

**PERHITUNGAN DEFORMASI GEMPA KEBUMEN 2014
DENGAN DATA CORS GNSS DI WILAYAH PANTAI SELATAN
JAWA TENGAH**

Budi Prayitno, Moehammad Awaluddin, Bambang Sudarsono^{*)}

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

ABSTRAK

Pada tanggal 25 Januari 2014 terjadi gempa bumi pada pukul 12:14:18 WIB dengan momen magnituda (Mw) 6,1 dengan kedalaman 66 km yang berpusat di 7,986°LS 109,265°BT atau 38 Km arah Selatan-Tenggara dari Adipala, Jawa Tengah. Guncangan gempa ini dirasakan di lima provinsi di Pulau Jawa, yaitu DKI Jakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Yogyakarta. Guncangan terkuat dirasakan di Kabupaten Cilacap dan Kabupaten Kebumen. Oleh karena itu dilakukanlah penelitian mendalam perhitungan Deformasi Gempa Kebumen 2014 dengan data CORS GNSS di wilayah pantai selatan Jawa Tengah, untuk mengetahui nilai dan arah vektor pergeseran deformasi akibat gempa Kebumen ini.

Penelitian ini menggunakan data pengamatan empat stasiun CORS GNSS (CCLP, CPBL, CKBM, CMGL) dengan data pengamatan tahun 2013, 2014 dan 2015. Titik IGS yang digunakan yaitu BAKO, PIMO, COCO, DARW. Pengolahan data menggunakan software ilmiah GAMIT.

Penelitian ini menghasilkan nilai *velocity rate* sebelum maupun setelah gempa Kebumen 2014 dan nilai pergeseran akibat gempa beserta arah vektornya. Vektor kecepatan pergeseran horizontal sebelum gempa mengarah ke tenggara, dengan nilai kecepatan rata-rata $V_{hor} = -0,0282 \pm 0,0057$ m/tahun. Vektor kecepatan pergeseran horizontal setelah gempa mengarah ke tenggara, dengan nilai kecepatan rata-rata $V_{hor} = -0,0281 \pm 0,0063$ m/tahun. Vektor pergeseran horizontal akibat terjadinya gempa mengarah ke tenggara, dengan nilai pergeseran rata-rata $d_{hor} = -0,0063 \pm 0,0035$ m/tahun.

Kata Kunci : GAMIT, Kecepatan Pergeseran, Pergeseran, Stasiun CORS GNSS

ABSTRACT

On January 25, 2014 earthquake occurred at 12:14:18 AM with a moment magnitude (Mw) 6.1 with a depth of 66 km centered at 7,986 ° S 109,265 ° E or 38 Km South-East of Adipala, Central Java. The quake was felt in five provinces in Java, namely Jakarta, West Java, Central Java, East Java, and Yogyakarta. The strongest shaking was felt in Cilacap and Kebumen. Therefore, in-depth research conducted this calculation Earthquake Deformation Kebumen GNSS CORS 2014, with the data on the southern coast of Central Java, to determine the value and direction of the vector shift of the deformation caused by the earthquake this Kebumen.

This study uses observational data four GNSS CORS station (CCLP, CPBL, CKBM, CMGL) with observational data in 2013, 2014 and 2015. The point IGS used are BAKO, PIMO, COCO, DARW. Processing data using GAMIT scientific software.

This research resulted in the value of velocity rate before and after the earthquake Kebumen 2014 and the value displacement caused by the earthquake and its direction vector. Horizontal velocity rate vector before the earthquake towards southeast, with an average speed $V_{hor} = -0.0282 \pm 0.0057$ m / year. Horizontal velocity rate vector after the earthquake towards southeast, with an average speed $V_{hor} = -0.028064 \pm 0.0063$ m / year. Horizontal displacement vector due to the occurrence of the earthquake towards southeast, with an average shift value $d_{hor} = -0.0063 \pm 0.0035$ m / year.

Keywords : CORS GNSS Station, Displacement, GAMIT, Velocity Rate

**) Penulis, Penanggungjawab*

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Wilayah Indonesia dipengaruhi oleh interaksi dari beberapa lempeng tektonik yaitu lempengan Eurasia Timur dengan lempengan India dan lempengan Australia, dengan pola tunjangan (subduksi), tumbukan (*collision*) dan pensesaran busur belakang (*backarc thrusting*). Interaksi kedua lempeng tersebut membentuk Busur Sunda yaitu sebuah celah vulkanik yang membuat adanya Pulau Sumatera, Jawa, Selat Sunda dan Kepulauan Nusa Tenggara. Sehingga terbentuklah rantai gunung berapi yang menjadi punggung topografi di pulau-pulau tersebut. Dengan kondisi tektonik ini, maka di sepanjang Busur Sunda terdapat berbagai mekanisme gempa bumi.

Berdasarkan data Gempa bumi di USGS tercatat gempa bumi terjadi pada tanggal 25 Januari 2014 pada pukul 12:14:18 WIB dengan momen magnituda (Mw) 6,1 dengan kedalaman 66 km yang berpusat di 7.986°LS 109.265°BT atau 38 Km arah Selatan-Tenggara dari Adipala, Jawa Tengah. Guncangan gempa ini dirasakan di lima provinsi di Pulau Jawa, yaitu DKI Jakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Yogyakarta. Guncangan terkuat dirasakan di Kabupaten Cilacap dan Kabupaten Kebumen, karena itu gempa ini sering disebut juga dengan nama gempa Kebumen.

Dengan berkembangnya teknologi pengukuran dan pemetaan, penentuan posisi titik-titik kontrol geodetik telah menggunakan teknologi GPS (*Global Positioning System*). Di Indonesia, GPS telah digunakan untuk menentukan koordinat titik-titik kontrol yang digunakan untuk membangun kerangka dasar nasional pada survei dan pemetaan. Penggunaan teknologi GPS untuk penentuan posisi, survei dan aplikasi pemetaan di Indonesia secara sistematis dimulai sejak akhir tahun 1980-an. Dalam kegiatannya, metode statik dan real time (absolut and diferensial) adalah dua metode penentuan posisi yang sering digunakan.

Salah satu teknologi penentuan posisi berbasis satelit adalah *Global Navigation Satellite System* (GNSS) *Continuously Operating Reference Stations* (CORS). CORS merupakan sistem GNSS yang beroperasi secara kontinu selama 24 jam sebagai acuan penentuan posisi dengan tingkat ketelitian yang tinggi. Stasiun GNSS CORS juga dapat digunakan untuk Survey Deformasi karena memiliki beberapa kelebihan yaitu (Widjajanti, 2010 dalam Panuntun, 2012):

1. GPS beroperasi 24 jam tanpa terpengaruh cuaca
2. GPS tidak membutuhkan saling terlihat secara langsung antara base dan titik pemantauan.

