

DOI: doi.org/10.21009/03.SNF2017.02.EPA.16

ANALISIS PERUBAHAN POLA DEKLINASI PADA GEMPA BUMI SIGNIFIKAN ($M \geq 7.0$) WILAYAH SUMATERA

Indah Fajerianti^{1,a)}, Sigit Eko Kurniawan^{1,b)}

¹*Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
Jl. Perhubungan 1 No. 5, Pondok Betung, Pondok Aren, Tangerang Selatan, Kode Pos 15221*

Email: a) indahfajerianti@gmail.com, a) sigitekokurniawan@yahoo.com

Abstrak

Gempa bumi merupakan bagian dari proses dinamika tektonik. Proses tersebut terus terjadi sejalan dengan perubahan besar dan arah medan magnet bumi akibat variasi sekuler. Penelitian ini bertujuan untuk meninjau ada tidaknya perubahan pola deklinasi magnet bumi sebelum dan sesudah terjadinya gempa bumi signifikan ($M \geq 7.0$) wilayah Sumatera selama periode 1900 hingga 2015. Lokasi penelitian berada pada $6^\circ\text{LU} - 10^\circ\text{LS}$ dan $85^\circ - 110^\circ\text{BT}$. Data deklinasi yang digunakan berdasarkan model International Geomagnetic Reference Field 12 (IGRF 12) pada rentang 10 tahun sebelum dan sesudah terjadinya gempa bumi signifikan. Data parameter gempa bumi diperoleh dari katalog United States Geological Survey (USGS). Dari 41 kejadian gempa bumi signifikan yang tercatat, dipilih 8 kejadian gempa bumi untuk diteliti. Penelitian ini menggunakan analisis kualitatif dengan membandingkan perubahan pola deklinasi di lokasi dekat episenter gempa bumi dengan suatu titik yang dianggap tidak terpengaruh aktivitas kegempaan wilayah tersebut. Berdasarkan hasil analisis, teramati adanya perubahan pola deklinasi sebelum dan sesudah terjadinya gempa bumi signifikan yang diteliti.

Kata-kata kunci: magnet bumi, deklinasi, gempa bumi, Sumatera

Abstract

Earthquakes are part of the tectonic dynamic process. The process continues in line with changes in the magnitude and direction of the geomagnetic field due to the secular variety. This study aims to review whether there is any change in the pattern of the Geomagnetic declination before and after the occurrence of significant earthquakes ($M \geq 7.0$) in the Sumatra region during the period 1900 to 2015. The research location is at $6\text{N}-10\text{S}$ and $85-110\text{E}$. The declination data used in the study is based on the International geomagnetic 12 Reference Field (IGRF 12) model within 10 year time span before and after the occurrence of a significant earthquake. Earthquake parameter data are obtained from the catalog of United States Geological Survey (USGS). Forty-one significant earthquakes were recorded and 8 earthquakes are selected as the object of the study. This study uses qualitative analysis by comparing the change in the pattern of declination at a location near the epicenter of an earthquake with a point considered as the region affected by seismic activity. Based on the analysis, the change in declination patterns before and after the occurrence of a significant earthquake is found.

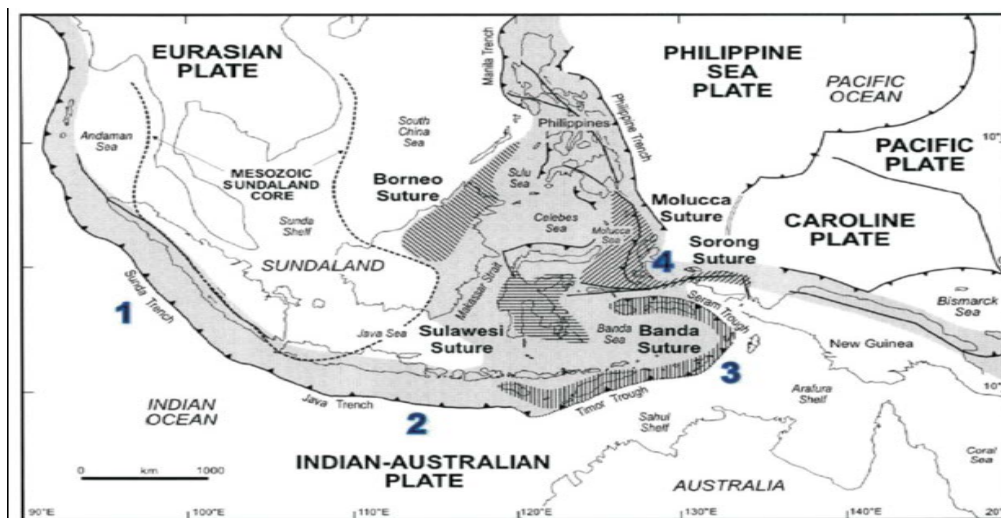
Keywords: geomagnetic, declination, earthquakes, Sumatra.

