

PERHITUNGAN VELOCITY RATE CORS GNSS DI WILAYAH PANTAI UTARA JAWA TENGAH

Rizky Saputra, Moehammad Awaluddin, Fauzi Janu Amarrohman^{*)}

Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
email : geodesi@undip.ac.id

ABSTRAK

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. Pengukuran koordinat dengan menggunakan CORS 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.

Penelitian ini berfokus pada penentuan kecepatan pergeseran (*velocity*) dan regangan (*strain*) dari stasiun CORS GNSS di daerah pantai utara Jawa Tengah pada tahun 2011 sampai dengan 2015. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah CORS Cirebon, Tegal, Pekalongan, Semarang, Jepara, dan Purwodadi. Titik IGS yang digunakan adalah COCO, PIMO, NTUS, dan DARW. Pengolahan data menggunakan perangkat ilmiah GAMIT.

Penelitian ini menghasilkan arah pergeseran menuju ke arah tenggara. Kecepatan pergeseran pada CORS Cirebon adalah $0,022 \pm 0,003$ m/tahun untuk komponen timur, $-0,0117 \pm 0,003$ m/tahun untuk komponen utara, dan $0,0075 \pm 0,013$ m/tahun untuk komponen vertikal. CORS Tegal memiliki kecepatan $0,0194 \pm 0,004$ m/tahun untuk komponen timur, $-0,0129 \pm 0,003$ m/tahun untuk komponen utara, dan $0,0094 \pm 0,014$ m/tahun untuk komponen vertikal. CORS Pekalongan memiliki kecepatan $0,0216 \pm 0,002$ m/tahun untuk komponen timur, $-0,0102 \pm 0,003$ m/tahun untuk komponen utara, dan $0,0287 \pm 0,012$ m/tahun untuk komponen vertikal. CORS Semarang memiliki kecepatan $0,0229 \pm 0,004$ m/tahun untuk komponen timur, $-0,0106 \pm 0,003$ m/tahun untuk komponen utara, dan $0,0092 \pm 0,014$ m/tahun untuk komponen vertikal. CORS Jepara memiliki kecepatan $0,0208 \pm 0,006$ m/tahun untuk komponen timur, $-0,0107 \pm 0,004$ m/tahun untuk komponen utara, dan $0,0078 \pm 0,021$ m/tahun untuk komponen vertikal. CORS Purwodadi memiliki kecepatan $0,0219 \pm 0,005$ m/tahun untuk komponen timur, $-0,0111 \pm 0,003$ m/tahun untuk komponen utara, dan $0,0103 \pm 0,017$ m/tahun untuk komponen vertikal. Regangan yang terjadi pada titik pengamatan berkisar $-3,3498798 \times 10^{-8}$ *strain/year* sampai dengan $3,608678 \times 10^{-8}$ *strain/year*.

Kata kunci: GAMIT, Kecepatan pergeseran, Stasiun CORS

ABSTRACT

CORS (*Continuously Operating Reference Station*) is a technology GNSS based old as a net geodetic framework which at every points is equipped with receiver that capable to capture signals from GNSS's satellites operating in full and continuous for 24 hours. The measurement of coordinate with use CORS more efficient with precision at fraction centimeter and time measurement also relatively fast. In addition, in terms of geodinamic can was also used for monitoring to know the direction of the movement of a point from year to year and velocity.

This research focus on the determination of velocity and strain from the station CORS GNSS in coastal areas north Central Java in 2011 up to 2015. The data used in this research was CORS Cirebon, Tegal, Pekalongan, Semarang, Jepara, and Purwodadi. The point of IGS used is COCO, PIMO, NTUS and DARW. Data processing using scientific software GAMIT.

This research produce the shift towards southeast. The velocities in CORS Cirebon are $0,022 \pm 0,003$ m/year for the component east, $-0,0117 \pm 0,003$ m/year for the component north and $0,0075 \pm 0,013$ m/year for the component vertical. The velocities in CORS Tegal are $0,0194 \pm 0,004$ m/year for the component east, $-0,0129 \pm 0,003$ m/year for the component north and $0,0094 \pm 0,003$ m/year for the component vertical. The velocities in CORS Pekalongan are $0,0216 \pm 0,002$ m/year for the component east, $-0,0102 \pm 0,003$ m/year for the component north and $0,0287 \pm 0,012$ m/year for the component vertical. The velocities in CORS Semarang are $0,0229 \pm 0,004$ m/year for the component east, $-0,0106 \pm 0,003$ m/year for the component north and $0,0092 \pm 0,014$ m/year for the component vertical. The velocities in CORS Jepara are $0,0208 \pm 0,006$ m/year for the component east, $-0,0107 \pm 0,004$ m/year for the component north and $0,0078 \pm 0,0021$ m/year for the component vertical. The velocities in CORS Purwodadi are $0,0219 \pm 0,005$ m/year for the component east, $-0,0111 \pm 0,003$ m/year for the component

