
PEMODELAN MEKANISME GEMPA BUMI PADANG 2009 BERDASARKAN DATA SUGAR

Meiriska Yusfania¹, Ira Mutiara Anjasmara Dewa¹, Amertha Sanjiwani¹

¹Departemen Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

Email : yusfania_mei@geodesy.its.ac.id

Abstract

Indonesia is located among three tectonic plates, namely Eurasia, Hindia-Australia and Pasific plate. It is affected some tectonic activities such as earthquake and volcano eruption at nearest tectonic zone. On September 31st 2009 around Padang, Pariaman, epicenter 99°52'1.2"E; 0°43'12"S, occurred an earthquake with magnitude 7.6 Mw and as one of disaster mitigation action in the earthquake zone societies, geodynamic analysis nowadays is needed in modelling the earthquake probability. Geodynamic study is easier to be completed by using continued GPS method. It can be analyzed the displacement at the earthquake phase. This research will examine modelling mechanism earthquake (coseismic) Padang 2009 by GPS continued method using GPS network Sumatran GPS Array (SuGAR) and dislocation model elastic half-space. The results showed that the biggest displacement happened in MSAI station with -6.26 mm on horizontal axis (easting, northing) and TLLU station with 20.83 mm on vertical axis (up). The most fit model for visualizing the mechanism earthquake Padang 2009 is model number 3 with the parameters of width 69 km, slipage -5 m and dipping angle 12.762°. Model number three represented mechanism earthquake Padang 2009 because the highest score of correlation which is -0.71965mm in horizontal displacement and 0.75906 in vertical displacements. It shows that earthquake mechanism that happened in Padang is Thrust Fault

Keywords: Earthquake Padang 2009, SuGAR, Deformation, Elastic-Half Space

Abstrak

Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo – Australia dan Lempeng Pasifik. Akibatnya gempa bumi dan letusan gunung api sering terjadi pada batas-batas lempeng tersebut. Pada 30 September 2009, di sekitar wilayah Padang, Pariaman terjadi gempa berkekuatan 7.6 Mw dengan lokasi epicenter 99°52'1.2" BT; 0°43'12" LS. Melalui pemantauan GPS dapat diketahui pergerakan deformasi yang terjadi sebelum (*interseismic*) dan setelah (*postseismic*) akibat gempa (*coseismic*). Untuk itu dalam penelitian ini dilakukan pemodelan mekanisme akibat gempa bumi (*coseismic*) Padang 2009 dengan menggunakan metode kontinu pada jaring stasiun GPS *Sumatran GPS Array* (SuGAR) dan model dislokasi *elastic halfspace*. Pada hasil analisa didapatkan deformasi terbesar akibat gempa Padang tahun 2009 terjadi pada stasiun pengamatan MSAI dengan pergeseran sebesar -6.26 mm pada sumbu horizontal (*easting, northing*) dan stasiun pengamatan PPNJ sebesar 20.83 mm pada sumbu vertikal (*up*). Pemodelan mekanisme yang dihasilkan dengan model *elastic halfspace* adalah model 3 yaitu dengan lebar bidang 69 km, slip sebesar -5 m dan *dipping angle* sebesar 12.762°. Model dislokasi 3 ini merepresentasikan mekanisme gempa Padang 2009 karena nilai korelasi yang didapatkan paling besar yaitu sebesar -0.71965 untuk pergeseran horizontal dan pergeseran vertikal sebesar 0.75906. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme gempa yang terjadi di Padang dan sekitarnya adalah *Thrust Fault*.

Kata Kunci: Gempa Bumi Padang 2009, SuGAR, Deformasi, Elastic Half-Space

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Gempa Bumi adalah getaran atau guncangan yang terjadi dipermukaan bumi akibat pelepasan energi dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik. Gempa Bumi disebabkan oleh pergerakan kerak bumi (lempeng bumi). Gempa Bumi di bagi menjadi tiga yaitu: Gempa Bumi tektonik, Gempa Bumi vulkanik dan Gempa Bumi runtutan. Penyebab terjadinya Gempa Bumi tektonik adalah adanya pergeseran lempeng-lempeng tektonik secara mendadak yang mempunyai kekuatan yang sangat besar (pelepasan energi yang terjadi akibat pergeseran lempeng tektonik).

Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik, yaitu lempeng Eurasia, lempeng Hindia – Australia, dan lempeng Pasifik. Pada daerah sekitar batas lempeng tersebut umumnya aktifitas tektonik utama berlangsung, seperti misalnya subduksi, tumbukan (*collision*), pemekaran punggung tengah samudera dan sesar *transform* (Sule, et al. 2007). Akibatnya gempa bumi dan letusan gunung api akan sering terjadi tidak jauh dari batas-batas lempeng tersebut.

Pulau Sumatera termasuk salah satu pulau terbesar di Indonesia. Pulau ini merupakan salah satu wilayah dengan aktifitas tektonik terbesar di dunia. Pulau Sumatera mengakomodasi tumbukan lempeng Indo – Australia yang mensubduksi lempeng Eurasia dengan kecepatan 5-6 cm/tahun (Natawidjaja, et al. 2004). Hal ini mengakibatkan pulau Sumatera rawan terjadi gempa tektonik yang disebabkan dari pergerakan lempeng tersebut. Salah satu gempa terbesar yang terjadi di pulau ini adalah gempa Kota Padang, Pariaman pada tahun 2009 dengan *magnitude* gempa 7.6 Mw pada lokasi epicenter 99°52'1.2" BT; 0°43'12" LS dan kedalaman 81 km.

Kota Padang, Pariaman merupakan kota yang terletak memanjang dibagian barat pulau Sumatera dan dikelilingi oleh Samudera Hindia. Kota Padang, Pariaman merupakan bagian serangkaian pulau non-vulkanik dan kota tersebut merupakan puncak-puncak dari suatu punggung pengunungan bawah laut.

Meskipun gempa bumi ini dirasakan hingga seluruh pulau Sumatera, Malaysia dan Singapura, baiknya adalah kerugian yang diakibatkan oleh

gempa ini tidak terlalu besar dibandingkan dengan gempa bumi yang terjadi di pulau Sumatera sebelumnya. Namun prinsipnya, gempa bumi biasanya akan menyebabkan kerak bumi disekitarnya terdeformasi dengan baik dalam arah vertikal dan horisontal. Oleh sebab itu, kemungkinan besar gempa Padang tahun 2009 juga menyebabkan aktivitas deformasi kerak bumi.

Memodelkan gempa tektonik yang berada di kota Padang, Pariaman diperlukan metode-metode tertentu untuk melakukan *monitoring*. Metode yang digunakan adalah metode Okada menggunakan parameter-parameter yang akan dihitung. Perlunya data laju pergeseran dari setiap stasiun GPS yang berada di daerah sekitar kota Padang.

Dengan adanya model gempa tektonik menggunakan data SuGAR di kota Padang, Pariaman tahun 2009 ini guna mengetahui tipe-tipe pertemuan lempeng akibat gempa bumi (*earthquake mechanism*) diharapkan dapat dijadikan salah satu bentuk langkah dalam mitigasi bencana bagi masyarakat kota Padang, Pariaman dan sekitarnya.

METODOLOGI PENELITIAN

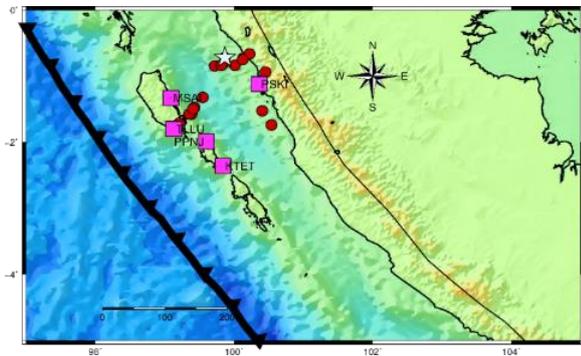
Data Dan Peralatan

- **Data**
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:
 - Data RINEX
 - 1. Data Sebaran Gempa
- **Peralatan**
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:
 1. Stasiun GPS *Online*
 2. Sistem Operasi Linux Ubuntu dan Windows 10
 3. Microsoft Office Excel dan Words
 4. *Software* MATLAB
 5. *Software* GAMIT/GLOBK
 6. *Software* Generic Mapping Tools

