

ANALISIS DEFORMASI WILAYAH JAWA TENGAH DENGAN DATA GNSS CORS

Fauzi Janu Amarrohman¹, Arief Laila Nugraha¹, Moehammad Awaluddin¹, Rizky Saputra¹, Budi Prayitno¹

¹Departemen Teknik Geodesi-Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Jl. Prof Soedarto, SH, Tembalang, Semarang-75123 Telp./Faks: (024) 736834, e-mail: fauzi.janu@ft.undip.ac.id

(Diterima 22 Mei 2018, Disetujui 22 Juni 2018)

ABSTRAK

CORS (*Continuously Operating Reference Station*) adalah suatu teknologi berbasis GNSS yang dilengkapi dengan receiver yang mampu menangkap sinyal dari satelit-satelit GNSS. CORS beroperasi secara penuh dan kontinu selama 24 jam. Penelitian ini dilakukan dengan data sepuluh CORS BIG di wilayah Jawa Tengah. Data GNSS diolah dengan GAMIT Ver. 10.6 dan menghasilkan kecepatan pergeseran setiap stasiun kemudian dilakukan perhitungan regangan. Vektor kecepatan pergeseran CORS GNSS wilayah Jawa tengah dominan mengarah ke tenggara dengan kecepatan berkisar 0,0233 m/tahun hingga 0,0325 m/tahun. Regangan di wilayah Jawa Tengah didominasi oleh kompresi berkisar $-7,77076 \times 10^{-9}$ strain/tahun hingga $-3,14682 \times 10^{-7}$ strain/tahun.

Kata kunci: GAMIT, Kecepatan pergeseran, CORS GNSS, Regangan.

ABSTRACT

CORS (*Continuously Operating Reference Station*) is a GNSS technology that is equipped with a receiver which capable to receive signals from GNSS's satellites. CORS operates fully and continuously for 24 hours. This research was conducted with the GNSS-CORS data from ten BIG CORS in Central Java. The GNSS data were processed using GAMIT Ver. 10.6 and resulted displacement velocity of each station and then calculated the strain. Displacement velocity vectors of CORS in Central Java region were heading toward the southeast and ranged from 0,0233 m/year until 0,0325 m/year. Strain in the Central Java dominated by compression and ranged from $-7,77076 \times 10^{-9}$ strain/year to $-3,14682 \times 10^{-7}$ strain/year.

Keywords : GAMIT, Displacement Velocity, GNSS CORS, Strain.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu perkembangan terbaru dalam studi penentuan posisi adalah kajian mengenai GNSS (*Global Navigation Satellite System*). Saat ini terdapat empat macam GNSS yang telah ada dan akan beroperasi secara penuh pada beberapa tahun kedepan, seperti GPS (*Global Positioning System*), GLONASS, Beidou, dan Galileo (Abidin, 2007). Selain itu terdapat pula teknologi CORS (*Continuously Operating Reference Station*) yang juga berbasis GNSS dan berwujud jaring kerangka geodetik yang pada tiap titiknya memiliki receiver. Receiver tersebut mampu menangkap sinyal dari satelit-satelit GNSS yang beroperasi secara penuh dan kontinu. Sistem-sistem tersebut akan terus dikembangkan agar menjadi lebih baik dalam memenuhi standar tingkat keakuratan data yang dihasilkan.

Pada saat ini banyak sekali pemakai teknologi CORS yang ada di Indonesia mengingat tingkat ketelitian yang diberikan sangat tinggi. Misalkan saja jaringan CORS yang dibangun oleh BIG (Badan Informasi Geospasial) yang telah tersebar di seluruh daerah di Indonesia. Pengukuran koordinat dengan menggunakan CORS ini juga lebih efisien dengan

ketelitian yang mencapai fraksi centimeter dan waktu pengukuran juga relatif cepat. Selain itu, dalam hal geodinamika bisa juga dijadikan sebagai monitoring untuk mengetahui arah pergerakan suatu titik dari tahun ke tahun beserta kecepatan pergeserannya. Hal ini juga berkaitan dengan sebuah datum yang digunakan oleh Indonesia. Ketika dulu bumi diasumsikan bersifat statik, maka kita belum mengenal sistem *static*, *dynamic*, serta *semi dynamic datum*. Maka tugu atau *bench mark* mempunyai satu nilai koordinat definitif yang digunakan secara terus-menerus tanpa memperhatikan bahwa bumi sebenarnya bersifat dinamis. Setelah mengetahui bahwa bumi bersifat dinamis, maka konsekuensinya adalah merubah nilai koordinat dari tugu atau *bench mark* dari waktu ke waktu.