PENDAHULUAN

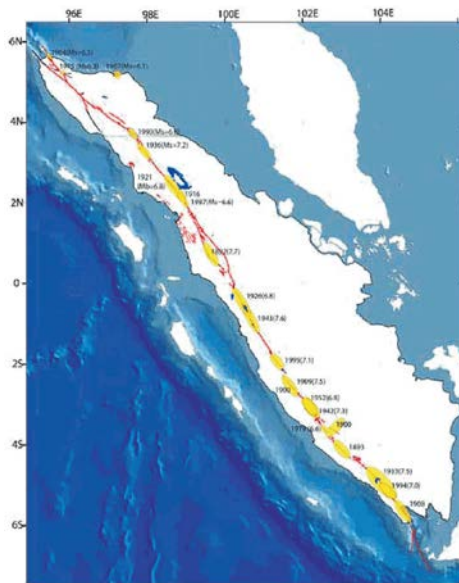
Pulau Sumatera merupakan produk geodinamika Busur Sunda. Perkembangan Busur Sunda dipengaruhi tatanan tektonik regional maupun lokal. Secara umum, sistem tektonik Pulau Sumatera dicirikan oleh tiga sistem tektonik, yaitu zona subduksi di sebelah barat Pulau Sumatera, Sesar Sumatera, dan Sesar Mentawai. Zona subduksi di sebelah barat Pulau Sumatera merupakan pertemuan antara Lempeng Eurasia dan Lempeng Indo Australia. Penunjaman ini berawal dari Sumba, Bali, Jawa, dan Sumatera sepanjang 3.700 km, serta berlanjut ke Andaman Nicobar dan Burma. Menurut Ibrahim, dkk [3], di sekitar Pulau Jawa dan Sumatera bagian Selatan, Lempeng Australia bergerak ke arah utara/timur laut sebesar 60-65 mm pertahun relatif terhadap Asia Tenggara. Pertemuan lempeng ini sering disebut zona *megathrust* di mana sudut slab yang terbentuk relatif landai di banding *megathrust* di selatan Jawa.

Sesar Sumatera sejajar dengan palung laut di sebelah barat Sumatera. Sesar ini memiliki panjang sekitar 1.900 km. Sesar tersebut memanjang dari ujung Aceh hingga ke Teluk Semangko di Lampung. Sesar Sumatera terbagi ke dalam beberapa segmen sesar dan sedikitnya terdapat 19 segmen. Sembilan belas segmen tersebut yakni Segmen Sunda, Segmen Semangko, Segmen Kumering, Segmen Manna, Segmen Musi, Segmen Ketaun, Segmen Dikit, Segmen Siulak, Segmen Suliki, Segmen Sumani, Segmen Sianok, Segmen Barumon, Segmen Angkola, Segmen Toru, Segmen Renun, Segmen Tripa, Segmen Aceh, dan Segmen Seulimeum. Menurut Ibrahim, dkk [3], kecepatan gerak sesar antara 0,9-4,0 cm pertahun, dan pada umumnya kecepatan di bagian utara lebih besar dibanding di bagian selatan. Beberapa pergerakan Sesar Sumatera ditandai dengan pergerakan mendatar membuka yang membentuk cekungan, terban, seperti cekungan Ombilin, Laut Tawar, Danau Singkarak, Danau Ranau di sepanjang bukit barisan.

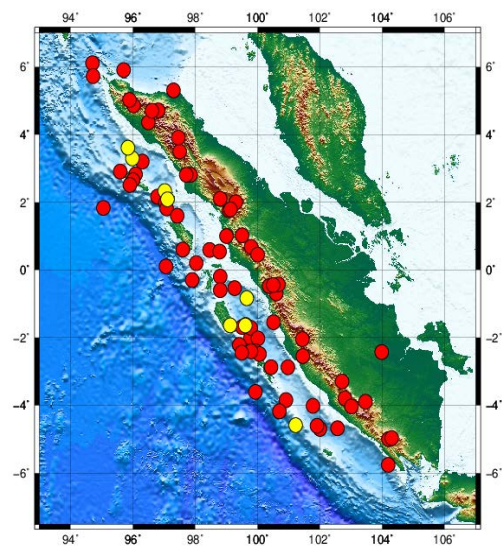
Rangkaian sistem tektonik yang kompleks ini membuat tingkat aktivitas seismik di wilayah Sumatera cukup tinggi. Hal ini menyebabkan Pulau Sumatera rawan terhadap gempa bumi. Berdasarkan katalog gempa bumi signifikan dan merusak Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), setidaknya sudah terjadi 98 gempa bumi signifikan dan merusak dari tahun 1821 hingga 2013 di sekitar Sumatera. Empat belas diantaranya merupakan gempa bumi yang mengakibatkan terjadinya tsunami, termasuk Gempa Bumi Aceh 26 Desember 2004. Peta gempa bumi signifikan dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 1. Peta Struktur Tektonik Indonesia dan Asia Tenggara [7].



Gambar 2. Peta Segmen Sesar Sumatera [2]



Gambar 3. Peta Kejadian Gempabumi Signifikan dan Merusak Wilayah Sumatera 1821-2013 [1]

Studi tentang kemagnetan bumi memberikan kontribusi yang penting terhadap rekonstruksi pergerakan tektonik lokal dan regional [9]. Studi paleomagnetik menunjukkan bahwa dipol (kutub magnet) bumi telah mengalami pembalikan di masa lalu, dan ini menjadi bukti penting dalam menentukan gerakan lempeng tektonik [5]. Perubahan medan magnet dari waktu ke waktu disebut variasi sekuler. Variasi ini dicatat di berbagai tempat di bumi dan dimodelkan estimasi nilainya sesuai perubahan tahunan medan magnet bumi yang disebut *International Geomagnetic Reference Field (IGRF)*.

