

Estimasi Besar Konvergensi Zona Subduksi dan *Mentawai Fault Zone* (MFZ) di Sumatera Barat

Muhammad Mifta Hasan* dan Bagus Jaya Santosa

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Intisari

Kondisi geologi yang kompleks di wilayah Sumatera Barat akibat pertemuan Lempeng Indo-Australia dan Eurasia menimbulkan aktivitas tektonik yang aktif. Selain akibat pertemuan dua lempeng, aktivitas tektonik juga disebabkan oleh sesar yang ada, MFZ. Berdasar aktivitas tektonik ini dapat diketahui arah pergeseran di zona subduksi maupun sesar yang ditunjukkan dengan pola bidang sesarnya. Konvergensi dari zona subduksi maupun MFZ ditunjukkan dengan besar sudut dip yang membentuk pola bidang sesar. Konvergensi untuk zona subduksi besar konvergensinya berkisar antara 82° sampai 89° dan di MFZ berkisar antara 66° sampai 68° .

Abstract

Complex geological conditions in West Sumatra as a result of the meeting of the Indo- Australian and Eurasian plate has high tectonic activity. Besides meeting of two plates , tectonic activity also caused by MFZ. From tectonic activity could be estimated the direction of subduction zones and faults are indicated by the type of fault. The convergence of the subduction zone and MFZ shown with large dip angle. For subduction zone convergence ranging from 82° to 89° and MFZ convergence ranging from 66° to 68° .

KATA KUNCI: dip-slip, convergence, MFZ, reverse fault, subduction zone.

I. PENDAHULUAN

Sumatera Barat adalah salah satu wilayah di Indonesia yang mempunyai tatanan geologi kompleks. Kondisi ini disebabkan letaknya berada di daerah pertemuan dua lempeng besar yaitu Lempeng Indo-Australia di bagian selatan dan Lempeng Eurasia di bagian utara. Pertemuan ini menghasilkan pusat-pusat gerakan tektonik di Kepulauan Mentawai dan sekitarnya. Selain itu, akibat tumbukan kedua lempeng besar ini muncul gejala tektonik lainnya yaitu busur magmatik yang ditandai dengan munculnya rangkaian pegunungan bukit barisan beserta gunung apinya dan patahan besar di Sumatera yang memanjang searah dengan zona tumbukan kedua lempeng yaitu utara-selatan [1].

Akibat aktivitas tektonik yang cukup banyak, dapat dianalisis pola pergeseran dari tumbukan antar lempeng pada zona subduksi dan pergeseran dari sesar yang membentang dari Sumatera Utara sampai Sumatera Selatan, SFZ (*Sumatran Fault Zone*) melewati wilayah Sumatera Barat ini. Informasi yang didapatkan dari analisa pola bidang sesar ini akan mempermudah dalam mengetahui pola geometri dari subduksi yang dihasilkan dari gesekan antar Lempeng Indo-Australia dengan Lempeng Eurasia maupun sesar aktif dari SFZ. Selain itu, di lepas pantai Sumatera Barat, terdapat MFZ (*Mentawai Fault Zone*) yang berada diantara batas zona subduksi dengan SFZ [2].

Pola pergeseran sesar ini dapat diketahui besar konvergensi yang dihasilkan oleh subduksi maupun aktivitas sesar. Dalam estimasi besar konvergensi ini digunakan informasi data gempa yang terjadi di wilayah Sumatera Barat pada tahun 2013.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Pengambilan data

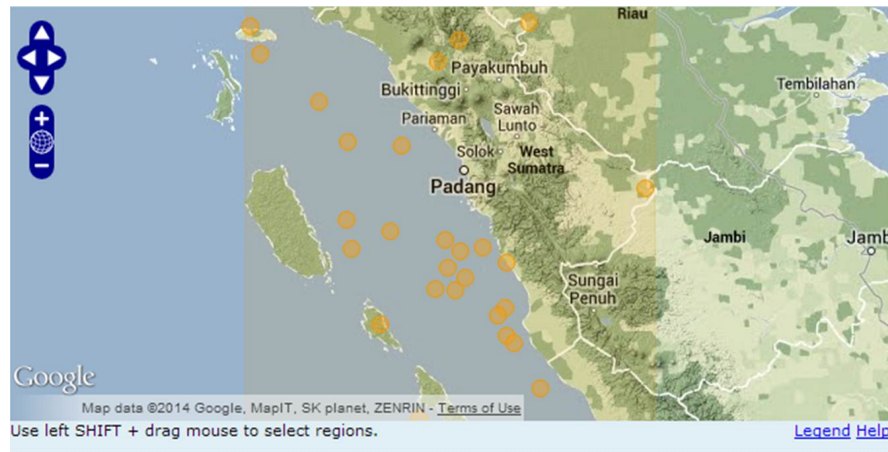
Data yang digunakan adalah data event gempa yang terjadi di Sumatera Barat pada tahun 2013 dengan magnitudo ≥ 5 SR. Data tersebut disediakan oleh GFZ (*Geo Forschungs Zentrum*) yang menyediakan data gempa lokal. Episenter dari gempa lokal ditunjukkan Gambar 1.

