

**ESTIMASI CENTROID MOMENT TENSOR (CMT) GEMPA BUMI
DI WILAYAH SUMATERA BARAT MENGGUNAKAN
METODE INVERSI WAVEFORM TIGA KOMPONEN**

Dinda Ayu Verjianti Sari, Madlazim

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

Email: dindasari@mhs.unesa.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menghasilkan informasi penyebab gempa bumi dengan estimasi *Centroid Moment Tensor* (CMT) di wilayah Sumatera Barat. Sumatera Barat merupakan daerah yang rawan gempa bumi hal ini diakibatkan adanya zona subduksi dan memiliki dua sesar aktif yaitu *Sumatera Fault Zone* (SFZ) dan *Mentawai Fault Zone* (MFZ). Data event gempa bumi yang digunakan pada penelitian ini yaitu pada 12 Juni 2015 dengan magnitudo 4.8 SR yang diunduh di WebDC3 BMKG. Dalam mengestimasi CMT menggunakan metode inversi *waveform* tiga komponen yang diimplementasikan dengan *software* MTINV. Data diinversi dengan frekuensi 0.025 Hz sampai 0.050 Hz dengan model kecepatan w_{us} par 0.1. Hasil pembahasan dari penelitian ini bahwa gempa yang terjadi pada event tersebut diakibatkan oleh adanya aktivitas tektonik dan menghasilkan bentuk *beachball* patahan *strike-slip* pada jalur *Sumatera Fault Zone* (SFZ) yang terdapat pada Segmen Sianok kemudian hasil ini sesuai dengan hasil dari Global CMT.

Kata Kunci : *Centroid Moment Tensor* (CMT), inversi *waveform* tiga komponen, *software* MTINV

Abstract

This study has been to produce information on the cause of earthquakes with estimation of *Centroid Moment Tensor* (CMT) in West Sumatera region. West Sumatra is an earthquake-prone area due to the existence of subduction zones and has two active faults namely *Sumatera Fault Zone* (SFZ) and *Mentawai Fault Zone* (MFZ). Earthquake event data used in this research is on June 12, 2015 with magnitude 4.8 SR downloaded in WebDC3 BMKG. In estimating CMT using three component inversion *waveform* method implemented with MTINV software. The data is versioned with a frequency of 0.025 Hz to 0.050 Hz with speed model w_{us} par 0.1. The result of this research is that the earthquake that occurred at the event was caused by tectonic activity and resulted in a *strike-slip* fault *beachball* shape on the *Sumatera Fault Zone* (SFZ) line located at Sianok Segment then this result is in accordance with the result of Global CMT.

Key Words: *Centroid Moment Tensor* (CMT), three component *waveform* inversion, MTINV *software*

PENDAHULUAN

Indonesia adalah satu negara yang sering terjadi gempa bumi hal ini disebabkan Indonesia berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik yaitu lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia dan lempeng Pasifik. Salah satu wilayah di Indonesia yang rawan gempa bumi adalah Sumatera Barat. Secara geografis Sumatera Barat berdekatan dengan zona subduksi dan memiliki dua sesar aktif yaitu Sesar Sumatera dan Sesar Mentawai sehingga berpotensi menimbulkan gempa

bumi yang merusak. Untuk meminimalisir kerusakan akibat gempa bumi maka perlu diketahui penyebab terjadinya gempa bumi tersebut. Untuk mengetahui penyebab terjadinya gempa bumi melalui estimasi parameter sumber gempa *Centroid Moment Tensor* (CMT) dengan menggunakan metode inversi *waveform* tiga komponen. Dalam penelitian ini dilakukan dengan tiga komponen karena gelombang seismik merambat dari sumber menuju ke stasiun seismik dalam tiga dimensi sehingga dalam mengestimasi CMT menggunakan fungsi *Green* tiga

Estimasi Centroid Moment Tensor (CMT) Gempa Bumi Di Wilayah Sumatera Barat Menggunakan Inversi Waveform Tiga Komponen

komponen selain komponen Z sebagai arah vertikal diakomodasi juga komponen X dan komponen Y pada koordinat Kartesian sebagai arah horizontal yang direkam oleh seismometer. Untuk memahami suatu karakteristik gempa bumi dengan memodelkan moment tensor gempa bumi. pemodelan momen tensor dilakukan menggunakan metode inversi yang memanfaatkan *waveform* atau waktu tiba gelombang P. Proses inversi yang baik berdasarkan hasil pencocokan data teramati dan data sintetik yang saling tumpang tindih (Sokos dan Zahradnik, 2008).