Metode Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah Gempa Bumi Padang, Sumatera Barat pada tanggal 30 September 2009 dengan besar 7.9 *Skala Richter* (SR) dan kedalaman 81 km. Posisi episenter secara geografis terletak pada koordinat

99°52'1.2" BT; 0°43'12" LS yang berada di jalur lempeng tektonik.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Data sebaran gempa dapat diunduh dari *website* USGS dengan memasukkan rentan waktu kejadian gempa yang terjadi. Data sebaran gempa yang didapat, di-*filter* kembali sesuai dengan waktu kejadian gempa yang akan diolah dalam hal ini adalah gempa *mainshock* dan *aftershock*. Untuk *ploting* bidang gempa dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak GMT. Hasil *plotting* dilakukan untuk mengetahui posisi *mainshock* dan *aftershock* untuk mempermudah melakukan perhitungan panjang dan lebar bidang gempa.

Hasil *plotting* yang sudah diolah dengan menggunakan GMT, dibuat sebuah panjang dan lebar gempa yang kemudian dihitung nilai dari panjang dan lebar bidang gempa tersebut. Sudut bidang gempa diperoleh dengan melakukan perhitungan dengan fungsi regresi linier pada data *aftershock* yang telah diunduh dan di-*filter*.

Proses selanjutnya adalah persiapan data dan pendukung lainnya untuk pengolahan GPS dengan menggunakan *software* GAMIT/GLOBK. Pada tahap ini adalah proses *download* data RINEX dari pusat data di SOPAC. Seperti yang dijelaskan dalam bab sebelumnya dibutuhkan beberapa pendukung lainnya sebelum memulai proses pengolahan data seperti data *receiver* dan informasi antenna untuk setiap data (*file station.info*), *list station* (sesuai dengan data stasiun yang dibutuhkan untuk penelitian), titik ikat untuk kontrol *file*, IGS SP3 *ephemeris file* (*igsWWWWD.sp3*), nilai jam satelit, *file* navigasi RINEX (*brdcDDD0.YYn*). informasi-informasi diatas digunakan untuk mereduksi kesalahan-kesalahan dalam pengamatan GPS seperti

kesalahan orbit, kesalahan jam, siklus ambiguitas efek atmosfer dan ionosfer.

Setelah dilakukan persiapan pendukung lainnya dengan menggunakan perintah-perintah yang terdapat di GAMIT/GLOBK. Setelah dilakukan pengolahan dengan menggunakan GAMIT/GLOBK, langkah selanjutnya adalah melihat nilai *Wide Lane*, *Narrow Lane* dan *nrms* apakah sudah memenuhi kriteria apa tidak. Jika sudah memenuhi kriteria langkah selanjutnya dilakukan proses pengolahan GLOBK dengan tujuan mencari nilai *time series* dan melakukan perataan. Hasil yang didapatkan oleh GLOBK adalah nilai *time series* yang masih terdapat *outliers*-nya.

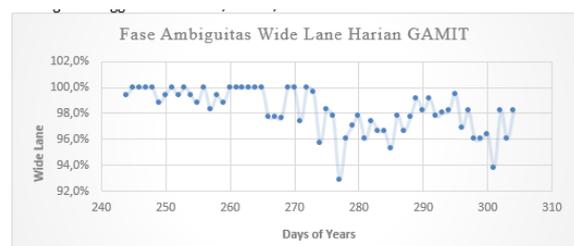
Langkah selanjutnya adalah menghilangkan data *outliers* dengan distribusi normal dengan interval kepercayaan sebesar 95% dengan faktor pengali standar deviasi ± 1.96 . *Outliers* merupakan simpangan koordinat yang signifikan dari koordinat sekitarnya. Setelah *outliers* dihilangkan, maka didapatkan nilai pergeseran.

Langkah selanjutnya adalah memasukkan parameter gempa bumi kedalam model dislokasi dan menghitung nilai residu antara nilai pergeseran hasil pengolahan dengan model yang dihasilkan dan mencari standar deviasinya. Setelah dilakukan perhitungan maka langkah selanjutnya melakukan uji korelasi untuk mencari model yang paling optimal. Model optimal yang dihasilkan adalah model yang paling *fit* yang menggambarkan mekanisme Gempa Bumi Padang tahun 2009.

