

Analisa Kecepatan Pergeseran di Wilayah Jawa Tengah Bagian Selatan Menggunakan GPS-CORS Tahun 2013-2015

Avrilina Luthfil Hadi¹⁾, Ira Mutiara Anjasmara²⁾, dan Meiriska Yusfania³⁾

Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

email: ira@geodesy.its.ac.id²⁾; yusfania_mei@geodesy.its.ac.id³⁾

Abstrak— Indonesia merupakan negara yang berada pada wilayah pertemuan 4 lempeng yang bergerak aktif. Lempeng Eurasia bertumbukan dengan lempeng Indo-Australia dan membentuk zona subduksi di selatan pulau Jawa. Hal tersebut mengakibatkan tektonik pulau Jawa terbentuk akibat peristiwa konvergen dimana lempeng tektonik Indo-Australia bergerak ke arah utara dengan kecepatan 7 cm/tahun menunjam ke bawah lempeng tektonik Eurasia yang relatif diam. Akibatnya gempa bumi dan gunung api sering terjadi pada batas lempeng tersebut. Pada tahun 2006 terjadi gempa 5.9 skala Richter di Daerah Istimewa Jogjakarta dan sekitarnya yang mengakibatkan banyaknya infrastruktur yang rusak. Oleh karena itu, Jawa Tengah telah ditetapkan sebagai daerah rawan gempa bumi nomer VII di Indonesia. Dengan adanya teknologi Global Positioning System (GPS), pemantauan deformasi suatu wilayah yang disebabkan aktifitas tektonik dapat dilakukan dengan lebih mudah. Penelitian ini mengamati besarnya deformasi yang terjadi di wilayah Jawa Tengah bagian selatan menggunakan data Continously Operating Reference Station of Indonesia (Ina-CORS). Hasil deformasi yang terjadi direpresentasikan dalam bentuk vektor dan kecepatan pergeseran tahun (2013-2015). Dari hasil analisa didapatkan bahwa ke-enam stasiun yang diamati memiliki kesamaan arah gerak yaitu bergerak ke arah tenggara dengan rentang kecepatan horisontal 9.53 hingga 12.21 mm/yr pada tahun 2013, 23.74 hingga 33.75 mm/yr pada tahun 2014, dan 10.94 hingga 15.14 mm/yr pada tahun 2015. Sedangkan kecepatan vertikal memiliki nilai dengan rentang -1.05 hingga 3.73 mm/yr pada tahun 2014, 17.90 hingga 46.17 mm/yr pada tahun 2014 dan -49.84 hingga -29.57 mm/yr pada tahun 2015 .

Kata Kunci—Kecepatan Horisontal, Kecepatan vertikal, Global Positioning System, Deformasi .

I. PENDAHULUAN

INDONESIA merupakan negara yang berada pada wilayah pertemuan 4 lempeng yang bergerak aktif yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Pasifik, lempeng Philipina, dan lempeng Eurasia. Lempeng Eurasia bertumbukan dengan lempeng Indo-Australia dan membentuk zona subduksi di daerah selatan pulau Jawa sehingga tektonik pulau Jawa terbentuk akibat peristiwa konvergen yang mana lempeng tektonik Indo-Australia bergerak ke arah utara dengan kecepatan 7 cm/tahun menunjam ke bawah lempeng tektonik Eurasia yang relatif diam [1]. Akibat dari tunjaman lempeng tersebut mengakibatkan tingkat kegempaan yang tinggi dan terbentuknya gunung api aktif.