Keberadaan wilayah Indonesia pada zona deformasi kerak bumi akibat interaksi pergerakan lempeng tektonik dan aktivitas seismik mengakibatkan posisi suatu titik akan berubah sebagai fungsi waktu. Dengan adanya UIG (Undang-Undang Informasi Geospasial) dimana salah satu amanah yang harus diimplementasikan, yaitu mengenai unifikasi reference system, maka pendefinisian epoch reference menjadi salah satu komponen yang penting. Berdasarkan UIG yang paling cocok untuk diterapkan tidak lain adalah

sistem semi dynamic datum dengan epoch reference tertentu (Andreas, 2011). Kemudian sistem referensi geospasial yang digunakan ini kemudian diberi nama dengan Sistem Referensi Geospasial Indonesia 2013 atau disingkat SRGI 2013.

Dengan adanya sistem semi dynamic datum, maka dapat digunakan dalam melakukan penelitian perhitungan velocity rate untuk mengetahui pergerakan titik-titik CORS yang ada di Indonesia dari waktu ke waktu. Misalkan saja untuk mengetahui koordinat dan arah pergerakan beserta kecepatannya dari titik CORS BIG yang ada di Jawa Tengah.

I.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang muncul dari latar belakang penelitian yang telah dijabarkan sebelumnya adalah sebagai berikut :

1. Berapakah velocity atau kecepatan pergeseran stasiun CORS BIG (Cirebon, Tegal, Pekalongan, Semarang, Jepara, Purwodadi, Cilacap, Purbalingga, Kebumen dan Magelang) dari data pengamatan tahun 2011 sampai dengan 2015?
2. Berapakah besar regangan (strain) di daerah Jawa Tengah?

I.3. Ruang Lingkup Penelitian

Dalam menjelaskan permasalahan yang akan dibahas di dalam penelitian ini, agar tidak jauh dari kajian masalah yang dipaparkan, maka ruang lingkup penelitian ini antara lain:

1. Stasiun CORS BIG yang menjadi penelitian adalah Cirebon, Tegal, Pekalongan, Semarang, Jepara, Purwodadi, Cilacap, Purbalingga, Kebumen dan Magelang yang berada di provinsi Jawa Tengah.
2. Pengumpulan data CORS BIG dilakukan pada tahun 2011 sampai dengan 2015 masing-masing lima DOY (*day of year*) tiap tahunnya.
3. Menggunakan titik ikat global berjumlah lima stasiun (COCO, BAKO, PIMO, NTUS, DARW) yang kemudian dikombinasikan sesuai keperluan.
4. Proses pengolahan data GPS menggunakan *scientific software* GAMIT 10.5 sehingga diperoleh koordinat pengamatan.

I.4. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Diperolehnya koordinat pada masing-masing stasiun CORS BIG (Cirebon, Tegal, Pekalongan, Semarang, Jepara, Purwodadi, Cilacap, Purbalingga, Kebumen dan Magelang) tiap tahun beserta arah pergeserannya.
2. Mengetahui velocity atau kecepatan pergeseran yang terjadi di daerah Jawa Tengah.
3. Mengetahui besarnya regangan (*strain*) di daerah Jawa Tengah.

II. TINJAUAN PUSTAKA

II.1. GPS (*Global Positioning System*)

GPS (*Global Positioning System*) adalah sistem satelit navigasi dan penentuan posisi yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat. Sistem ini di desain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi serta informasi mengenai waktu, secara kontinu di seluruh dunia tanpa tergantung waktu dan cuaca, kepada banyak orang secara simultan.

