

Deformasi Koseismik dan Pascaseismik Gempa Yogyakarta 2006 dari Hasil Survei GPS

HASANUDDIN Z. ABIDIN¹, H. ANDREAS¹, I. MEILANO¹, M. GAMAL¹, I. GUMILAR¹,
dan C.I. ABDULLAH²

¹Kelompok Keilmuan Geodesi, FITB, Jln. Ganesha 10, Bandung 40132

²Kelompok Keilmuan Geologi Terapan, FITB, Jln. Ganesha 10, Bandung 40132

SARI

Gempa Yogyakarta 27 Mei 2006 terjadi pukul 05.54 WIB dengan magnitudo 6,4 Mw, dan meng-guncang kawasan Bantul, Yogyakarta, Sleman, dan Klaten selama lebih kurang 60 detik. Seminggu sesudah terjadinya gempa, yaitu tanggal 4 sampai 8 Juni 2006, survei GPS dilakukan pada 48 titik jaring kerangka kadastral nasional orde-2 yang berada di sekitar kawasan gempa. Survei berikutnya dilaksanakan pada 21 - 26 Januari 2008. Survei GPS dilaksanakan menggunakan empat belas *receiver* GPS tipe geodetik dua-frekuensi, dan pengolahan datanya dilakukan menggunakan perangkat lunak ilmiah Bernese 5.0. Hasil survei GPS menunjukkan bahwa komponen horizontal deformasi koseismik gempa Yogyakarta 2006 secara umum adalah sekitar atau lebih kecil dari 10 - 15 cm. Vektor pergeseran GPS serta kedalaman gempa-gempa susulan mengindikasikan keberadaan sesar sinistral (*left-lateral*) dengan sudut *strike* sekitar 48° dan sudut kemiringan (*dip angle*) sekitar 89°, dan lokasinya berada sekitar 5 - 10 km di sebelah timur lokasi Sesar Opak yang bisa digambarkan sepanjang Sungai Opak. Hasil survei GPS juga memperlihatkan bahwa komponen horizontal deformasi pascaseismik gempa Yogyakarta berkisar antara 0,3 cm dan 9,1 cm dalam periode Juni 2006 sampai Juni 2008. Kalau deformasi koseismik mempunyai pergerakan sinistral, maka deformasi pascaseismik menunjukkan pergerakan dekstral dari daerah sebelah timur Sesar Opak (kawasan Gunung Kidul) terhadap kawasan sebelah baratnya yang relatif lebih stabil.

Kata kunci: gempa, Yogyakarta, deformasi, koseismik, pascaseismik, survei GPS, Sesar Opak

ABSTRACT

The Yogyakarta earthquake of 27 May 2006 occurred at 05:54 WIB with magnitude of 6.4 Mw. It shook the region of Bantul, Yogyakarta, Sleman and Klaten for about 60 seconds. A week after the earthquake, i.e. 4-8 June 2006, a GPS survey was conducted on 48 GPS points belonging to the 2nd order national cadastral control network located in the earthquake affected region. The 2nd survey was conducted on 21-26 January 2008. The surveys were conducted using 14 dual-frequency geodetic type receivers and the Bernese 5.0 scientific software was used for data processing. The results of GPS surveys show that horizontal components of the co-seismic deformation of earthquake are generally about 10-15 cm or smaller. The GPS-derived displacement vectors and depths of aftershocks suggested the existence of left-lateral fault, with strike and dip angles of about 48° and 89°, located at about 5-10 km east of Opak Fault which is usually drawn along the Opak River. GPS surveys also estimate that horizontal components of the post-seismic deformation of Yogyakarta earthquake are about 0.3 to 9.1 cm between June 2006 and June 2008. While the co-seismic deformation shows the sinistral displacement, the post-seismic deformation indicates the dextral displacement of the eastern region of Opak Fault (Gunung Kidul area) which is relative to a more stable western region.

Keywords: earthquake, Yogyakarta, deformation, co-seismic, post-seismic, GPS survey, Opak Fault

