

ANALISIS DEFORMASI SEGMENT MENTAWAI FASE *POST-SEISMIC* 10 JULI 2013

(*Deformation Analysis of Mentawai Segment during Post-Seismic Phase on July 10, 2013*)

Hilmiyati Ulinuha, T. Aris Sunantyo, dan Nurrohmat Widjanti

Departemen Teknik Geodesi FT UGM, Universitas Gadjah Mada

Jl. Grafika No.2 Sleman, Yogyakarta

E-mail: hilmiyatiulinnuha01@ugm.ac.id

ABSTRAK

Gempa bumi tektonik memiliki beberapa fase dalam satu *cycle*, salah satunya adalah fase *post-seismic* atau fase setelah gempa bumi tektonik terjadi. Gempa bumi tektonik dapat terjadi di daerah zona subduksi lempeng tektonik. Pada tanggal 10 Juli 2013, terjadi gempa tektonik di Segmen Mentawai sebagai akibat dari aktivitas tektonik Lempeng Eurasia dan Lempeng Indo-Australia. Meskipun tidak menimbulkan korban jiwa, namun pemantauan aktivitas tektonik di Segmen Mentawai perlu dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemantauan aktivitas tektonik Segmen Mentawai setelah gempa bumi pada tanggal 10 Juli 2013. Penelitian dilakukan dengan menggunakan data pengamatan stasiun pantau kontinyu di sekitar Segmen Mentawai. Analisis aktivitas tektonik dilakukan dengan analisis deformasi fase *post-seismic* gempa bumi 10 Juli 2013. Hasil analisis menunjukkan bahwa stasiun pantau Segmen Mentawai mengalami deformasi pada fase *post-seismic* 10 Juli 2013.

Kata kunci: deformasi, *post-seismic*, Segmen Mentawai, zona subduksi, gempa bumi

ABSTRACT

Tectonic earthquakes have several phases in a cycle, one of which is the post-seismic phase or phase after a tectonic earthquake occurs. Tectonic earthquakes can occur in the subduction zone of tectonic plate. On July 10, 2013, tectonic earthquake occurred in Mentawai Segment as a result of the tectonic activity of the Eurasian Plate and the Indo-Australian Plate. Although it does not have negative impact, monitoring of tectonic activities in the Mentawai Segment needs to be done. This study aims to monitor tectonic activity of Mentawai Segment after the earthquake on July 10, 2013. The study was can be done by using observational data of continuous monitoring stations around Mentawai Segment. Analysis of tectonic activity was carried out by post-seismic phase deformation analysis of earthquake on July 10, 2013. The results of this research showed that monitoring station of Mentawai Segment was deformed in the post-seismic phase on July 10, 2013.

Keywords: deformation, *post-seismic*, Mentawai Segment, subduction zone, earthquake

PENDAHULUAN

Segmen Mentawai merupakan zona subduksi lempeng tektonik antara lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia yang terletak di Kepulauan Mentawai. Pada tanggal 25 Oktober 2010 terjadi gempa Mentawai dengan magnitude 7,2 SR di kedalaman 10 km, tepatnya pada posisi 3,61 LS s.d 99,93 BT (kurang lebih 78 km baratdaya Pagai Selatan). Gempa Mentawai pada tahun 2010 ini mengakibatkan pengaruh pergerakan horisontal dan vertikal di Segmen Mentawai. Pergerakan yang cukup besar teramati 10 s.d 30 cm untuk horisontal dan 1 s.d 6 cm untuk vertikal yang berada di sekitar pusat gempa. Gempa bumi tektonik di Segmen Mentawai ini masih memiliki pengaruh pada fase *post-seismic* (Rusmen, 2012).