Dengan melakukan penelitian ini, penulis akan menganalisis keterkaitan antara terjadinya gempa bumi signifikan ($M \geq 7$) dengan perubahan besar dan arah medan magnet akibat variasi sekuler. Variasi sekuler yang ditinjau adalah arah komponen horizontal magnet bumi yaitu sudut deklinasi.

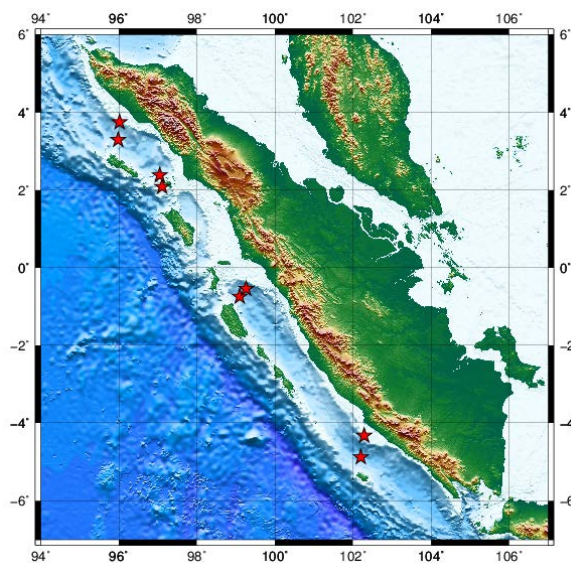
METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data sudut deklinasi dari model *International Geomagnetic Reference Field (IGRF)* 12 yang diperoleh dari geomagnetic calculator oleh *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)* yang diakses melalui <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag/web/?model=igrf#igrfgrid>. Data diunduh pada wilayah penelitian, yaitu Sumatera, dengan koordinat penelitian $6^{\circ}\text{LU} - 10^{\circ}\text{LS}$ dan $85^{\circ} - 110^{\circ}\text{BT}$ dengan interval masing masing grid 1° . Data deklinasi model IGRF hanya berubah terhadap tahun, sehingga hanya diambil satu sampel data per tahun. Sampel data yang diunduh yakni pada 1 Januari pukul 00.00 UTC setiap tahun. Data yang diunduh berada pada rentang waktu 10 tahun sebelum dan sesudah terjadi gempa bumi signifikan yang ingin diteliti perubahan pola deklinasinya.

Data parameter gempa bumi diperoleh dari Katalog *United States Geological Survey (USGS)* yang diakses melalui <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search> dengan memilih magnitudo minimum $M 7,0$ pada rentang koordinat penelitian dalam kurun waktu 1900 hingga 2015. Dari katalog tersebut, terdapat 41 kejadian gempa bumi signifikan dan dipilih 8 kejadian dengan lokasi yang relatif berdekatan untuk dibandingkan perubahan pola deklinasinya. Parameter kejadian 8 gempa bumi yang akan diteliti ditampilkan pada Tabel 1 dengan lokasi episenter ditunjukkan pada gambar 4.

Tabel 1. Parameter Gempa Bumi Signifikan Yang Akan Diteliti Berdasarkan Data Katalog USGS

No.	Tanggal	Waktu (UTC)	Lintang (°)	Bujur (°)	Kedalaman (km)	Mag.	Jenis Magnitudo
1.	08 Mei 1946	05:20:27,0	0,746 LS	99,096 BT	35	7,3	Mw
2.	08 April 1971	07:45:59,0	4,33 LS	102,285 BT	75	7	Mw
3.	01 Oktober 1975	03:29:58,9	4,882 LS	102,198 BT	33	7	Ms
4.	01 April 1998	17:56:23,4	0,544 LS	99,26 BT	55,7	7	Mwc
5.	26 Desember 2004	00:58:53,4	3,295 LU	95,982 BT	30	9,1	Mw
6.	28 Maret 2005	16:09:36,5	2,085 LU	97,108 BT	30	8,6	Mww
7.	06 April 2010	22:15:01,6	2,383 LU	97,04 BT	31	7,8	Mwc
8.	09 Mei 2010	05:59:41,6	3,748 LU	96,018 BT	38	7,2	Mwc



Gambar 4. Peta Episenter Gempa Bumi Signifikan Yang Akan Diteliti. Episenter gempa bumi ditunjukkan dengan bintang berwarna merah.

Perbandingan pola deklinasi sebelum dan sesudah terjadinya gempa bumi signifikan menggunakan pola dari titik grid yang dekat dengan lokasi episenter gempa bumi dan titik grid yang pada sekitarnya tidak terjadi gempa bumi signifikan dalam waktu 100 tahun atau yang disebut titik normal. Perbandingan pola titik di sekitar gempa bumi dilakukan terhadap titik normal pertama yang memiliki lintang yang sama dengan bujur yang berbeda. Selanjutnya dilakukan perbandingan dengan titik kedua dengan bujur yang sama dengan lintang yang berbeda.