Subduksi merupakan suatu fenomena yang terjadi pada batas konvergen antara dua lempeng yang berbeda kerentanan yang mengakibatkan salah satu lempeng bergerak ke bawah lempeng lainnya dan tenggelam ke arah mantel bumi. Pada zona subduksi pulau Jawa, lempeng Eurasia mendesak lempeng Indo-Australia dan bergerak ke arah bawah. Hal ini terjadi karena lempeng Eurasia bersifat kaku sedangkan lempeng Indo-Australia bersifat lentur. Akibatnya, terbentuklah daerah-daerah cekungan (basin) serta palung (*trench*) di sekitar zona tersebut seperti Java Trench dan Java Ridge. Java Trench sendiri memiliki kedalaman sekitar 6000-7000 meter [2]

Untuk mengidentifikasi berbagai deformasi yang terjadi akibat zona subduksi dan gempa bumi, terdapat berbagai metode yang dapat digunakan salah satunya dengan menggunakan metode teknologi berbasis GNSS (*Global Navigation Satellite System*). Indonesia memiliki Ina-CORS yang dibangun oleh BIG (Badan Informasi Geospasial) yang stasiunnya tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Dalam pemanfaatannya, CORS dapat menyediakan data penentuan posisi secara kontinyu selama 24 jam per hari, 7 hari per minggu dengan mengumpulkan dan merekam data sehingga dapat dimanfaatkan dalam penentuan posisi, baik secara *post processing* maupun *realtime*.

Pulau Jawa merupakan wilayah Indonesia yang paling padat penduduk dan infrastrukturnya. Pulau Jawa bagian selatan secara keseluruhan memiliki peringkat Daerah Rawan Gempa Bumi Indonesia. Wilayah penelitian ini yaitu Jawa Tengah telah ditetapkan sebagai daerah rawan gempa bumi Indonesia nomer VII hal ini karena didasari oleh riwayat gempa bumi merusak yang telah melanda wilayah tersebut. Kerusakan parah sering kali terjadi di wilayah tersebut karena posisinya yang dekat dengan zona subduksi di selatan Indonesia. Dengan memanfaatkan data Ina-CORS stasiun pengamatan CSLO, CBTL, CMGL, CPBL, CKBN, dan CCLP, penelitian ini menghasilkan analisa deformasi stasiun pengamatan yaitu kecepatan, vektor pergeseran yang timbul akibat aktivitas tektonik maupun vulkanik yang timbul di wilayah Jawa Tengah bagian selatan. Data GPS dari stasiun pengamatan Ina-CORS diolah dengan menggunakan perangkat lunak ilmiah yaitu GAMIT/GLOBK 10.6 dan GMT (*Generic Mapping Tools*) untuk *plotting* hasil perhitungan berupa peta arah pergeseran.

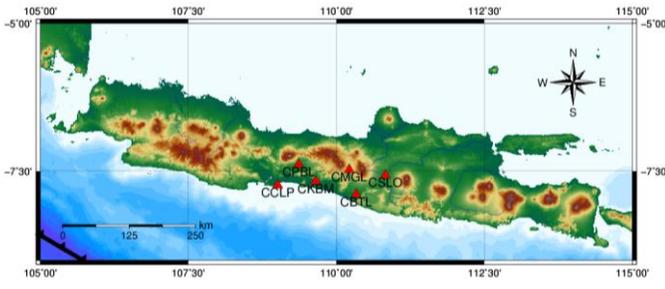
II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah pulau Jawa, khususnya di Jawa Tengah bagian selatan meliputi kota-kota dimana stasiun GPS CORS milik BIG (Ina-CORS) berdiri. Stasiun Ina-CORS yang digunakan adalah CBTL di Bantul, CCLP di Cilacap, CKBN di Kebumen, CSLO di Solo, CMGL di Magelang, dan CPBL di Purbalingga.

Tabel 1. Informasi Stasiun Pengamatan Ina-CORS

Stasiun	Latitude	Longitude
CBTL	-7°53'33.10"	110°20'07.74"
CCLP	-7°44'15.49"	109°00'36.6"
CKBM	-7°40'12.27"	109°39'11.47"
CMGL	-7°28'32.79"	110°13'01.20"
CSLO	-7°34'14.13"	110°49'49.06"
CPBL	-7°23'18.60"	109°21'51.24"



Gambar 1. Lokasi Penelitian

B. Data dan Peralatan Data

Penelitian ini menggunakan tiga macam data utama, yaitu data Ina-CORS dan IGS station yang berformat rinex, data orbit satelit (igsWWWD.sp3), dan data navigasi (brdcDDD0.YYn). Namun selain itu dibutuhkan tiga data pendukung dalam pengolahan GAMIT/GLOBK, yaitu pemodelan atmosfer (atmdisp_cm.YYYY), pemodelan pasut laut (otIFES2004.grid), dan pemodelan cuaca (vmf1grid.YYY). Pengamatan mengambil sampel 3-5 *doy* setiap bulannya dalam tiga tahun untuk mengetahui kecepatan pergeseran yang terjadi.