Pada dasarnya GPS terdiri atas tiga segmen utama, yaitu segmen angkasa (*space segment*) yang 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.

II.2. CORS (*Continuously Operating Reference Station*)

CORS (*Continuously Operating Reference Station*) adalah suatu teknologi berbasis GNSS yang berwujud sebagai suatu jaring kerangka geodetik yang pada setiap titiknya dilengkapi dengan *receiver* yang mampu menangkap sinyal dari satelit-satelit GNSS yang beroperasi secara penuh dan kontinu selama 24 jam perhari, 7 hari per minggu dengan mengumpulkan, merekam, mengirim data, dan memungkinkan para pengguna (*users*) memanfaatkan data dalam penentuan posisi, baik secara *post processing* maupun secara *real time*. Aplikasi ini bisa mendapatkan ketelitian tinggi dengan tingkat produktivitas yang tinggi. Pada awalnya, penentuan posisi relatif dengan GNSS hanya bisa dilakukan dengan pengamatan yang lama dengan proses *post processing*. Dalam perkembangannya, penentuan posisi secara *real time* telah banyak menggantikan aplikasi relatif yang sudah ada.

II.3. Perangkat Lunak GAMIT

GAMIT adalah paket analisis GPS komprehensif yang dikembangkan di MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) dan SIO (*Scripps Institution of Oceanography*). 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 (Bahlefi, 2013).

II.4. Perangkat Lunak GLOBK

GLOBK adalah satu paket program yang dapat mengkombinasikan 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 (Herring, dkk., 2010). Tujuan utama dari GLOBK adalah sebagai kalman filter untuk mengkombinasikan solusi dari data yang telah diproses di GAMIT dengan pengamatan space geodesy, sehingga didapat estimasi posisi dan kecepatannya. Hasil akhir pengolahan dengan GLOBK berupa file *.org yang merupakan perhitungan akhir terhadap koordinat dan ketelitian tiap stasiun, panjang baseline, ketelitian dan matrik baseline-nya.

II.5. Velocity

Velocity adalah sebuah laju perpindahan dari sebuah kerangka acuan dan merupakan fungsi dari waktu. *Velocity* mengacu pada tingkat dimana sebuah objek berubah posisi dari posisi awal. Dalam hal ini dapat diartikan bahwa perpindahan posisi adalah perpindahan dari posisi awal menuju posisi berikutnya. Dalam *velocity* ini dapat digambarkan kecepatan objek, misalkan pergerakan lempeng yang ada di Indonesia yaitu pergerakan lempeng di pulau Jawa atau pergerakan lempeng di pulau Sumatra dan pulau-pulau lainnya. Karena bicara tentang *velocity*, maka biasanya disertakan juga arah pergerakannya misalkan ke arah utara, selatan, timur, dan barat.

II.6. Regangan

Regangan merupakan bagian dari deformasi. Regangan dapat pula diartikan sebagai gaya-gaya yang bekerja pada suatu benda yang meregangkan benda tersebut. Perubahan secara fraksional suatu benda yang bersifat elastik baik bentuk maupun dimensinya dinamakan dengan regangan (*strain*). Untuk memonitoring perpindahan pergeseran dari stasiun pengamatan bisa dimungkinkan dengan menggunakan cara pengukuran berulang jaring geodesi pada waktu yang berbeda. Pengukuran perpindahan horizontal dan vertikal dalam jaring geodetik dilakukan dengan metode yang berbeda dan analisis-analisis tersebut biasanya dilakukan secara terpisah untuk strain horizontal dan vertikal. Konsep strain untuk deformasi tidak hanya dalam dua dimensi, tapi formulasi tersebut dapat diperluas ke tiga dimensi (Kurt Lamback, 1988 dalam Andriyani, 2012).

III. PELAKSANAAN PENELITIAN

III.1. Alat dan Bahan Penelitian

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(R) Core(TM) i5 CPU @ 2.67 GHz, 4 GB RAM, Harddisk 500GB.
2. Printer HP Deskjet 1510 yang digunakan untuk mencetak hasil.
3. USB *Flash Disk* 8GB untuk sarana pemindahan data.