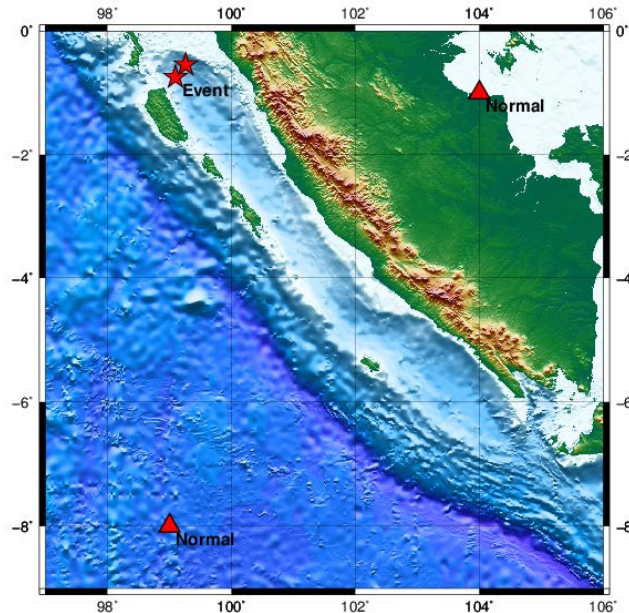
Data deklinasi dari ketiga titik diplot menggunakan *microsoft office excel* untuk menghasilkan grafik pola deklinasi. Berdasarkan pola deklinasi ketiga titik tersebut, dilakukan perbandingan dan analisis secara kualitatif terhadap ada tidaknya perubahan pola deklinasi sebelum dan sesudah gempa signifikan terjadi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gempa Bumi 8 Mei 1946 dan 1 April 1998

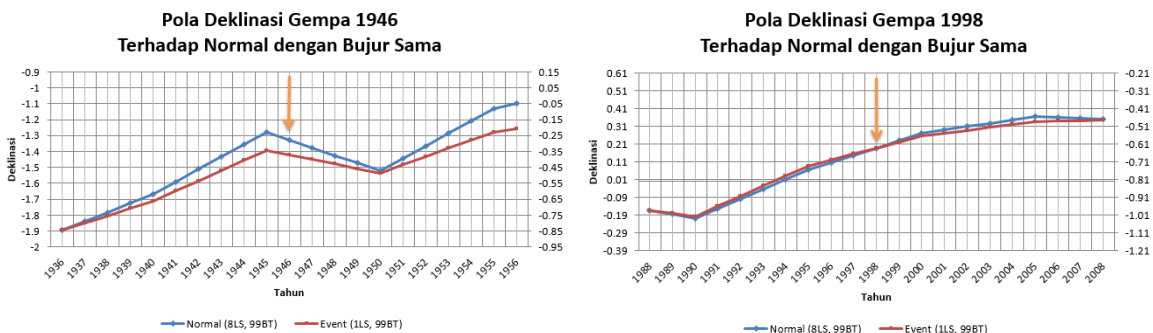
Gempa bumi 8 Mei 1946 dan 1 April 1998 terjadi pada episenter yang cukup berdekatan. Jarak antarepisenter kedua gempa ini kurang dari 1°. Gempa bumi 8 Mei 1946 terjadi pada 5:20:27 UTC dengan episenter 0.746 LS, 99.096 BT dan kedalaman 35 km. Sedangkan gempa bumi 1 April 1998 terjadi pada 17:56:23 UTC dengan episenter 0.544 LS, 99.261 BT dan kedalaman 55.7 km.

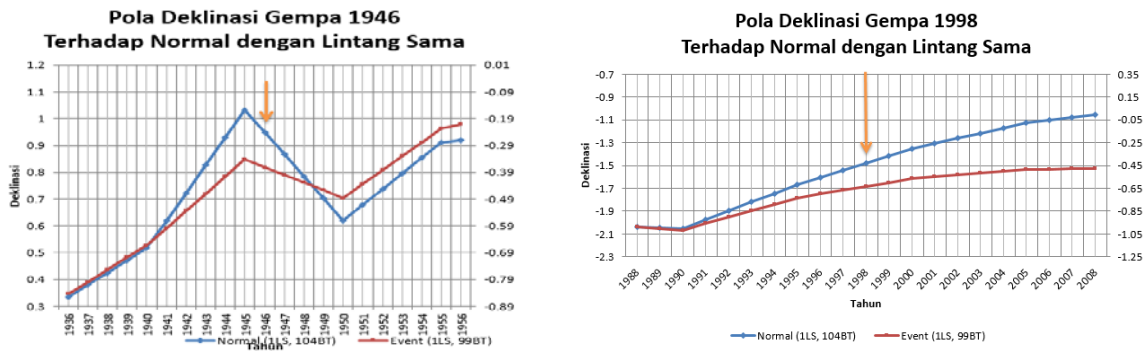
Untuk menggambarkan grafik pola deklinasi gempa bumi 8 Mei 1946 dan 1 April 1998, digunakan titik rujukan yang terdekat dengan episenter, yaitu 1 LS, 99 BT. Grafik pola deklinasi tersebut dibandingkan dengan titik normal yang bervariasi terhadap lintang dan bujur. Titik normal pertama terletak pada koordinat 8 LS, 99 BT. Titik normal kedua berada pada 1 LS, 104 BT. Posisi letak kedua titik normal tersebut terhadap gempa bumi dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Posisi Titik Normal Terhadap Episenter Gempa Bumi 8 Mei 1946 dan 1 April 1998

Hasil perbandingan pola deklinasi gempa 1946 terhadap titik normal dengan bujur yang sama menunjukkan perubahan pada tahun 1938. Perubahan pola terjadi 2 tahun setelah pola awal pada tahun 1936 atau 8 tahun sebelum gempa terjadi. Perbandingan pola deklinasi gempa bumi 1946 terhadap titik normal dengan lintang yang sama perubahan terjadi mulai 1940. Hasil perbandingan pola deklinasi gempa bumi 1998 terhadap titik normal dengan lintang yang sama menunjukkan perubahan pada tahun 1990. Perubahan pola terjadi 2 tahun setelah pola awal pada tahun 1988 atau 8 tahun sebelum gempa terjadi. Perbandingan pola deklinasi gempa bumi 1946 terhadap titik normal dengan bujur yang sama perubahan terjadi tidak terlalu nampak. Perbandingan pola deklinasi dapat dilihat pada gambar 6.





