukuran dan pemetaan.

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

GNSS CORS merupakan dasar dari penelitian verifikasi TDT Orde 2 BPN Grobogan dengan stasiun CORS BPN-RI Kabupaten Grobogan. Pengamatan dilakukan pada enam titik TDT orde 2 BPN menggunakan dua stasiun CORS berbeda yaitu stasiun CORS BPN Grobogan dan stasiun CORS BAKO. Koordinat yang dihasilkan akan dibandingkan dengan koordinat TDT orde 2 BPN. Pengolahan koordinat menggunakan *software* ilmiah GAMIT 10.4 (*GPS Analysis Package Developed at Massachusetts Institute of Technology*).

1.2. Ruang Lingkup

Dalam penulisan tugas akhir ini memiliki batasan sebagai berikut :

1. Daerah penelitian tugas akhir ini adalah di Kabupaten Grobogan, lebih tepatnya di kecamatan Tanggunharjo, kecamatan Purwodadi, kecamatan Toroh, kecamatan Wirosari, kecamatan Tawangharjo, dan kecamatan Kradenan.
2. Data pengamatan GPS Stasiun CORS BPN Kabupaten Grobogan selama 7 hari, DOY 210 sampai dengan 216 dan data pengukuran GPS geodetik orde 2 BPN menggunakan metode statik selama 6 jam
3. Sistem Operasi yang digunakan yaitu Linux Ubuntu versi 10.2
4. Pengolahan data menggunakan perangkat lunak ilmiah GAMIT/GLOBK 10.04.
5. Titik orde 2 BPN yang digunakan sebagai titik pengamatan berjumlah enam titik yaitu 11101 di kecamatan Wirosari, 11102 di kecamatan Tawangharjo, 11103 di alun-alun kota Purwodadi, 11107 di kecamatan Toroh 11110 di kecamatan Kradenan dan 11028 di kecamatan Tanggunharjo.
6. *Sampling rate* pengukuran GPS geodetik adalah 15 detik.
7. Pengolahan data orde 2 ini diikatkan terhadap jaring global *International Terrestrial Reference Frame* (ITRF) 2008.
8. Kerangka referensi titik ikat IGS, diantaranya BAKO, DARW, DGAR, IISC, dan YARR).
9. Menentukan koordinat orde 2 baru yang mengikat ke stasiun CORS BPN kabupaten Grobogan dan BAKO.

1.3. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah.

1. Berapa nilai koordinat orde 2 hasil pengikatan ke stasiun CORS BPN dan berapa nilai koordinat orde 2 hasil pengikatan ke stasiun CORS BAKO ?
2. Berapa perbedaan koordinat hasil olahan dan koordinat TDT orde 2 BPN ?