PENDAHULUAN

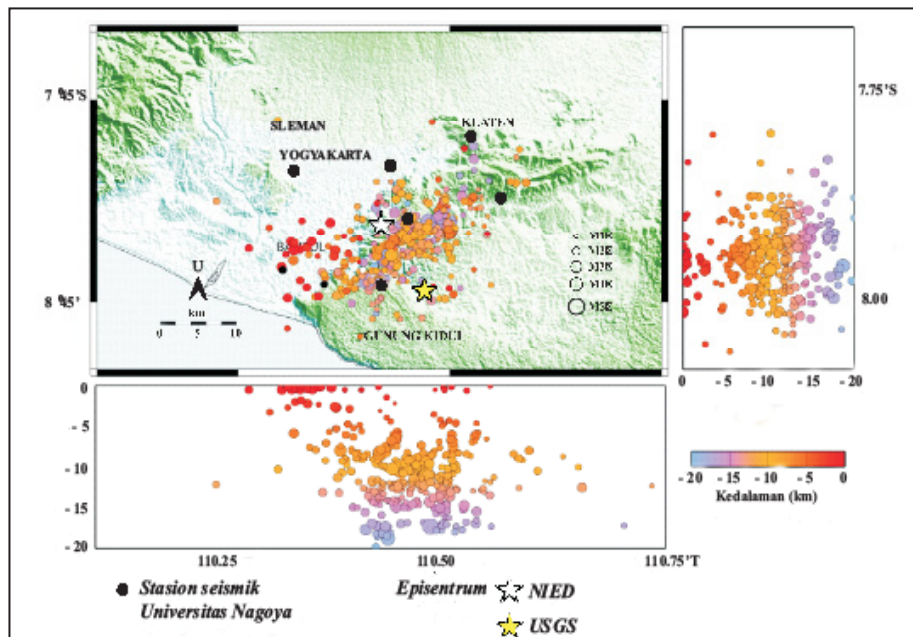
Gempa Yogyakarta 2006 terjadi pada 27 Mei 2006, pukul 05.54.01 WIB, dengan magnitudo sekitar 6,4 Mw. Gempa tersebut mengguncang kawasan Bantul, Yogyakarta, Sleman, dan Klaten selama lebih kurang 60 detik, dan diikuti dengan sekitar 750 gempa susulan, yang magnitudo terbesarnya mencapai 5,2 Mw. Pusat gempa utama dan susulannya berlokasi antara Yogyakarta, Bantul, dan Gunung Kidul (Gambar 1).

Gempa bumi biasanya akan menyebabkan kerak bumi di sekitarnya terdeformasi, baik dalam arah horizontal maupun vertikal. Dalam suatu siklus terjadinya gempa bumi, proses deformasi dapat dibagi kedalam beberapa tahapan, yaitu: interseismik, praseismik, koseismik, dan pascaseismik (Mori, 2004; Natawidjaja *et al.*, 2004). Tahapan interseismik merupakan tahapan awal suatu siklus gempa bumi. Pada tahapan ini energi dari dalam bumi menggerakkan lempeng, dan energi mulai terakumulasi di bagian-bagian lempeng tempat biasanya terjadinya gempa bumi (batas antarlempeng dan sesar). Sesaat sebelum terjadinya gempa bumi dinamakan tahapan praseismik, dan ketika terjadinya gempa utama dinamakan tahapan koseismik. Deformasi koseismik

adalah deformasi kerak bumi yang diakibatkan oleh gempa utama dan gempa-gempa susulannya yang besar. Deformasi ini umumnya berupa deformasi horizontal maupun deformasi vertikal dan cakupan spasialnya proporsional dengan magnitudo gempanya. Tahapan pascaseismik didefinisikan sebagai tahapan ketika sisa-sisa energi gempa terlepas secara perlahan dan dalam kurun waktu yang lama sampai kondisi kembali ke tahap kesetimbangan yang baru.

Terkait dengan deformasi yang disebabkan oleh gempa Yogyakarta 2006, sampai saat ini tidak banyak informasi yang diketahui tentang deformasi interseismik dan praseismiknya. Makalah ini akan membahas tentang estimasi deformasi koseismik dan pascaseismik gempa tersebut.

Pada dasarnya ada beberapa metode geodesi yang dapat digunakan untuk mengestimasi deformasi pascaseismik suatu gempa bumi, seperti metode InSAR (Massonnet and Feigl, 1998) dan metode GPS (Abidin, 2007). Dalam penelitian ini, deformasi koseismik dan pascaseismik akan dipelajari menggunakan metode yang berbasis pada survei pengamatan satelit GPS (*Global Positioning System*). Dengan metode survei GPS ini, sejumlah monumen yang terletak di kawasan yang dipenga-



Gambar 1. Pusat gempa utama (*epicenter*) dan lokasi gempa-gempa susulan (*aftershock*) dalam periode 6 - 7 Juni 2006 dari gempa Yogyakarta 2006; *courtesy of Irwan Mailano*.

ruhi oleh gempa Yogyakarta 2006 dipantau perubahan koordinatnya secara teliti, sebelum, beberapa waktu sesudah terjadinya gempa, dan dua tahun setelah gempa. Deformasi koseismik diestimasi dari data survei GPS yang dilaksanakan pada tahun 1998 dan Juni 2006; sedangkan deformasi pascaseismik diestimasi dari data survei Juni 2006 dan Juni 2008. Vektor pergeseran deformasi koseismik yang diperoleh, selanjutnya digunakan untuk mengestimasi geometri sesar yang pergerakannya diperkirakan menyebabkan terjadinya gempa Yogyakarta 2006 tersebut.

GEMPA YOGYAKARTA 2006

Pada 27 Mei 2006, pukul 05.54.01 WIB, terjadi gempa bumi dengan magnitudo 6,4 Mw yang mengguncang kawasan Bantul, Yogyakarta, Sleman, dan Klaten selama lebih kurang enam puluh detik. Berdasarkan USGS, episentrum gempa berada sekitar 25 km di sebelah tenggara Yogyakarta (Gambar 2) dengan

kedalaman sekitar 17,1 km di bawah permukaan laut. Gempa ini diikuti oleh sekitar 750 gempa susulan, yang magnitudo terbesarnya mencapai 5,2 Mw.