Dalam menganalisis data penelitian ini adalah dengan mengunduh *event* gempa di <http://202.90.198.100/webdc3/> kemudian diimplementasikan menggunakan *software* MTINV. Hasil data dari *software* MTINV adalah persentase Varian Reduksi (VR), persentase Isotropik (ISO), persentase *Double Couple* (DC), persentase CLVD, kedalaman *centroid* dan tipe patahan berupa *beachball* serta orientasi bidang sesar yang meliputi *strike, dip, rake*. Apabila persentase DC lebih besar dari persentase CLVD maka gempa tersebut diakibatkan adanya gempa tektonik dan begitupun sebaliknya apabila persentase CLVD lebih besar dari persentase DC maka gempa tersebut diakibatkan adanya gempa vulkanik.

Penelitian ini dalam pengolahan data dengan *software* MTINV karena proses pengolahan data tidak rumit dan tidak memerlukan MATLAB. Pentingnya dilakukan penelitian ini karena beberapa faktor yaitu, BMKG belum mengumumkan tentang CMT kepada masyarakat karena tingkat ketelitian penentuan gempa bumi bergantung pada karakteristik model struktur kecepatan yang digunakan (Madlazim, 2016), belum adanya instrument yang mampu mendeteksi parameter sumber gempa pada kedalaman sumber gempa hingga puluhan kilometer secara langsung dan belum semua Lembaga seismologi mengetahui apa penyebab suatu gempa bumi yang terjadi apakah itu gempa tektonik, gempa vulkanik, gempa runtunan, longoran ataupun ledakan. Sehingga perlu adanya penyajian hasil estimasi CMT dengan menggunakan metode inversi *waveform* tiga komponen sehingga dapat menghasilkan informasi penyebab gempa bumi di wilayah Sumatera Barat. Hasil penelitian ini kemudian akan dibandingkan dengan data dari Global CMT untuk menguatkan keakuratan data yang dihasilkan dari penelitian ini.

METODE

Penelitian ini adalah penelitian penerapan yang menerapkan teori yang berhubungan dengan teori fisika. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data gempa bumi yang dapat diunduh di <http://202.90.198.100/webdc3/>. Data *event* gempa bumi yang dipilih yaitu kejadian gempa bumi pada tanggal 12 Juni 2015 pada pukul 19:54:22 GMT dengan magnitudo 4.8 SR dengan *latitude* -1.53 dan *longitude* 101.17 serta kedalaman 35 km. Estimasi CMT gempa bumi data *waveform* yang direkam oleh stasiun seismik jaringan IA.

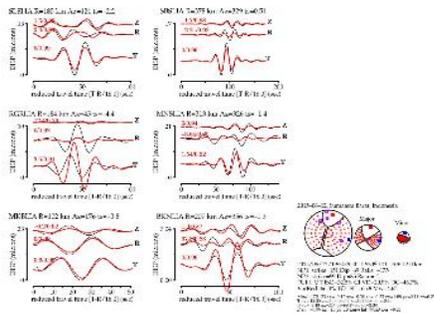
Penelitian ini menggunakan metode inversi *waveform* tiga komponen (BHN, BHE dan BHS yang diestimasi menggunakan model inversi fungsi *Green*. Setelah mendownload *event* gempa bumi dalam bentuk SEED kemudian di ekstrak kedalam bentuk SAC agar dapat diolah di *software* MTINV. Kemudian menginput parameter-parameter gempa meliputi *latitude, longitude* dan kedalaman selain itu menginput stasiun seismik yang berada disekitar sumber gempa dan menggunakan model kecepatan wus. par. 01. Pada penelitian ini, sinyal broadband dari seismogram tercatat inversi gelombang dilakukan dengan frekuensi dari 0,025 Hz sampai 0,050 Hz. Kemudian menghitung fungsi *Green* dan momen tensor. Maka akan didapatkan data berupa grafik, grafik *cross-correlation* dan tipe patahan berupa *beachball*. Selain itu, didapatkan persentase VR, ISO, DC dan CLVD, bidang teraktifkan (*strike, dip, rake*) dan kedalaman *centroid*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