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Sistem Operasi Linux Ubuntu 10.04
2. Perangkat lunak GAMIT versi 10.5
3. TEQC digunakan untuk melakukan pengecekan kualitas data.
4. GMT (*Generic Mapping Tools*), digunakan untuk plotting data hasil pengolahan dengan perangkat lunak GAMIT/GLOBK.
5. Microsoft Word 2013, sebagai pengolah kata.
6. Microsoft Excel 2013, sebagai pengolah angka dalam perhitungan.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ada dua yaitu bahan utama dan bahan pendukung. Bahan utama adalah bahan yang harus ada dalam penelitian agar penelitian dapat dilakukan. Bahan utama dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data pengamatan dari stasiun CORS GNSS milik BIG (Badan Informasi Geospasial) yang ada di daerah pantai utara Jawa Tengah diantaranya adalah CCIR (Cirebon), CTGL (Tegal), CPKL (Pekalongan), CSEM (Semarang), CJPR (Jepara), CPWD (Purwodadi), Cilacap (CCLP), Purbalingga (CPBL), Kebumen (CKBM) dan Magelang (CMGL) selama 24 jam pada masing-masing DOY (Day of Year) pada tahun 2011, 2012, 2013, 2014 dan 2015 dengan interval data 30 detik.
2. Data pengamatan dari stasiun IGS COCO, BAKO, PIMO, DARW, NTUS selama 24 jam pada masing-masing DOY (Day of Year) dengan interval 30 detik data pengamatan tersebut dapat diunduh melalui website <http://igsb.jpl.nasa.gov/>. Data yang diunduh harus sesuai dengan hari pengamatan yang digunakan pada titik pengamatan.

Bahan pendukung yaitu data yang digunakan untuk mendukung jalannya penelitian ini. Bahan pendukung tersebut adalah sebagai berikut:

1. File gelombang laut (pasang-surut), diunduh dari situs <ftp://garner.uscd.edu> dalam bentuk

- (otl_FES2004.grid) merupakan pencerminan dinamika pasang-surut air laut di seluruh dunia.
2. File pemodelan cuaca, dalam bentuk (vmflgrid.2015) yang merupakan fungsi pemetaan cuaca hitungan.
 3. File atmosfer yang dapat diunduh dari situs MIT yaitu www-gpsg.mit.edu dalam bentuk (atmdisp_cm.2015).
 4. Data pendukung lainnya adalah dengan menggunakan bantuan script yang terdapat di dalam program GAMIT yaitu menggunakan sh_get. Untuk mendapatkan data RINEX (*.YYo) stasiun IGS maka menggunakan script sh_get_rinex. Kemudian untuk mendapatkan file navigasi (*.YYn) menggunakan sh_get_nav, dan untuk mendapatkan file IGS ephemeris final orbit (*.sp3) menggunakan sh_get_orbits. Data pendukung ini diunduh sesuai dengan DOY (Day of Year) yang terdapat pada data yang dibutuhkan.

III.2. Metodologi

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dimulai dari studi literatur dan pengumpulan data, kemudian dilakukan pengecekan kualitas data yang diperoleh. Data yang sudah dicek kualitasnya dan memenuhi standar kualitas pengolahan data kemudian dilakukan pengolahan data dengan perangkat lunak GAMIT 10.6 sehingga diperoleh data H File dan Q File. Data hasil pengolahan GAMIT tersebut dikonversikan menjadi data dengan format *.glx dan *.gdl. setelah itu data diolah menggunakan perangkat lunak GLOBK untuk menghasilkan koordinat masing-masing pengamatan. Koordinat hasil pengolahan ditransformasikan dan dihitung velocity rate dan ditentukan arah pergeserannya. Setelah diketahui arah dan kecepatan pergeserannya maka dilakukan analisis pergeserang menggunakan pengujian statistik.