Gempa Yogyakarta 2006 ini dipercaya disebabkan oleh pergerakan Sesar Opak, sesar sinistral yang memanjang dari kawasan pantai Parangtritis sampai ke sebelah timur kota Yogyakarta (Gambar 2). Pada gempa ini belum banyak diketahui tentang kontribusi pergerakan Sesar Dengkeng yang terletak di ujung timur laut Sesar Opak. Pergerakan sesar-sesar tersebut dipengaruhi oleh subduksi Lempeng Australia ke bawah Lempeng Eurasia di bawah Pulau Jawa.

Laporan resmi dari Departemen Sosial menyebutkan gempa Yogyakarta 2006 ini telah menyebabkan 6.234 orang meninggal, 36.299 orang terluka, serta sekitar 1,5 juta orang kehilangan tempat tinggal. Dari jumlah korban yang meninggal, 3.580 orang berlokasi di Kabupaten Bantul dan 1.668 di Kabupaten Klaten. Gempa ini juga menyebabkan kerusakan 616.458 unit bangunan permukiman di DI Yogyakarta dan Jateng. Kerusakan terdiri atas 259.334 rumah rata dengan tanah serta 357.124



Gambar 2. Sesar Opak dan Sesar Dengkeng (courtesy of Danny H. Natawidjaya (LIPI)).

rumah rusak sedang dan ringan. Informasi yang lebih detail tentang karakteristik dan dampak dari gempa Yogyakarta 2006 dapat dilihat di USGS (2006) dan UGM (2007).

METODOLOGI

GPS adalah sistem satelit navigasi sebagai penentu posisi yang berdasarkan pada pengamatan satelit-satelit *Global Positioning System* (Abidin, 2007). Prinsip penentuan deformasi koseismik dan pascaseismik dengan metode survei GPS (Abidin *et al.*, 2002) dapat diilustrasikan dengan Gambar 3.

Pada metode ini, beberapa titik yang ditempatkan pada beberapa lokasi yang dipilih, secara periodik ditentukan koordinatnya secara teliti dengan menggunakan metode survei GPS. Untuk mempelajari deformasi koseismik maka survei pertama harus dilaksanakan sebelum gempa, dan survei berikutnya sebaiknya dilaksanakan beberapa saat setelah gempa terjadi. Sementara untuk deformasi pascaseismik, survei pertama sebaiknya dilaksanakan beberapa saat setelah gempa terjadi, dan survei berikutnya dilaksanakan beberapa lama setelah gempa. Dengan

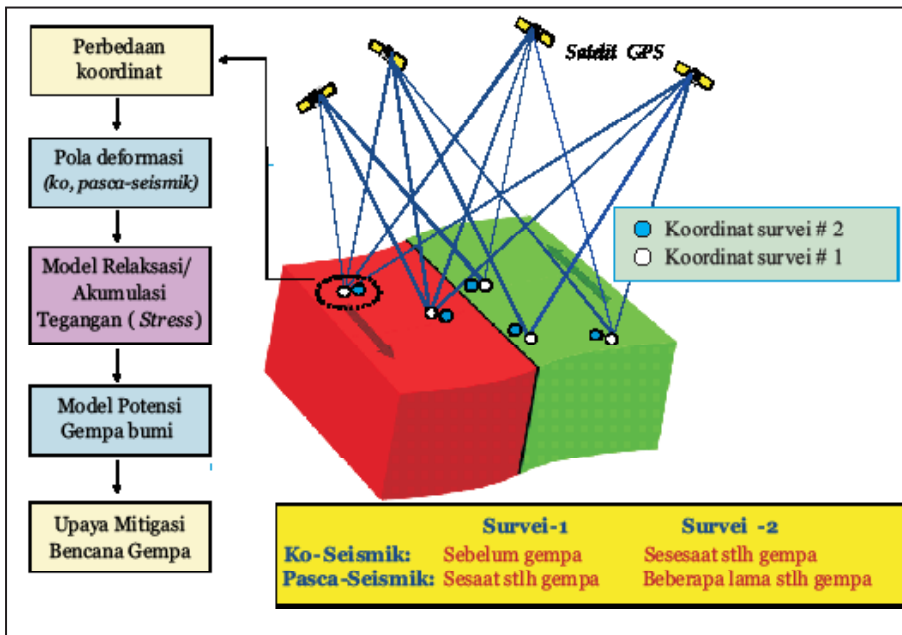
mempelajari pola dan kecepatan perubahan koordinat titik-titik tersebut dari survei yang satu ke survei berikutnya, maka karakteristik deformasi koseismik dan pascaseismik gempa akan dapat diestimasi dan dipelajari lebih lanjut guna pembuatan model potensi bencana gempa bumi berikutnya (Segal and Davis, 1997).

Keunggulan dan keuntungan studi deformasi gempa dengan metode survei GPS diuraikan dibawah ini.

GPS memberikan nilai vektor pergerakan kerak bumi dalam tiga dimensi (dua komponen horizontal dan satu komponen vertikal). Jadi, di samping memberikan informasi tentang besarnya vektor pergerakan sesar dalam arah horizontal, GPS juga sekaligus memberikan informasi tentang vektor deformasi dalam arah vertikal.

GPS memberikan nilai vektor pergerakan sesar dalam suatu sistem koordinat referensi yang tunggal. Dengan itu maka GPS dapat digunakan untuk memantau pergerakan suatu wilayah secara regional dengan efektif dan efisien.