Peralatan

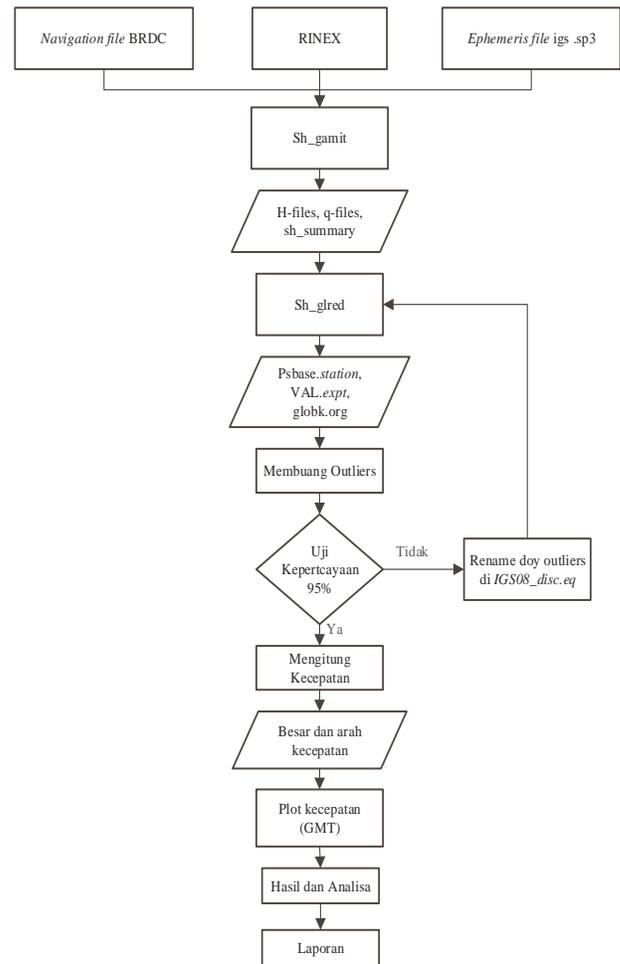
Peralatan utama yang digunakan dalam pelaksanaan tugas akhir ini antara lain perangkat komputer dengan sistem linux Ubuntu 14.04 untuk menjalankan *software* GAMIT/GLOBK dan GMT. GAMIT/GLOBK digunakan untuk mengolah data GPS-CORS sehingga menghasilkan kecepatan. Selanjutnya, besar dan arah kecepatan pergeseran di plot menggunakan GMT [3].

C. Diagram Alir Pengolahan Data

Langkah awal pengolahan data dimulai dengan pembuatan tiga direktori kerja, yaitu folder rinex yang berisikan *observation* data IGS dan pengamatan GPS CORS, folder brdc

yang berisikan file navigasi (*broadcast ephemeris*), dan folder igs yang berisikan *precise ephemeris* (.sp3). Setelah data lengkap, proses dilanjutkan dengan menjalankan perintah *sh_gamit* untuk menghasilkan *qfile*, *hfile*, dan *sh_gamit* yang merupakan rangkuman dari pengolahan GAMIT.

Proses selanjutnya adalah GLOBK dengan menjalankan perintah *sh_gfred* yang menghasilkan file dengan ekstensi *.org. File tersebut menghasilkan solusi harian koordinat yang dihasilkan untuk setiap *doy* (*day of year*) dari setiap titik CORS yang dihasilkan dalam file *psbase_station* (dalam bentuk *plotting* GMT), *VAL.expt*, dan *globk.org*. Dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95%, data yang melebihi \pm dua kali standar deviasi akan dianggap sebagai *outlier* dan harus dihilangkan [4] dengan cara *rename* pada folder *IGS08_disc.eq*.



