

PENENTUAN ARAH PATAHAN YANG TERDAPAT DI PULAU TIMOR DAN SEKITARNYA MENGGUNAKAN MEKANISME SUMBER 3D GEMPABUMI

Juliany N. Mohamad

Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

Jln. Adisucipto Penfui, Kupang, 85228, Indonesia

E-mail: ning_she12@yahoo.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang penentuan arah patahan yang terdapat dipulau Timor dan sekitarnya menggunakan mekanisme sumber 3D gempabumi, dengan menggunakan data sekunder yakni data yang diambil katalog International Sismology Center (ISC) dan U.S. Geological Survey/National Earthquake Information Center (USGS/NEIC) sejak tahun 1965-2013 pada koordinat $8,5^{\circ}$ - $10,5^{\circ}$ LS dan 123° - 126° BT. Analisis dilakukan dengan menggunakan Arcgis 9.3 untuk pembuatan peta coastline pulau Timor dan sekitarnya, software ZMAP 6.0 untuk pembuatan peta seismisitas berdasarkan kedalaman, sedangkan untuk penentuan arah patahan dan mekanisme sumber dari gempabumi yang terjadi digunakan software 3D Focal Mechanism. Hasil penelitian menunjukkan bahwa di pulau Timor dan sekitarnya yang dominan merupakan gempabumi dangkal (<70 km) yang terdapat di pulau Timor dan gempabumi sedang ($70 < h < 300$ km) yang cenderung ke arah baratdaya, sedangkan dari hasil mekanisme sumber menunjukkan gempabumi yang terjadi di pulau Timor dan sekitarnya didominasi oleh gempabumi akibat sesar turun berarah barat laut. Hal ini juga diungkapkan dari hasil mekanisme sumber 3 D dengan kedalamannya yang terlihat bahwa pola patahan yang terjadi diakibatkan oleh adanya penunjaman lempeng Indo-Australia di bawah lempeng Eurasia ke arah barat laut pulau Timor.

Kata kunci: *Gempabumi, patahan, 3D mekanisme sumber*

Abstract

Determination of Fault Directional at Timor Island and surroundings using 3D Focal Mechanism. Has been done a research on determining of fault directional at Timor Island and surrounding using 3D focal mechanisms earthquake from US Geological Survey / National Earthquake Information Center (USGS / NEIC) since the year 1965-2013 at 8.5° - 10.5° S and 123° - 126° E. Analysis used ArcGIS 9.3 for creating coastline maps, ZMAP 6.0 seismisity map by depth, and 3D Focal Mechanism for fault directional. The results showed that on the Timor island and the surrounding, dominated shallow earthquake (<70 km) and the medium ($70 < h < 300$ km) tends toward the southwest, while the results of the mechanism earthquakes indicate earthquakes occurred on the island of Timor and the surrounding focal mechanism dominated by normal fault to north-west. It also showed by 3D focal mechanism that fault occur caused by the subduction of the Indo-Australian plate under the Eurasian plate to the north-west of the island of Timor.

Keywords: *earthquake, fault, 3D focal mechanism*

PENDAHULUAN

Pulau Timor merupakan salah satu wilayah di Nusa Tenggara Timur (NTT) yang terbentuk karena pengangkatan permukaan bumi di atas permukaan laut. Secara litologis pergerakan tektonik di pulau Timor yang berlangsung akibat pergerakan benua Australia ke utara dengan zona penunjaman condong ke

utara [1]. Pada waktu proses perbenturan inilah, sehingga terjadi pembentukan batuan campuran aduk. pengendapan formasi Noni, Haulasi dan formasi Ofu. penempatan batuan - batuan basa dan ultrabasa. pemalihan pada formasi Maubisse, Ailieu dan komplek Mutis. Hal senada di dapatkan berdasarkan hasil survei geologis di Indonesia termasuk Pulau Timor,

menunjukkan bahwa Pulau Timor struktur batuanya didominasi oleh hamparan batu kapur dan batu karang tua (atol) karena proses evolusi geologis yang berlangsung lama dan diakibatkan oleh terdesaknya di antara kedua lempengan yaitu lempengan Indo-Australia dan lempengan Eurasia, sehingga menyebabkan batuan karang tersebut cenderung bertumbuh ke atas [2].