Gambar 6. Perbandingan Pola Deklinasi Gempa Bumi 8 Mei 1946 dan 1 April 1998 Terhadap Titik Normal Dengan Bujur dan Lintang yang Sama

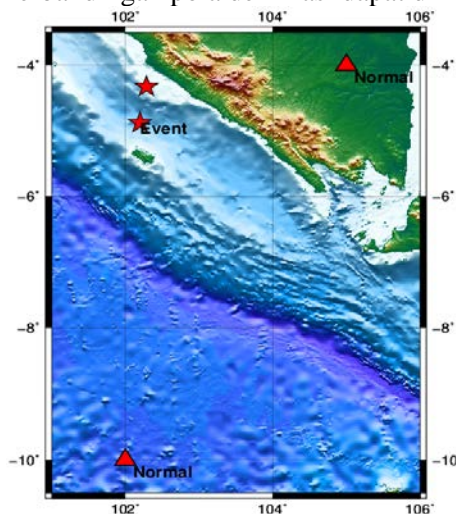
Gempa Bumi 8 April 1971 dan 1 Oktober 1975

Dilihat dari lokasi dan waktu terjadinya, gempa bumi 8 April 1971 dan 1 Oktober 1975 sangat berdekatan. Gempa bumi 8 April 1971 terjadi pada pukul 7:45:59 UTC, selang 4 tahun kemudian terjadi gempa bumi pada 1 Oktober 1975 pukul 3:29:59 UTC. Gempa bumi 8 April 1971 memiliki episenter 4.33 LS, 102.285 BT dengan kedalaman 75 km dan gempa bumi 1 Oktober 1975 memiliki episenter 4.882 LS, 102.198 BT dengan kedalaman 33 km. Kekuatan kedua gempa bumi tersebut relatif sama dengan gempa bumi 1971 sebesar Mw 7 dan 1975 sebesar Ms 7.

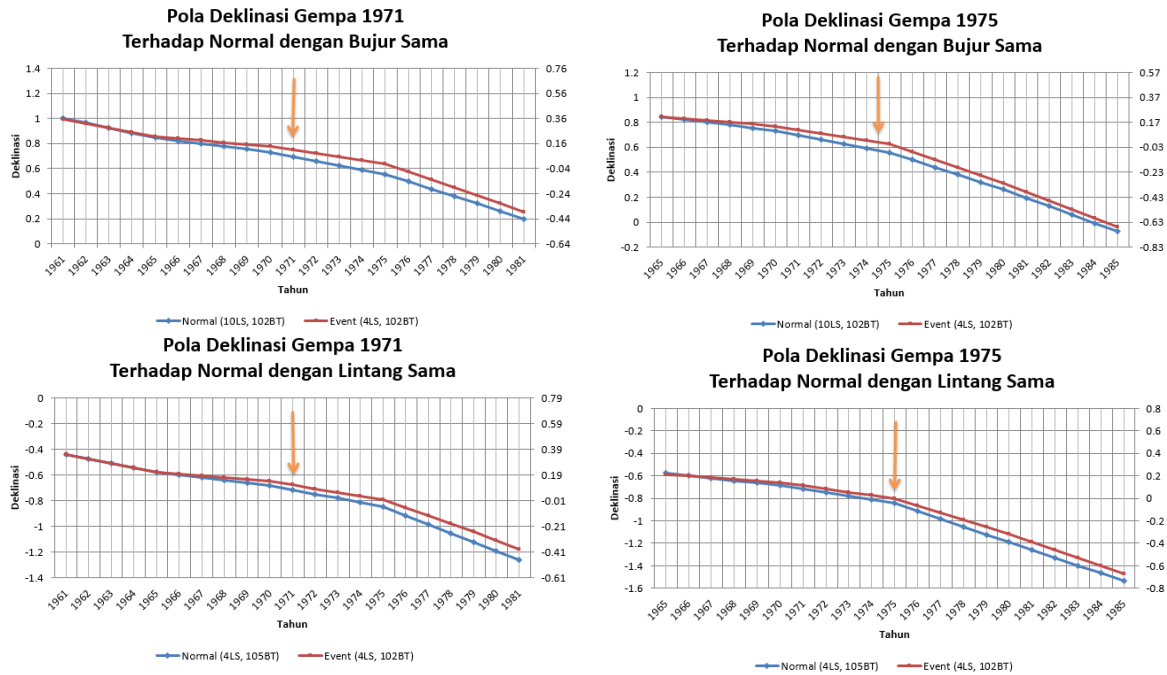
Untuk menggambarkan grafik pola deklinasi Gempa Bumi 8 April 1971 dan 1 Oktober 1975 digunakan titik rujukan yang terdekat dengan episenter, yaitu 4 LS, 102 BT. Grafik pola deklinasi tersebut dibandingkan titik normal yang bervariasi terhadap lintang dan bujur. Titik normal pertama terletak pada koordinat 10 LS, 102 BT. Titik normal kedua berada pada 4 LS, 105 BT. Posisi letak kedua titik normal tersebut terhadap gempa bumi dapat dilihat pada gambar 7.