3. Survei dengan menggunakan GPS memungkinkan untuk akuisisi data dalam jumlah besar dengan ketelitian tinggi dalam waktu yang cepat.
4. GPS dapat digunakan untuk memantau posisi pada area yang luas tanpa mengurangi secara drastis kepresisian pada pengukuran tiga dimensi.

Oleh karena itu dilakukanlah penelitian mendalam perhitungan Deformasi Gempa Kebumen 2014 dengan data CORS GNSS di wilayah pantai selatan Jawa Tengah, untuk mengetahui nilai dan arah vektor pergeseran deformasi akibat gempa Kebumen ini.

I.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara perhitungan deformasi gempa Kebumen 2014 dengan data CORS GNSS di wilayah pantai selatan Jawa Tengah.
2. Berapa nilai *velocity rate* sebelum dan sesudah terjadinya gempa 25 Januari 2014 pada stasiun-stasiun CORS di daerah pantai selatan Jawa Tengah dan bagaimana arah vektornya.
3. Berapa nilai pergeseran akibat gempa 25 Januari 2014 dan bagaimana arah vektornya.
4. Analisis *velocity rate* sebelum dan sesudah gempa serta analisis pergeseran stasiun CORS akibat terjadinya gempa 25 Januari 2014.

I.3 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data primer yang terdiri dari data CORS GNSS yang tersebar di empat titik yaitu CORS Cilacap (CCLP), CORS Purbalingga (CPBL), CORS Kebumen (CKBM), dan CORS Magelang (CMGL). Data ini diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG).
2. Pengumpulan data CORS yang dilakukan pada tahun 2013-2015.
3. Menggunakan titik ikat global (IGS) berjumlah empat stasun.
4. Pengolahan data CORS GNSS menggunakan perangkat lunak GAMIT/GLOBK.

I.4 Maksud dan Tujuan Penelitian

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

1. Maksud dari penelitian ini adalah melakukan pengolahan data CORS GNSS tiap titik dari semua titik yang tersebar di wilayah pantai selatan Jawa Tengah yang dilakukan secara kontinu..
2. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui besar *velocity rate* sebelum dan sesudah gempa 25 Januari 2014 pada stasiun CORS di daerah pantai

selatan Jawa Tengah, serta mengetahui besar pergeseran stasiun CORS akibat gempa yang diperoleh dari pengolahan data GPS CORS GNSS. Setelah itu menganalisis *velocity rate* sebelum dan sesudah gempa serta menganalisis pergeseran stasiun CORS akibat terjadinya gempa 25 Januari 2014.

I.5 Lokasi Penelitian

Data pengamatan yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah data pengamatan GNSS CORS dengan jumlah empat titik pengamatan, yang tersebar di sekitar wilayah pantai selatan Jawa Tengah, yaitu di Cilacap (CCLP), Purbalingga (CPBL), Kebumen (CKBM), dan Magelang (CMGL).

II. Tinjauan Pustaka

II.1. Sistem GPS (Global Positioning System)

GPS (*Global Positioning System*) adalah sistem satelit navigasi dan penentuan posisi yang berdasarkan pada pengamatan satelit-satelit *Global Positioning System* (Abidin, 2001; Hofmann-Wellenhof et al., 1997 dalam Ahmad, 2014). GPS adalah sistem satelit navigasi yang paling populer dan paling banyak diaplikasikan di dunia pada saat ini, baik di darat, laut, udara, maupun angkasa.

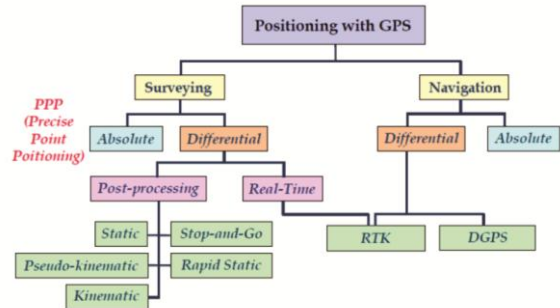
Pada dasarnya GPS terdiri atas tiga segmen utama, yaitu segmen angkasa (*space segment*) yang terutama terdiri dari satelit-satelit GPS, segmen sistem kontrol (*control system segment*) yang terdiri dari stasiun-stasiun pemonitor dan pengontrol satelit, dan segmen pemakai (*user segment*) yang terdiri dari pemakai GPS termasuk alat-alat penerima dan pengolah sinyal dan data GPS (Abidin, 2007).

Ada tiga macam tipe alat GPS, dengan masing-masing memberikan tingkat ketelitian (posisi) yang berbeda-beda, yaitu:

1. Tipe navigasi (*Handheld, Handy GPS*). Tipe navigasi memiliki ketelitian posisi yang diberikan saat ini baru dapat mencapai tiga sampai enam meter.
2. Tipe geodetik *single frequency* (tipe pemetaan), yang biasa digunakan dalam survey dan pemetaan yang membutuhkan ketelitian posisi sekitar centimeter sampai dengan beberapa desimeter.
3. Tipe geodetik *dual frequency* yang dapat memberikan ketelitian posisi hingga mencapai milimeter. Tipe ini biasa digunakan untuk aplikasi *precise positioning* seperti pembangunan jaring titik kontrol, survei deformasi, dan geodinamika.

Pada dasarnya konsep dasar penentuan posisi dengan GPS adalah reseksi (pengikatan kebelakang) dengan jarak, yaitu dengan pengukuran jarak secara simultan ke beberapa satelit GPS yang koordinatnya telah diketahui. Penentuan posisi dengan GPS dapat

dilakukan dengan berbagai metode yang masing-masing mempunyai karakteristik tersendiri. Secara umum metode dan sistem penentuan posisi dengan GPS dapat diklasifikasikan seperti yang ditunjukkan pada Gambar II.1.



Gambar II.1. Penentuan posisi dengan GPS [Abidin, 2007 dalam Ahmad, 2014]

Penentuan posisi dengan teknologi GPS dapat dilakukan dengan dua metode yaitu metode absolut dan metode relatif. Metode absolut atau sering disebut point positioning merupakan penentuan posisi suatu titik yang dapat ditentukan dengan menggunakan sebuah receiver GPS. Posisi titik pengamatan ini direferensikan terhadap pusat dari sistem koordinat.