^{*)} Penulis, Penanggung Jawab

north and $0,0103 \pm 0,017$ m/year for the component vertical. Strain occurring in the point of observation range - $3,3498798 \times 10^{-8}$ up to $3,608678 \times 10^{-8}$ strain/year.

Keywords: CORS station, GAMIT, Velocity

I. Pendahuluan

I.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 (*Global Navigation Satellite System*) dan berwujud jaring kerangka geodetik yang pada tiap titiknya memiliki *receiver*. *Receiver* tersebut mampu menangkap sinyal dari satelit-satelit GNSS (*Global Navigation Satellite System*) 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 (*Continuously Operating Reference Station*) 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.

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 UUIG (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 UUIG 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 khususnya di bagian pantai utara. Hal ini didasarkan pada sejarah kejadian gempa bumi yang merusak dimana wilayah Jawa Tengah di tetapkan sebagai wilayah rawan gempa bumi Indonesia nomor VII.

Wilayah Jawa Tengah ini dapat dikenal mempunyai tujuh lajur seismotektonik, dimana tiga diantaranya melibatkan daerah pantai utara Jawa Tengah yaitu lajur seismotektonik sesar mendatar mengiri Cilacap-Semarang-Jepara (barat daya-timur laut), lajur seismotektonik sesar normal Merapi, Merbabu, Ungaran, Semarang (utara-selatan), dan lajur seismotektonik sesar naik pantai utara Jawa Tengah (barat-timur) (Soehami dan Sopyan, 2007). Oleh karena itu, aplikasi GNSS CORS diharapkan bisa menjadi metode alternatif dalam perhitungan koordinat beserta *velocity rate* dari stasiun CORS BIG di bagian pantai utara Jawa Tengah (Tegal, Pekalongan, Semarang, Purwodadi, Cirebon, dan Jepara) pada setiap tahunnya.

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 (Tegal, Pekalongan, Semarang, Purwodadi, Cirebon, dan Jepara) dari data pengamatan tahun 2011 sampai dengan 2015?
2. Berapakah besar regangan (*strain*) di daerah pantai utara 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 Tegal, Pekalongan, Semarang, Purwodadi, Cirebon, dan Jepara 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 empat stasiun (COCO, 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 (Tegal, Pekalongan, Semarang, Purwodadi, Cirebon, dan Jepara) tiap tahun beserta arah pergeserannya.

2. Mengetahui *velocity* atau kecepatan pergeseran yang terjadi di daerah Jawa Tengah khususnya dibagian pantai utara.
3. Mengetahui besarnya regangan (*strain*) di daerah pantai utara 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), dan CPWD (Purwodadi) 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, 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://igsceb.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 dapat dilihat pada Gambar III.1.

IV. Hasil dan Kesimpulan

IV.1. Hasil Pengolahan GAMIT

Hasil dari pengolahan GAMIT menghasilkan beberapa *file* diantaranya *h-files*, *q-files* dan *sh_gamit.summary* yang memuat *posfit* dan *postfit* *nrms* beserta *phase ambhiguities*. Nilai ini nantinya digunakan sebagai cek kualitas data hasil hitungan. Hasil dari pengolahan GAMIT *sh_gamit.summary* yang dihasilkan tiap *doy* kemudian dilakukan pengecekan untuk *postfit* dan *posfit nrms* paling tidak mendekati 0,2 dan *phase ambhiguities* mendekati 90%. Dengan demikian hasil pengolahan tersebut dapat diterima untuk selanjutnya digunakan dalam proses pengolahan menggunakan GLOBK.