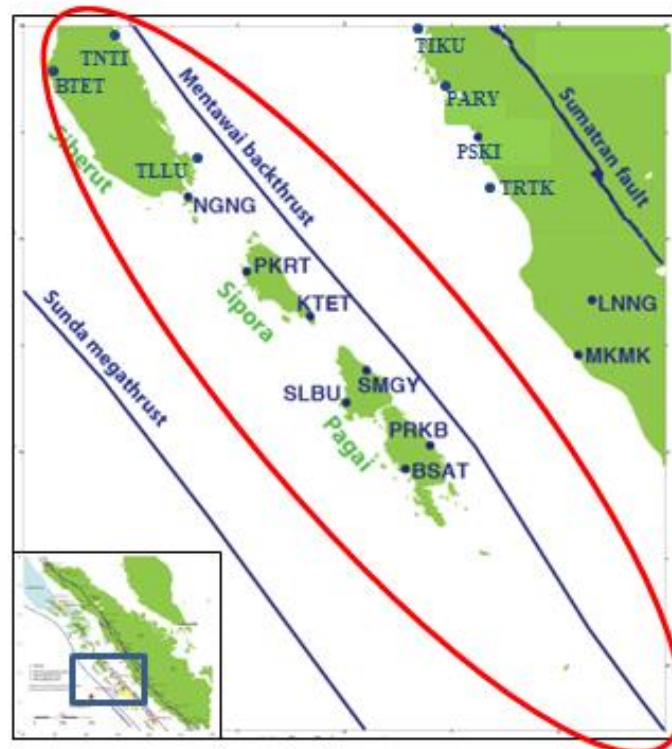
Pada tanggal 10 Juli 2013 terjadi kembali gempa tektonik di Kepulauan Mentawai dengan kekuatan 5,2 SR dan 5,3 SR. Gempa tektonik ini juga disebabkan oleh aktivitas tektonik zona subduksi Segmen Mentawai. Energi yang dilepas oleh zona subduksi Segmen Mentawai hingga tahun 2007 tidak lebih dari sepertiga energi total yang dikumpulkan setelah gempa tahun 1797 dan 1833 (Bock dan Prawirodirdjo, 2003). Hal ini menyebabkan tingginya resiko perulangan gempa tektonik di Kepulauan Mentawai setelah gempa tektonik 10 Juli 2013.

Gempa tektonik dapat berulang dalam suatu fase tertentu yang disebut dengan *earthquake cycle* (Sarsito, dkk., 2005). Satu fase gempa tektonik terdiri dari fase *interseismic*, *pre-seismic*, *coseismic*, dan *post-seismic*. Fase *post-seismic* terjadi ketika sisa energi gempa terlepas dan

kondisi kembali pada tahap kesetimbangan awal (Sarsito, dkk., 2005). Gempa tektonik 10 Juli 2013 menunjukkan adanya pelepasan energi di zona subduksi Segmen Mentawai. Aktivitas tektonik zona subduksi Segmen Mentawai memerlukan pemantauan secara berkala. Pemantauan aktivitas tektonik dapat dilakukan dengan menganalisis posisi titik pantau kontinyu di kawasan zona subduksi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis deformasi horizontal Segmen Mentawai fase *post-seismic* setelah gempa tektonik 10 Juli 2013.

METODE

Untuk menganalisis deformasi horizontal Segmen Mentawai fase *post-seismic* gempa tektonik 10 Juli 2013, penelitian ini menggunakan data pengamatan 10 stasiun pemantauan kontinyu di Kepulauan Mentawai, yaitu stasiun SuGAR (*Sumatran GPS Data Array*). Persebaran stasiun SuGAR dan Segmen Mentawai ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Sumber : *Earth Observatory of Singapore* (2012)

Gambar 1. Persebaran stasiun SuGAR dan lokasi Segmen Mentawai.

Data *post-seismic* yang digunakan adalah data pengamatan selama 6 bulan setelah gempa tektonik 10 Juli 2013 terjadi. Stasiun yang digunakan adalah 10 stasiun SuGAR adalah stasiun BSAT, BTET, SMGY, TLLU, KTET, TIKU, LNNG, PSKI, TRTK, dan MKMK.

Pengolahan data pengamatan stasiun SuGAR menggunakan perangkat lunak GAMIT/GLOBK. Terdapat prasyarat kriteria hasil pengolahan GAMIT, yaitu untuk nilai *postfit-nrms* < 0,25 dan nilai *fract* < 10. Apabila nilai *postfit nrms* lebih besar dari 0,25 maka mengindikasikan masih terdapat efek *cycle slip* yang belum dihilangkan berkaitan dengan parameter bias ekstra atau terdapat kesalahan dalam pemodelan (Herring, dkk., 2006). Pengolahan dilanjutkan menggunakan GLOBK apabila prasyarat nilai *postfit-nrms* dan *fract* terpenuhi.