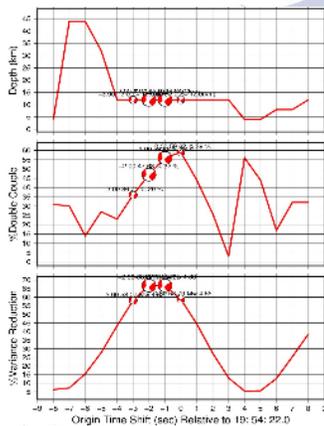
Penelitian ini didapatkan hasil solusi *Centroid Moment Tensor* (CMT) dengan tipe inversi Full MT dan tipe inversi Deviatorik MT *software* MTINV yang dikembangkan oleh Ichinose. stasiun seismik yang digunakan sebanyak 6 stasiun seismik MNSI, SBSI, BKNI, RGRI, SLSI dan MKBI. Penelitian ini dalam menganalisis dilakukan dua tipe inversi yaitu tipe inversi Full MT dan tipe inversi Deviatorik MT.

Estimasi Centroid Moment Tensor (CMT) Gempa Bumi Di Wilayah Sumatera Barat Menggunakan Inversi Waveform Tiga Komponen

Pada tipe inversi Full MT menghasilkan gambar 1 yang berupa grafik. Pada gambar 1 menunjukkan persentase Varian Reduksi (VR) sebesar 66.9% dengan magnitudo 4.66 Mw, persentase ISO 35.5%, persentase DC 55.7% serta kedalaman *centroid* 12 km. hasil persentase DC lebih besar dibandingkan persentase CLVD maka gempa diakibatkan adanya gempa tektonik. kemudian didapatkan NP1 dengan nilai *strike* 150, *dip* 68, *rake* -176 dan NP2 dengan nilai *strike* 58, *dip* 86, *rake* -22 selain itu pada grafik menghasilkan *beachball* major, minor dan Full MT yang membentuk patahan *strike-slip*.

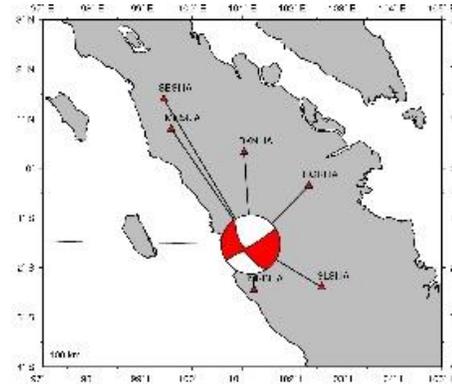


Gambar 1. Grafik hasil inversi *waveform* antara data sintetik dan data observasi dengan Full MT
 Pada gambar 2 adalah grafik *cross-correlation* antara VR, DC dan kedalaman *centroid*. Pada grafik VR titik puncak tertinggi pada persentase 66.9%, persentase DC 55.7% dan kedalaman *centroid* 12 km. Hal ini menunjukkan bahwa gempa pada 12 Juni 2015 diakibatkan adanya gempa tektonik.



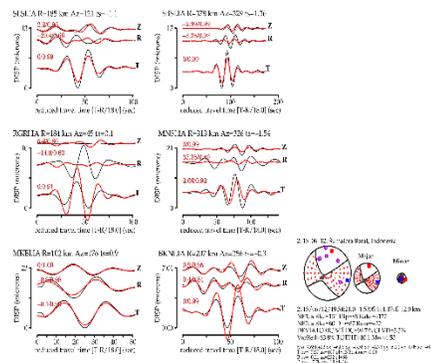
Gambar 2. Grafik *cross-correlation* antara VR, DC, dan kedalaman *centroid* dengan Full MT

Pada gambar 3 adalah plot peta sederhana yang sumber gempa dikelilingi oleh stasiun-stasiun seismik yaitu MNSI, SBSI, BKNI, RGRI, SLSI, dan MKBI. Kemudian terdapat *beachbach* diakibatkan patahan *strike-slip* pada jalur *Sumatera Fault Zone* (SFZ) dan *event* gempa tersebut episenternya berada Segmen Sianok dilihat dari lokasi yang berada 0.103^0 LU - 0.700^0 LS.