GPS dapat memberikan nilai vektor pergerakan sesar dengan tingkat presisi sampai beberapa mm dan konsistensi yang tinggi, baik secara spasial



Gambar 3. Prinsip estimasi deformasi koseismik dan pascaseismik dengan GPS.

maupun temporal. Dengan tingkat presisi yang tinggi dan konsisten ini, maka diharapkan besarnya deformasi yang kecil sekali pun akan dapat terdeteksi dengan baik.

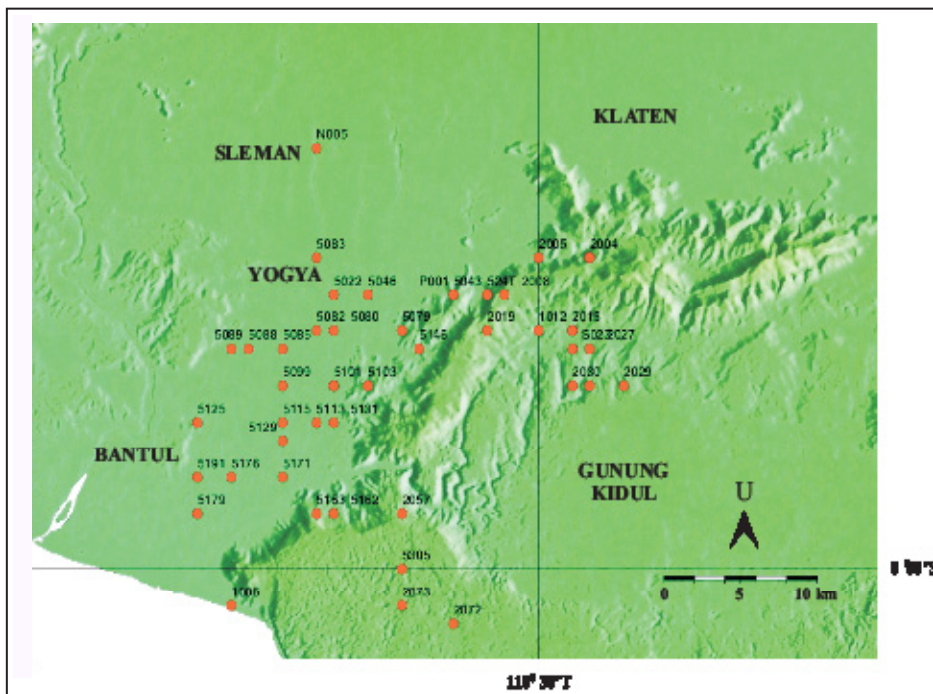
GPS dapat dimanfaatkan secara kontinu tanpa bergantung pada waktu (siang maupun malam) dan kondisi cuaca. Dengan karakteristik semacam ini maka pelaksanaan survei GPS untuk pemantauan pergerakan kerak bumi dalam semua fase gempa dapat dilaksanakan secara efektif dan fleksibel.

Studi deformasi koseismik gempa Yogyakarta 2006 dilakukan satu minggu sesudah terjadinya gempa, yaitu tanggal 4 sampai 8 Juni 2006. Survei GPS dilakukan pada 48 titik jaring kerangka kadastral nasional orde-2 di Yogyakarta dan Jawa Tengah yang berada sekitar kawasan gempa. Jaring kerangka kadastral ini pertama kali ditentukan koordinatnya dengan metode survei GPS pada tahun 1998. Agar dapat mempelajari deformasi koseismiknya maka survei GPS berikutnya dilaksanakan pada 21 - 26 Juni 2008.

Survei-survei GPS sesudah gempa tersebut dilaksanakan dengan menggunakan delapan sampai empat belas *receiver* GPS tipe geodetik dua-frekuensi. Distribusi titik-titik GPS yang diamati ditunjukkan

pada Gambar 4. Dalam pengamatan satelit-satelit GPS, setiap titik umumnya diamati sekitar 12 - 20 jam. Pengamatan dilaksanakan dengan data interval sebesar tiga puluh detik serta *mask angle* sebesar 15° . Survei GPS dilaksanakan oleh Kelompok Keilmuan Geodesi ITB, bekerja sama dengan RCSVDM Nagoya University, Jurusan Teknik Geodesi UGM, serta Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. Contoh beberapa stasion GPS yang diamati pada survei ini ditunjukkan pada Gambar 5.

Pengolahan data seluruh survei GPS dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ilmiah Bernesse 5.0 (Beutler *et al.*, 2007). Pengolahan dilakukan secara radial dari titik jaring kerangka dasar geodetik nasional N005 yang berada di kawasan Boulevard Kampus UGM Yogyakarta, yang koordinatnya dihitung secara teliti dari stasion IGS BAKO di kantor Bakosurtanal, Cibinong. Dalam hal ini, pengolahan data dilakukan dengan menggunakan strategi umum yang diberikan pada Tabel 1. Dari hasil pengolahan data diperoleh keterangan bahwa deviasi standar komponen koordinat geodetik yang diperoleh dari survei Juni 2006 dan Juni 2008 umumnya berada pada level beberapa mm. Sementara untuk survei GPS tahun 1998, tim peneliti



Gambar 4. Distribusi titik GPS untuk studi deformasi gempa Yogyakarta 2006.