secara fisiografis, Laut Timor hingga lepas pantai barat laut Australia termasuk ke dalam Cekungan Bonaparte dan bagian utara dari Cekungan Browse [3]. Sedangkan, di bagian utara dari kedua cekungan tersebut terdapat jalur Palung Timor yang merupakan zona subduksi, sehingga mengakibatkan wilayah Timor mengalami pengangkatan. Disamping itu, berdasarkan pada karakteristik seismotektoniknya, wilayah Pulau Timor termasuk pada Zona Busur Sangat Aktif dan Tepian Benua Aktif [4].

Proses tektonik akibat dari penunjaman yang terjadi dari pergerakan Lempeng Indo Australia, posisi Laut Timor adalah jalur subduksi ke arah utara, mengakibatkan Kepulauan Timor, sebagai lempeng benua, mengalami pengangkatan, perlipatan, dan pensesaran. Kegiatan tektonik yang berlangsung saat ini dicirikan dengan kejadian gempa tektonik yang melanda daerah pedalaman, akibat dari aktifnya sesar-sesar yang terdapat di perbukitan sekitar Kota Kupang [5, 6].

Pola perlipatan dan pensesaran dapat diketahui arahnya dengan melihat mekanisme sumber dari gempa bumi yang terjadi di pulau Timor dalam waktu yang lama.

Sejauh ini arah patahan dengan memetakan mekanisme sumber dari gempa bumi yang terjadi memang masih sedikit apalagi yang terjadi di pulau Timor dan menggunakan 3D mekanisme sumber oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah penentuan arah patahan yang terdapat di pulau timor dan sekitarnya menggunakan mekanisme sumber 3D gempa bumi.

Pada penelitian ini, penulis menggunakan data kegempaan tektonik diambil dari katalog *International Seismological Center (ISC)* dan *United States Geological Survey/National*

Eartquake Information Center (USGS/NEIC) periode 1965 – 2013.

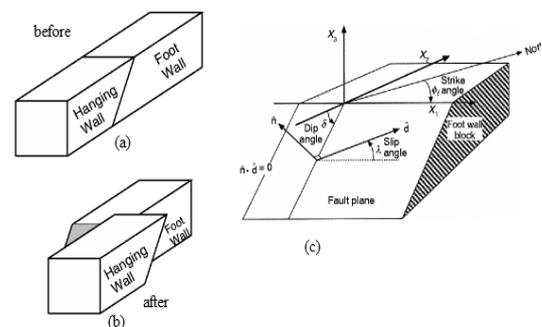
Mekanisme sumber

Mekanisme sumber atau solusi bidang patahan merupakan parameter penting dalam menentukan lokasi dan magnitudo dari patahan yang terjadi, serta menyimpulkan gaya dan arah *stress* pada daerah tertentu.

Geometri Patahan

Geometri patahan dapat digambarkan seperti **Gambar 1**, yang menggambarkan tiga parameter patahan yakni *strike*, *dip* dan *rake*. Orientasi bidang patahan (sesar) yakni:

1. *Strike* (ϕ) adalah sudut yang dibentuk oleh jurus sesar dengan arah utara. *Strike* diukur dari arah utara ke timur/searah jarum jam hingga jurus patahan ($0^\circ \leq \phi \leq 360^\circ$).
2. *Dip* (δ), adalah sudut yang dibentuk oleh bidang sesar dengan bidang horizontal, dan diukur pada bidang vertikal yang arahnya tegak lurus jurus patahan ($0^\circ \leq \delta \leq 90^\circ$).
3. *Rake* atau *Slip* (λ), adalah sudut pergerakan *hanging-wall* terhadap *strike* ($-180^\circ \leq \lambda \leq 180^\circ$). *Rake* berharga positif untuk sesar naik dan negatif untuk sesar turun.