IV. Hasil dan Pembahasan

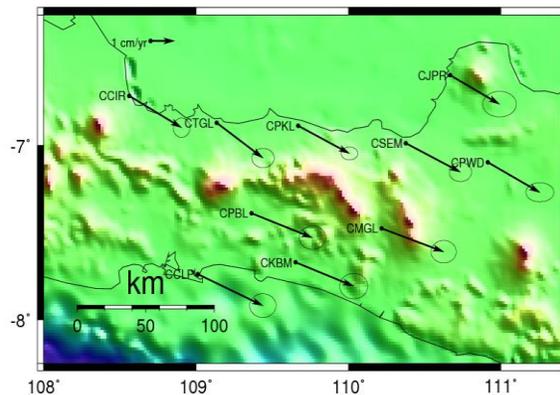
IV.1. Hasil dari perhitungan Velocity

Pada Tabel 1 menunjukkan hasil dari kecepatan pergeseran pada arah utara dan timur.

Tabel 1 Hasil *velocity* titik pengamatan pada arah north dan east

Stasiun CORS	V _n (m/tahun)	V _e (m/tahun)	V _{hor} (m/tahun)
CCIR	-0,0117 ± 0,0030	0,0220 ± 0,0039	0,0249
CTGL	-0,0129 ± 0,0034	0,0194 ± 0,0043	0,0233
CPKL	-0,0102 ± 0,0030	0,0216 ± 0,0038	0,0239

CSEM	-0,0106 ± 0,0033	0,0229 ± 0,0041	0,0252
CJPR	-0,0107 ± 0,0045	0,0208 ± 0,0061	0,0234
CPWD	-0,0111 ± 0,0039	0,0219 ± 0,0051	0,0246
CCLP	-0,0116 ± 0,0037	0,0274 ± 0,0047	0,0298
CPBL	-0,0090 ± 0,0037	0,0256 ± 0,0047	0,0271
CKM	-0,0088 ± 0,0040	0,0244 ± 0,0050	0,0259
CMGL	-0,0086 ± 0,0035	0,0261 ± 0,0045	0,0275



Gambar 2. Arah pergeseran pada titik pengamatan

Gambar 2 merupakan hasil *plotting* kecepatan pergeseran (*velocity*) stasiun pengamatan berdasarkan data GNSS CORS tahun 2011 sampai dengan 2015 pada *software* GMT (*Generic Mapping Tools*). Garis berwarna hitam menunjukkan besar kecepatan pergeseran yang terjadi dengan skala 1 cm/tahun, sementara arah yang ditunjukkan merupakan arah dari pergeseran tiap stasiun. Pada Gambar 2 menunjukkan arah pergeseran pada tiap titik pengamatan yang mengarah ke arah tenggara.

IV.2. Hasil Uji Statistik

Pada Tabel 2 menunjukkan hasil dari uji statistik pada titik pengamatan CORS yang digunakan. Dari keenam stasiun CORS yang digunakan, semuanya mengalami perbedaan yang signifikan dari keadaan semula. Hal tersebut dilihat dari pembacaan T-hitungan, dimana T-hitungan lebih besar dari T-tabel (1,960). Hal ini menunjukkan bahwa dari keenam titik pengamatan CORS mengalami pergeseran selama tahun 2011 sampai dengan 2015.

Tabel 2. Uji statistik

STA	de	dn	sd e	sd n	p	std p	t	pergeseran
CCIR	0,0220	-0,0117	0,0039	0,0030	0,0249	0,0050	5,0328	Ya
CTGL	0,0194	-0,0129	0,0043	0,0034	0,0233	0,0055	4,2525	Ya
CPKL	0,0216	-0,0102	0,0038	0,0030	0,0239	0,0049	4,9117	Ya
CSEM	0,0229	-0,0106	0,0040	0,0033	0,0252	0,0052	4,8882	Ya
CJPR	0,0205	-0,0107	0,0061	0,0045	0,0231	0,0076	3,0577	Ya
CPWD	0,0219	-0,0112	0,0051	0,0039	0,0246	0,0064	3,8361	Ya
CCLP	-0,0116	0,0274	0,0047	0,0037	0,0298	0,0060	4,9654	Ya
CPBL	-0,0090	0,0256	0,0047	0,0037	0,0271	0,0060	4,5506	Ya
CKBM	-0,0088	0,0244	0,0050	0,0040	0,0259	0,0064	4,0443	Ya
CMGL	-0,0086	0,0261	0,0045	0,0035	0,0275	0,0057	4,8209	Ya

IV.3. Hasil Perhitungan Regangan

Besarnya regangan dihitung dengan metode hitungan garis yang terlihat seperti baseline. Perhitungan regangan (*strain*) ini dilakukan secara manual yaitu menghitung baseline pada DOY pertama pada awal tahun pengamatan kemudian dihubungkan dengan kecepatan pergeseran yang telah diperoleh.