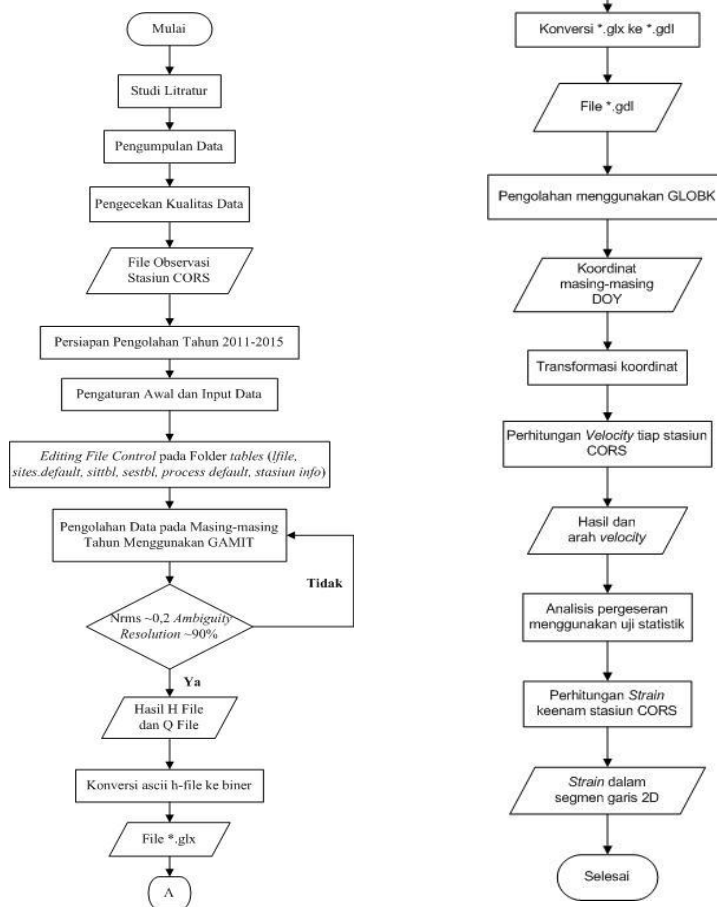
Hasil dari *sh_gamit.summary* adalah *file* yang merupakan rangkuman hasil pengolahan GAMIT. Dari hasil tersebut dapat dilakukan pengecekan terhadap nilai *posfit* serta *phase ambhiguities* data pengamatan. Nilai *posfit* dan *phase ambhiguities* dari penelitian ini ditunjukkan pada Tabel IV.1 sebagai berikut:

Tabel IV.1 *Posfit nrms dan phase ambiguities*

Tahun	DOY	Posfit nrms				Phase ambiguities	
						WL (%)	NL (%)
2011	001	0.19261	0.19793	0.19243	0.19778	97,6	91,0
	002	0.19288	0.19671	0.19269	0.19655	98,1	91,9
	003	0.18848	0.19215	0.18845	0.19212	95,3	93,4
	004	0.19155	0.19478	0.19146	0.19466	93,8	91,4
	005	0.18749	0.19247	0.18743	0.19232	99,0	96,2
2012	001	0.18577	0.19112	0.18566	0.19101	91,0	84,8
	002	0.19163	0.19675	0.19145	0.19657	95,2	91,0
	003	0.18633	0.19137	0.18610	0.19113	90,5	85,7
	004	0.19532	0.19974	0.19509	0.19962	91,9	89,0
	005	0.19723	0.20173	0.19709	0.20166	94,3	90,0
2013	001	0.18895	0.19550	0.18891	0.19541	91,5	89,3
	002	0.19217	0.19567	0.19203	0.19558	94,4	91,1
	003	0.19052	0.19572	0.19048	0.19562	93,0	89,6
	004	0.18935	0.19380	0.18924	0.19366	95,2	91,4
	005	0.18900	0.19460	0.18881	0.19443	93,3	89,5
2014	001	0.19434	0.19743	0.19425	0.19733	92,8	90,9
	002	0.19460	0.19808	0.19434	0.19785	91,9	88,0
	003	0.18940	0.19610	0.18935	0.19601	93,8	82,3
	004	0.19243	0.19742	0.19240	0.19739	85,2	80,0
	005	0.18890	0.19284	0.18875	0.19273	90,5	87,6
2015	001	0.20108	0.20477	0.20091	0.20451	94,6	88,4
	002	0.20398	0.20884	0.20359	0.20833	85,0	81,0
	003	0.20279	0.20709	0.20243	0.20684	91,2	85,0
	004	0.20667	0.21097	0.20630	0.21053	85,0	82,3
	005	0.20225	0.20716	0.20205	0.20696	89,1	82,3

Dari Tabel IV.1 dapat diketahui nilai *posfit nrms* untuk masing-masing DOY dan masing-masing tahun dimana nilai *posfit nrms* berkisar 0,2 atau dengan kata lain mendekati 0,2. Hasil *posfit nrms* tersebut menunjukkan bahwa bobot apriori yang diberikan telah benar. Nilai *posfit nrms* yang tidak melebihi 0,25 menunjukkan bahwa tidak ada kesalahan dalam pemodelan (Iqbal, 2013).