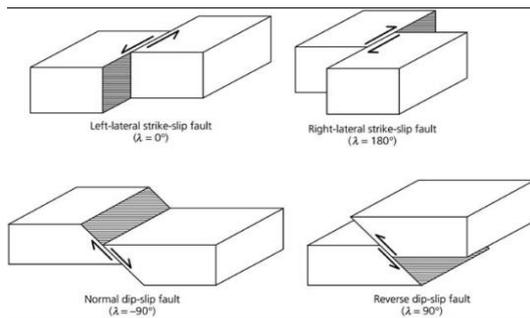
Gambar 1. parameter bidang patahan [7].

Patahan dan arah slip dapat berorientasi pada berbagai arah dan diberi nama relatif terhadap orientasi permukaan bumi (**Gambar 2**).

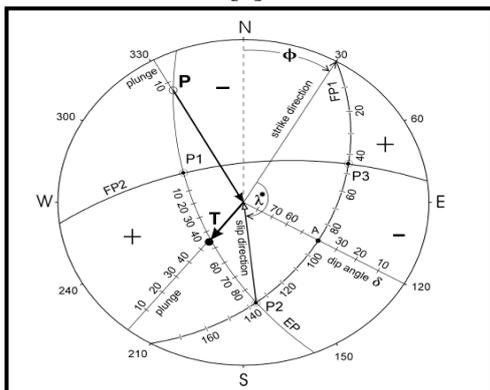
Orientasi patahan ini, secara umum dibagi menjadi empat bagian, yakni:

1. Gerakan sejajar jurus sesar, disebut bidang sesar mendatar atau *strike slip fault*. *Stress* yang terbesar adalah *stress* horizontal dan *stress* vertikal kecil sekali.

- Gerakan relatif ke bawah terhadap blok dasar, disebut bidang sesar turun/sesar *normal* atau *gravity fault*.
- Gerakan relatif ke atas terhadap blok dasar, disebut bidang sesar naik atau *thrust fault/reverse fault*
- Gerakan yang merupakan kombinasi dari gerakan bidang sesar mendatar dan gerakan relatif naik atau turun, disebut bidang sesar *oblique* atau *oblique fault*.



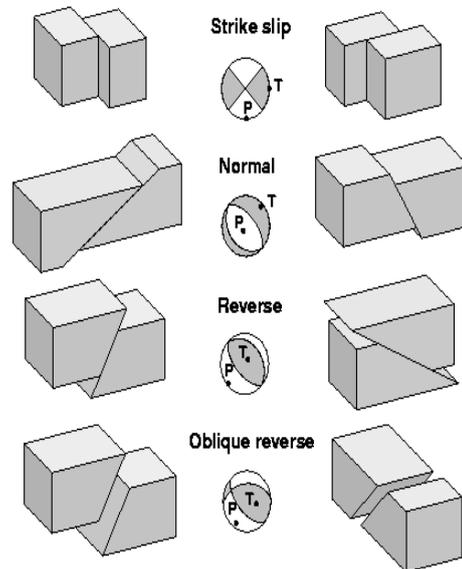
Gambar 2. Orientasi dasar dari bidang patahan [7].



Gambar 3. Penentuan *strike*, *dip*, *rake*, arah sumbu P dan arah sumbu T pada mekanisme sumber [8].

Pengeplotan data bidang sesar, dapat diwakili oleh parameter-parameternya, yaitu: *strike fault plane 1*, *dip fault plane 1*, *rake fault plane 1*, *strike fault plane 2*, *dip fault plane 2*, *rake fault plane 2*, *plunge* sumbu P, azimuth sumbu P, *plunge* sumbu P dan *azimut* sumbu P. *Strike* diukur searah jarum jam dari utara. *Dip* diukur dari tepi lingkaran proyeksi stereonet (*equal area projection*). Jarak sumbu P (dilatasi) atau sumbu T (kompresi) terletak di antara titik P1 dan P2. Arah sumbu P dan T dinyatakan dengan *plunge* dan *azimut*. *Plunge* diukur dari tepi lingkaran *equal area projection*, sedangkan *azimut* diukur searah

jarum jam dari utara **Gambar 3**. Beberapa contoh penyelesaian bidang sesar dan jenis-jenis sesarnya terlihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Mekanisme sumber dan jenis-jenis sesar [9].