Analisis deformasi horizontal menggunakan perangkat lunak MatLab. Analisis deformasi horizontal yang dilakukan terdiri dari uji kesebangunan jaring dan uji pergeseran titik. Uji kesebangunan jaring dilakukan dengan distribusi *Fisher* dalam tingkat kepercayaan 95% dan derajat kebebasan ∞ dan 30. Nilai tabel *Fisher* diperoleh 1,459. Tahap uji kesebangunan jaring adalah sebagai berikut (Widjajanti, 1997) :

- a. Membentuk model hitungan (persamaan syarat) berdasarkan pasangan titik pantau atau parameter deformasi dari kedua periode. Persamaan syarat ditunjukkan pada **Persamaan 1**.

$$U_d V_d + d = 0 \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

U_d : matriks koefisien koreksi pengamatan

d : vektor pergeseran titik pantau

V_d : vektor koreksi pergeseran

b. Menghitung nilai korelat pergeseran K .

Nilai korelat pergeseran dihitung dengan **Persamaan 2** dan **Persamaan 3**.

$$K = (U_d Q_d U_d^T)^{-1} d \dots\dots\dots(2)$$

$$Q_d = \begin{bmatrix} Q^{(j)} & 0 \\ 0 & Q^{(k)} \end{bmatrix} \dots\dots\dots(3)$$

dimana :

$Q^{(j)}$: matriks kofaktor parameter pada periode pertama

$Q^{(k)}$: matriks kofaktor parameter pada periode kedua

c. Menghitung nilai koreksi pergeseran titik obyek V_d dan \bar{V}_d .

Perhitungan nilai koreksi pergeseran dilakukan sesuai dengan **Persamaan 4** dan **Persamaan 5**.

$$V_d = -Q_d U_d^T K \dots\dots\dots(4)$$

$$\bar{V}_d = Q_d^{-1} V_d \dots\dots\dots(5)$$

d. Menghitung varian nilai pergeseran dengan **Persamaan 6** dan **Persamaan 7**.

$$\sigma_{0d}^2 = \frac{\hat{\sigma}_0^{2(j)} + \hat{\sigma}_0^{2(k)}}{2} \dots\dots\dots(6)$$

Varian apriori pergeseran :

$$\hat{\sigma}_{0d}^2 = \frac{V_d^T Q_d^{-1} V_d}{r} \dots\dots\dots(7)$$

Varian aposteori pergeseran :

e. Menyusun hipotesis.

H_0 : bentuk jaringan tidak mengalami perubahan ($\hat{\sigma}_{0d}^2 = \sigma_{od}^2$)

H_a : bentuk jaringan mengalami perubahan ($\hat{\sigma}_{od}^2 > \sigma_{od}^2$)

f. Menetapkan taraf uji (α_0).

g. Menentukan nilai batas $F_{1-\alpha_0, \infty, r}$ dari tabel fungsi Fisher dengan argumen α_0 dan r (jumlah persamaan syarat).

h. Menguji hipotesis nol (H_0) dengan menggunakan **Persamaan 8**.

$$\text{Hipotesis nol ditolak jika : } \frac{\hat{\sigma}_{0d}^2}{\sigma_{0d}^2} > F_{1-\alpha_0, \infty, r} \dots\dots\dots(8)$$

Penerimaan H_0 menunjukkan bahwa pergeseran tidak terjadi pada jaring pemantauan. Begitu pula sebaliknya, penolakan H_0 menunjukkan adanya pergeseran pada jaring pemantauan. Jika penolakan ini terjadi maka perlu dilakukan uji pergeseran titik pantau untuk mengidentifikasi titik-titik pantau yang telah mengalami pergeseran.

Uji Pergeseran titik dilakukan untuk mengetahui titik-titik pantau yang mengalami pergeseran. Tahap ini dilakukan jika hasil uji kesebangunan jaringan ditolak. Uji pergeseran titik ini mirip dengan perhitungan *data snooping* yang dilakukan pada masing-masing titik. Tahap pengujiannya adalah sebagai berikut (Widjajanti, 1997) :

a. Menyusun hipotesis.

H_0 : titik ke- i tidak mengalami pergeseran
 H_a : titik ke- i mengalami pergeseran

- b. Menetapkan taraf uji (α_0).
- c. Menentukan nilai batas $F_{1-\alpha_0, \infty, 1}$ dari tabel fungsi Fisher dengan argumen α_0 .
- d. Menghitung nilai W_{di} untuk setiap titik pantau sesuai dengan **Persamaan 9** dan **Persamaan 10**.

$$W_{di} = \frac{Q_{di}^{-1} V_{di}}{\sigma_{od} \sqrt{N_{di}}} \dots\dots\dots(9)$$

$$N_d = U_d^T (U_d Q_d U_d^T)^{-1} U_d \dots\dots\dots(10)$$

- e. Menguji hipotesis nol (H_0) dengan menggunakan **Persamaan 11**.