II.2. Perangkat Lunak GAMIT

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).

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).

II.3. Perangkat Lunak GLOBK

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 Bernese.

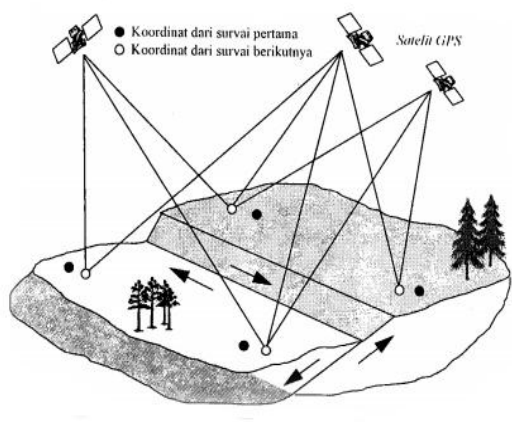
II.4. Deformasi

Deformasi adalah perubahan bentuk, posisi, dan dimensi dari suatu materi atau perubahan kedudukan (Kuang 1996 dalam Andriyani, 2012). Berdasarkan definisi tersebut deformasi dapat diartikan sebagai perubahan kedudukan atau pergerakan suatu titik pada suatu benda secara absolut maupun relatif. Dikatakan titik bergerak absolut apabila dikaji dari perilaku gerakan titik itu sendiri dan dikatakan relatif apabila gerakan itu dikaji dari titik yang lain. Perubahan kedudukan atau pergerakan suatu titik pada umumnya mengacu kepada suatu sistem kerangka referensi (absolut atau relatif).

II.5. Studi Geodinamika

Berdasarkan pengamatan secara teliti posisi titik-titik dalam suatu jaring secara kontinu ataupun berkala, GPS juga telah banyak digunakan untuk mempelajari dinamika bumi (geodinamika).

Pada dasarnya studi Geodinamika dengan GPS dapat dilakukan dengan metode episodik maupun kontinu. Dengan metode episodik, pergerakan lempeng bumi dideteksi dengan mengamati secara teliti perubahan koordinat beberapa titik yang terletak pada lempeng-lempeng tersebut dari waktu ke waktu dengan selang waktu tertentu (misalnya setahun sekali), seperti yang diilustrasikan pada gambar. Sedangkan pada metode kontinu, pengamatan GPS di titik-titik pengamatan dilakukan secara kontinu.



Gambar II.2. Penggunaan GPS untuk studi Geodinamika dalam moda episodik [Abidin, 2007]

III. Metodologi Penelitian

III.1. Alat Yang Digunakan

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

1. Laptop dengan spesifikasi *Processor Intel inside™ Core i5 2.5 GHz*, RAM 4,00 GB, *Harddisk 500GB*
2. Alat tulis

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Sistem Operasi *Windows 8.1* dan *Linux Ubuntu 14.04*.
2. GAMIT/GLOBK versi 10.5, digunakan dalam pemrosesan/ pengolahan data RINEX.
3. *Microsoft Office 2010*, sebagai perangkat pengolah kata.
4. *Adjust*, sebagai perangkat lunak keperluan transformasi koordinat
5. *Network Common Data Form (NETCDF) 3.6.3*, perangkat lunak ini adalah *dependencies* yang harus dipenuhi bila menginstal perangkat lunak GMT. Perangkat lunak ini digunakan untuk *interface* pada akses (*sharing* dan transfer) data yang bersifat *scientific*. Perangkat ini dapat diunduh melalui <http://www.unidata.ucar.edu/packages/netcdf>.
6. *Generic Mapping Tools (GMT) 4*, digunakan untuk *plotting* data hasil pengolahan dengan menggunakan perangkat lunak GAMIT. Perangkat lunak ini dapat di unduh melalui <http://gmt.soest.hawaii.edu>.
7. Gfortran, perangkat lunak yang digunakan sebagai *compiler* untuk bahasa fortran pada perangkat lunak GAMIT yang diperlukan pada saat melakukan instalasi. Dapat diunduh melalui <http://gcc.gnu.org/wiki/GfortranBinaries>.
8. GNU C Compiler (GCC) 4.4.3, digunakan untuk melakukan *compiling* perangkat lunak yang dipakai untuk pemrograman bahasa C yang dibuat oleh GNU strategi pengamatan. GCC seperti GAMIT, GMT, NETCDF.

III.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu:

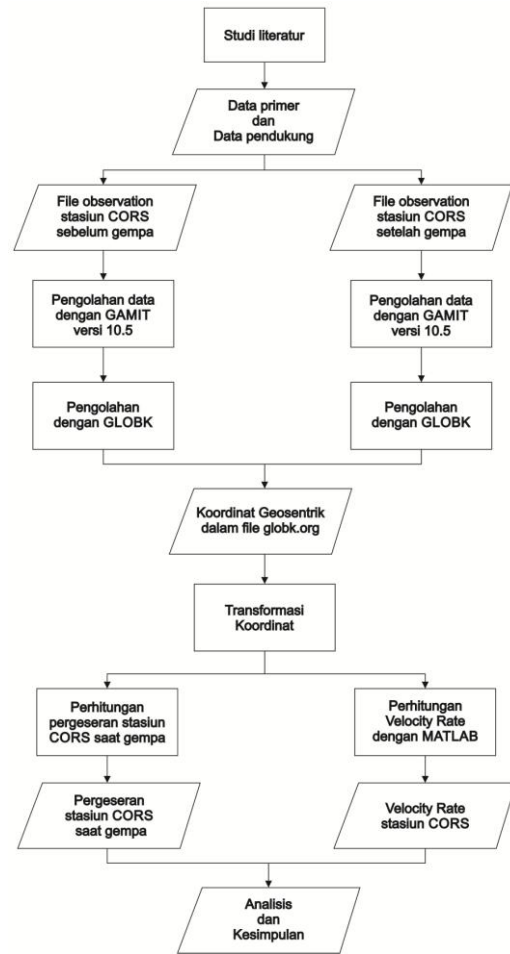
1. Data primer, merupakan data yang harus ada dalam penelitian agar penelitian dapat dilaksanakan. Data yang termasuk dalam data primer adalah sebagai berikut :
 - a. Data pengamatan stasiun CORS. Data pengamatan ini diperoleh dari stasiun CORS yang tersebar di beberapa Kantor Pertanahan, yaitu di Cilacap, Purbalingga, Kebumen, dan Magelang selama tahun 2013, 2014 dan 2015 dalam

bentuk data observasi. Pengamatan CORS. Data CORS ada 2 DOY perbulan. Namun pada bulan Desember 2013, Januari 2014, dan Februari 2014 data CORS ditambah, mengingat terjadinya gempa pada tanggal 25 Januari 2014. Namun ada beberapa kekosongan data, yang seringkali diakibatkan oleh alat yang tidak merekam karena adanya suatu masalah.