Gambar 5. Contoh beberapa stasion GPS di Kawasan Yogyakarta dan sekitarnya.

Tabel 1. Parameter Strategi Pengolahan Data GPS

Orbit	:	<i>precise ephemeris</i>
Efek troposfir	:	parameternya diestimasi setiap jam
Effek ionosfir	:	dikoreksi dengan menggunakan model lokal harian yang ditentukan berdasarkan data GPS setiap hari
Ambiguitas fase	:	metode penentuan ambiguitas menggunakan metode QIF dengan terlebih dahulu memproses data menggunakan moda solusi <i>ambiguity-free</i> L3 untuk melihat kualitas data.
Penentuan koordinat final	:	menggunakan sinyal kombinasi bebas-ionosfir L3 yang ambiguitasnya telah ditentukan.

hanya mendapatkan koordinat akhir titik-titik GPS. Pengolahan datanya yang dilaksanakan oleh pihak BPN pada sekitar tahun 1998 menggunakan perangkat lunak komersial. Ketelitian koordinat survei GPS yang pertama ini umumnya berkisar antara 1 - 2 cm.

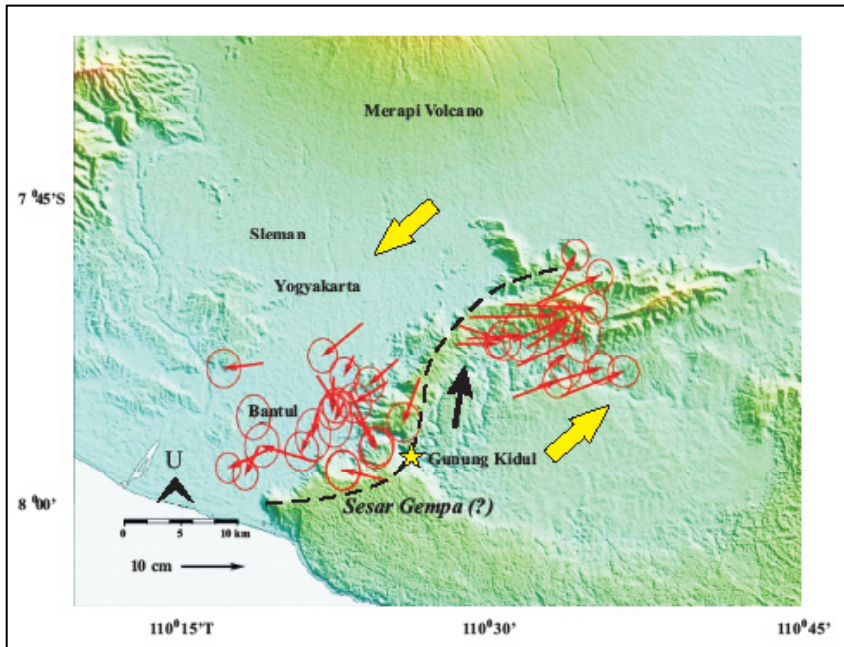
DEFORMASI KOSEISMİK GEMPA YOGYAKARTA 2006

Berdasarkan koordinat survei GPS tahun 1998 dan Juni 2006, vektor pergeseran deformasi koseismik pada setiap titik GPS dihitung dalam sistem koordinat Easting (E), Northing (N), dan Tinggi Elipsoid (h) berdasarkan persamaan berikut:

$$E_{12} = E_2 - E_1; \quad dN_{12} = N_2 - N_1; \quad dh_{12} = h_2 - h_1 \dots \dots (1)$$

Vektor pergeseran titik yang diperoleh (dE, dN, dh) selanjutnya diuji tingkat signifikansinya secara statistik (Wolf dan Ghilani, 1997). Vektor pergeseran yang lolos uji statistik, selanjutnya diasumsikan sebagai vektor pergeseran deformasi koseismik. Vektor pergeseran horizontal yang diperoleh ditunjukkan pada Gambar 6.

Dari Gambar 6 terlihat bahwa besarnya deformasi koseismik gempa Yogyakarta 2006 secara umum adalah sekitar 10 - 15 cm atau lebih kecil dalam komponen horizontal. Dari arah vektor-vektor pergeseran horizontal terlihat bahwa sesar penyebab gempa Yogyakarta 2006 (selanjutnya akan diacu sebagai Sesar Gempa) adalah sesar sinistral yang lokasinya berada sekitar 5 - 10 km di sebelah timur dari lokasi Sesar Opak yang bisa digambarkan sepanjang Sungai Opak (Gambar 2).



Gambar 6. Deformasi koseismik (horizontal) gempa Yogyakarta 2006. Episentrum utama menurut USGS ditunjukkan dengan tanda bintang berwarna kuning. Sesar gempa adalah perkiraan lokasi sesar yang pergerakannya menyebabkan gempa Yogyakarta 2006.