Pada Tabel IV.1 juga diperoleh informasi mengenai ambiguitas fase. Nilai ambiguitas fase terbesar pada jenis *wide lane* (WL) pada saat pengolahan GAMIT terdapat pada DOY 005 tahun 2011 yaitu sebesar 99,0%, sedangkan nilai ambiguitas fase terkecilnya pada DOY 004 tahun 2015 yaitu sebesar 85,0%. Nilai rata-rata ambiguitas fase pada semua DOY untuk jenis *wide lane* adalah 92,47%. Hal tersebut menandakan bahwa dalam pengolahan tersebut tidak terdapat *noise* pada data *pseudorange*. Nilai ambiguitas fase terbesar untuk jenis *narrow lane* (NL) terdapat pada DOY 005 pada tahun 2011 yaitu sebesar 96,2%, sedangkan nilai terkecilnya terdapat pada DOY 004 tahun 2014 yaitu sebesar 80,0%. Nilai rata-rata ambiguitas fase pada semua DOY untuk jenis *narrow lane* adalah 87,87%. Hal tersebut menandakan bahwa tidak terdapat kesalahan pada ukuran, konfigurasi jaringan, kualitas orbit, koordinat apriori, atau kondisi atmosfer. Setelah dilakukan pengecekan hasil dari GAMIT maka dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan hasil *output*



Gambar III.1 Diagram alir penelitian

yang telah diperoleh dari pengolahan GAMIT dapat digunakan untuk proses GLOBK, karena hasil pengolahan tersebut masih memenuhi syarat hasil pengolahan GAMIT.

IV.2. Hasil Pengolahan GLOBK

Hasil dari pengolahan menggunakan GLOBK ini menghasilkan file dengan ekstensi *.org. File ini merupakan solusi harian dari koordinat yang dihasilkan. Jadi koordinat yang dihasilkan adalah koordinat pada setiap *doy* (*day of year*) dari pengamatan setiap titik CORS. Hasil dari GLOBK ini berupa koordinat geosentrik. Contoh tampilan file yang berekstensi *.org ditunjukkan pada Gambar IV.1. Setelah dihasilkan koordinat geosentrik, kemudian diubah ke dalam koordinat toposentrik. Hal ini dimaksudkan untuk memasuki tahap selanjutnya, yaitu perhitungan *velocity*. Perhitungan *velocity* ini menggunakan koordinat toposentrik karena untuk melihat pergerakan perubahan posisi maka diperlukan posisi awal yang mempunyai titik pusat pada *doy* (*day of year*) pertama dalam pengamatan. Koordinat toposentrik adalah koordinat yang berpusat di permukaan bumi. Permukaan bumi yang dimaksud adalah letak dari titik CORS yang digunakan.

```

Int. CCIR_GPS -2016413.16100 6005201.47354 -740970.49070 0.00000 0.00000 0.00000 2011.000
16. CCIR_GPS X coordinate (m) -2016413.15345 -0.00755 0.00602
17. CCIR_GPS Y coordinate (m) 6005201.47649 -0.00105 0.01394
18. CCIR_GPS Z coordinate (m) -740970.49627 -0.00557 0.02345
Unc. CCIR_GPS -2016413.15345 6005201.47649 -740970.49627 0.00000 0.00000 0.00000 2011.001
Apr. CCIR_GPS -2016413.15345 6005201.47649 -740970.49627 0.00000 0.00000 0.00000 2011.001
Loc. CCIR_GPS N coordinate (m) -747636.68928 -0.00593 0.00325
Loc. CCIR_GPS E coordinate (m) 12002036.16834 -0.00683 0.00426
Loc. CCIR_GPS U coordinate (m) 37.05440 -0.00273 0.01462
NE,NU,EU position correlations -0.0695 0.1316 -0.0411
pbo. CCIR_GPS CCIR_GPS 2011 01 01 11 59 55562.4998 -2016413.15345 6005201.47649 -740970.4
Int. NTUS_GPS -1508022.85243 6195576.63359 148799.43661 -0.02177 -0.00541 -0.00938 2005.002
19. NTUS_GPS X coordinate (m) -1508022.98301 0.00004 0.00650
20. NTUS_GPS Y coordinate (m) 6195576.60736 0.00623 0.01443
21. NTUS_GPS Z coordinate (m) 148799.37254 -0.00779 0.00346
Unc. NTUS_GPS -1508022.98301 6195576.60736 148799.37254 -0.02177 -0.00541 -0.00938 2011.001
Apr. NTUS_GPS -1508022.98301 6195576.60736 148799.37254 -0.02177 -0.00541 -0.00938 2011.001
Loc. NTUS_GPS N coordinate (m) 149813.92172 -0.00793 0.00351
Loc. NTUS_GPS E coordinate (m) 11538414.35329 -0.00151 0.00433
Loc. NTUS_GPS U coordinate (m) 75.38964 0.00586 0.01521
NE,NU,EU position correlations -0.1036 -0.1840 0.3823
pbo. NTUS_GPS Nanyang_Technolo 2011 01 01 11 59 55562.4998 -1508022.98301 6195576.60736 14879
    
```