Hipotesis nol diterima jika : $|W_{di}| \leq F^{1/2}_{1-\alpha_0, \infty, 1} \dots\dots\dots(11)$

Apabila H_0 diterima maka artinya titik ke- i tidak mengalami pergeseran, sebaliknya jika H_0 ditolak maka titik ke- i itu mengalami pergeseran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengolahan data pengamatan 10 stasiun SuGAR menggunakan perangkat lunak GAMIT/GLOBK adalah koordinat dan ketelitian masing-masing titik. Koordinat dan ketelitian yang diperoleh adalah koordinat dan ketelitian pada dua kala. Kala I yaitu hasil pengolahan data setelah gempa tektonik 10 Juli 2013 s.d. September 2013. Sedangkan kala II yaitu hasil pengolahan data bulan Oktober 2013 s.d. Desember 2013.

Sebelum memperoleh koordinat dan ketelitian masing-masing kala, terlebih dahulu dilakukan kontrol kualitas hasil pengolahan data menggunakan GAMIT. Pada hasil pengolahan yang telah dilakukan didapatkan nilai *postfit-nrms* semua stasiun pada semua *day of year (doy)* pengamatan memiliki nilai < 0,25. Hal ini menunjukkan tidak terdapat efek *cycle slip* yang belum dihilangkan berkaitan dengan parameter bias ekstra atau terdapat kesalahan dalam pemodelan. Sedangkan untuk nilai *fract* juga memiliki nilai < 10. Oleh sebab itu, pengolahan GAMIT ini telah memenuhi semua prasyarat kriteria hasil pengolahan GAMIT.

Tabel 1. Koordinat kartesi 3D dan ketelitian 10 stasiun SuGAR kala I.

Stasiun	X (m)	σX (mm)	Y (m)	σY (mm)	Z (m)	σZ (mm)
BSAT	-1137103,523	2,08	6266681,532	6,32	-340044,541	1,31
BTET	-958358,357	1,06	6304144,420	2,84	-141694,172	0,68
SMGY	-1117646,074	1,42	6272758,460	3,93	-288996,294	0,86
TLLU	-1012024,761	1,05	6294266,992	2,71	-199040,101	0,67
KTET	-1089170,737	1,38	6279021,688	3,9	-261166,052	0,93
TIKU	-1101409,111	0,93	6282181,348	2,47	-44132,828	0,58
LNNG	-1233134,185	0,95	6252700,393	2,44	-252634,263	0,57
PSKI	-1146062,889	0,93	6273134,037	2,37	-124354,051	0,58
TRTK	-1175522,359	0,78	6266728,964	1,91	-168139,829	0,53
MKMK	-1225793,321	0,84	6252881,913	2,04	-281063,926	0,53

Tabel 1 menunjukkan koordinat dan simpangan baku koordinat 10 stasiun SuGAR pada kala I. Semua stasiun SuGAR memiliki simpangan baku dalam fraksi milimeter. Ketelitian terbesar pada stasiun BSAT komponen Y dengan nilai 6,32 mm. Komponen Y menunjukkan posisi vertikal dari stasiun SuGAR.

Tabel 2. Koordinat kartesi 3D dan ketelitian 10 stasiun SuGAR kala II.

Stasiun	X (m)	σX (mm)	Y (m)	σY (mm)	Z (m)	σZ (mm)
BSAT	-1137103,515	1,02	6266681,534	2,66	-340044,541	0,67
BTET	-958358,367	0,82	6304144,417	2,08	-141694,159	0,54
SMGY	-1117646,074	1,28	6272758,457	3,55	-288996,292	0,79
TLLU	-1012024,768	0,9	6294266,986	2,28	-199040,089	0,58
KTET	-1089170,738	1,04	6279021,683	2,75	-261166,047	0,7
TIKU	-1101409,115	1,04	6282181,345	2,83	-44132,824	0,65
LNGG	-1233134,190	0,9	6252700,397	2,21	-252634,260	0,55
PSKI	-1146062,895	0,91	6273134,036	2,23	-124354,047	0,57
TRTK	-1175522,363	0,78	6266728,960	1,86	-168139,824	0,51
MKMK	-1225793,323	0,85	6252881,916	2,06	-281063,922	0,54

Tabel 2 menunjukkan koordinat dan simpangan baku koordinat 10 stasiun SuGAR. Semua stasiun SuGAR memiliki simpangan baku dalam fraksi milimeter. Ketelitian terbesar pada stasiun SMGY komponen Y dengan nilai 3,55 mm. Nilai ketelitian terbesar koordinat stasiun SuGAR pada kala II masih lebih kecil dari pada koordinat terbesar kala I.