- b. Data pengamatan dari stasiun IGS. Data ini berupa pengamatan stasiun IGS, yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: COCO, DARW, PIMO, BAKO. Data diperoleh dengan mengunduh dari situs, <http://igscb.jpl.nasa.gov/>, data tersebut dipilih sesuai dengan tanggal data pengamatan GPS dalam bentuk data observasi.
 - c. Data *precise ephemeris*. Data *ephemeris* yang digunakan berupa data IGS *final orbit* yang didapat dengan mengunduh dari *homepage* IGS yaitu: <http://igscb.jpl.nasa.gov/> sesuai dengan DOY penelitian pada stasiun-stasiun CORS dalam format *.sp3.
2. Bahan pendukung. Data ini apabila digunakan akan mempengaruhi ketelitian hasil pengolahan dengan menggunakan GAMIT.
 - a. *File* gelombang laut (pasut), diunduh dari situs <ftp://garner.ucsd.edu> (otl_FES2004.grid).
 - b. *File* pemodelan cuaca, berupa *file* vmflgrid.2013 yang merupakan fungsi pemetaan cuaca hitungan.
 - c. *File* atmosfer yang diunduh dari *homepage* MIT yaitu www.gpsg.mit.edu (atmdisp_cm.2013).

III.3 Pelaksanaan

Diagram alir penelitian adalah seperti pada Gambar III.1.



Gambar III.1. Diagram Alir Penelitian

IV. Hasil Dan Analisis

IV.1 Hasil

1. Hasil Pengolahan GAMIT

Pada hasil pengolahan GAMIT akan menghasilkan beberapa *file* hasil pengolahan data. Data yang digunakan untuk mengetahui informasi penting dan proses pengolahan selanjutnya adalah berupa *h-files*, *q-files* dan *sh_gamit.summary*. Semua *file* tersebut berada dalam folder DOY. Proses pengolahan dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *project* per-DOY.

Dimana *h-files* merupakan *file* yang memuat nilai *adjustment* dan matriks varian-kovarian yang digunakan sebagai input dalam pengolahan GLOBK. *H-files* hasil pengolahan GAMIT dihasilkan dalam masing-masing DOY dengan format *file* $h<nama_project>a.<dua\ digit\ terakhir\ tahun><doy>$, misalnya h2014a.14160.

Dalam *q-files* memuat hasil analisis program *solve* yang berisi hasil evaluasi dari pengolahan data. *Q-files* memiliki format $q<nama_project>a.<doy>$, misalnya q2014a.160. *File* ini untuk mengetahui nilai *fract*. *Fract* adalah nilai dari *adjust* per nilai formal.

Adjust adalah koreksi koordinat pada saat hitungan perataan. Nilai *fract* dapat digunakan untuk mengindikasikan apakah terdapat nilai *adjust* yang janggal dan perlu tidaknya diberikan iterasi untuk mendapatkan nilai *adjust* yang bebas dari efek non-linier. Nilai formal menunjukkan ketidakpastian pada pemberian data bobot untuk perhitungan kuadrat terkecil. Untuk dapat diterima dan dilakukan proses perhitungan menggunakan GLOBK, nilai *fract* harus kurang dari 10. Pada penelitian ini nilai *fract* tidak ada nilai yang melebihi angka 10, hal tersebut mengindikasikan bahwa tidak terdapat kesalahan kasar dan sistematis pada pengolahan tersebut (Panuntun, 2012). Berikut Gambar IV.1 merupakan contoh tampilan *q-files*.

Label (units)	a priori	Adjust (m)	Formal	Fract	Postfit
1*BAKO GEOC LAT dms	S06:26:52.69135	-0.0236	0.0215	-1.1	S06:26:52.69211
2*BAKO GEOC LONG dms	E106:50:56.08590	0.0106	0.0231	0.5	E106:50:56.08590
3*BAKO RADIUS km	6378.0240805145	-0.0035	0.0264	-0.1	6378.02407699
4*CLP GEOC LAT dms	S07:41:11.25695	-0.0135	0.0217	-0.6	S07:41:11.25738
5*CLP GEOC LONG dms	E109:00:36.59919	-0.0039	0.0243	-0.2	E109:00:36.59906
6*CLP RADIUS km	6377.7961078559	0.0044	0.0298	0.1	6377.79611226
7*CKM GEOC LAT dms	S07:37:09.60447	-0.0133	0.0216	-0.6	S07:37:09.60490
8*CKM GEOC LONG dms	E109:39:11.47615	-0.0014	0.0241	-0.1	E109:39:11.47611
9*CKM RADIUS km	6377.8098709882	-0.0014	0.0290	-0.0	6377.80986958
10*CMGL GEOC LAT dms	S07:25:34.65360	-0.0123	0.0216	-0.6	S07:25:34.65400
11*CMGL GEOC LONG dms	E110:13:01.19721	0.0013	0.0234	0.1	E110:13:01.19725
12*CMGL RADIUS km	6378.2007349572	0.0010	0.0276	0.0	6378.20073596
13*COCO GEOC LAT dms	S12:06:32.99310	-0.0135	0.0214	-0.6	S12:06:32.99353
14*COCO GEOC LONG dms	E096:50:02.30322	-0.0089	0.0236	-0.4	E096:50:02.30292
15*COCO RADIUS km	6377.1561119265	-0.0125	0.0259	-0.5	6377.15609947
16*CPBL GEOC LAT dms	S07:20:22.49218	-0.0118	0.0217	-0.5	S07:20:22.49256
17*CPBL GEOC LONG dms	E109:21:51.24426	0.0062	0.0240	0.3	E109:21:51.24446
18*CPBL RADIUS km	6377.8707211295	-0.0027	0.0292	-0.1	6377.87071846
19*DARW GEOC LAT dms	S12:45:37.96177	-0.0246	0.0216	-1.1	S12:45:37.96256
20*DARW GEOC LONG dms	E131:07:57.87244	0.0122	0.0233	0.5	E131:07:57.87294
21*DARW RADIUS km	6377.2138051069	0.0004	0.0263	0.0	6377.21380552
22*PTMO GEOC LAT dms	N14:32:30.88079	-0.0095	0.0221	-0.4	N14:32:30.88048
23*PTMO GEOC LONG dms	E121:04:34.82496	0.0102	0.0235	0.4	E121:04:34.82530