Gambar 2. Diagram Alir Pengolahan Data

Tahap berikutnya adalah perhitungan *velocity* menggunakan koordinat toposentrik. Koordinat toposentrik merupakan koordinat yang berpusat di permukaan bumi yang merupakan letak titik stasiun CORS. Kecepatan yang dihasilkan dari proses ini adalah kecepatan horizontal dan kecepatan vertikal beserta arah pergeseran. Hasil kecepatan kemudian di plot menggunakan perangkat lunak GMT.

III. HASIL DAN ANALISA

A. Hasil Pengolahan Kecepatan

Data yang didapatkan dalam pengolahan kecepatan pada GLOBK adalah nilai Vn dan Ve yang dapat dilihat melalui file *velo.org* dalam folder *vsoln*. Untuk mendapatkan besar kecepatan pergeseran horizontal pada setiap tahun untuk setiap stasiun pengamatan diperlukan perhitungan resultan dari kedua nilai tersebut dengan menggunakan rumus :

$$Vr = \sqrt{Ve^2 + Vn^2} \tag{1}$$

Hasil dari perhitungan kecepatan pergeseran horizontal diatas ditunjukkan pada tabel 2 hingga tabel 4. Setelah proses pengolahan selesai dan didapatkan nilai pergeseran seperti pada tabel diatas, data akan di *plotting* menggunakan GMT untuk memperlihatkan arah pergeseran setiap stasiun pengamatan.

Tabel 1.
Kecepatan Pergeseran Tahun 2013

STASIUN	VEKTOR PERGESERAN		KECEPATAN PERGESERAN HORIZONTAL
	Vn (mm/yr)	Ve (mm/yr)	
CCLP	-6.81	10.14	12.21
CPBL	-8.30	6.77	10.71
CKBM	-7.32	6.10	9.53
CMGL	-9.01	7.02	11.42
CBTL	-6.80	7.96	10.47
CSLO	-6.71	9.74	11.83

Tabel 2.
Kecepatan Pergeseran Tahun 2014

STASIUN	VEKTOR PERGESERAN		KECEPATAN PERGESERAN HORIZONTAL
	Vn (mm/yr)	Ve (mm/yr)	
CCLP	-23.39	4.07	23.74
CPBL	-30.26	7.08	31.08