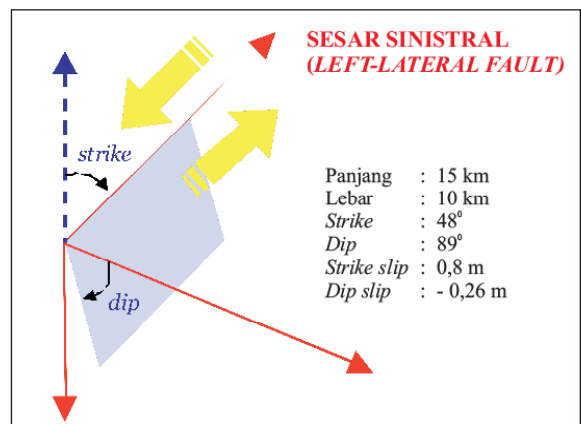
Vektor pergeseran horizontal deformasi koseismik yang ditentukan dari hasil survei GPS selanjutnya dapat digunakan untuk mengestimasi geometri sesar penyebab gempa. Geometri dari sesar diestimasi dengan menggunakan asumsi bahwa model kerak bumi homogen, linier, dan elastik (Okada, 1985). Proses estimasi dilakukan dengan menggunakan data vektor pergeseran dari 32 titik GPS yang paling baik. Distribusi gempa susulan digunakan sebagai pembatas (*constraint*) dalam proses estimasi. Parameter geometri sesar yang diperoleh diberikan pada Tabel 2. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa sesar penyebab gempa Yogyakarta 2006 adalah sesar sinistral (*left-lateral*).

Gambar 7 memperlihatkan gambaran sederhana geometri sesar penyebab gempa Yogyakarta 2006. Berdasarkan *USGS Moment Tensor Solution*, *dip* dan *strike* sesar penyebab gempa Yogyakarta 2006 adalah 85° dan 59° ; dan berdasarkan *Harvard Moment Tensor Solution* adalah 90° dan 51° (USGS, 2006). Dari hasil ini terlihat bahwa hasil survei GPS lebih mendekati hasil yang diberikan oleh *Harvard Moment Tensor Solution*.

Perlu dicatat di sini bahwa berdasarkan hasil estimasi, lokasi sesar penyebab gempa Yogyakarta 2006

Tabel 2. Besaran Parameter Sesar Penyebab Gempa Yogyakarta

Parameter	Besaran
Panjang	: 18 km
Lebar	: 10 km
Dip	: 89°
Strike	: 48°
Strike slip	: 0,8 m
Dip slip	: -0,26 m



Gambar 7. Simplikasi model geometri sesar penyebab gempa Yogyakarta.

ini terletak sekitar 5 - 10 km sebelah timur Sesar Opak yang digambarkan sepanjang Sungai Opak. Banyak pihak yang menganggap bahwa pergerakan Sesar Opaklah yang menyebabkan terjadinya gempa Yogyakarta 2006. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengklarifikasi perbedaan lokasi sesar penyebab gempa tersebut.

DEFORMASI PASCASEISMİK GEMPA YOGYAKARTA 2006

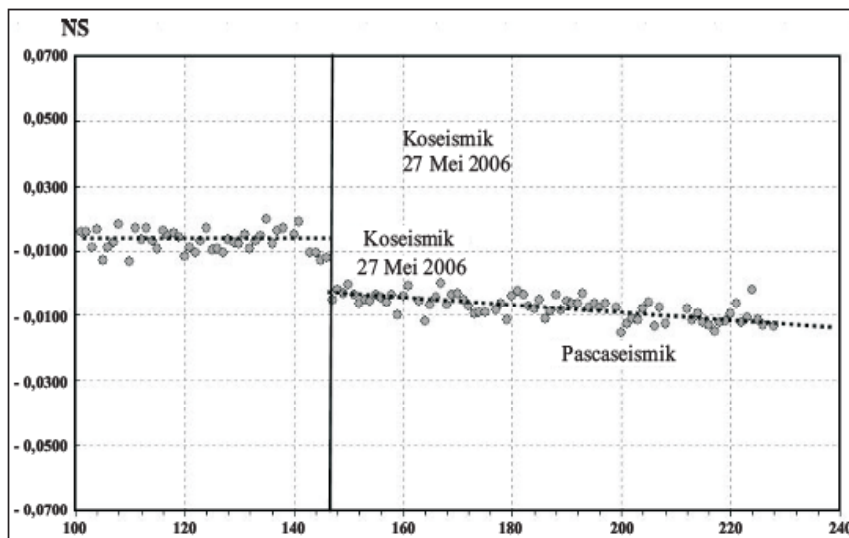
Berdasarkan pengolahan data stasion GPS kontinu JOG2 yang berada di kawasan kampus UGM (dekat dengan titik N005 pada Gambar 4), diperoleh indikasi awal bahwa deformasi pascaseismik gempa Yogyakarta 2006 cukup signifikan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8. Terlihat dari gambar ini bahwa hanya dalam waktu tiga bulan setelah gempa, nilai deformasi pascaseismik stasion JOG2 sudah sama besar dengan deformasi koseismiknya. Sayangnya setelah itu data stasion GPS kontinu JOG2 tidak dapat lagi diakses secara umum.