METODE

Data gempabumi tektonik yang didapat katalog *ISC* dan *NEIC/USGS* dari 1965 - 2013 meliputi batas 123° - 126° BT dan $8,5^{\circ}$ - $10,7^{\circ}$ LS, kedalaman ≤ 1000 km, dan magnitudo m_b lebih besar dari 3. Data yang didapat dari katalog memiliki satu skala magnitudo yaitu magnitudo bodi (m_b). Oleh karena itu sebelum diolah, data tersebut dikonversi menjadi skala magnitudo momen (M_w) dengan menggunakan rumusan yang didapat dari pendekatan regresi linear [10]:

$$M_w = 0,85m_b + 1,03$$

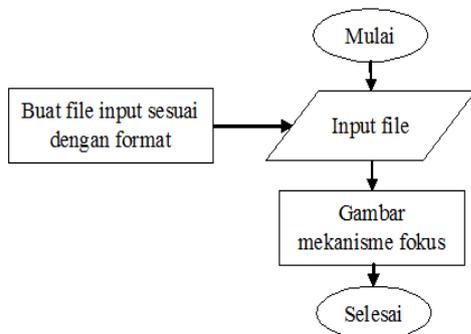
Data yang di dapat dari katalog berjumlah 1208 kejadian. Pengolahan data dengan software *Arc Gis 9.3* dan *ZMAP 6.0* guna mendapatkan peta seismisitas di pulau Tior dan sekitarnya.

Data mekanisme sumber yang didapat dari katalog *ISC* dan *USGS/NEIC* yang sudah terdapat parameter sesar seperti *strike*, *dip* dan *rake*, kemudian dibuat file input sesuai dengan format yang diminta (**Gambar 5**).

FID	Shape	id	latitude	longitude	strike	dip	rake	magnitude	depth	T_plunge	P_plunge
0	Point	1	-8.295	123.009	14	70	-18	5.7	39	2	27
1	Point	2	-8.865	124.049	149	18	5	5.8	106	44	41
2	Point	3	-7.99	124.23	134	38	-140	5.2	34.8	16	56
3	Point	4	-9.47	122.95	82	37	-131	5.6	64.1	14	63
4	Point	5	-7.85	123.36	6	78	7	5.9	39.8	13	4
5	Point	6	-8.01	122.53	195	19	34	5.3	232.6	53	32
6	Point	7	-8.51	124.23	91	71	108	6.5	15	14	13
7	Point	8	-9.23	124.12	72	64	28	5.7	58.6	36	2
8	Point	9	-8.13	122.58	351	79	-173	5.4	136.3	3	13
9	Point	10	-8.58	123.26	335	47	-159	5.1	64.7	17	42
10	Point	11	-9.24	123.92	227	11	45	5.1	44.9	52	37
11	Point	12	-9.38	122.75	67	51	-156	6.1	65.3	13	42
12	Point	13	-9.08	124.17	59	20	-54	5.4	92.6	28	60
13	Point	14	-8.05	123.39	16	80	7	5.2	29	12	2
14	Point	15	-8.08	123.47	9	81	-7	5.5	37.8	2	11
15	Point	16	-8.72	123.91	162	4	15	5.8	108.8	46	44

Gambar 5. File input pada software 3D Focal Mechanism.

Hitung mekanisme sumber pada Arc scene dengan mengatur parameter gempa bumi dan memplotnya (Gambar 6).



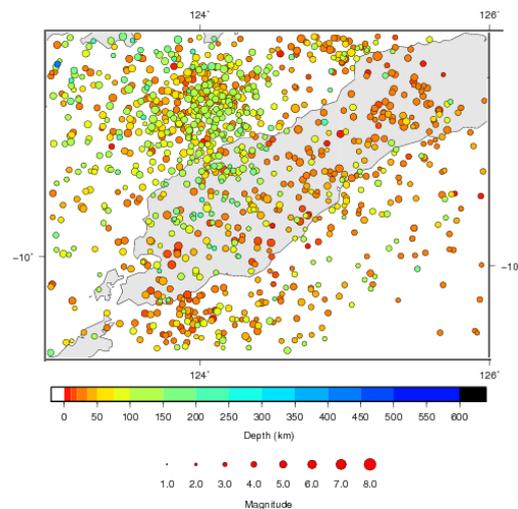
Gambar 6. Diagram alir pembuatan mekanisme sumber dengan 3D Focal Mechanism.