1.4. Pembatasan Masalah

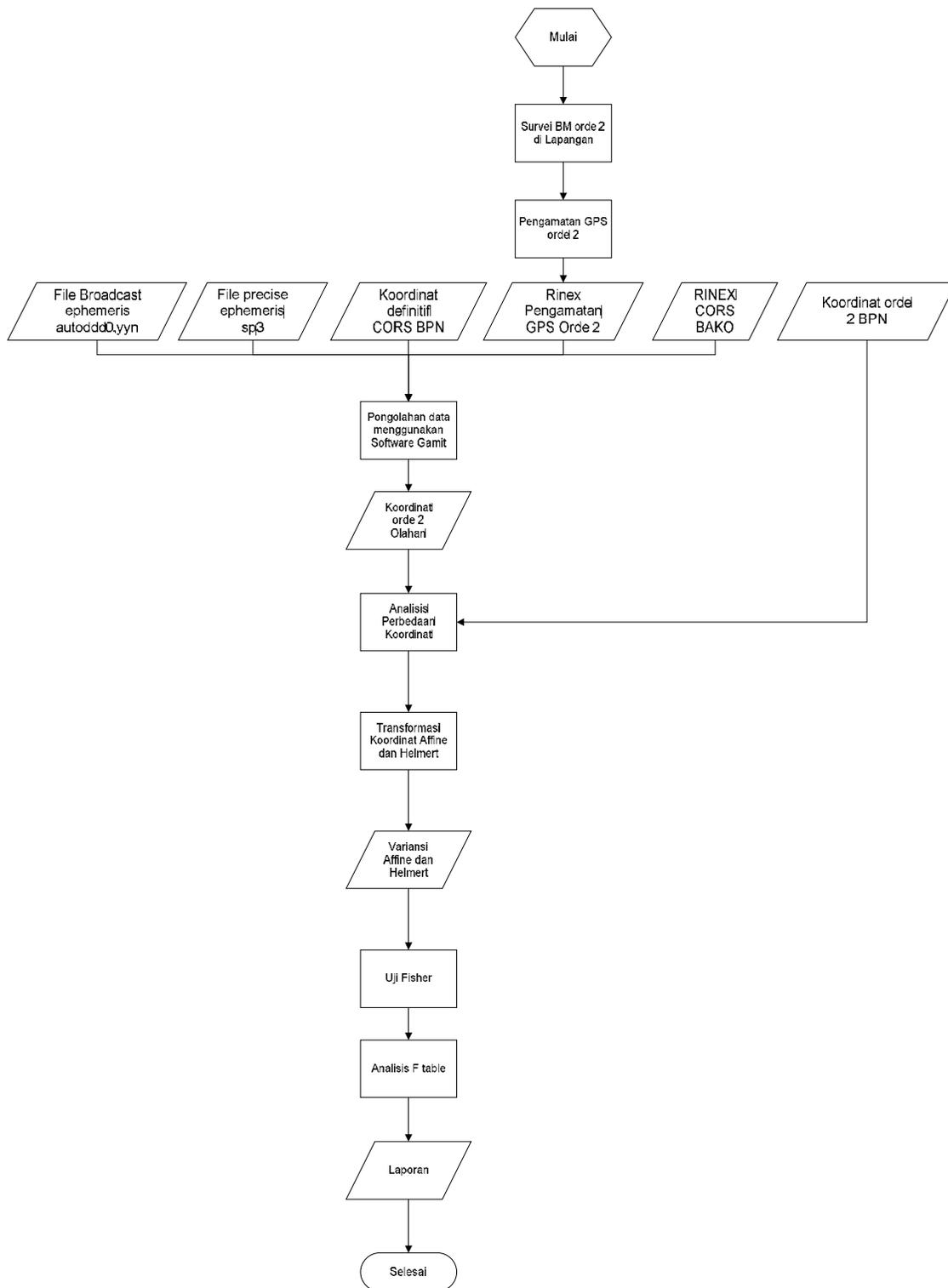
1. Pengukuran 6 buah TDT Orde 2 BPN di Kabupaten Grobogan secara post-processing dengan membandingkan dua titik ikat yaitu CORS BPN dan CORS BAKO.
2. Data diperoleh dari pengamatan GPS menggunakan metode statik dan diolah dengan *software* ilmiah GAMIT 10.4.

1.5. Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah melakukan pengukuran ulang TDT orde 2 BPN di Grobogan menggunakan metode statik radial dengan titik ikat CORS BPN Kabupaten Grobogan dan CORS BAKO, bertujuan untuk mengetahui perbedaan koordinat hasil olahan terhadap koordinat TDT Orde 2 BPN.

1.6. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2. Tinjauan Pustaka

2.1. GNSS

GNSS adalah sistem navigasi satelit yang dapat memberikan informasi posisi geospasial mencakup area global digunakan untuk menentukan posisi penerima di darat, di laut, atau di ruang angkasa melalui transmisi sinyal beberapa satelit buatan. Setiap satelit terus menerus menyiarkan pesan navigasi. *Global Navigation Satellite System* (GNSS) terdiri dari empat sistem satelit yaitu *Global Positioning System* (GPS), *Globalnaya navigatsionnaya sputnikovaya sistema* (GLONASS), GALILEO, dan COMPASS/BEIDOU.

2.2. Stasiun CORS BPN kabupaten Grobogan

Stasiun CORS BPN ini merupakan stasiun permanen yang dilengkapi dengan *receiver* dan dapat menerima sinyal satelit GNSS yang beroperasi selama 24 jam nonstop. BPN dalam hal ini bekerjasama dengan PT Almega Geosystem dalam hal pengadaan stasiun CORS di berbagai kantor wilayah di seluruh daerah di Indonesia, dan salah satunya berada di Kantor wilayah Grobogan.

2.3. Jaring Kontrol Horisontal

Jaring kontrol horisontal merupakan sekumpulan titik kontrol horisontal yang satu sama lainnya dikaitkan dengan data ukuran jarak dan atau sudut, koordinatnya ditentukan dengan metode pengukuran/pengamatan tertentu dalam suatu sistem referensi koordinat horisontal tertentu.