Gambar IV.1 Cuplikan file *.org

IV.3. Hasil dari perhitungan Velocity

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

Stasiun CORS	Vn (m/tahun)	Ve (m/tahun)
CCIR	-0,0117 ± 0,003014	0,022 ± 0,00392
CTGL	-0,0129 ± 0,00343	0,0194 ± 0,004272
CPKL	-0,0102 ± 0,002992	0,0216 ± 0,003834
CSEM	-0,0106 ± 0,003256	0,0229 ± 0,00406
CJPR	-0,0107 ± 0,00453	0,0208 ± 0,00605
CPWD	-0,0111 ± 0,00393	0,0219 ± 0,005067

Tabel IV.2 Hasil *velocity* titik pengamatan pada arah vertikal dan horizontal

Stasiun CORS	V vertikal (m/tahun)	V horizontal (m/tahun)
CCIR	0,0075 ± 0,013524	0,0249
CTGL	0,0094 ± 0,014716	0,0233
CPKL	0,0287 ± 0,012674	0,0239
CSEM	0,0092 ± 0,014372	0,0252
CJPR	0,0078 ± 0,021957	0,0234
CPWD	0,0103 ± 0,01701	0,0246

Gambar IV.2 dan Gambar IV.3 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 IV.2 menunjukkan arah pergeseran pada tiap titik pengamatan yang mengarah ke arah tenggara.

IV.4. Hasil Uji Statistik

Pada Tabel IV.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 IV.2. Uji statistik

No	Stasiun	dE	dN	sd dE	sd dN	P	std P	T	Pergeseran
1	CCIR	0,022	-0,0117	0,003928	0,003014	0,0249177	0,0049511	5,032754361	Ya
2	CTGL	0,0194	-0,0129	0,004272	0,00343	0,0232974	0,0054786	4,252453395	Ya
3	CPKL	0,0216	-0,0102	0,003834	0,002992	0,0238872	0,0048633	4,911740765	Ya
4	CSEM	0,0229	-0,0106	0,004006	0,003256	0,0252343	0,0051623	4,888168611	Ya
5	CJPR	0,0205	-0,0107	0,0060533	0,0045333	0,0231244	0,0075627	3,057709828	Ya
6	CPWD	0,0219	-0,0112	0,0050667	0,00393	0,0245978	0,0064122	3,836101991	Ya