Pengolahan data

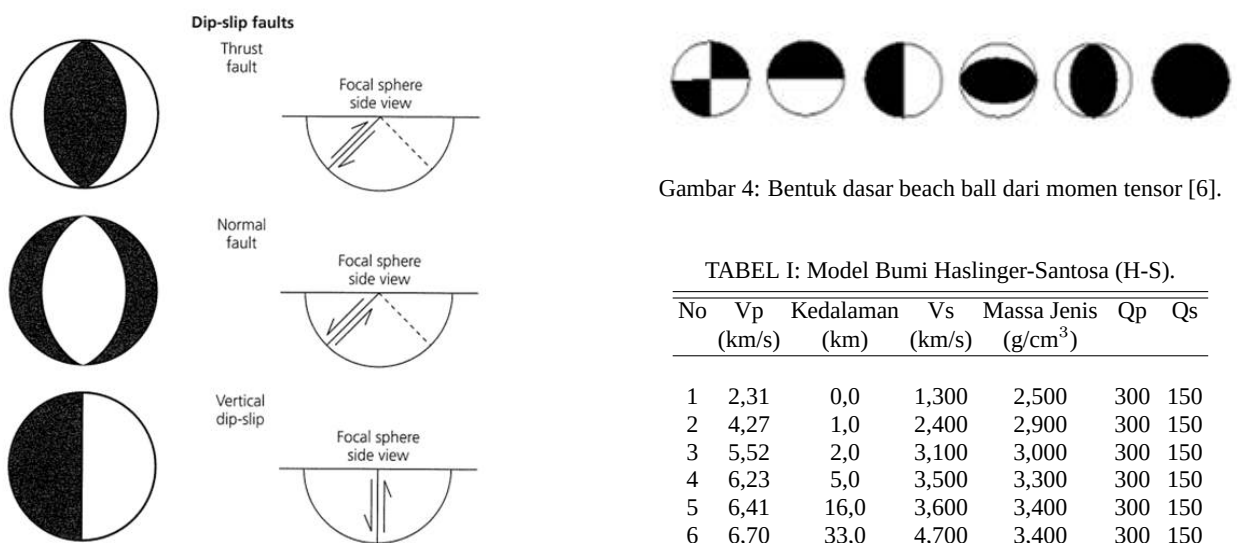
Data yang didapatkan dari GFZ dikonversi terlebih dahulu ke dalam ekstensi data yang digunakan dalam pengolahan data gempa, SAC (*Seismic Analysis Code*). Pola pergeseran sesar didapatkan dari bentuk *focal mechanism* yang digambarkan dengan *beach ball* (Gambar 2) dengan menggunakan perhitungan dari besar momen tensornya.

Perhitungan ini dibantu dengan menggunakan program ISOLA-GUI untuk menentukan momen tensor dan *focal mechanism* [5, 6]. Parameter model bumi yang digunakan

*E-MAIL: mifta09@mhs.physics.its.ac.id



Gambar 1: Episenter dari gempa lokal [3].



Gambar 4: Bentuk dasar beach ball dari momen tensor [6].

TABEL I: Model Bumi Haslinger-Santosa (H-S).

No	Vp (km/s)	Kedalaman (km)	Vs (km/s)	Massa Jenis (g/cm ³)	Qp	Qs
1	2,31	0,0	1,300	2,500	300	150
2	4,27	1,0	2,400	2,900	300	150
3	5,52	2,0	3,100	3,000	300	150
4	6,23	5,0	3,500	3,300	300	150
5	6,41	16,0	3,600	3,400	300	150
6	6,70	33,0	4,700	3,400	300	150
7	8,00	40,0	4,760	3,500	1000	500

Gambar 2: Model *Beach ball* dari sesar arah dasar vertikal [4].