Hasil perbandingan pola deklinasi pada Gempa Bumi 8 April 1971 terhadap titik normal dengan lintang yang sama menunjukkan perubahan pola deklinasi pada tahun 1968. Perubahan tersebut terus berlanjut hingga gempa 1971. Jika dibandingkan terhadap titik normal dengan bujur yang sama, perubahan pola deklinasi terjadi mulai tahun 1966 atau tepatnya 5 tahun sebelum terjadinya gempa.

Hasil perbandingan pola deklinasi pada 1 Oktober 1975 terhadap titik normal dengan bujur yang sama menunjukkan perubahan pada 8 tahun sebelum terjadinya gempa atau pada tahun 1968. Perbandingan terhadap titik normal dengan lintang yang sama menunjukkan perubahan pada tahun 1969 atau 6 tahun sebelum terjadinya gempa bumi. Perbandingan pola deklinasi dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 7. Posisi Titik Normal Terhadap Episenter Gempa Bumi 8 April 1971 dan 1 Oktober 1975



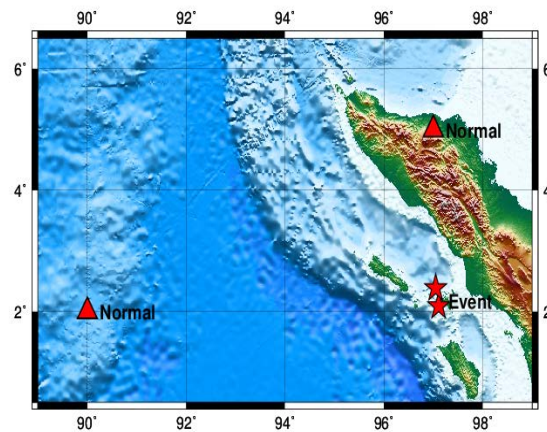
Gambar 8. Perbandingan Pola Deklinasi Gempa Bumi 8 April 1971 dan 1 Oktober 1975 Terhadap Titik Normal Dengan Bujur dan Lintang yang Sama

Gempa bumi 28 Maret 2005 dan 6 April 2010

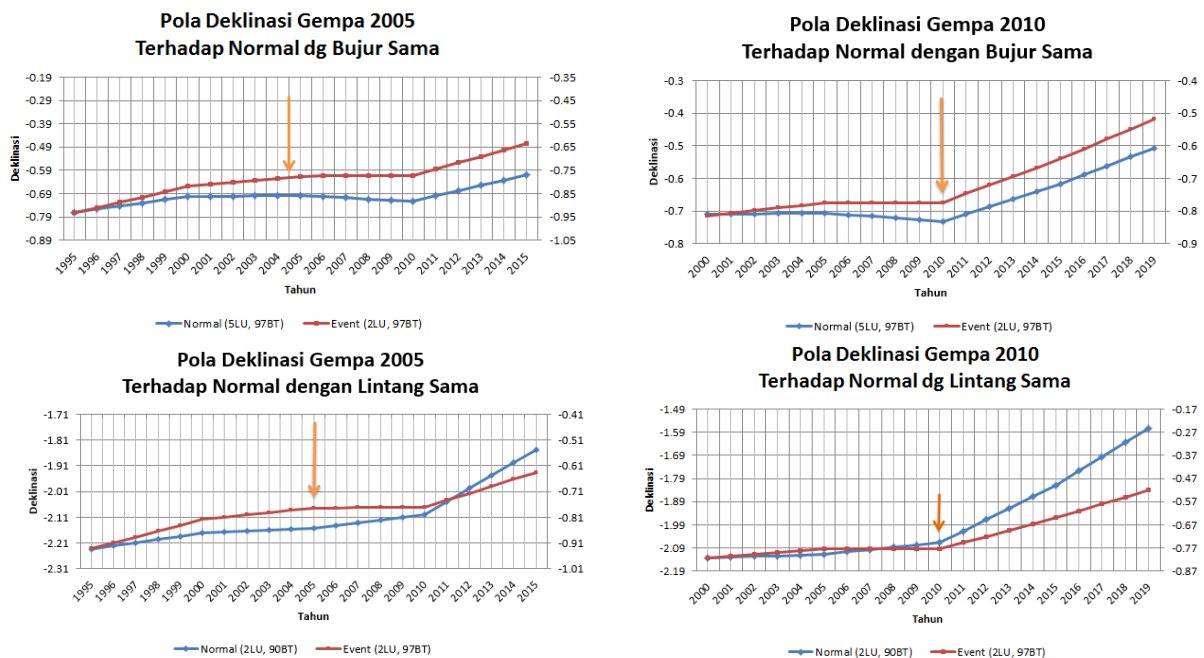
Gempa bumi 28 Maret 2005 dan 6 April 2010 terjadi dalam waktu relatif berdekatan. Gempa bumi terjadi pada 28 Maret 2005 pukul 16:09:37 UTC dan berselang 5 tahun kemudian terjadi gempa bumi pada 6 April 2010 pada pukul 22:25:02 UTC. Kedua gempa bumi ini memiliki hipocenter yang berdekatan kurang dari 0.5° dengan gempa bumi 2005 berada pada 97.108 BT, 2.085 LU, kedalaman 30 km, sedangkan gempa bumi 2010 berada pada 97.048 BT, 2.383 LU, kedalaman 31 km. Kekuatan keduanya cukup berbeda, gempa 2005 memiliki kekuatan Mww 8.6, sedangkan gempa bumi 2010 memiliki kekuatan Mwc 7.8.