Selanjutnya, untuk mempelajari karakteristik deformasi pascaseismik gempa Yogyakarta 2006 secara lebih baik, digunakan koordinat titik-titik pengamatan yang diestimasi dari survei GPS yang dilaksanakan pada Juni 2006 dan Juni 2008. Gambar 9 menunjukkan komponen deformasi

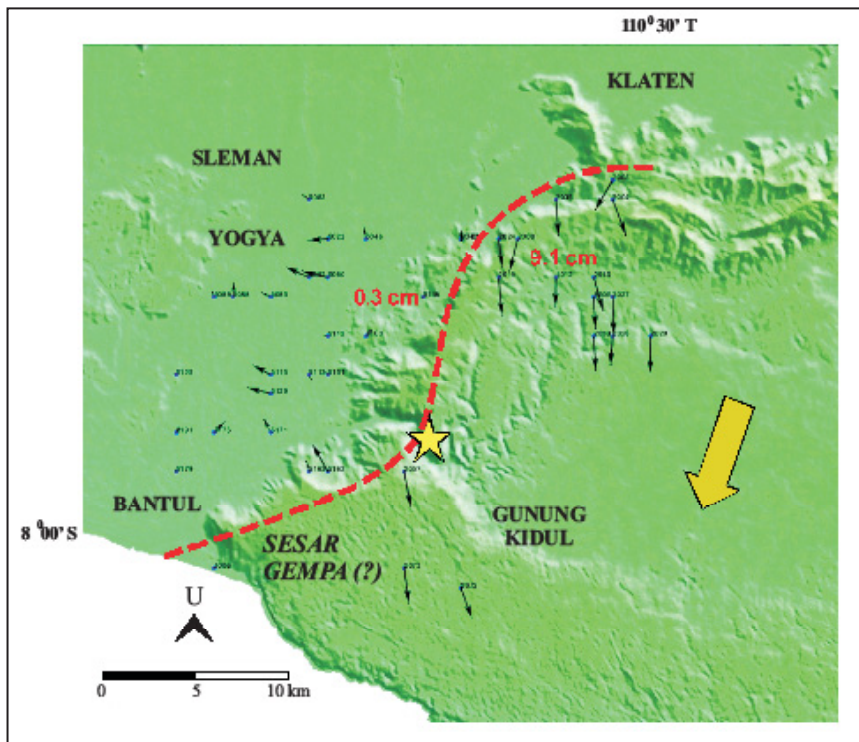
pascaseismik dalam arah horizontal relatif terhadap titik N005 yang berada di kawasan Boulevard kampus UGM.

Dari gambar ini terlihat bahwa komponen horizontal deformasi pascaseismik gempa Yogyakarta 2006 berkisar antara 0,3 cm sampai 9,1 cm dalam periode waktu sekitar 2 tahun (Juni 2006 – Juni 2008). Menarik untuk dicatat bahwa kalau dibandingkan dengan deformasi koseismiknya (Gambar 6), maka arah pergerakan deformasi pascaseismik secara umum berbeda dengan arah dengan deformasi koseismiknya. Deformasi koseismik gempa Yogyakarta dalam arah horizontal menunjukkan pergerakan mengiri (*sinistral*), sedangkan deformasi pascaseismiknya lebih menunjukkan pergerakan menganan (*dekstral*) dari kawasan di sebelah timur Sesar Opak (Gunung Kidul). Kawasan di sebelah barat Sesar Opak (Bantul dan Yogyakarta) menunjukkan deformasi pascaseismik yang relatif jauh lebih kecil, dan bisa dikatakan lebih stabil dibandingkan kawasan di sebelah timur.

Kalau kita bandingkan besarnya komponen horizontal deformasi koseismik yang berkisar sekitar 10 sampai 15 cm, dan besarnya deformasi pascaseismik yang berkisar antara 0,3 sampai 9,1 cm, maka kemungkinan besar pergerakan pascaseismik ini akan terus berlanjut untuk beberapa tahun ke depan. Oleh karena itu survei GPS untuk studi deformasi pascaseismik gempa Yogyakarta ini akan terus dilanjutkan.



Gambar 8. Besarnya deformasi pascaseismik gempa Yogyakarta 2006 pada stasion JOG2.



Gambar 9. Deformasi pascaseismik (komponen horizontal) gempa Yogyakarta periode Juni 2006 sampai Juni 2008, yang diestimasi dari survei GPS. Episentrum utama menurut USGS ditunjukkan dengan tanda bintang berwarna kuning. Sesar gempa adalah perkiraan lokasi sesar yang pergerakannya menyebabkan gempa Yogyakarta 2006.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil survei GPS pada tahun 1998, 2006, dan 2008 didapatkan keterangan bahwa besarnya deformasi koseismik gempa Yogyakarta 2006 berkisar antara 10 - 15 cm atau lebih kecil, baik dalam komponen horizontal maupun vertikal; dan deformasi pascaseismiknya dalam arah horizontal adalah sekitar 0,3 sampai 9,1 cm.

Dengan menggunakan model dislokasi Okada dan berdasarkan vektor pergeseran deformasi koseismik serta kedalaman gempa-gempa susulan, proses estimasi menyimpulkan bahwa sesar penyebab gempa Yogyakarta 2006 adalah sesar sinistral (*left-lateral*) dengan sudut *strike* sekitar 48° dan sudut kemiringan (*dip angle*) sekitar 89° . Sesar penyebab gempa Yogyakarta 2006 yang diestimasi dari hasil survei GPS ini, berlokasi sekitar 5 - 10 km di sebelah timur lokasi Sesar Opak yang biasa digambarkan sepanjang Sungai Opak.