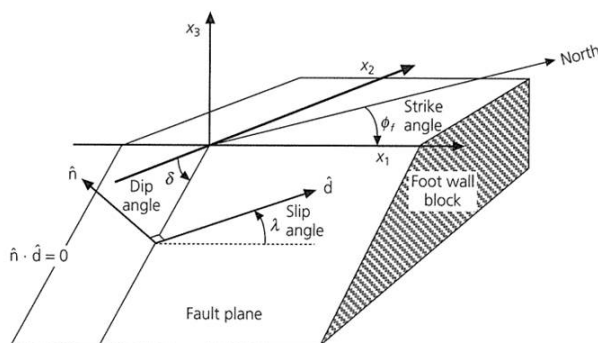
adalah parameter model bumi Heslinger-Santosa (H-S)[7], seperti ditunjukkan Tabel I.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

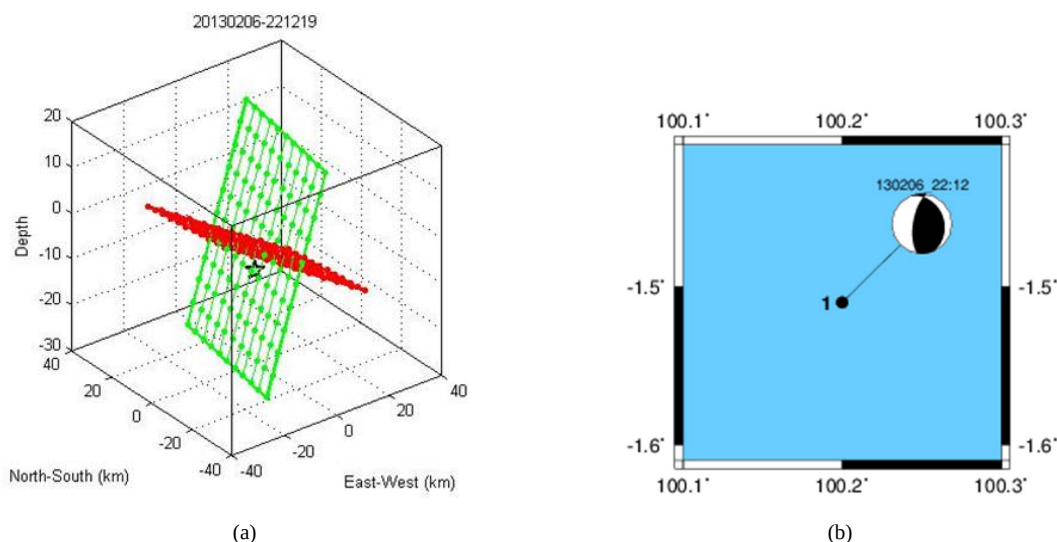
Penentuan *focal mechanism* dengan mengasumsikan bahwa bidang geometri dari sesar adalah bidang datar [4]. Selain dari pemodelan bentuk geometri, penalaran gelombang gempa yang melalui medium bumi dimodelkan dengan persamaan,

$$U_k(x, t) = \sum_{i=1}^6 G_{ki}(x, x_s, t) * f_i(t) \quad (1)$$

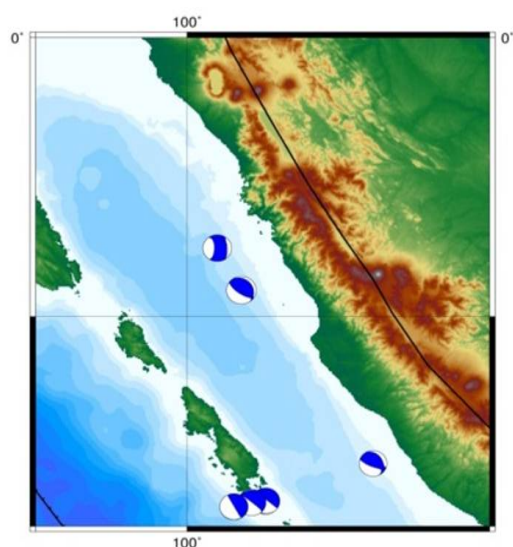
dengan U_k adalah *displacement* pada stasiun ke- k dalam seismogram, x adalah posisi *receiver*, x_s adalah posisi sumber gempa, G_{ki} adalah fungsi *Green* yang dipengaruhi oleh sifat elastik dan anelastik bumi dan $f(t)$ menyatakan enam komponen momen tensor. Geometri sesar dengan bidang normal