IV.5. Hasil Perhitungan Regangan

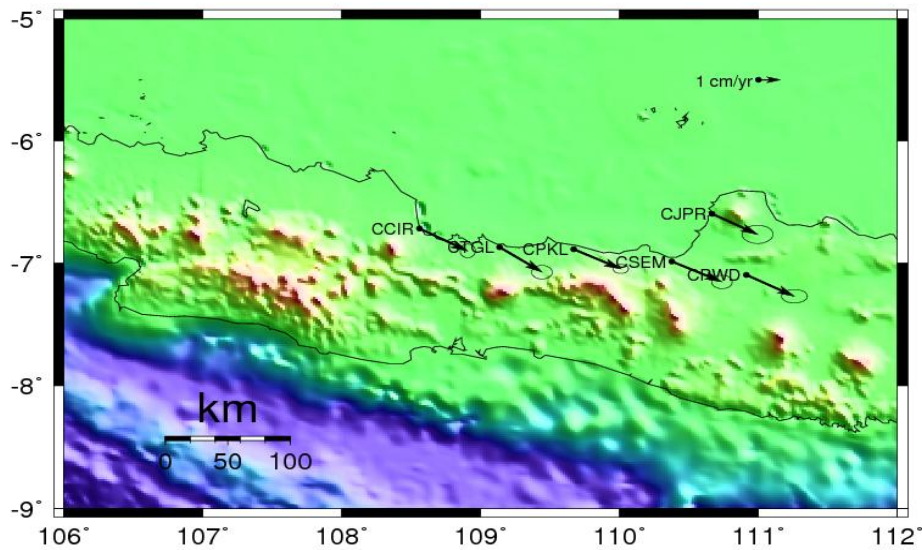
Besarnya regangan dihitung dengan metode hitungan garis yang terlihat seperti *baseline*. Perhitungan regangan (*strain*) ini dilakukan secara manual yaitu menghitung *baseline* pada DOY pertama pada awal tahun pengamatan kemudian dihubungkan dengan kecepatan pergeseran yang telah diperoleh.

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

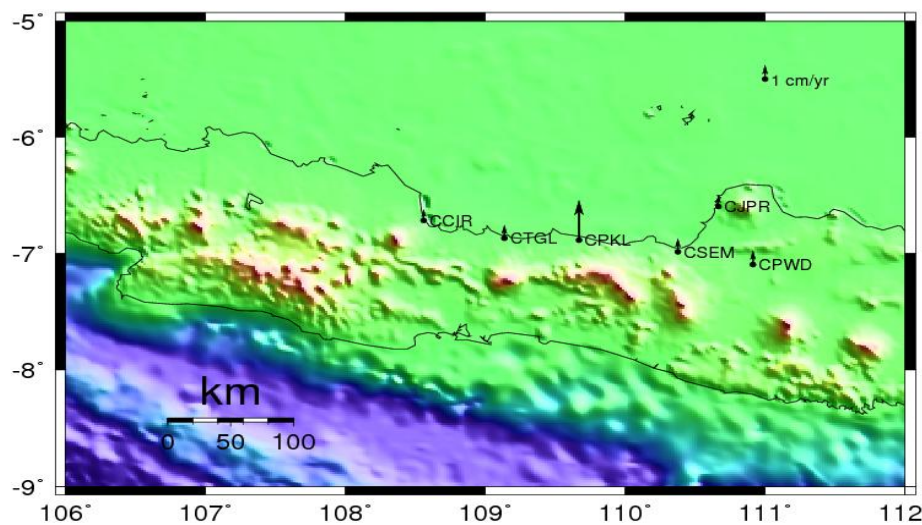
Tabel IV.3 Hasil regangan (*strain*) berdasarkan segmen garis

Segmen Garis	Panjang segmen (meter)	Regangan	
		<i>Strain/year</i>	Ppm (<i>part per milion</i>)
CCIR-CTGL	65853,04664	-3,3498798E-08	-0,033498798
CTGL-CPKL	58971,19555	3,608678E-08	0,036086798
CPKL-CSEM	78948,60004	1,7009148E-08	0,017009148
CSEM-CJPR	53818,1284	-2,4697410E-08	-0,024697410
CSEM-CPWD	60565,61895	-1,4229200E-08	-0,014229200
CPWD-CJPR	61640,31765	1,5191835E-08	0,015191835

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*.

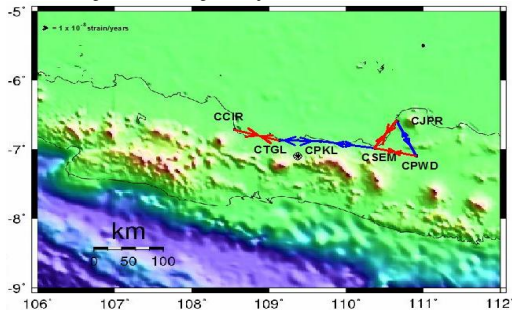


Gambar IV.2 Kecepatan pergeseran (*velocity*) pada titik pengamatan pada komponen *east* dan *north*



Gambar IV.3 Kecepatan pergeseran (*velocity*) pada titik pengamatan pada komponen *vertical*

Pada Gambar IV.4 menunjukkan hasil dari regangan yang terjadi pada titik pengamatan. Gambar dengan warna garis merah menunjukkan terjadinya *compression*. Sedangkan gambar dengan garis warna biru menunjukkan terjadinya *extension*.