Gambar IV.1. Tampilan *q-files*

Untuk mengetahui informasi pengolahan GAMIT dapat diketahui dari *summary file*. *Summary file* ini terdapat dalam folder DOY pengamatan dengan format *file sh_gamit_<doy>.summary*, misalnya *sh_gamit_102.summary*. Informasi yang diperoleh dari *summary file* diantaranya adalah *number of station used* yang berisi banyaknya stasiun GPS yang dilakukan pengolahan. Pengecekan dilakukan dengan memastikan jumlah stasiun GPS hasil pengolahan sama dengan jumlah stasiun pada awal input data. Bila jumlah stasiunnya lebih sedikit dari data yang diolah berarti terdapat kesalahan pada RINEX yang digunakan dalam pengolahan. Informasi lain yang didapatkan adalah nilai *postfit nrms*. *Postfit nrms* adalah nilai perbandingan antara nilai akar kuadrat *chi-square* dan nilai *degree of freedom*. Standar kualitas nilai *postfit nrms* adalah berkisar $\pm 0,25$. Nilai *postfit nrms* pada penelitian ini bernilai rata-rata 0,19465 untuk *constrained free*, 0,19835 untuk *constrained fixed*, 0,19449 untuk *loose free* dan 0,19817 untuk *loose fixed*. Nilai *loose nrms* selalu lebih kecil dari nilai *constrained nrms*. Hal itu menunjukkan bahwa tidak ada nilai yang salah dari parameter orbit dan koordinat stasiun pengamat. Nilai *postfit nrms* yang lebih dari 0,5 menandakan bahwa masih ada data yang mengandung *cycle slips* yang belum dihilangkan atau berkaitan dengan parameter bias ekstra ataupun bisa juga karena terdapat kesalahan dalam melakukan pemodelan. Nilai *postfit* tidak memiliki satuan.

Parameter evaluasi lainnya yang terdapat pada *summary file* adalah nilai ambiguitas fase. Rata-rata nilai ambiguitas fase pada penelitian ini untuk jenis *wide lane* (WL) bernilai 90,59% dan untuk jenis *narrow lane* (NL) bernilai 81,44%. Nilai *wide lane* diatas 90% mengindikasikan bahwa pada pengolahan tersebut tidak ada *noise* pada *pseudorange*. Nilai *narrow lane* (NL) diatas 80% mengindikasikan bahwa pada pengolahan tersebut tidak ada kesalahan pada ukuran, konfigurasi jaringan, kualitas orbit, koordinat *a priori*, atau kondisi atmosfer (Panuntun, 2012). Berikut Gambar IV.2 merupakan tampilan *summary file* dari DOY 160 tahun 2014.

```

Double difference statistics
Prefit nrms: 0.13678E+01 Postfit nrms: 0.19563E+00
Prefit nrms: 0.13644E+01 Postfit nrms: 0.19997E+00
Prefit nrms: 0.13678E+01 Postfit nrms: 0.19544E+00
Prefit nrms: 0.13644E+01 Postfit nrms: 0.19971E+00
Number of double differences: 35806

Phase ambiguities (Total WL-fixed NL-fixed): 204 190 175
Phase ambiguities WL fixed 93.1% NL fixed 85.8%
    
```

Gambar IV.2. Tampilan *summary file*

2. Hasil Pengolahan GLOBK

Proses pengolahan terakhir dalam penelitian ini adalah proses pengolahan GLOBK. Hasil dari pengolahan GLOBK adalah nilai koordinat tiap DOY beserta simpangan bakunya yang bisa dilihat pada *file* dengan nama *globk_<nama project>_<dua digit terakhir tahun><DOY>*, contoh nama *file* dalam penelitian ini adalah *globk_2014_14160*. Berikut Gambar IV.3 merupakan contoh tampilan hasil (*ORG.file*) pada DOY 160 tahun 2014.

```

Int. CMGL_GFS -2185668.52990 5935038.70195 -824386.61996 0.00000 0.00000 2014.438
7. CMGL_GFS X coordinate (m) -2185668.51654 0.01336 0.00917
8. CMGL_GFS Y coordinate (m) 5935038.70424 0.00229 0.01466
9. CMGL_GFS Z coordinate (m) -824386.61558 0.00498 0.00400
Unc. CMGL_GFS -2185668.51654 5935038.70424 -824386.61558 0.00000 0.00000 2014.437
Apr. CMGL_GFS -2185668.51654 5935038.70424 -824386.61558 0.00000 0.00000 2014.437
Loc. CMGL_GFS X coordinate (m) -832199.41745 0.00403 0.00441
Loc. CMGL_GFS Y coordinate (m) 12165047.72931 -0.01333 0.00523
Loc. CMGL_GFS Z coordinate (m) 422.75303 -0.00301 0.01637
NE,NU,EU position correlations 0.2126 0.4135 0.4925
pbo. CMGL_GFS CMGL_GFS 2014 06 09 11 59 56:17.4998 -2185668.51654 5935038.70424 -824386.6:
Int. CKRM_GFS -2126084.17542 5953244.40107 -845639.36204 0.00000 0.00000 2014.438
10. CKRM_GFS X coordinate (m) -2126084.15554 0.01388 0.00992
11. CKRM_GFS Y coordinate (m) 5953244.40100 -0.00007 0.01627
12. CKRM_GFS Z coordinate (m) -845639.35901 0.00303 0.00471
Unc. CKRM_GFS -2126084.15554 5953244.40100 -845639.35901 0.00000 0.00000 2014.437
Apr. CKRM_GFS -2126084.15554 5953244.40100 -845639.35901 0.00000 0.00000 2014.437
Loc. CKRM_GFS X coordinate (m) -853825.88174 0.00211 0.00484
Loc. CKRM_GFS Y coordinate (m) 12097349.10740 -0.01870 0.00572
Loc. CKRM_GFS Z coordinate (m) 50.67954 -0.00710 0.01869
NE,NU,EU position correlations 0.1846 0.2926 0.4377
pbo. CKRM_GFS CKRM_GFS 2014 06 09 11 59 56:17.4998 -2126084.15554 5953244.40100 -845639.3:
    
```

Gambar IV.3. Tampilan *ORG.file*

3. Perhitungan Velocity Rate

Berikut ini adalah hasil perhitungan *velocity rate* sebelum gempa, yang ditampilkan pada Tabel IV.1. Serta hasil perhitungan *velocity rate* setelah gempa ditampilkan pada Tabel IV.2