Gambar 3. Peta *beachball* dengan distribusi 6 stasiun seismik menggunakan Full MT

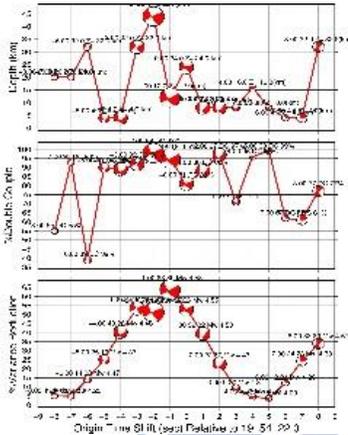
Kemudian pada tipe inversi Deviatorik MT menghasilkan persentase Varian Reduksi (VR) 63.8% dengan magnitudo 4.53 Mw, persentase DC 94.7% dan persentase CLVD 5.3% dan kedalaman *centroid* 12 km maka gempa bumi tersebut diakibatkan oleh gempa tektonik karena hasil persentase DC lebih besar dibandingkan persentase CLVD. Kemudian didapatkan NP1 dengan nilai *strike* 151, *dip* 66, *rake* -177 dan NP2 dengan nilai *strike* 60, *dip* 87 dan *rake* -22. Selain itu menghasilkan *beachball* major, minor dan Dev MT yang membentuk patahan *strike-slip*.



Gambar 4. Grafik hasil inversi *waveform* antara data sintetik dan data observasi dengan Dev MT

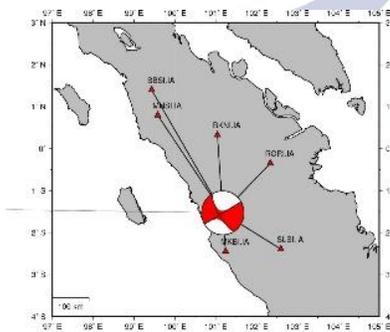
Estimasi Centroid Moment Tensor (CMT) Gempa Bumi Di Wilayah Sumatera Barat Menggunakan Inversi Waveform Tiga Komponen

Kemudian pada gambar 5 didapatkan grafik *cross-correlation* antara VR, DC dan kedalaman *centroid* dimana puncak tertinggi persentase VR 63.8%, persentase DC 94.7% dan kedalaman *centroid* 12 km. Hasil yang didapatkan seperti pada gambar 2 yaitu gempa pada 12 Juni 2015 diakibatkan adanya gempa tektonik.



Gambar 5. Grafik *cross-correlation* antara VR, DC, dan kedalaman *centroid* dengan Dev MT

Gambar 6 merupakan peta sederhana dari hasil tipe inversi Dev MT dimana menghasilkan plot yang sama dengan tipe inversi Full MT yaitu dihasilkan *beachball* dengan tipe patahan *strike slip* yang berada di jalur *Sumatera Fault Zone* (SFZ) yang tepatnya berada pada Segmen Sianok dengan persentase DC sebesar 94.7% yang mengindikasikan segmen ini hampir murni *shear geser*.



Gambar 6. Peta *beachball* dengan distribusi 6 stasiun seismik menggunakan Dev MT

Selanjutnya membandingkan hasil *software* MTINV dan data Global CMT. Berikut hasil data dari *software* MTINV dengan data Global CMT:
Tabel 1. Data gempa bumi 12 Juni 2015 19:54:21 GMT berdasarkan inversi momen tensor menggunakan *software* MTINV.

Lintang	Bujur	Kedalaman (km)	Magnitudo (Mw)	<i>Beachball</i>
-1.53	101.17	12	4.53	
NP 1	<i>Strike</i> 151	<i>Dip</i> 66	<i>Rake</i> -177	
NP 2	<i>Strike</i> 60	<i>Dip</i> 87	<i>Rake</i> -22	

Tabel 2. Data gempa bumi 12 Juni 2015 19:54:23 GMT berdasarkan Global CMT.