CKBM	-28.46	6.72	29.24
CMGL	-29.09	11.50	31.28
CBTL	-30.13	15.20	33.75
CSLO	-27.87	17.00	32.65

Tabel 3.
Kecepatan Pergeseran Tahun 2015

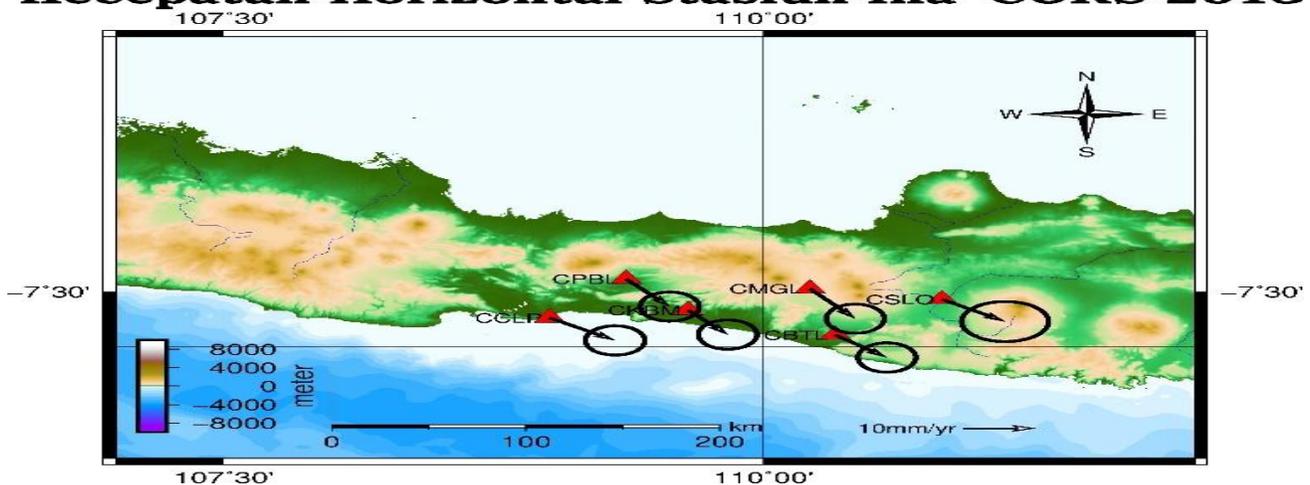
STASIUN	VEKTOR PERGESERAN		KECEPATAN PERGESERAN HORIZONTAL
	Vn (mm/yr)	Ve (mm/yr)	
CCLP	-14.69	3.68	15.14
CPBL	-13.29	6.87	14.96
CKBM	-12.41	3.55	12.91
CMGL	-10.52	2.99	10.94
CBTL	-10.36	6.58	12.27
CSLO	-10.39	10.13	14.51

Selain itu, terdapat juga nilai kecepatan pergeseran vertikal dari tahun 2013 hingga tahun 2015 pada setiap stasiun pengamatan yang ditunjukkan oleh tabel 5. Nilai tersebut akan di plot menggunakan GMT untuk mengetahui gambaran arahnya. Hasil plotting adalah gambar 5 hingga gambar 7.

Tabel 4.
Kecepatan Vertikal

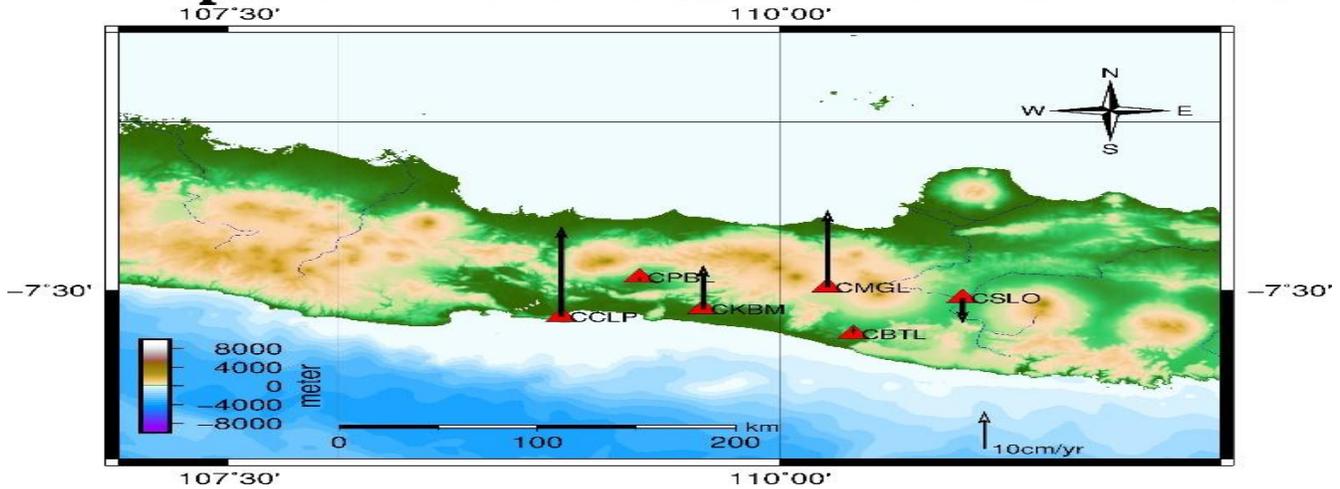
Stasiun	Kecepatan Vertikal (mm/yr)		
	2013	2014	2015
CCLP	3.73	46.17	-29.57
CPBL	-0.17	29.13	-42.65
CKBM	1.81	22.84	-49.84
CMGL	3.18	17.90	-32.85
CBTL	0.30	29.26	-33.89
CSLO	-1.05	18.16	-40.54