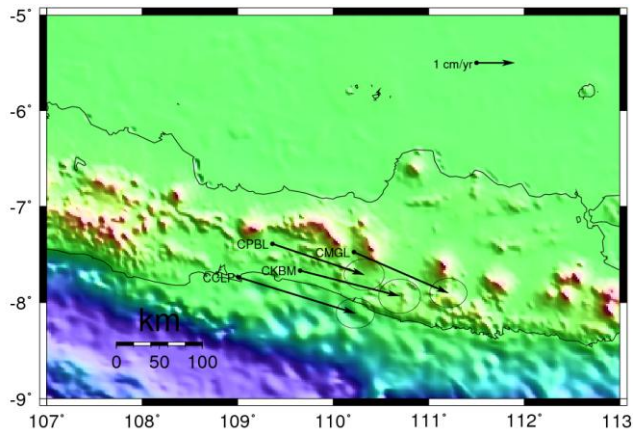
Tabel IV.1. Kecepatan pergeseran pada titik-titik pengamatan GNSS CORS (sebelum gempa)

Stasiun CORS	Ve (m/tahun)	Vn (m/tahun)	Vhor (m/tahun)	Vu (m/tahun)
CCLP	0,031022	-0,00954	0,0324559	0,0094342
CPBL	0,024405	-0,008216	0,0257508	0,00918
CKBM	0,026449	-0,006747	0,0272961	0,0083007
CMGL	0,025087	-0,010847	0,0273316	0,0097662

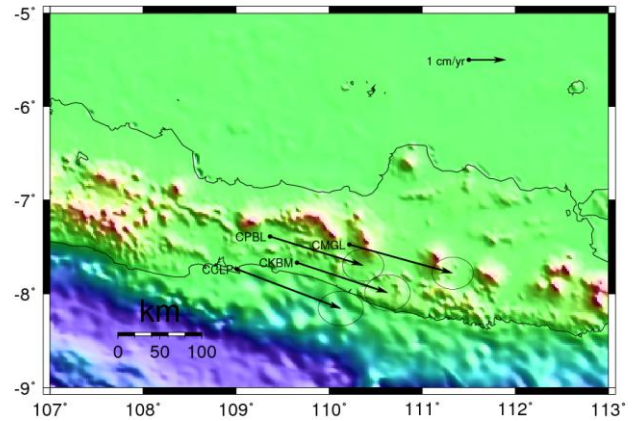
Tabel IV.2. Kecepatan pergeseran pada titik-titik pengamatan GNSS CORS (setelah gempa)

Stasiun CORS	Ve (m/tahun)	Vn (m/tahun)	Vhor (m/tahun)	Vu (m/tahun)
CCLP	0,028324	-0,010675	0,0302689	0,010438
CPBL	0,025419	-0,007841	0,0266008	0,0097154
CKBM	0,024738	-0,008139	0,0260426	0,0051717
CMGL	0,028296	-0,007775	0,0293446	0,01284

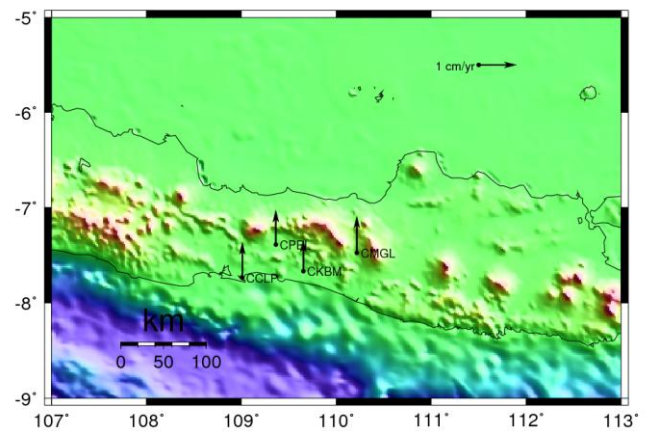
Berikut ini, Gambar IV.4 dan Gambar IV.5 merupakan hasil *plotting* kecepatan pergeseran (*velocity rate*) horizontal stasiun pengamatan, sedangkan Gambar IV.6 dan Gambar IV.7 merupakan hasil *plotting* kecepatan pergeseran (*velocity rate*) vertikal stasiun pengamatan, yang berdasarkan data GNSS CORS pada perangkat lunak GMT (*Generic Mapping Tools*). Garis panah disertai nama stasiun adalah garis yang menunjukkan besar kecepatan pergeseran yang terjadi dengan skala 1cm/tahun, sementara arah yang ditunjukkan merupakan arah dari pergeseran tiap stasiun.



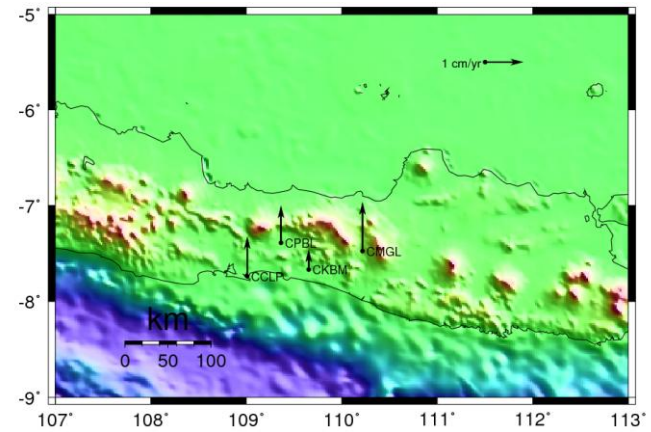
Gambar IV.4. Kecepatan pergeseran (*velocity rate*) horizontal sebelum gempa



Gambar IV.5. Kecepatan pergeseran (*velocity rate*) horizontal setelah gempa



Gambar IV.6. Kecepatan pergeseran (*velocity rate*) vertikal sebelum gempa



Gambar IV.7. Kecepatan pergeseran (*velocity rate*) horizontal setelah gempa

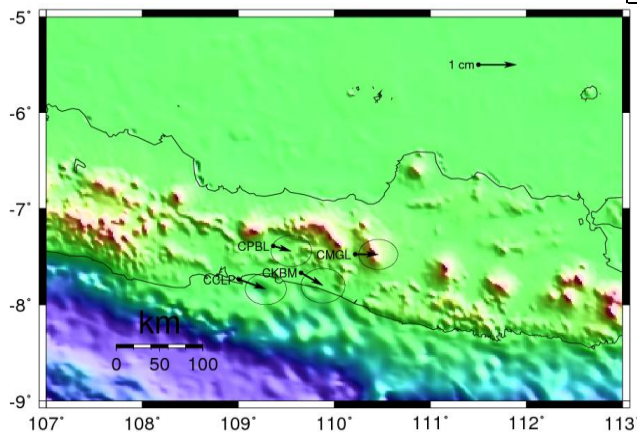
4. Perhitungan Pergeseran Akibat Terjadinya Gempa

Berikut ini adalah hasil perhitungan pergeseran akibat gempa, yang ditampilkan pada Tabel IV.3.