Lintang	Bujur	Kedalaman (km)	Magnitudo (Mw)	<i>Beachball</i>
-1.48	101.24	28.2	4.8	
NP 1	<i>Strike</i> 151	<i>Dip</i> 69	<i>Rake</i> -175	
NP 2	<i>Strike</i> 69	<i>Dip</i> 85	<i>Rake</i> -21	

Pada tabel 1 dan tabel 2 dihasilkan *origine time* yang mendekati sama, namun disini nilai kedalaman berbeda dengan selisih 16,2 km hal ini bisa berbeda karena perbedaan dalam pengolahan data, Global CMT sendiri mengolah data menggunakan data teleseismik dan model kecepatan global dengan persamaan koordinat bola. Namun pada kedua tabel ini memiliki hasil *beachball* dengan tipe patahan yang sama yaitu *strike-slip*. Maka dapat dikatakan hasil dari *software* MTINV akurat karena sesuai dengan data Global CMT.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan dari hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa gempa yang terjadi di Sumatera Barat dengan menggunakan metode inversi *waveform* tiga komponen yang diimplementasikan dengan *software* MTINV diakibatkan oleh adanya gempa tektonik dengan tipe patahan *strike-slip* berada pada *Sumatera Fault Zone* (SFZ) dan terdapat segmen Sianok ditinjau dari lokasi sumber gempa yang episenternya berada pada Segmen Sianok dan mengindikasikan segmen ini hampir murni *shear geser*. Hasil dari *software* MTINV memiliki kecocokan dengan data Global CMT yaitu bentuk *beachball* dengan tipe patahan *strike-slip*. Hal ini sesuai dengan penelitian yang sebelumnya yang dilakukan oleh (Madlazim, 2013) yaitu gempa bumi yang terjadi di

Estimasi Centroid Moment Tensor (CMT) Gempa Bumi Di Wilayah Sumatera Barat Menggunakan Inversi Waveform Tiga Komponen

wilayah Sumatera Barat disebabkan gempa tektonik dengan tipe patahan *strike-slip* pada jalur *Sumatera Fault Zone* (SFZ).

Saran

Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat maka perlu memperhatikan dalam pemilihan data yang dikelilingi stasiun seismik dengan penyebaran 360^0 sehingga menghasilkan data yang baik dan pengestimasi CMT perlu diterapkan pada Lembaga Seismologi sehingga dapat membantu memberikan informasi penyebab terjadinya gempa bumi apakah tektonik, vulkanik, runtuhan atau ledakan.

DAFTAR PUSTAKA

A, Gene., Ichinose., Roman-Nieves, J., Kraft Gordon. 2014. Moment Tensor Inversion Toolkit (MTINV) Documentation, Manual and Tutorial. MTINV Manual-Version 3.0.3. pp 1-6.

Dahl, Torsten. and Kruger, F. 2014. Moment tensor inversion and moment tensor interpretation. Germany. DOI:10.2312/GFZ.NMSOP-2_IS_3.9.

Madlazim. 2013. Determining the Source Parameters of the Jambi Earthquake (1 October 2009, $M_w=6,4$) Using Three-Component Local Waveform. *Makara Journal of Science*. Vol 17, No. 1, pp 17-22.

Madlazim.2016. Fisika Bumi Seri Sesimologi. Surabaya. Unesa University Press.

Madlazim., Prastowo, T., Supardiyono. And T Hardy.2017. Determination of source parameter of the 2017 Mount Agung volcanic earthquake from moment-tensor inversion method using local broadband seismic waveforms. *Seminar Nasional Fisika 2017*. Jurusan Fisika Universitas Negeri Surabaya.

Salsabella, Yashinta. 2014. Penentuan Model Kecepatan 1D Gelombang P, Koreksi Stasiun dan Relokasi Hiposenter Gempa Bumi Di Jawa Barat Dengan Metode *Couple Velocity Hypocenter*. Skripsi Sarjana. Fisika Unesa. hal 7-9.

Wifayanti, J. E. dan Santosa, J.B. 2015. Estimasi Pola Bidang Sesar Dan *Moment Tensor* Gempa Bumi Jepang Pada Tahun 2003 Menggunakan Analisis Inversi *Waveform* 3 Komponen. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. Vol. 03, No 02.