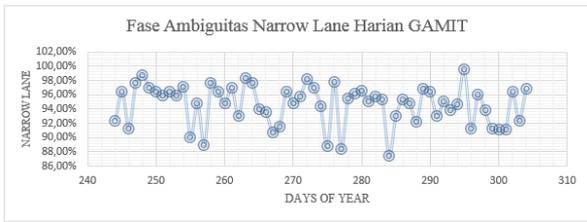
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengolahan GAMIT

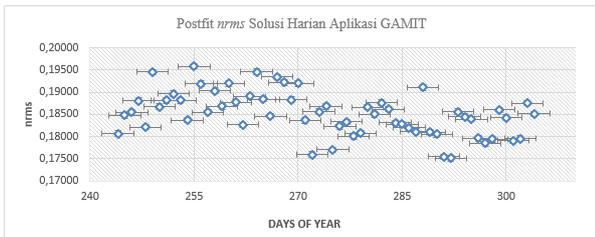
Hasil pengolahan GAMIT adalah berupa nilai harian ambiguitas fase *Wide Lane* dan *Narrow Lane* serta nilai *postfit nrms* yang dijelaskan masing-masing pada Gambar 2, Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 2. Nilai Fase Ambiguitas Wide Lande Harian GAMIT



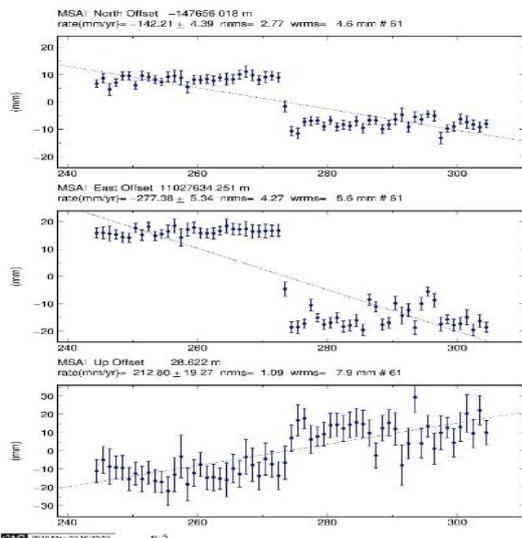
Gambar 3. Nilai Fase Ambiguitas Narrow Lane Harian GAMIT



Gambar 4. Nilai postfit nrms Harian GAMIT

2. Hasil GLOBK

Hasil pengolahan GLOBK berupa *time series* seluruh waktu data GPS yang dikombinasikan. Tujuan dari *time series* ini adalah menentukan fungsi matematika dari data yang dihasilkan oleh *software* pengolah GPS sepanjang waktu pengamatan (DoY) dan menghapus *outliers*(Prasidya 2014). Gambar 5 menunjukkan salah satu stasiun pengamatan GPS yaitu stasiun pengamatan MSAI. Gambar 5 memiliki nilai rms sebesar 4.6 mm, 8.6 mm dan 7.9 mm untuk sumbu masing-masing *easting* dan *northing*.



Gambar 5. Time Series Stasiun Pengamatan MSAI

3. Uji Kualitas Data GPS Interseismic Sebelum Removing Outlier dan Sesudah Removing Outlier

Analisa kualitas data GPS dilakukan secara terpisah antara dua fase gempa agar pemodelan dan penentuan nilai *root-mean-square* (RMS) *error* tidak terpengaruh akibat bias gempa, yakni *interseismic* dan *postseismic*(Yusfania 2008). Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai rms tiap masing-masing stasiun sebelum dihilangkan *outliers*-nya pada fase *interseismic*.

Tabel 1. RMS data GPS Interseismic Sebelum Removing Outliers

STASIUN GPS	RMS NORTHING (±MM)	RMS EASTING (±MM)	RMS UP(±MM)
PSKI	1.3	2.6	7.4
PPNJ	1.6	1.2	5.9
MSAI	1.3	1.2	4.5
TLLU	2.3	1.2	5.5
KTET	1.4	1.9	5.3

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai rms tiap masing-masing stasiun sesudah dihilangkan *outliers*-nya pada fase *interseismic*.