3. Pengolahan Data

3.1. GAMIT/GLOBK

GAMIT (*GPS Analysis Package Developed at MIT*) merupakan program untuk mengolah data fase GPS untuk memperkirakan posisi relatif tiga dimensi stasiun bumi dan orbit satelit yang dikembangkan oleh *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) dan *Scripps Institute of Oceanography* (SIO). Data hasil pengolahan menggunakan GAMIT memiliki tingkat ketelitian yang tinggi karena data yang digunakan adalah data *broadcast ephemeris* dan *precise ephemeris*.

GLOBK adalah *Kalman Filter* yang bertujuan untuk menggabungkan berbagai solusi geodetik, mengkombinasi hasil pemrosesan data survei terestris maupun data survei ekstra terestris. *Input* dari GLOBK ini adalah matriks kovarian untuk stasiun koordinat, parameter orientasi bumi, parameter orbital, dan posisi koordinat hasil lapangan.

3.2. Transformasi Koordinat

Transformasi koordinat merupakan perpindahan dari suatu sistem koordinat ke sistem koordinat lain. Dalam hal ini terkait dengan prosesnya terdapat beberapa jenis transformasi yaitu pergeseran (Translasi), penyekalaan (*scaling*), perputaran (Rotasi), pemencengan (*skew/shear*). Penelitian ini menggunakan sistem transformasi 2D yaitu transformasi affine dan helmert. Transformasi helmert merupakan transformasi yang dilakukan tanpa mengubah bentuk atau konfigurasi antar titik sedangkan transformasi affine adalah transformasi yang dilakukan dengan pengubahan bentuk atau konfigurasi antar titik.

1. Transformasi Affine.

Transformasi affine memiliki enam parameter yaitu penyekalaan, rotasi, rotasi, penyekalaan, translasi, translasi. Pada pelaksanaannya menggunakan rumus kuadrat terkecil seperti pada rumus berikut.

$$x = (A^T A)^{-1} A^T F \dots\dots\dots (II-i)$$

$$v = (A \cdot x) - F \dots\dots\dots (II-ii)$$

$$S0^2 = \frac{v^2}{n-1} \dots\dots\dots (II-iii)$$

- x : parameter yang dicari (*unknown vector*)
- A : persamaan matriks A
- F : persamaan matriks F (*constant vector*)
- v : *residual vector*
- v² : jumlah total *residual vector*
- n : jumlah pengamatan
- S0² : variansi
- S0 : Standar deviasi atau simpangan baku

Bentuk persamaan matriksnya adalah sebagai berikut.

Matriks A	Matriks F
$\begin{pmatrix} x_1 & y_1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & x_1 & y_1 & 0 & 1 \\ x_2 & y_2 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & x_2 & y_2 & 0 & 1 \\ x_3 & y_3 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & x_3 & y_3 & 0 & 1 \\ x_4 & y_4 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & x_4 & y_4 & 0 & 1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} x'_1 \\ y'_1 \\ x'_2 \\ y'_2 \\ x'_3 \\ y'_3 \\ x'_4 \\ y'_4 \end{pmatrix}$

Transformasi affine memiliki syarat minimal penggunaan titik sekutu sebanyak 3 titik.

2. Transformasi Helmert.

Transformasi helmert memiliki empat parameter yaitu rotasi, rotasi, translasi, translasi.

Pada pelaksanaannya menggunakan rumus kuadrat terkecil seperti pada rumus berikut.

$$k = (A^T A)^{-1} A^T L \quad \dots\dots\dots \text{(II-iv)}$$

$$v = (A \cdot k) - L \quad \dots\dots\dots \text{(II-v)}$$

$$S_0^2 = \frac{v^2}{n-u} \quad \dots\dots\dots \text{(II-vi)}$$

x : parameter yang dicari (*unknown vector*)

A : persamaan matriks A

L : persamaan matriks L (*constant vector*)

v : *residual vector*

v² : jumlah total *residual vector*

n : jumlah pengamatan

S₀² : variansi

S₀ : Standar deviasi atau simpangan baku

Bentuk persamaan matriksnya adalah sebagai berikut.