HASIL DAN PEMBAHASAN

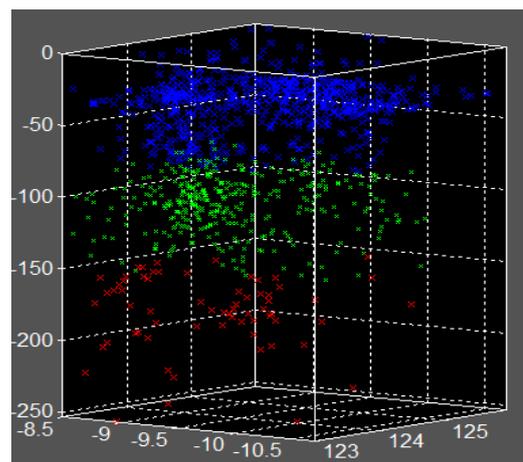
Peta penyebaran seismisitas seperti Gambar 7, menunjukkan pada daerah penelitian didominasi oleh gempa bumi dangkal (< 70 km) yang berada di pulau Timor dan gempa bumi sedang ($70 < h < 300$ km), di sekitar laut Sawu yang cenderung lebih rapat ke arah arah barat laut. Hal ini diduga berhubungan dengan pelepasan *stress* batuan yang terjadi di dalam zona subduksi lempeng dan aktivitas sesar aktif yang menjam dari arah tenggara pulau Timor ke arah barat laut (Gambar 8). Hal ini sebagaimana dikemukakan bahwa pulau Timor memiliki struktur geologi berupa lipatan dan sesar yang umumnya berarah barat laut – tenggara [11].

Penentuan orientasi bidang sesar dan pergerakannya, serta arah *stress* daerah sumber gempa bumi dapat dilakukan dengan mengetahui solusi mekanisme sumber dari

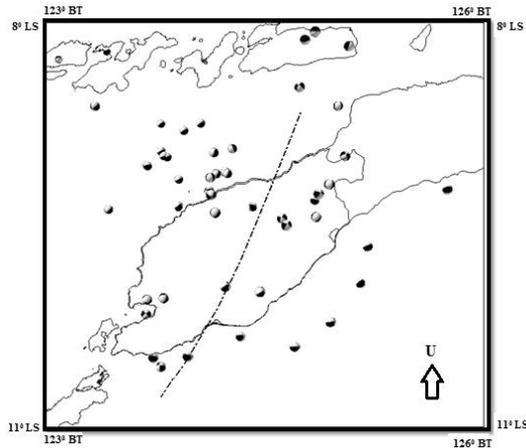
gempabumi tersebut. Gambaran mekanisme sumber gempa bumi yang terjadi disekitar pulau Timor dan sekitarnya, tepatnya pada wilayah $8,5^{\circ} - 10,7^{\circ}$ LS dan $123^{\circ} - 126^{\circ}$ BT, menggambarkan sesar normal (turun) sedikit oblige yang berarah ke barat laut sehingga menggambarkan secara langsung bahwa adanya penunjaman lempeng ke arah barat laut. Hal ini juga telah diprediksi sebelumnya bahwa terjadi tumbukan lempeng Indo-Australia yang menyusup di bawah lempeng Eurasia menuju barat laut [12] (Gambar 9).



Gambar 7. Peta seismisitas di pulau Timor dan sekitarnya periode 1965 – 2013 dari katalog ISC dan USGS/NEIC.

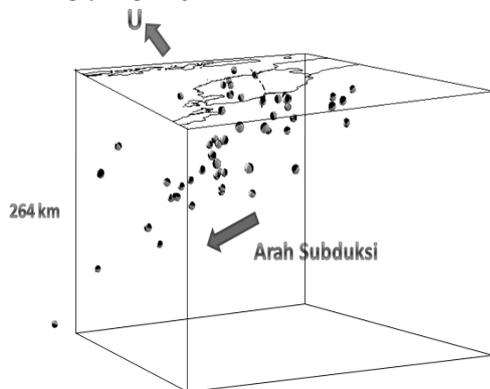


Gambar 8. Penampang 3 dimensi dari peta seismisitas di pulau Timor dan sekitarnya berdasarkan kedalaman dengan menggunakan ZMAP 6.0.