Tabel 2. Nilai RMS Stasiun GPS setelah Removing Outlier

Stasiun GPS	RMS Northing (±mm)	RMS Easting (±mm)	RMS Up(±mm)
PSKI	1.0	1.7	3.7
PPNJ	1.0	1.6	5.9
MSAI	1.0	1.4	4.0
TLLU	1.6	1.2	5.9
KTET	1.0	1.3	4

4. Uji Kualitas Data GPS Postseismic Sebelum Removing Outlier dan Sesudah Removing Outlier

Untuk analisa data GPS pasca gempa, dilakukan pengamatan mulai dari DoY 274-304 kemudian didapatkan RMS *error* dari data mentah untuk masing-masing stasiun GPS sebelum dihilangkan *outliernya* yang dijelaskan pada Tabel 3.

Tabel 3. RMS Error Data GPS Postseismic Sebelum Removing Outlier

Stasiun GPS	RMS Northing (±mm)	RMS Easting (±mm)	RMS Up(±mm)
PSKI	1.7	2.9	8.8
PPNJ	1.6	3.0	6.3
MSAI	1.9	1.2	4.5
TLLU	1.7	4.0	6.5
KTET	2.0	3.5	6.3

Tabel 4 menunjukkan RMS error data GPS setelah dihilangkan outlier-nya dengan menggunakan uji statistik kualitatif sebesar 95% atau 2 kali RMS error.

Tabel 4. RMS Error Data GPS Postseismic Setelah Removing Outlier

Stasiun GPS	RMS Northing (±mm)	RMS Easting (±mm)	RMS Up(±mm)
PSKI	2.1	2.9	6.6
PPNJ	2.2	2.6	6.7
MSAI	1.7	1.9	5.2
TLLU	2.1	2.4	4.7
KTET	3.1	2.7	3.7

Melihat nilai RMS hasil filtering seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4, maka sudah dapat melanjutkan ke tahap penentuan arah dan besar pergeseran karena hasil RMS di bawah dari nilai 10 mm.

5. Analisa Nilai Pergeseran Horizontal Stasiun GPS akibat Gempa Padang 2009

Dengan melakukan pengolahan data GPS yang telah dihilangkan outlier-nya, maka dapat dilakukan penentuan besar pergeseran secara horizontal yang ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. Pergeseran Horizontal (coseismic)

Titik Pengamatan	dE (m)	dN (m)	Resultan (m)	A (°)	Pergeseran Horizontal R.-cos α (m)
PSKI	-0.00470	-0.00580	0.00746	40	-0.00571
PPNJ	-0.01124	-0.00481	0.01222	70	-0.00418
MSAI	-0.00531	0.00708	0.00885	45	-0.00626
TLLU	-0.00317	0.00098	0.00331	89	-0.00005
KTET	0.00101	0.00156	0.00185	20	-0.00174

Nilai yang didapat pada Tabel 5 diambil pada rumus (1) sebagai berikut (Segall and Davis 1997):

$$X_t = (t - t_0) + X_{t_0} \dots \dots (1)$$

dimana X_t merupakan koordinat pengamatan di epok t, kemudian X_{t_0} adalah koordinat stasiun pengamatan di epok t_0 , t_0 adalah waktu pengamatan koordinat stasiun pertama, t adalah waktu pengamatan koordinat stasiun terakhir, dan V adalah besar pergeserannya. Nilai pergeseran V dapat dihitung dengan menggunakan rumus (2) sebagai berikut:

$$R = \sqrt{(dN)^2 + (dE)^2} \dots \dots (2)$$

Dimana dE dan dN merupakan nilai parameter pergeseran pada sumbu easting dan northing. Dengan menggunakan kedua rumus tersebut di dapatkan nilai pergeseran horizontal yang ditunjukkan pada Tabel 5 akibat gempa (coseismic) beserta visualisasinya pada Gambar 7. Arah pergeseran akibat gempa Padang tahun 2009 digunakan rumus (3) berikut:

$$\dots \dots \dots (3)$$

Rumus (3) digunakan untuk menghasilkan arah pergeseran coseismic dan menghasilkan arah pergeseran yang ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Arah Pergeseran Horizontal Coseismic

Titik Pengamatan	Arah Sudut	Kuadran
PSKI	S 50°57'54.63" W	Kuadran III
PPNJ	S 23°09'19.83" E	Kuadran II
MSAI	S 53°08'01.66" W	Kuadran III
TLLU	N 17°08'20.49" W	Kuadran II
KTET	N 57°05'33.25" E	Kuadran I