Setelah mendapatkan koordinat dan ketelitian masing-masing kala, selanjutnya dilakukan analisis deformasi. Berdasarkan analisis yang dilakukan, hasil uji kesebangunan jaring ditunjukkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil uji kesebangunan jaring.

Varian apriori	Varian aposteriori	Nilai uji	Hasil uji
0,000005	28,382	5184023,724	Ditolak

Berdasarkan **Tabel 3**, perhitungan nilai varian apriori dibagi dengan varian aposteriori memiliki nilai $> 1,459$., sehingga menunjukkan adanya penolakan H_0 . Penolakan ini menunjukkan adanya pergeseran jaring 10 stasiun SuGAR pada fase *post-seismic* 10 Juli 2013. Atau dengan kata lain, stasiun SuGAR masih mengalami pergeseran jaring sampai bulan desember 2013.

Tabel 4. Hasil uji pergeseran titik.

Stasiun	Nilai W_{di}			Hasil Uji
	X	Y	Z	
BSAT	1673,423	120,595	14,213	Ditolak
BTET	3128,086	404,457	6786,589	Ditolak
SMGY	113,053	300,437	980,845	Ditolak
TLLU	2569,069	742,817	6063,252	Ditolak
KTET	282,438	508,940	1955,146	Ditolak
TIKU	1501,367	434,102	1683,005	Ditolak
LNGG	1701,664	572,375	1420,297	Ditolak
PSKI	1990,717	189,726	2550,754	Ditolak
TRTK	1867,460	772,284	3228,229	Ditolak
MKMK	932,226	491,113	2197,149	Ditolak

Berdasarkan **Tabel 4**, hasil uji pergeseran titik menunjukkan bahwa semua titik mengalami penolakan. Penolakan ini mengidentifikasi adanya pergeseran titik di 10 stasiun SuGAR. Pada fase *post-seismic* 10 Juli 2013, 10 stasiun SuGAR masih dipengaruhi oleh aktivitas tektonik.

KESIMPULAN

Hasil analisis deformasi menunjukkan bahwa pada fase *post-seismic* gempa tektonik 10 Juli 2013, stasiun pantau Segmen Mentawai masih mengalami pergeseran jaring dan pergeseran titik. Hal ini mengindikasikan bahwa masih terdapat aktivitas tektonik di sekitar Segmen Mentawai setelah

gempa bumi tektonik berlangsung. Oleh karena itu, masih diperlukan pemantauan secara berkala pada aktivitas tektonik Segmen Mentawai.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan Terima Kasih diberikan kepada Bapak/Ibu dosen Pascasarjana Teknik Geomatika FT UGM yang telah memberikan saran/masukan dan semangat kepada penulis sehingga penelitian ini dapat selesai dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Bock, L.Y. dan Prawirodirdjo, J.F. 2003. "Crustal Motion in Indonesia from Global Positioning System Measurements". *Journal of Geophysical Research*, 108(8), 2367.
- Earth Observatory of Singapore (EOS)*. 2012. "Inquiry: Sumatran Earthquakes with GPS". An Institute of Nanyang Technological University, *Earth Science Education*.
- Herring, T.A, King, R.W., dan McClusky, S.C. 2006. "Introduction to GAMIT/GLOBK". Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Science. Massachusetts Institute of Technology.
- Rusmen, M.R., Meilano, I., dan Sarsito, D.A. 2012. "Analisis Deformasi Gempa Mentawai Tahun 2010 Berdasarkan Data Pengamatan GPS Kontinu Tahun 2010-2011". *Jurnal Geofisika* Vol. 13 No. 2.
- Sarsito, D.A., Andreas, Abidin, H.Z., Meilano, I., Darmawan, dan Gamal. 2005. "Implikasi *Co-Seismic* dan *Post-Seismic* Horizontal Displacement Gempa Aceh 2004 terhadap Status Geometrik Data Spasial Wilayah Aceh dan Sekitarnya". Kelompok Keahlian Geodesi, Departemen Teknik Geodesi, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Widjajanti, N. 1997. "Analisis Deformasi – Status Geometrik Dua Dimensi dengan Pendekatan Generalisasi Matriks Kebalikan". Tesis Magister, Program Studi Geodesi, Program Pascasarjana Institut Teknologi Bandung. Bandung.