Matriks A

Matriks F

$$\begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 \\ y_1 & -x_1 & 0 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 & 0 \\ y_2 & -x_2 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x'_1 \\ y'_1 \\ x'_2 \\ y'_2 \end{bmatrix}$$

Transformasi helmert memiliki syarat minimal titik sekutu sebanyak 2 buah titik.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Perbandingan Koordinat Hasil Pengolahan GAMIT dengan koordinat TDT orde 2 BPN

Tabel 1 Perbedaan TDT Orde 2 dengan titik ikat CORS

ID	Orde 2 Hitungan (TM3)		Zona	BPN (TM3)		Selisih (m)	
	X	Y		X	Y	X	Y
11102	365509,342	716298,858	49,1	365508,766	716298,192	0,576	0,666
11107	354844,675	709025,302	49,1	354844,115	709024,515	0,560	0,787
11110	49098,38	711203,801	49,2	49097,804	711203,006	0,576	0,795
11028	321178,633	715127,142	49,1	321178,064	715126,458	0,569	0,684
11101	45190,798	716802,43	49,2	45190,296	716801,688	0,502	0,742
11103	356515,006	716867,902	49,1	356514,412	716867,214	0,594	0,688

Tabel 2 Perbedaan TDT Orde 2 dengan titik ikat BAKO

ID	Orde 2 Hitungan (TM 3)		Zona	BPN (TM3)		Selisih (m)	
	X	Y		X	Y	X	Y
11102	365509,373	716298,88	49,1	365508,766	716298,192	0,607	0,688
11107	354844,702	709025,317	49,1	354844,115	709024,515	0,587	0,802
11110	49098,351	711203,75	49,2	49097,804	711203,006	0,547	0,744
11028	321178,598	715127,094	49,1	321178,064	715126,458	0,534	0,636
11101	45190,82	716802,386	49,2	45190,296	716801,688	0,524	0,698
11103	356515,010	716867,912	49,1	356514,412	716867,214	0,598	0,698

Perubahan nilai koordinat hasil olahan dengan nilai koordinat BPN rata-rata memiliki perbedaan sebesar 0,5 sampai dengan 0,8 meter.

4.2. Hasil Transformasi Koordinat

Sistem transformasi yang digunakan adalah sistem transformasi 2D Affine dan Helmert. Transformasi affine memiliki enam parameter yaitu penyekalaan, rotasi, rotasi, penyekalaan, translasi, translasi. Transformasi affine memiliki syarat minimal penggunaan

titik sekutu sebanyak 3 titik. Transformasi helmert memiliki empat parameter yaitu rotasi, rotasi, translasi, translasi. Transformasi helmert memiliki syarat minimal titik sekutu sebanyak 2 buah titik. Untuk mengetahui stasiun referensi mana yang lebih bagus dapat dilihat dari standar deviasi yang dihasilkan oleh masing-masing sistem transformasi.

Tabel 3 Standar Deviasi

Stasiun Referensi	Affine	Helmert
CORS	0,00171	0,002359
BAKO	0,00184	0,001758

4.3. Uji F (Distribusi Fisher)

Pada uji statistik ini digunakan untuk mengetahui adanya persamaan atau perbedaan pada pengaruh titik ikat CORS BPN dan BAKO. Uji ini dilakukan dengan membandingkan *variance* dari kedua titik ikat tersebut, rumus yang digunakan pada uji ini yaitu :

Uji statistik yang digunakan untuk menentukan penolakan dari hipotesis nol

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad \text{or} \quad F = \frac{S_2^2}{S_1^2} \quad F = \frac{\text{larger sample variance}}{\text{smaller sample variance}}$$

Tabel F *Distributions* (Paul R. Wolf, 2006)

Hipotesis nol ditolak jika:

$$F > F_{\alpha/2}$$

Berikut hasil analisis dengan selang kepercayaan 95%, yaitu :

1. Variansi dari transformasi Affine dengan titik ikat CORS dan BAKO

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} = \frac{0,00184}{0,00171} = 1,07602$$

$$F \text{ Table} = 3,28$$

Hipotesis nol diterima jika F hitung lebih besar daripada F tabel

$$F = 1,07602 > F \text{ Table} = 3,28$$

2. Pengolahan menggunakan Helmert

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} = \frac{0,002359}{0,001758} = 1,341865$$