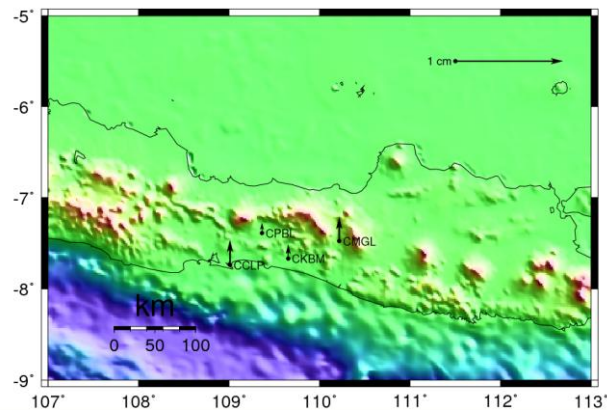
Tabel IV.3. Pergeseran pada titik-titik pengamatan GNSS CORS saat terjadinya gempa

stasiun	de	dn	dhor	du
CCLP	0,0070	-0,0025	0,0075	0,0023
CPBL	0,0048	-0,0014	0,0049	0,0009
CKBM	0,0058	-0,0034	0,0067	0,0013
CMGL	0,0061	-0,0001	0,0061	0,0022

Berikut ini, Gambar IV.8 merupakan hasil *plotting* pergeseran horizontal stasiun pengamatan, sedangkan Gambar IV.9 merupakan hasil *plotting* pergeseran vertikal stasiun pengamatan, yang berdasarkan data GNSS CORS saat terjadinya gempa pada perangkat lunak GMT (*Generic Mapping Tools*).



Gambar IV.8. Pergeseran horizontal akibat gempa



Gambar IV.9. Pergeseran vertikal akibat gempa

IV.2 Analisis

1. Analisis Pergeseran (uji t)

Hipotesa nol yang digunakan pada uji statistik ini adalah titik pengamatan tidak bergeser dalam selang i dan j sehingga :

Hipotesa nol $H_0 : P_{ij} = 0$

Hipotesa alternatif $H_a : P_{ij} \neq 0$

Pergeseran dinyatakan signifikan atau hipotesa nol ditolak jika (Wolf Ghilani, 1997 dalam Rino, 2010 dalam Andriyani, 2012) :

$T > t_{df,\alpha/2}$

Berikut ini Tabel IV.4 merupakan hasil perhitungan untuk uji statistik vektor pergeseran.

Tabel IV.4. Hasil uji statistik vektor pergeseran

stasiun	de	dn	sde	sdn	p	std p	t	pergeseran
CCLP	0,007017	-0,002538	0,004614	0,003518	0,007462	0,005802	1,286064	tidak
CPBL	0,004752	-0,001377	0,004549	0,003518	0,004948	0,005751	0,860335	tidak
CKBM	0,005793	-0,003385	0,004943	0,003886	0,006709	0,006288	1,067014	tidak
CMGL	0,006093	-0,000053	0,004386	0,003369	0,006094	0,005531	1,101769	tidak

Digunakan tabel distribusi normal dengan selang kepercayaan 95% sehingga nilai $t_{df,\alpha/2}$ adalah 1,96. Tabel IV.4 menunjukkan $T < t_{df,\alpha/2}$, maka dianggap tidak terjadi pergeseran signifikan di semua stasiun pengamatan.

2. Analisis Velocity Rate (uji t)

Hipotesa nol yang digunakan pada uji statistik ini adalah titik pengamatan tidak bergeser dalam selang i dan j sehingga :

Hipotesa nol $H_0 : P_{ij} = 0$

Hipotesa alternatif $H_a : P_{ij} \neq 0$

Perubahan pergeseran dinyatakan signifikan atau hipotesa nol ditolak jika (Wolf Ghilani, 1997 dalam Rino, 2010 dalam Andriyani, 2012) :

$T > t_{df,\alpha/2}$

Digunakan tabel distribusi normal dengan selang kepercayaan 95% sehingga nilai $t_{df,\alpha/2}$ adalah 1,96.

Tabel IV.5. Hasil uji statistik velocity rate komponen n

Stasiun CORS	Vn 1	Vn 2	dVn	sd n 1	sd n 2	Std n	T	perubahan signifikan
CCLP	-0,0095	-0,0107	-0,001135	0,00339	0,00396	0,00367	0,30878	tidak
CPBL	-0,0082	-0,0078	0,000375	0,00351	0,00371	0,00361	0,10384	tidak
CKBM	-0,0067	-0,0081	-0,001392	0,00385	0,00417	0,00401	0,34684	tidak
CMGL	-0,0108	-0,0078	0,003072	0,00329	0,0037	0,00349	0,87979	tidak

Tabel IV.5 menunjukkan komponen n tidak terjadi perubahan kecepatan pergeseran signifikan di semua stasiun pengamatan.

Tabel IV.6. Hasil uji statistik velocity rate komponen e

Stasiun CORS	Ve 1	Ve 2	dVe	sde 1	sde 2	Std e	T	perubahan signifikan
CCLP	0,03102	0,02832	-0,002698	0,00433	0,00523	0,00478	0,56449	tidak
CPBL	0,02441	0,02542	0,001014	0,00452	0,004769	0,00465	0,21822	tidak
CKBM	0,02645	0,02474	-0,001711	0,00471	0,005250	0,00498	0,34344	tidak
CMGL	0,02509	0,0283	0,003209	0,0042	0,004793	0,0045	0,71354	tidak

Tabel IV.6 menunjukkan komponen e tidak terjadi perubahan kecepatan pergeseran signifikan di semua stasiun pengamatan.

Tabel IV.9. Hasil uji statistik *velocity rate* komponen hor

stasiun CORS	Vhor 1	Vhor 2	dVhor	sd hor 1	sd hor 2	Std hor	T	perubahan signifikan
CCLP	0,03246	0,03027	-0,002187	0,005500	0,00656	0,00603	0,36275	tidak
CPBL	0,02575	0,0266	0,000850	0,005728	0,00604	0,00589	0,1444	tidak
CKBM	0,0273	0,02604	-0,001254	0,006087	0,00671	0,0064	0,19594	tidak
CMGL	0,02733	0,02934	0,002013	0,005335	0,00605	0,00569	0,35354	tidak

Tabel IV.7 menunjukkan komponen horizontal tidak terjadi perubahan kecepatan pergeseran signifikan di semua stasiun pengamatan.