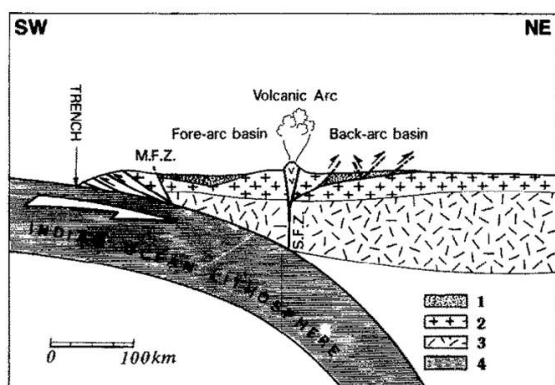
Gambar 3: Geometri sesar dengan bidang normal yang membentuk sudut terhadap bidang horizontal dan vertikal [4].



Gambar 5: (a) Orientasi bidang patahan (hijau). (b) Bentuk beach ball dari pola bidang sesar, reverse fault.



Gambar 6: Distribusi beach ball di zona subduksi dan MFZ.



Gambar 7: Penampang dari zona subduksi di wilayah Sumatera [12].

TABEL II: Bidang sesar dan auxiliary plane untuk masing-masing event.

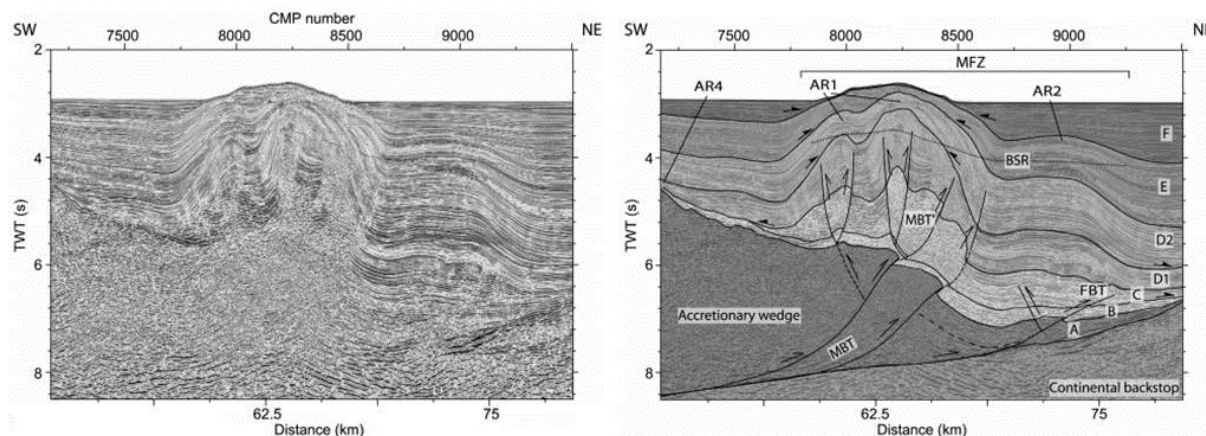
Event	Plane I (hijau)			Plane II (merah)			Jenis Sesar
	Strike	Dip	Rake	Strike	Dip	Rake	
2013-10-14	125	68	83	324	23	108	Reverse fault
2013-07-09	331	89	-88	241	2	0	Dip-slip
2013-07-09	130	89	97	231	7	10	Dip-slip
2013-07-06	307	82	-91	134	8	-84	Dip-slip
2013-02-13	110	67	70	333	30	128	Reverse fault
2013-02-06	189	66	103	339	27	63	Reverse fault

yang membentuk sudut terhadap bidang horizontal dan vertikal, ditunjukkan pada Gambar 3.

Di dalam ISOLA-GUI dimodelkan enam komponen dasar momen tensor, seperti ditunjukkan Gambar 4. Hasil pengolahan didapatkan hasil seperti dinyatakan dalam Tabel II, dan Gambar 5.

Pola bidang sesar yang terbentuk di sekitar zona subduksi adalah *dip-slip* sesuai dengan penelitian sebelumnya bahwa untuk lokasi yang berada pada zona subduksi mempunyai pola bidang sesar *dip-slip* yang mempunyai pengaruh lebih besar dalam menimbulkan sumber gempa dengan magnituda yang besar [8]. Madrinovella pun menyebutkan bahwa batas lempeng yang konvergen pada dua lempeng yang rigid antara Lempeng Eurasia dan Indo-Australia menimbulkan pola bidang sesarnya berbentuk *dip-slip* yang terjadi di sepanjang zona subduksi Sumatera (*megathrust*) [9]. Distribusi beach ball di zona subduksi dan MFZ ditunjukkan Gambar 6, sedangkan penampang dari zona subduksi di wilayah Sumatera ditunjukkan Gambar 7.