Hasil perhitungan manual regangan (*strain*) dua dimensi (2D) segmen garis ditunjukkan pada Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil regangan (*strain*) berdasarkan segmen garis

Regangan	Strain	Keterangan
CCLP-CCIR	1,37322E-08	extension
CCLP-CTGL	-5,10761E-08	compression
CCIR-CTGL	-3,34888E-08	compression
CTGL-CPKL	3,60849E-08	extension
CPKL-CSEM	1,70092E-08	extension
CSEM-CJPR	-2,46964E-08	compression
CJPR-CPWD	1,37324E-08	extension
CPBL-CTGL	-3,14682E-07	compression
CPBL-CPKL	3,74056E-08	extension
CPWD-CSEM	-1,45553E-08	compression
CMGL-CPKL	3,21005E-08	extension
CMGL-CSEM	-7,77076E-09	compression
CMGL-CPWD	-3,32834E-08	compression
CCLP-CPBL	-6,83002E-08	compression
CCLP-CKBM	-5,94748E-08	compression
CPBL-CKBM	9,9826E-09	extension
CPBL-CMGL	9,93343E-09	extension
CKBM-CMGL	-4,00251E-08	compression

Dari Tabel IV.3 dihasilkan nilai regangan yang terjadi pada titik-titik pengamatan CORS GNSS pada tahun 2011 sampai dengan 2015. Nilai *strain*

yang negatif menunjukkan adanya *compression* atau kompresi. Nilai *strain* yang positif menunjukkan bahwa pada segmen tersebut mengalami *extension* atau ekstensi. Kompresi terbesar terjadi pada segmen garis CCIR-CTGL, yaitu sebesar $-3,3498798 \times 10^{-8}$ *strain/year*. Sedangkan nilai ekstensi terbesar terjadi pada segmen garis CTGL-CPKL yaitu sebesar $3,6086797 \times 10^{-8}$ *strain/year*. Nilai rata-rata pada kompresi adalah sebesar $-2,4141803 \times 10^{-8}$ *strain/year*, sedangkan nilai rata-rata pada ekstensi adalah sebesar $2,2762594 \times 10^{-8}$ *strain/year*.

V. PENUTUP

Berdasarkan hasil dan analisis dari penelitian ini maka dapat diambil beberapa kesimpulan, diantaranya:

1. Arah pergeseran dari masing-masing stasiun CORS pada penelitian ini adalah ke arah tenggara dengan kecepatan pergeseran (*velocity*) sebagai berikut:

- CCIR memiliki kecepatan $-0,0117 \pm 0,003$ m/tahun untuk komponen utara, $0,0220 \pm 0,003$ m/tahun untuk komponen timur, dan $0,0249$ m/tahun untuk resultannya.
- CTGL memiliki kecepatan $-0,0129 \pm 0,003$ m/tahun untuk komponen utara, $0,0194 \pm 0,004$ m/tahun untuk komponen timur, dan $0,0233$ m/tahun untuk resultannya.
- CPKL memiliki kecepatan $-0,0102 \pm 0,002$ m/tahun untuk komponen utara, $0,0216 \pm 0,003$ m/tahun untuk komponen timur, dan $0,0239$ m/tahun untuk resultannya.
- CSEM memiliki kecepatan $-0,0106 \pm 0,003$ m/tahun untuk komponen utara, $0,0229 \pm 0,004$ m/tahun untuk komponen timur, dan $0,0252$ m/tahun untuk resultannya.
- CJPR memiliki kecepatan $-0,0107 \pm 0,004$ m/tahun untuk komponen utara, $0,0208 \pm 0,006$ m/tahun untuk komponen timur, dan $0,0234$ m/tahun untuk resultannya.
- CPWD memiliki kecepatan $-0,0111 \pm 0,003$ m/tahun untuk komponen utara, $0,0219 \pm 0,005$ m/tahun untuk komponen timur, dan $0,0246$ m/tahun untuk resultannya.
- CCLP memiliki kecepatan $-0,0116 \pm 0,0037$ m/tahun untuk komponen utara, $0,0274 \pm 0,0047$ m/tahun untuk komponen timur, dan $0,0298$ m/tahun untuk resultannya.
- CPBL memiliki kecepatan $-0,0090 \pm 0,0037$ m/tahun untuk komponen utara, $0,0256 \pm 0,0047$ m/tahun untuk komponen timur, dan $0,0271$ m/tahun untuk resultannya.