Gambar IV.4 Hasil regangan pada titik pengamatan

V.1. Kesimpulan

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, $0,022 \pm 0,003$ m/tahun untuk komponen timur, dan $0,0075 \pm 0,013$ m/tahun untuk komponen vertikal.
 - CTGL memiliki kecepatan $-0,0129 \pm 0,003$ m/tahun untuk komponen utara, $0,0194 \pm 0,004$ m/tahun untuk komponen timur, dan $0,0094 \pm 0,014$ m/tahun untuk komponen vertikal.
 - CPKL memiliki kecepatan $-0,0102 \pm 0,002$ m/tahun untuk komponen utara, $0,0216 \pm 0,003$ m/tahun untuk komponen timur, dan $0,0287 \pm 0,012$ m/tahun untuk komponen vertikal.
 - CSEM memiliki kecepatan $-0,0106 \pm 0,003$ m/tahun untuk komponen utara, $0,0229 \pm 0,004$ m/tahun untuk komponen timur, dan $0,0092 \pm 0,014$ m/tahun untuk komponen vertikal.
 - CJPR memiliki kecepatan $-0,0107 \pm 0,004$ m/tahun untuk komponen utara, $0,0208 \pm 0,006$ m/tahun untuk komponen timur, dan $0,0078 \pm 0,021$ m/tahun untuk komponen vertikal.
 - CPWD memiliki kecepatan $-0,0111 \pm 0,003$ m/tahun untuk komponen utara, $0,0219 \pm 0,005$ m/tahun untuk komponen timur, dan $0,0103 \pm 0,017$ m/tahun untuk komponen vertikal.
2. Regangan (*strain*) yang terjadi di daerah pantai utara Jawa Tengah tidak ada yang mendominasi baik pola kompresi maupun ekstensi. Pola kompresi terjadi pada titik pengamatan CCIR-CTGL dengan nilai regangan sebesar -

$3,34987984761E-08$ *strain/year*, pada titik pengamatan CSEM-CJPR adalah sebesar $-2,46974102062E-08$ *strain/year*, dan pada titik pengamatan CSEM-CPWD adalah sebesar $-1,42292001156E-08$ *strain/year*. Sementara pola ekstensi terjadi pada titik pengamatan CTGL-CPKL dengan nilai regangan sebesar $3,60867975079E-08$ *strain/year*, pada titik pengamatan CPKL-CSEM adalah sebesar $1,70091480140E-08$ *strain/year*, dan pada titik pengamatan CPWD-CJPR adalah sebesar $1,51918350818E-08$ *strain/year*.

V.2. Saran

Dari penelitian kali ini terdapat saran yang dapat diberikan untuk kemajuan penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Dalam pengolahan data GPS menggunakan *software* GAMIT ini dibutuhkan koordinat apriori atau pendekatan. Akan lebih baik lagi apabila koordinat pendekatan yang diberikan telah diolah terlebih dahulu menggunakan *software* komersial.
2. Proses pengolahan pada *software scientific* GAMIT secara *automatic batch* akan terhenti apabila ada kekosongan data pada *file* RINEX sesuai DOY, sehingga perlu diperhatikan dalam kelengkapan ketersediaan data.
3. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh dari suatu jaringan terhadap tingkat ketelitian koordinat yang bisa dihasilkan.

Daftar Pustaka

- Sena, A. 2012. Global Positioning System. <http://angkasasena.blogspot.com/2010/08/global-positioning-systemgps.html>. Diakses pada 6 April 2015
- Januar, F. 2015. Receiver GPS Geodetic. http://jakarta.indonetwork.co.id/total_station/4465595/gps-geodetic-topcon-receiver-hyper-ii.html. Diakses pada 8 Juni 2015.
- 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*. Bandung.
- 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.

- Iqbal, M. 2013. *Analisis Geodinamika Lima Stasiun Pasut Pulau Jawa Dengan Data Pengamatan Gps Tiga Epok*. Tesis. Program Studi Teknik Geomatika Kelompok Bidang Geodesi, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Soehami, A dan Yayan S. 2007. *Seismotektonik Wilayah Jawa Tengah*. Bandung: Pusat Geologi.