Kecepatan Horizontal Stasiun Ina-CORS 2013



Gambar 3. Arah Kecepatan Horizontal dan Vertikal Stasiun Pengamatan Tahun 2013

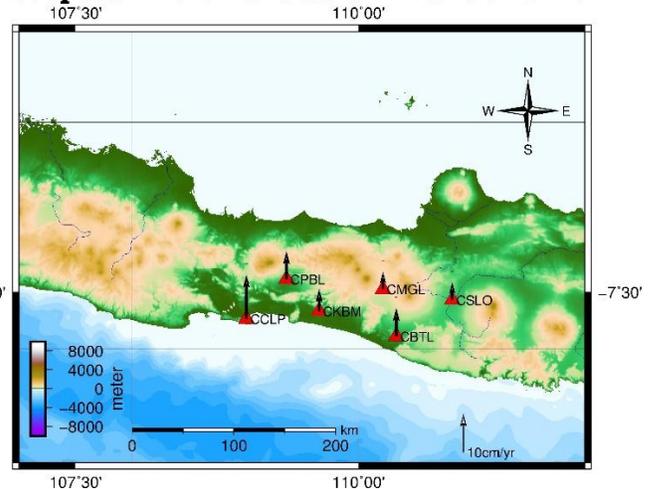
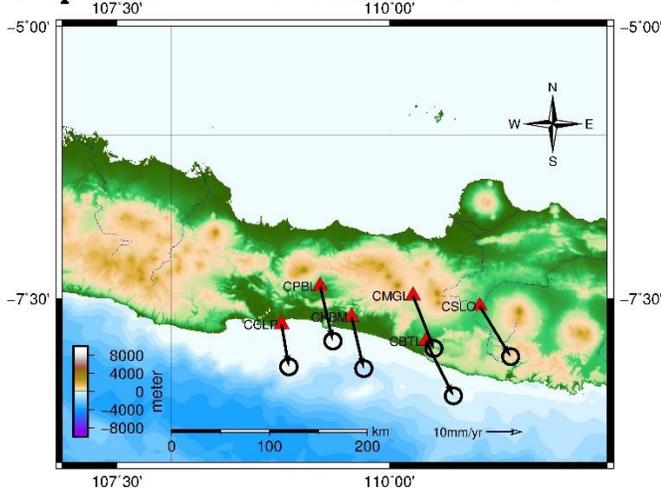
Kecepatan Vertikal Stasiun Ina-CORS 2013