Untuk menggambarkan grafik pola deklinasi 28 Maret 2005 dan 6 April 2010 digunakan titik rujukan terdekat dengan episenter, yaitu 97 BT, 2 LU. Grafik pola deklinasi tersebut dibandingkan titik normal yang bervariasi terhadap lintang dan bujur. Titik normal pertama terletak pada koordinat 97 BT, 5 LU. Titik normal kedua berada pada 90 BT, 2 LU. Posisi letak kedua titik normal tersebut terhadap gempa bumi dapat dilihat pada gambar 9.

Hasil perbandingan pola deklinasi Gempa bumi 28 Maret 2005 dengan titik normalnya dengan lintang yang sama menunjukkan perubahan pola deklinasi pada tahun 1997 atau 8 tahun sebelum terjadinya gempa bumi. Jika dilihat dari perbandingan dengan titik normal dengan bujur yang sama terdapat perubahan pola yang sama pada tahun 1997. Hasil perbandingan pola deklinasi Gempa bumi 6 April 2010 dengan terhadap titik normal dengan lintang yang sama menunjukkan perbedaan deklinasi sejak tahun 2003. Jika dibandingkan dengan pola deklinasi terhadap titik normal terhadap bujur, perubahan pola terlihat sejak 2002. Perbandingan pola deklinasi dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 9. Posisi Titik Normal Terhadap Episenter Gempa Bumi 28 Maret 2005 dan 6 April 2010



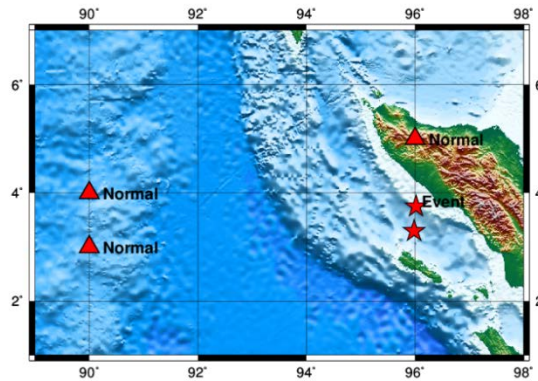
Gambar 10. Perbandingan Pola Deklinasi Gempa Bumi 28 Maret 2005 dan 6 April 2010 Terhadap Titik Normal Dengan Bujur dan Lintang yang Sama

Gempa bumi 26 Desember 2004 dan 9 Mei 2010

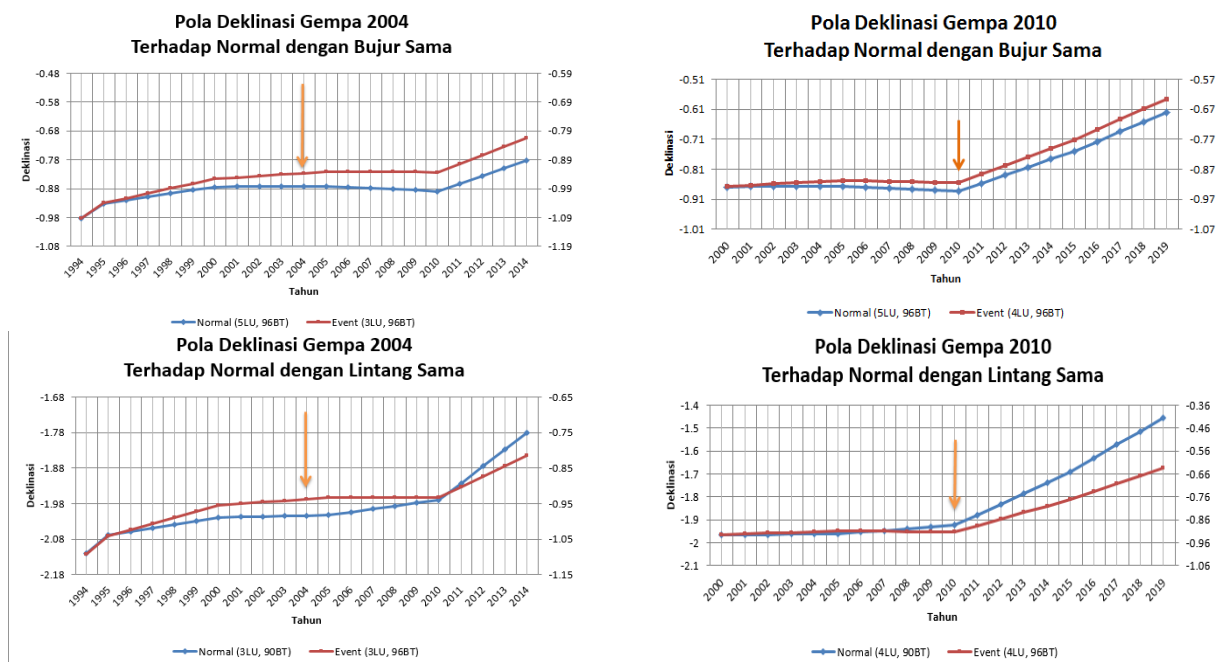
Gempa bumi 26 Desember 2004 terjadi pada pukul 12:58:53 UTC. Gempa bumi tersebut menjadi salah satu gempa bumi yang memiliki magnitudo terbesar yang pernah terjadi di bumi ini. Gempa yang berkekuatan Mw 9.1 ini terjadi pada koordinat 95.982 BT, 3.295 LU dengan kedalaman 30 km. Gempa bumi ini mengakibatkan tsunami yang menyapu pantai barat Sumatera, Thailand, Srilanka dan India. Berselang enam tahun sejak gempa bumi 26 Desember 2004, gempa bumi terjadi kembali di area yang tidak jauh dari lokasi gempa tersebut pada tahun 2010. Gempa bumi terjadi pada 9 Mei 2010 pukul 5:59:42 UTC dengan lokasi episenter 96.018 BB, 3.748 LU, kedalaman 38 km. Gempa bumi terjadi dengan kekuatan yang relatif lebih kecil yaitu sebesar Mwc 7.2.