6. Analisa Vektor Pergeseran Vertikal Akibat Gempa Padang 2009

Dengan melakukan pengolahan data GPS yang telah dihilangkan outlier-nya, maka dapat dilakukan penentuan besar pergeseran secara horizontal yang ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai Pergeseran Vertikal Coseismic

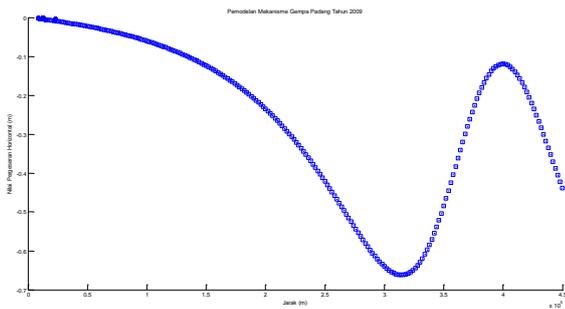
Titik Pengamatan	Pergeseran Vertikal (m)
PSKI	0.00277
PPNJ	0.02083
MSAI	0.01579

TLLU	0.01904
KTET	0.01195

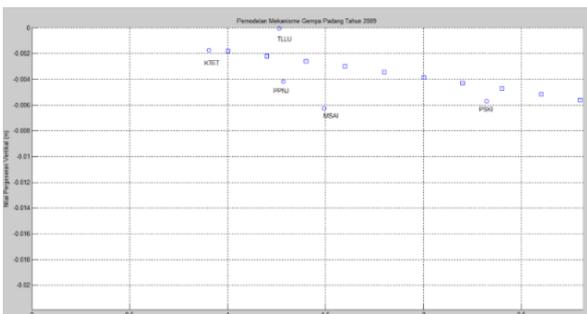
Tabel 7 menunjukkan nilai pergeseran yang terjadi secara vertikal akibat Gempa Padang 2009 (*coseismic*).

7. Analisa model Elastic-Halfspace

Dengan melakukan pemodelan menggunakan parameter-parameter yang sudah ditentukan maka model dan nilai pergeserannya baik secara horizontal maupun vertikal dapat ditunjukkan masing-masing pada Tabel 8 dan 9 serta Gambar 6 dan Gambar 8. Pada Gambar 6 dan Gambar 8 mendapatkan nilai pergeseran horizontal dan vertikal yang mendekati dengan hasil perhitungan GAMIT/GLOBK dengan mencari jarak terdekat terhadap model tersebut. Setelah ditemukan nilai model, maka langkah selanjutnya adalah uji korelasi antara pengolahan



Gambar 6. Model Dislokasi untuk Pergeseran Horizontal



Gambar 7. Posisi Stasiun GPS terhadap Model Dislokasi

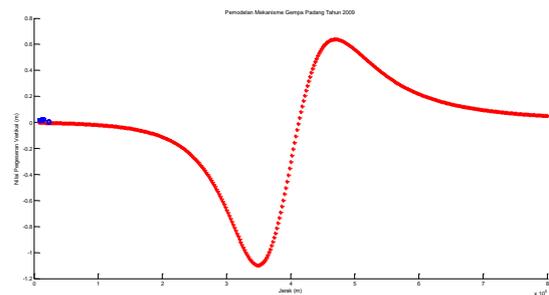
Tabel 8. Hasil Model untuk Pergeseran Horizontal

Stasiun Pengamatan	Nilai Pergeseran Horizontal Model (m)
PSKI	-0.44179
KTET	-0.46830
TLLU	-0.46445

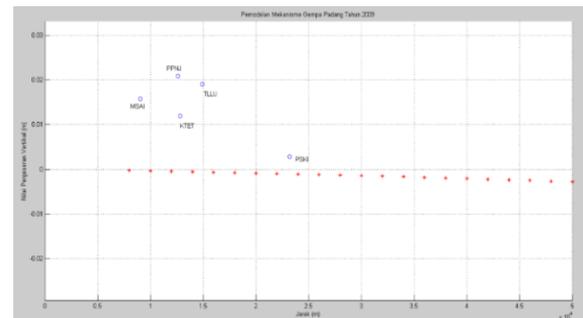
PPNJ	-0.46068
MSAI	-0.45688

Tabel 9. Hasil Model untuk Pergeseran Vertikal

Stasiun Pengamatan	Nilai Pergeseran Vertikal Model (m)
PSKI	0.20078
KTET	0.22519
TLLU	0.22089
PPNJ	0.22519
MSAI	0.23409