- CPKBM memiliki kecepatan $-0,0088 \pm 0,0040$ m/tahun untuk komponen utara, $0,0244 \pm 0,0050$ m/tahun untuk komponen timur, dan $0,0259$ m/tahun untuk resultannya.
 - CMGL memiliki kecepatan $-0,0086 \pm 0,0035$ m/tahun untuk komponen utara, $0,0261 \pm 0,0045$ m/tahun untuk komponen timur, dan $0,0275$ m/tahun untuk resultannya.
2. Regangan (*strain*) yang terjadi di wilayah Jawa Tengah didominasi oleh pola kompresi. Pola kompresi terjadi pada titik pengamatan CCLP-CTGL dengan nilai regangan sebesar $-5,10761E-08$ strain/year, pada titik pengamatan CCIR-CTGL adalah sebesar $-3,34888E-08$ strain/year, dan pada titik pengamatan CSEM-CJPR adalah sebesar $-2,46964E-08$ strain/year, pada titik pengamatan CPBL-CTGL dengan nilai regangan sebesar $-3,14682E-07$ strain/year, pada titik pengamatan CPWD-CSEM adalah sebesar $-1,45553E-08$ strain/year, dan pada titik pengamatan CMGL-CSEM adalah sebesar $-7,77076E-09$ strain/year. pada titik pengamatan CMGL-CPWD dengan nilai regangan sebesar $-3,32834E-08$ strain/year, pada titik pengamatan CCLP-CPBL adalah sebesar $-6,83002E-08$ strain/year, pada titik pengamatan CCLP-CKBM adalah sebesar $-5,94748E-08$ strain/year, dan pada titik pengamatan CKBM-CMGL adalah sebesar $-4,00251E-08$ strain/year. Sementara pola ekstensi terjadi pada titik pengamatan CCLP-CCIR dengan nilai regangan sebesar $1,37322E-08$ strain/year, pada titik pengamatan CTGL-CPKL adalah sebesar $3,60849E-08$ strain/year, pada titik pengamatan CPKL-CSEM adalah sebesar $1,70092E-08$ strain/year, pada titik pengamatan CJPR-CPWD adalah sebesar $1,37324E-08$ strain/year, pada titik pengamatan CPBL-CPKL adalah sebesar $3,74056E-08$ strain/year, pada titik pengamatan CMGL-CPKL adalah sebesar $3,21005E-08$ strain/year, pada titik pengamatan CPBL-CKBM adalah sebesar $9,9826E-09$ strain/year, dan pada titik pengamatan CPBL-CMGL adalah sebesar $9,93343E-09$ strain/year.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H.Z. 2007. *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Andreas, H. 2011. *Prosiding Seminar Nasional Optimalisasi Peran Pemerintah Daerah dan Swasta untuk Percepatan Pemetaan dan Pembangunan*. FIT ISI 2011.
- Andriyani, G. 2012. *Kajian Regangan Selat Bali Berdasarkan Data GNSS Kontinu Tahun 2009-2011*. Skripsi. Jurusan Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang.
- Bahlefi, A.R. 2013., *Analisis Deformasi Gunung Merapi Tahun 2012 Dari Data Pengamatan Gps*. Skripsi. Jurusan Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang.
- Herring, T.A., King, R.W., & McClusky, S.C. 2010. *GAMIT Reference Manual*. Departement of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences. Massachusetts Institute of Technology.