Terkait dengan deformasi pascaseismik gempa Yogyakarta 2006 ini, ada beberapa topik yang

menarik untuk diteliti lebih lanjut. Arah pergerakan horizontal deformasi pascaseismik kawasan sebelah Timur Sesar Opak (Gunung Kidul) yang berlawanan dengan arah pergerakan deformasi koseismiknya, perlu diteliti lebih lanjut untuk mengetahui mekanisme fisiknya. Dalam hal ini hasil studi Tsuji drr. (2009) yang berdasarkan metode InSAR (*Interferometric Synthetic Aperture Radar*) menarik untuk ditelaah dan dibandingkan dengan hasil metode survei GPS. Di samping itu kalau kita bandingkan besarnya komponen horizontal deformasi koseismik yang berkisar antara 10 sampai 15 cm, dan besarnya deformasi pascaseismik yang berkisar antara 0,3 sampai 9,1 cm, maka kemungkinan besar pergerakan pascaseismik ini akan terus berlanjut untuk beberapa tahun ke depan. Dalam hal ini juga menarik untuk dipelajari mekanisme transfer tegangan (*stress transfer*) gempa Yogyakarta, baik dalam domain temporal maupun spasial. Dalam konteks mitigasi bencana gempa di kawasan Bantul, Yogyakarta, Klaten, dan sekitarnya pada masa depan, studi deformasi pascaseismik gempa

Yogyakarta 2006 dan mekanisme transfer tegangannya perlu terus dilanjutkan.

Ucapan Terima Kasih—Riset ini dibiayai oleh ITB berdasarkan Surat Perjanjian Pelaksanaan Riset No.: 081a/K01.18/PL/2008, tanggal 7 bulan Januari 2008. Pelaksanaan survei-survei GPS tidak akan terlaksana dengan baik tanpa bantuan para mahasiswa prodi Teknik Geodesi dan Geomatika ITB, mahasiswa Jurusan Teknik Geodesi UGM, staf Pusat Vulkanologi, dan Mitigasi Bencana Geologi – Badan Geologi. Pihak BPN juga sangat membantu dalam memberikan deskripsi serta koordinat jaring titik kadastralnya di wilayah Yogyakarta dan Jawa Tengah.

ACUAN

- Abidin, H.Z., 2007. *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*. P.T. Pradnya Paramita, Jakarta. Edisi ketiga. 398 h.
- Abidin, H.Z., Jones A., dan Kahar J., 2002. *Survei dengan GPS*. P.T. Pradnya Paramita, Jakarta. Edisi kedua. 280 h.
- Beutler, G., Bock, H., Dach, R., Fridez, P., Gade, A., Hugentobler, U., Jaggi, A., Meindl, M., Mervant, L., Prange, L., Schaer, S., Springer, T., Urschl, C., dan Walser, P., 2007. *Bernese GPS software Version 5.0*. In: R. Dach, U. Hugentobler, P. Fridez, and M. Meindl (eds) Astronomical Institute, University of Berne, 612 h.
- Massonnet, D. dan Feigl, K.L., 1998. Radar Interferometry and its Application to Changes in the Earth's Surface. *Reviews of Geophysics*, Vol. 36, No. 4, November, h. 441-500.
- Meilano, I., Kimata, F., Fujii, N., Nakao, S., Watanabe, H., Sakai, S., Ukawa, M., Fujita, E., dan Kawai, K., 2003. Rapid ground deformation of the Miyakejima volcano on 26–27 June 2000 detected by kinematic GPS analysis. *Earth Planet Space*, 55, h.13-16.
- Mori, J., 2004. *Earthquake Prediction*. Lecture notes on KAGI 21 Summer School. Institute of Technology Bandung, Indonesia. August.
- Natawidjaja, D.H., Sieh, K., Ward, S.N., Cheng, H., Edwards, R.L., Galetzka, J., dan Suwargadi, B.W., 2004. Paleogeodetic records of seismic and aseismic subduction from central Sumatran microatolls, Indonesia. *Journal of Geophysical Research*, 109, B04306, doi:10.1029/2003JB002398.
- Okada, Y., 1985. Surface Deformation Due To Shear And Tensile Faults in A Half-Space. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 75(4), h. 1135-1154.
- Segall, P. dan Davis, J.L., 1997. GPS Application for Geodynamic and Earthquake studies. *Annual Reviews of Earth Planet Science*, 25, h.301-336.
- Tsuji, T., Yamamoto, K., Matsuoka, T., Yamada, Y., Onishi, K., Bahar, A., Meilano, I., dan Abidin, H.Z., 2009. Earthquake fault of the 26 May 2006 Yogyakarta earthquake observed by SAR interferometry. *Earth Planets Space*, 61, h.29-32
- UGM., 2007. *The Yogyakarta Earthquake 2006*. Geological Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Gajah Mada, 190 h.
- USGS., 2006. Website of United States Geological Survey (USGS). Website address: <http://earthquake.usgs.gov/eqcenter/recenteqsw/Quakes/usneb6.php#details>.
- Wolf, P. R. dan Ghilani C.D., 1997. *Adjustment Computations, Statistics and Least Squares in Surveying and GIS*. John Wiley & Sons, Inc., New York, 564 h.