V. Penutup

V.1. Kesimpulan

- 1) Perhitungan deformasi gempa Kebumen 2014 dengan data CORS GNSS di wilayah pantai selatan Jawa Tengah dapat diperoleh dengan pengolahan data CORS GNSS tiap titik dengan menggunakan software GAMIT/GLOBK dari semua titik yang tersebar di wilayah pantai selatan Jawa Tengah yang dilakukan secara kontinu.
- 2) Nilai *velocity rate* sebelum maupun setelah gempa 25 Januari 2014 beserta arah vektornya adalah sebagai berikut:
 - a) Vektor kecepatan pergeseran (*velocity rate*) horizontal stasiun GNSS CORS sebelum gempa mengarah ke tenggara. Kecepatan pergeseran horizontal terbesar terjadi pada stasiun CCLP yaitu dengan nilai $V_n = -0,0095 \pm 0,0034$ m/tahun, $V_e = 0,0310 \pm 0,0043$ m/tahun dan resultan $V_{hor} = 0,0325 \pm 0,0055$ m/tahun. Sementara kecepatan pergeseran terkecil terjadi pada stasiun CPBL dengan nilai $V_n = -0,0082 \pm 0,0035$ m/tahun, $V_e = 0,0244 \pm 0,0045$ m/tahun dan resultan $V_{hor} = 0,0258 \pm 0,0057$ m/tahun.
 - b) Vektor kecepatan pergeseran (*velocity rate*) vertikal stasiun GNSS CORS sebelum gempa mengarah ke atas (bernilai positif) yang berarti titik pengamatan mengalami kenaikan ketinggian. Kecepatan pergeseran vertikal terbesar terjadi pada stasiun CMGL yaitu dengan nilai $V_u = 0,0098 \pm 0,0138$ m/tahun. Sementara kecepatan pergeseran terkecil terjadi pada stasiun CKBM dengan nilai $V_u = 0,0083 \pm 0,0163$ m/tahun.
 - c) Vektor kecepatan pergeseran (*velocity rate*) horizontal stasiun GNSS CORS setelah

gempa mengarah ke tenggara. Kecepatan pergeseran horizontal terbesar terjadi pada stasiun CCLP yaitu dengan nilai $V_n = -0,0107 \pm 0,0040$ m/tahun, $V_e = 0,0283 \pm 0,0052$ m/tahun dan resultan $V_{hor} = 0,0303 \pm 0,0066$ m/tahun. Sementara kecepatan pergeseran terkecil terjadi pada stasiun CKBM dengan nilai $V_n = -0,0081 \pm 0,0042$ m/tahun, $V_e = 0,0247 \pm 0,0053$ m/tahun dan resultan $V_{hor} = 0,0260 \pm 0,0067$ m/tahun.

- d) Vektor kecepatan pergeseran (*velocity rate*) vertikal stasiun GNSS CORS setelah gempa mengarah ke atas (bernilai positif) yang berarti titik pengamatan mengalami kenaikan ketinggian. Kecepatan pergeseran vertikal terbesar terjadi pada stasiun CMGL yaitu dengan nilai $V_u = 0,0128 \pm 0,0155$ m. Sementara kecepatan pergeseran terkecil terjadi pada stasiun CKBM dengan nilai $V_u = 0,0052 \pm 0,0179$ m.
- 3) Nilai pergeseran akibat gempa 25 Januari 2014 beserta arah vektornya adalah sebagai berikut:
 - a) Vektor pergeseran horizontal stasiun GNSS CORS saat terjadinya gempa mengarah ke tenggara. Pergeseran horizontal terbesar terjadi pada stasiun CCLP yaitu dengan nilai $d_n = -0,0025 \pm 0,0035$ m/tahun, $d_e = 0,0070 \pm 0,0046$ m/tahun dan dengan resultan $d_{hor} = 0,0075 \pm 0,0058$ m/tahun. Sementara kecepatan pergeseran terkecil terjadi pada stasiun CPBL dengan nilai $d_n = -0,0050 \pm 0,0035$ m/tahun, $d_e = 0,0048 \pm 0,0046$ m/tahun dan dengan resultan $d_{hor} = 0,0050 \pm 0,0058$ m/tahun.
 - b) Vektor pergeseran vertikal stasiun GNSS CORS saat terjadinya gempa mengarah ke tenggara. Pergeseran vertikal terbesar terjadi pada stasiun CCLP yaitu dengan nilai $d_u = 0,0023 \pm 0,0150$ m. Sementara kecepatan pergeseran terkecil terjadi pada stasiun CPBL dengan nilai $d_u = 0,0009 \pm 0,0150$ m.
- 4) Analisis berdasarkan uji statistik adalah sebagai berikut:
 - a) Uji statistik (uji t) pergeseran akibat gempa 25 Januari 2014 pada tiap titik penelitian menunjukkan tidak terjadi pergeseran yang signifikan.
 - b) Uji statistik (uji t) *velocity rate* (kecepatan pergeseran) setelah gempa 25 Januari 2014 pada tiap titik penelitian menunjukkan tidak terjadi perubahan kecepatan pergeseran yang signifikan dibandingkan dengan *velocity rate* sebelum gempa.

V.2. Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk memperbanyak jumlah DOY (*Day of Year*) akan

menambah ketelitian hasil pergeseran maupun kecepatan pergeseran.

VI. Daftar Pustaka

- USGS. "Data Gempa". <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/> . Diakses pada tanggal 1 Maret 2015.
- Abidin, H.Z., 2007. "Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya", PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Ahmad, A.A., 2014. "Pengamatan Gps Untuk Monitoring Deformasi Bendungan Jatibarang Menggunakan Software Gamit" 10.5, Skripsi Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang.
- Andriyani, G., 2012. "Kajian Regangan Selat Bali Berdasarkan Data GNSS Kontinyu Tahun 2009-2011", Skripsi Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang.
- Laksana, I., 2014. "Penentuan Posisi Stasiun GNSS CORS Undip Pada Tahun 2013 dan 2014", Skripsi Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang.
- Panuntun, H., 2012. "Penentuan Posisi Anjungan Minyak Lepas Pantai dengan Titik Ikat GPS Region dan Global", Tesis Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.