Gambar 8. Model Dislokasi untuk Pergeseran Vertikal



Gambar 9. Posisi Stasiun GPS terhadap Model Dislokasi

GAMIT/GLOBK dan model dengan mencari ratio-nya. Nilai *ratio* yang besar merupakan model yang paling *fit* atau model yang paling mendekati dengan hasil pengamatan GPS.

Tabel 10. Nilai Korelasi Model dengan Hasil Pengamatan Horizontal

	Model			
	1	2	3	4
Sxx	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528
Syy	0.00960	0.00978	0.02044	0.02445
Sxy	-3.559.10 ⁻⁰⁵	-3.541.10 ⁻⁰⁵	-7.770.10 ⁻⁰⁵	-9.267.10 ⁻⁰⁵
Nilai Korelasi (R)	-0.70207	-0.68496	-0.71965	-0.71748

Tabel 11. Nilai Korelasi Model dengan Hasil Pengamatan Vertikal

	Model			
	1	2	3	4
Sxx	0.01433	0.01433	0.01433	0.01433
Syy	0.02325	0.03309	0.02480	0.03553
Sxy	0.00025	0.00036	0.00027	0.00038
Nilai Korelasi (R)	0.76282	0.76433	0.75906	0.75923

Berdasarkan Tabel 10 dan Tabel 11 yang merupakan hasil model yang paling *fit* adalah model 3 dengan nilai korelasi untuk horizontal dan vertikal masing-masing sebesar -0.71965 dan 0.75906.

PENUTUP

Beberapa hal yang dapat disimpulkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Model yang paling *fit* atau optimal untuk menggambarkan mekanisme kota Padang dan sekitarnya adalah model 3 yang memiliki nilai korelasi yang besar diantara model yang lain yaitu sebesar -0.71965 untuk pergeseran horizontal dan 0.75906 untuk pergeseran vertikal. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme gempa yang dihasilkan adalah *thrust fault*.
2. Nilai pergeseran horizontal terbesar berada pada stasiun MSAI yaitu sebesar -0.00626 m dan nilai pergeseran vertikal terbesar berada pada stasiun pengamatan

Berdasarkan penelitian ini, data GPS SuGAR secara umum dapat digunakan untuk memantau fenomena geodinamika dalam hal ini adalah deformasi ataupun pergerakan lempeng yang terjadi akibat gempa bumi. Oleh karena itu,

diperlukan penelitian yang lebih intensif dan waktu pengamatan yang lebih lama.

Ucapan Terima Kasih

Penulis I.D.M.A.S mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Irwan Meilano ST. M.Sc karena penulis menggunakan program model dislokasi *elastic halfspace* yang dimodifikasi oleh beliau dari penyusun pertama.

DAFTAR PUSTAKA

- Natawidjaja, D H, Sieh K, Ward S, Cheng H, Edwards R.L, Galetzka J, and Suwargardi B.W. 2004. "Paleogeodetic records of seismic and aseismic subduction from central sumatran micratolls, Indonesia." *J. Geophysic Resource*. 1 - 34.
- Prasidya, Anindya Sricandra. 2014. *Pengolahan Data GNSS Secara Loose Constraint dengan Modul GAMIT*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Segall, P, and J L Davis. 1997. "GPS Applications for Geodynamics and Earthquake Studies." *Earth Planet Scientific*. Springer. 301 - 304.
- Sule, Rahmat, Syamsuddin, F Sitorus, D A Sarsito, and I A Sadisun. 2007. "The Utilization of Resistivity and GPS Methods in Landslide Monitoring: Case Study At Panawangan Area - Ciamis Indonesia." *Himpunan Ahli Geofisika Indonesia (HAGI)*.
- Yusfania, Meiriska . 2008. *Pemodelan Mekanisme Gempa Bengkulu M8.5 Tahun 2007 Berdasarkan Data GPS*. Undergraduate Thesis, Bandung: Institut Teknologi Bandung.