Gambar 4. Arah Kecepatan Horizontal dan Vertikal Stasiun Pengamatan Tahun 2013

Kecepatan Horizontal Stasiun Ina-CORS 2014

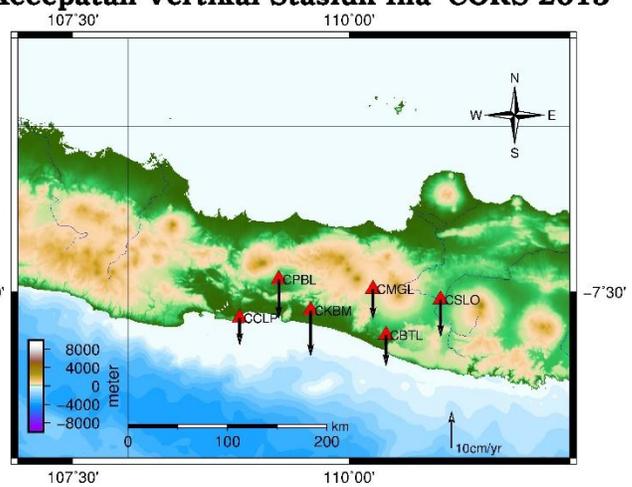
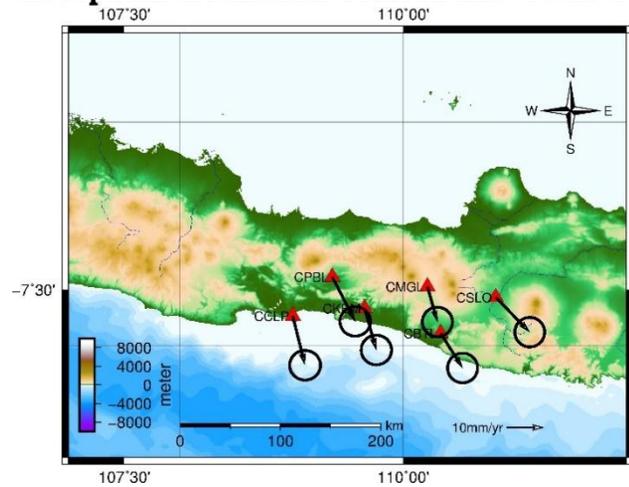
Kecepatan Vertikal Stasiun Ina-CORS 2014



Gambar 5. Arah Kecepatan Horizontal dan Vertikal Stasiun Pengamatan Tahun 2014

Kecepatan Horizontal Stasiun Ina-CORS 2015

Kecepatan Vertikal Stasiun Ina-CORS 2015



Gambar 6. Arah Kecepatan Horizontal dan Vertikal Stasiun Pengamatan Tahun 2015

B. Analisis Arah dan Kecepatan Pergeseran

1) Analisis Arah

Gambar 2 hingga gambar 4 merupakan hasil *plotting* menggunakan GMT. Terlihat anak panah berwarna hitam pada

setiap stasiun pengamatan menunjukkan arah pergeseran dengan skala 10 mm/tahun. Sedangkan lingkaran yang terdapat pada ujung anak panah merupakan *error ellipse*. Ketiga gambar tersebut menunjukkan arah pergeseran yang sama

yaitu kearah tenggara pada setiap stasiun yang berada pada lempeng Eurasia. Hal ini sesuai dengan arah pergerakan lempeng Eurasia yang cenderung bergerak kearah tenggara.

2) Analisis Kecepatan

Nilai kecepatan horizontal memiliki nilai kecepatan yang bervariasi setiap tahunnya pada setiap stasiun pengamatan. Nilai pergeseran tahun 2014 memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan tahun 2013 dan tahun 2015. Stasiun CBTL yang berada di Bantul memiliki pergeseran terbesar dengan nilai 33.75 mm/tahun. Hal ini dapat disebabkan oleh aktivitas vulkanik karena stasiun ini dekat dengan gunung aktif di Jawa yaitu gunung Merapi ataupun karena pergerakan sesar-sesar aktif yang berada pada daerah Jogjakarta. Terdapat sesar aktif yang keberadaannya direka-reka berada di sepanjang sungai opak sehingga diberikan nama sesar Opak yang memiliki jarak tidak jauh dengan Bantul. Pada Penelitian sebelumnya dengan judul " Deformasi Koseismik dan Pascaseismik Gempa Yogyakarta 2006 dari Hasil Survei GPS " oleh Hasanudin Z. Abidin, dkk [1] analisa disebutkan bahwa gempa Yogyakarta diduga disebabkan oleh pergerakan Sesar Opak, yaitu sesar sinistral yang memanjang dari kawasan pantai Parangtritis sampai ke sebelah timur kota Yogyakarta.

Untuk data pada tahun 2013 dan 2015 besar kecepatan terbesar terdapat pada stasiun CCLP yang berada di Cilacap. Cilacap berada di ujung selatan Jawa Tengah yang merupakan stasiun terdekat dengan zona subduksi selatan pulau Jawa. Nilai kecepatan pergeseran horizontal pada tahun 2013 untuk CCLP adalah 12.21 mm/tahun dan tahun 2015 sebesar 15.14 mm/tahun.