Untuk menggambarkan grafik pola deklinasi Gempa bumi 26 Desember 2004 dan 9 Mei 2010 digunakan titik terdekat dengan episenter, yaitu 96 BT, 5 LU. Grafik pola deklinasi tersebut dibandingkan titik normal yang bervariasi terhadap lintang dan bujur. Titik normal pertama terletak pada koordinat 90 BT, 3 LU. Titik normal kedua berada pada 90 BT, 2 LU. Posisi letak kedua titik normal tersebut terhadap gempa bumi dapat dilihat pada gambar 11.

Hasil perbandingan pola deklinasi Gempa bumi 26 Desember 2004 terhadap titik normalnya yang lintangnya sama menunjukkan perubahan pola deklinasi pada tahun 1996 atau 8 tahun sebelum terjadinya gempa bumi. Jika dilihat dari perbandingan dengan titik normal dengan bujur yang sama terdapat perubahan pola yang sama pada tahun 1996. Hasil perbandingan pola deklinasi Gempa bumi 9 Mei 2010 terhadap titik normal dengan lintang yang sama menunjukkan perbedaan deklinasi sejak tahun 2008. Jika dibandingkan dengan pola deklinasi terhadap titik normal terhadap bujur, perubahan pola terlihat sejak 2002. Perbandingan pola deklinasi dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 11. Posisi Titik Normal Terhadap Episenter Gempa Bumi 26 Desember 2004 dan 9 Mei 2010



Gambar 12. Perbandingan Pola Deklinasi Gempa Bumi 26 Desember 2004 dan 9 Mei 2010 Terhadap Titik Normal Dengan Bujur dan Lintang yang Sama

SIMPULAN

Melihat hasil perbandingan pola deklinasi titik yang menjadi rujukan di dekat episenter gempa bumi signifikan di sekitar Sumatera terhadap titik normal yang telah divariasikan, baik dari lintang maupun bujurnya, teramati adanya perubahan pola deklinasi di sekitar lokasi terjadinya gempa bumi. Perubahan pola deklinasi teramati paling cepat 8 tahun dan paling lambat 2 tahun sebelum gempa bumi terjadi. Penyimpangan pola deklinasi terus berlanjut setelah gempa bumi terjadi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Panitia Seminar Nasional Fisika UNJ 2017 yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menimba ilmu dan pengalaman.

REFERENSI

- [1] Bidang Mitigasi Gempa Bumi dan Tsunami BMKG, *Katalog Gempa Bumi Signifikan dan Merusak Per Wilayah Tahun 1821-2013*, Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2014.
- [2] California Institute of Technology, 2007, *Great Sumatran Fault 2007MarEQ*, (online) <http://www.tectonics.caltech.edu/sumatra/2007MarEQ/fig1.gif>, (diakses 31 Maret 2017)
- [3] G, Ibrahim et al., *Tektonik dan Mineral Indonesia*, Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2010.
- [4] I, Purwana, *Geodinamika*, Tangerang Selatan: Akademi Meteorologi dan Geofisika, 2010,
- [5] M, Husni, *Magnet Bumi I*, Tangerang Selatan: Akademi Meteorologi dan Geofisika, 2010,
- [6] NOAA, 2017, Magnetic Field Calculators, (online) <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag/web/?model=igrf#igrfgrid>, (diakses 24 Maret 2017).
- [7] R. Hall, M.E.J. Wilson. "Neogene sutures in eastern Indonesia" in *Journal of Asian Earth Sciences* 18: UK, 2000.
- [8] USGS, 2017, Search Earthquake Archives, (online) <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search>, (diakses 24 Maret 2017).
- [9] Y,H, Perdana, dan S, Ahadi, 2016, "Analisis Gempa Bumi Signifikan ($M > 7,0$) di Wilayah Jawa Berdasarkan Perubahan Pola Deklinasi" dalam *Prosiding Workshop Pusat Sains Antariksa LAPAN Riset Medan Magnet Bumi dan Aplikasinya*: Bandung, 2016.