Secara geologi, hal ini terjadi akibat dari penunjaman samudera (bagian dari Lempeng Eurasia). Lempeng Indo-Australia bergerak kearah utara-timurlaut dan mendorong Lempeng Eurasia dengan kecepatan 5 cm/tahun [9], bergerak



Gambar 8: Interpretasi dari penampang seismik di bawah MFZ [2].

2,7 cm/tahun [10]. Sedangkan Indo-Australia sendiri bergerak 60 mm/tahun [8]. Di sepanjang zona subduksi sunda trench lempeng Indo-Australia menunjam di bawah Lempeng Eurasia yang bergerak dengan rata-rata 75 m/tahun [11].

Sedangkan untuk MFZ yang terbentang hingga Pulau Nias mempunyai pola *strike-slip* [13], *normal fault*, *strike slip* dan *reverse fault* [14]. Pola sesar yang ada di MFZ mempunyai pola sesar *reverse fault*. Hal ini berkaitan dengan terjadinya kenaikan posisi batuan yang ada di MFZ.

Tampak dari Gambar 8 bahwa terdapat antiklin yang berada di MFZ. Hal ini disebabkan oleh dorongan dari Lempeng Indo-Australia terhadap Lempeng Eurasia sehingga menimbulkan antiklin. Dari penampang seismik ini dapat dikatakan bahwa pola sesar yang ada di Mentawai adalah pola sesar *reverse fault*. Hasil studi kasus untuk gempa Padang, juga

mengatakan bahwa gempa yang terjadi di wilayah Sumatera Barat khususnya yang berada di dekat Padang mempunyai pola bidang sesar *reverse fault* [8].

IV. SIMPULAN

Berdasar hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pola bidang sesar yang ada di zona subduksi adalah dip-slip dengan besar sudut konvergensi berkisar 82° sampai 89° . Di daerah MFZ mempunyai pola bidang sesar *reverse fault* dengan besar sudut konvergensinya berkisar 66° sampai 68° .

-
- [1] <http://bkpmp.sumbarprov.go.id/statistik-2/kondisi-geologi/> *Kondisi Geologi* (Diakses pada tanggal 30 september 2013 pukul 1:28 WIB).
 - [2] M.M. Mukti, et al., *Geochem. Geophys. Geosyst.*, **13**(12), 1-21 (2012).
 - [3] www.webdc.eu/webdc3/
 - [4] S. Steith, Michael Wyssession, *An Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure* (Blackwell Publishing Ltd., Oxford, 2003).
 - [5] Sokos, N. Efthimios, Jiri Zahradnik, *Computers and Geoscience*, **34**, 967-977 (2008).
 - [6] —, A Matlab GUI for use with ISOLA Fortran codes, User's Guide, 2009.
 - [7] Madlazim, *Estimasi CMT, Bidang Sesar dan Durasi Rupture Gempa Bumi di Sumatera serta Kemungkinan Penerapannya untuk Sistem Peringatan Dini Tsunami*, Disertasi, Jurusan Fisika, FMIPA-ITS Surabaya, 2011.
 - [8] Madlazim, Bagus Jaya Santosa, *Indonesian Journal of Physics*, **21**(4), 107-114 (2010).
 - [9] I. Madrinovella, S. Widiyantor, I. Meliano, *Jurnal Teknologi Mineral*, **18**(1), (2011).
 - [10] T. Prasetya, dkk., *Gempa Bumi: Ciri dan Cara Menanggulanginya* (Gitanagari, Yogyakarta, 2006).
 - [11] A.J. Barber, et al. *Sumatra; Geology, Resources and Tectonic Evolution* (Geological Society Memoir No.31, London: The Geological Society, 2005).
 - [12] O. Bellier, M. Sebrier, *Tectonophysics*, **233**, 215-231 (1994).
 - [13] M.A. Samuel, and N.A. Harbury, *Geological Society, London, Special Publications*, **106**, 337-351 (1996).
 - [14] K. Sieh, D. Natawidjaja, *Journal of Geophysical Research*, **105**(B12), 28,295-28,326 (2000).