Gambar 7. Sesar Opak dan Sesar Dengkeng (Danny H. Natawidjaya(LIPI) dalam Hasanudin, 2009)

Hasil kecepatan vertikal yang didapatkan pada tahun 2013 memiliki dua nilai negatif yaitu pada stasiun CPBL di Purbalingga dan stasiun CSLO yang berada di Solo. Pada hasil plotting GMT, nilai negatif ditandai dengan anak panah yang mengarah ke bawah. Nilai terbesar berada pada stasiun CCLP yaitu dengan nilai 3.73 mm/tahun. Kecepatan pergeseran vertikal tahun 2014 bernilai positif pada seluruh stasiun pengamatan. Sedangkan pada tahun 2015 nilai kecepatan berbanding terbalik dengan tahun sebelumnya yaitu memiliki nilai negatif pada setiap stasiun. Nilai kecepatan vertikal

terbesar pada tahun 2014 adalah pada stasiun CCLP dengan nilai kecepatan vertikal sebesar 46.17 mm/tahun dan pada tahun 2015, stasiun CCLP memiliki nilai negatif terkecil dengan nilai -29.57 mm/tahun.

IV. KESIMPULAN

Adapun beberapa hal yang dapat disimpulkan dari penelitian ini adalah :

- 1) Nilai kecepatan horizontal stasiun pengamatan Ina-CORS memiliki nilai yang berubah-ubah setiap tahunnya dengan tren naik turun. Nilai kecepatan terbesar pada tahun 2013 dan 2015 terdapat pada stasiun CCLP dengan nilai masing-masing 12.21 mm/tahun dan 15.14 mm/tahun. Nilai kecepatan terbesar tahun 2014 berada pada stasiun CBTL dengan nilai kecepatan 33.75 mm/tahun.
- 2) Nilai kecepatan vertikal memiliki nilai yang berbeda yaitu positif dan negatif. Pada tahun 2013, nilai negatif dimiliki oleh stasiun CPBL dan CSLO namun nilai kecepatan terbesar dimiliki oleh stasiun CCLP dengan nilai 3.73 mm/tahun. Tahun 2014 kecepatan vertikal terbesar adalah stasiun CCLP dengan nilai 46.17 mm/tahun dan pada tahun 2015 kecepatan vertikal terkecil adalah stasiun CKBM di Kebumen dengan nilai kecepatan -49.84 mm/tahun. Sedangkan nilai kecepatan terbesar adalah stasiun CCLP dengan kecepatan vertikal sebesar -29.57 mm/tahun.
- 3) Arah pergeseran horizontal pada setiap stasiun pengamatan dalam tiga tahun yaitu memiliki arah yang sama yaitu arah tenggara sesuai dengan arah pergeseran lempeng Eurasia yang mengarah ke tenggara.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis A. L. H. mengucapkan terimakasih kepada dosen pembimbing, Ibu Ira Mutiara Anjasmara ST., M.Phil, Ph.D atas kesediaannya untuk membimbing dalam penelitian ini. Selain itu tidak lupa penulis ucapkan kepada Badan Informasi Geospasial (BIG) yang telah menyediakan data untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Z. Abidin, H. Andreas, I. Meilano, M. Gamal, I. Gumilar and C. I. Abdullah, "Deformasi Koseismik dan Pascaseismik Gempa Yogyakarta 2006 dari Hasil Survei GPS," *Jurnal Geologi Indonesia*, pp. 275-284, 2009.
- [2] W. Hamilton, Tectonic of the Indonesian Region. U.S Geol. Survey, Prof. Paper, 1078,, Washington, 1979.
- [3] Jean and P. Lang, "GMT," 2013. [Online]. Available: <http://gmt.soest.hawaii.edu/>.
- [4] [Subarya , C. (2004). *Jaring Kontrol Geodesi Nasional : Dengan Pengukuran Global Positioning System dalam ITRF 2000 Epoch 1998.0*. Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional Pusat Geodesi dan Geodinamika.