$$F \text{ Table} = 3,28$$

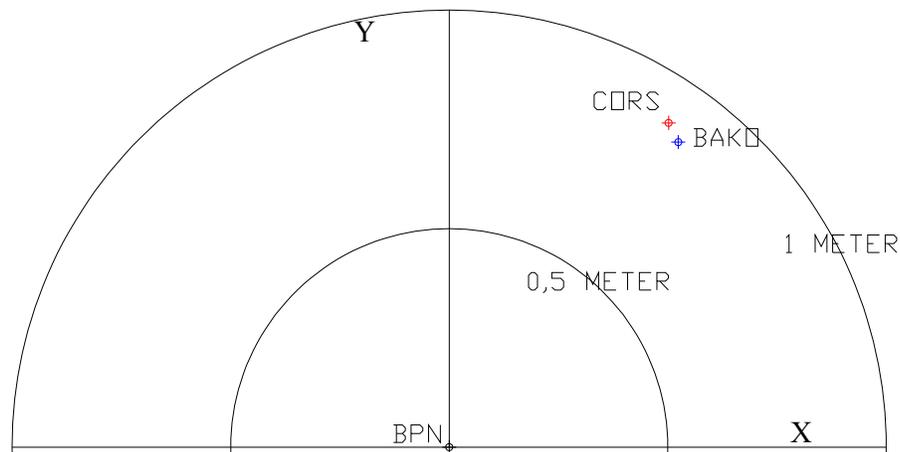
Hipotesis nol diterima jika F hitung lebih besar daripada F tabel

$$F = 1,341865 > F \text{ Table} = 3,28$$

Dari kedua uji ini, dapat disimpulkan bahwa meonggunakan kedua titik ikat CORS BPN Kabupaten Grobogan maupun titik ikat BAKO sama-sama memenuhi uji ketelitian Fisher

4.4. Plotting Koordinat

Setelah mengetahui perbedaan koordinat olahan dengan koordinat BPN dilakukan plotting terhadap kedua koordinat tersebut. Gambar 1 merupakan plotting terhadap koordinat TDT orde 2 11101



Gambar 1 Perbedaan koordinat TDT 11101

5. Penutup

5.1. Kesimpulan

Hasil pengolahan dan analisis dari penelitian yang telah dilaksanakan diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Koordinat TDT orde 2 hasil penelitian memiliki perbedaan yang sistematis dengan rentang 0,5 sampai dengan 0,8 meter baik X maupun Y.
2. Penyebab perbedaan koordinat hasil olahan dengan koordinat TDT orde 2 BPN dikarenakan sistem pengukuran yang dilakukan oleh BPN berbeda dengan sistem yang digunakan untuk penelitian.
3. Koordinat hasil pengikatan ke CORS BPN Grobogan memiliki simpangan baku sebesar 0,0414 sedangkan hasil pengikatan ke BAKO memiliki simpangan baku sebesar 0,0428.
4. Kedua titik ikat masuk dalam uji ketelitian distribusi Fisher.
5. Dilihat dari hasil pengukuran orde 2 BPN, koordinat definitif Stasiun CORS BPN kabupaten Grobogan hasil pengolahan menggunakan *software* GAMIT dapat digunakan sebagai referensi pengukuran.

5.1. Saran

Dari penelitian ini, terdapat beberapa saran untuk kemajuan penelitian selanjutnya. Saran tersebut adalah :

1. Diperlukan kontrol koordinat atau verifikasi terhadap TDT orde 2 BPN di daerah lain.
2. Perlu dilakukan kajian menggunakan datum SRGI terhadap titik-titik koordinat orde 2 hasil penelitian.
3. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai penyebab perbedaan TDT orde 2 di kabupaten Grobogan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H.Z., 2007, *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*. Jakarta : PT Pradnya Paramita.
- International GNSS Service. 2013. Available at : <http://sopac.ucsd.edu/cgi-bin/dbDataByDate.cgi> access date, Juli-Agustus 2013
- International GPS Services. 2013. Available at : www.garner.ucsd.edu/rinex/2013. access date , Juli-Agustus 2013
- International GPS Services. 2013. Available at : www.garner.ucsd.edu/nav/2013. access date : Juli-Agustus 2013
- International GPS Services .2013. Available at : www.igsb.jpl.nasa.gov/igsb, access date : Juli-Agustus 2013
- Bakosurtanal. 2013. Standar Nasional Inonesia Jaring Kontrol Horizontal, Available at : www.bakosurtanal.go.id/assets/download/sni/SNI/SNI%2019-6724-2002.pdf, access date : 27 November 2013
- Herring, T,A, dkk, 2010, *Introduction to GAMIT/GLOBK*, Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Science, Massachusetts Institute of Technology
- Herring, T,A, dkk, 2010, *GAMIT Reference Manual*, Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Science, Massachusetts Institute of Technology
- Herring, T,A, dkk, 2006, *GLOBK Reference Manual*, Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Science, Massachusetts Institute of Technology
- Wolf, Paul R and Charles D. Ghilani. 2006. *Adjustment Computation*. Jhon Wiley and Son. New York.