Gambar 9. Mekanisme sumber gempa bumi yang terjadi di sekitar Pulau Timor periode 1965-2013 tampak atas.

Sedangkan, jika dilihat secara tiga dimensi dengan adanya parameter kedalaman, maka akan terlihat adanya penunjaman lempeng Indo-Australia di bawah lempeng Eurasia yang dimulai di bawah pulau Timor dengan gempa-gempa dangkal, terus ke arah barat laut dengan gempa pada kedalaman sedang yang terjadi ($70 < h < 300$ km).



Gambar 10. Arah patahan yang terdapat di pulau Timor dengan menggunakan mekanisme sumber 3D pada gempa bumi tektonik 1965-2013.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian penentuan arah patahan yang terdapat di pulau Timor dan sekitarnya menggunakan mekanisme sumber 3D gempa bumi dapat disimpulkan bahwa gempa bumi yang terjadi di pulau Timor didominasi oleh gempa bumi dengan kedalaman dangkal (< 70 km) dan gempa bumi dengan kedalaman menengah ($70 < h < 300$ km) yang menyebar di bagian barat laut pulau Timor (sekitar laut Sawu) dengan mekanisme sumber

patahan adalah sesar normal. Dari hasil pengolahan dengan menggunakan 3D focal mechanism didapatkan bahwa arah patahan (sesar) yang ada adalah sebagai hasil penunjaman lempeng Indo-Australia di bawah lempeng Eurasia berarah barat laut.

SARAN

Adapun saran dari penelitian ini adalah perlu dilakukan analisis parameter seismisitas secara temporal dan spasial pada daerah Timor dan sekitarnya, serta data penelitian harus ditambah dengan data gempa bumi dari BMKG untuk tahun 2013 sampai seterusnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Katili, J.A., 1973, *Volcanism and Plate Tectonics in Indonesian Island Arc*, Tectonophys., v.26., p 165 – 188.
2. Hamilton, W.B., 1979, Tectonic of Indonesia Regions, *Geological Survey Profesional Paper 1078*, U.S. Govern. Printing Office, Washington.
3. Hardjono dan Satoto, W., 1996, New Concept for Hydrocarbon Exploration in The “Zone C” Timor Gap and Surrounding, Timor Sea, Indonesia. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan XXV IAGI*, Pertamina EP, Jakarta, h. 346 – 384.
4. Beca Carter Hollings, and Ferner Limited, 1979, *Indonesia Earthquake Study*, Laporan dalam mempersiapkan PPTGIUG 1983.
5. Rosidi H.M.D, dan Tjokrosapoetro, S., 1979, *Peta Geologi Lembar Kupang-Atambua, Timor, skala 1 : 250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
6. Rosidi H.M.D, dan Tjokrosapoetro, S., 1996, *Peta Geologi Lembar Kupang-Atambua, Timor, skala 1 : 250.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
7. Stein, S. And Wysession, 2003, *An Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure*, Balckwell Publishing, United Kingdom.
8. Bormaan, P., Baumbach, M., Bock, G., Grosser, H., Choy, G.L., and Boatwright, J., 2002, Seismic Sources and Source Parameters in IASPEI, *New Manual of*

- Seismological Observatory Practice (NMSOP)*, Volume I, GeoForschungs-Zentrum, Postdam, Germany.
9. USGS, 1996, <http://earthquake.usgs.gov/learn/topics/becchball.php>, diakses 20 Mei 2014.
 10. Schordilis, E. M., 2006, Empirical Global Relations Converting M_S and m_b to Moment Magnitude, *Journal of Seismology*, 225-236
 11. Noya, Y. dan Koesoemadinata, S., 1990, *Geologi lembar Lombok, Nusatenggara Timur*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
 12. Kristianto, Irianto, Suparan, R., dan Kusma, 1996, *Laporan Evaluasi Seismik Gunung Ili Boleng dan Gunung Ili Lewotolo*, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi