

ANALISIS ANOMALI SINYAL *ULTRA LOW FREQUENCY* BERDASARKAN DATA PENGUKURAN GEOMAGNETIK SEBAGAI INDIKATOR PREKURSOR GEMPABUMI WILAYAH LAMPUNG TAHUN 2016

Ulfa Wahyuningsih¹, Syamsurijal Rasimeng¹, Karyanto¹, Rudianto²

¹Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Universitas Lampung

²Badan Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika

Jl Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145

Jurusan Teknik Geofisika, FT UNILA

Email: ulfawahyuningsih3@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang analisis anomali sinyal pada spektrum frekuensi yang sangat rendah berdasarkan data pengukuran geomagnetik sebagai indikator prekursor gempabumi wilayah Lampung tahun 2016. Untuk mencapai tujuan penelitian dilakukan berdasarkan tahapan berikut ini (i) Perhitungan data medan magnet total; (ii) Analisis Tren Harian; (iii) Transformasi Fourier data Anomali Geomagnetik; (iv) Lokalisasi Frekuensi ULF ; (v) Perhitungan Ratio Vertikal-Horizontal (Polarisasi Ratio Z/H) ; (vi) Koreksi badai magnet atau *Disturbance Strom Time* (DST); (vii) Identifikasi Prekursor gempabumi; (viii) Penentuan *Onset Time*, *lead time*, dan arah prekursor. Hasil analisis sepuluh gempabumi dengan magnitudo diatas 5 Mw memiliki prekursor antara 11 sampai 30 hari sebelum terjadi gempabumi. Sembilan dari sepuluh gempabumi yang diteliti memiliki prekursor dan satu gempabumi yang tidak memiliki prekursor, hal ini dikarenakan jaraknya yang terlalu jauh dari stasiun MAGDAS di Liwa, Lampung Barat. Dengan demikian dapat diketahui bahwa prekursor menggunakan data magnetik tersebut dapat digunakan untuk melakukan prediksi jangka pendek.

ABSTRACT

Regional research had been done to analysis anomalies signal of ultra low frequency based on measurement data as an indicator of the geomagnetic earthquake precursor of lampung in 2016. To achieve purpose of the study conducted by the following steps: (i) Calculation of the total magnetic field of data; (ii) Daily Trend Analysis; (iii) the Fourier transform of the data Geomagnetic Anomaly; (iv) Localization Frequency ULF; (v) Calculation of Ratio Vertical-Horizontal (Polarization Ratio Z / H); (vi) Correction magnetic storms or *Disturbance Strom Time* (DST); (vii) the identification of earthquake precursors; (viii) Determination of *OnsetTime*, *leadtime*, and the direction of precursors. The results of the analysis of ten earthquakes with a magnitude above 5 MW have precursors between 11 to 30 days before an earthquake. Nine out of ten earthquakes studied had an earthquake precursors and precursors that do not have, this is because the distance is too far from the station Magdas in Liwa, West Lampung. Thus it can be seen that the precursor using the magnetic data can be used to make short-term predictions.

Keywords: *Earthquake Lampung region, ULF emissions, Precursors of earthquakes.*

I. PENDAHULUAN

Pulau Sumatera merupakan salah satu wilayah yang rentan terhadap bahaya gempabumi. Menurut (Sieh dan Nathawidjaja, 2000) salah satu penyebabnya yaitu karena adanya Sistem Sesar Sumatera atau *Sumateran Fault System (SFS)* yang berasosiasi dengan zona subduksi dan mengakomodasi sejumlah *strike-slip* secara signifikan pada batas lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia.

Sampai saat ini penelitian tentang tanda-tanda awal (prekursor) sebelum terjadinya gempabumi (*preseismic*) masih terus dikembangkan. Salah satu penelitian yang telah banyak dilakukan adalah penelitian yang menghubungkan fenomena gempabumi dengan medan elektromagnetik (EM) pada spektrum *Ultra Low Frequency*.

ULF ialah salah satu frekuensi sinyal magnetik yang berhubungan dengan adanya *even* seismik yang besar, dimana *range* frekuensi ini berkisar antara 0.01-10 Hz (Fraser, 1990). Sinyal *Ultra low Frequency* (ULF) diyakini dapat digunakan untuk memantau aktivitas kerak bumi, karena sinyal tersebut lebih mudah terdeteksi ke permukaan karena memiliki panjang gelombang yang lebih panjang sedangkan sinyal dengan frekuensi yang lebih tinggi akan terserap oleh medium (Yumoto, dkk, 2009).

Oleh karena itu, studi tentang prekursor gempabumi menggunakan data magnetik ini pada dasarnya penting dilakukan dalam mengembangkan usaha untuk mengurangi dampak dari gempabumi atau mitigasi bencana gempabumi dengan mengidentifikasi anomali sinyal *ULF* sebagai indikator adanya gempabumi.

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui parameter anomali sinyal ULF dikatakan sebagai indikator prekursor gempabumi.

2. Mengetahui waktu mula (*onset time*) peningkatan sinyal ULF sebelum terjadinya gempabumi.
3. Mengetahui arah yang menunjukkan episenter gempabumi dari anomali sinyal ULF yang terekam

II. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian ini mengamati sepuluh titik gempa dengan magnitudo > 5 Mw yang berada di wilayah Lampung pada tahun 2016, dimana titik-titik penelitian yang akan diamati tercatat pada stasiun gempabumi yang berada di Liwa, Lampung Barat. Lampung merupakan salah satu bagian dari Pulau Sumatera yang memiliki potensi gempabumi yang cukup tinggi. Pertemuan dari Lempeng Indo-Australia yang menunjam Lempeng Eurasia merupakan salah satu faktor penyebab wilayah ini seringkali mengalami gempabumi. Selain itu pertemuan kedua lempeng tersebut juga menyebabkan terbentuknya deretan gunungapi, Sistem Sesar Sumatera (*Sumatera Fault System*), serta pergerakan tanah di sepanjang sesar dari Aceh hingga Selat Sunda.

Terdapatnya sesar-sesar kecil di wilayah Lampung yang merupakan sesar orde dari sesar utama yang terbentang dari Aceh hingga ke Teluk Semangko menunjukkan bahwa daerah tersebut merupakan daerah yang rentan terhadap bahaya gempabumi.

III. TEORI DASAR

A. Teori Gempabumi

Dalam teorinya dijelaskan bahwa material pada sisi sesar yang mengalami pergerakan secara relatif akan terdeformasi, tapi sesar tersebut tidak dapat lolos dan terhindar dari *slip*, sehingga pada saat regangan (*strain*) yang terakumulasi pada batuan melebihi batas maksimumnya dan terjadi *slip* maka

energi tegangan (*stress*) akan dilepaskan secara tiba-tiba dan menghasilkan gempabumi.

B. Prekursor Gempabumi berdasarkan Fenomena EM

Prediksi gempabumi berdasarkan fenomena medan elektromagnetik pertama kali dilakukan dengan menggunakan metode VAN (*Varots-Alexopoulus-Nomicos*) di Yunani pada tahun 1980. Pada tahun 1990, Frasher-smith dan Hayakawa memperkenalkan teknik berupa polarisasi rasio (Z/H) pada satu stasiun untuk menentukan prekursor gempabumi dan dikoreksi dengan indeks gangguan magnet bumi. Kemudian, Yumoto dkk, (2009) memperkenalkan teknik baru dengan melakukan polarisasi dan komparisasi sinyal pada komponen H dan Z .

a. Peningkatan Emisi ULF Pada Patahan Batuan

1. Efek Elektrokinetik

Dalam teorinya, Fenoglio, dkk, (1995) menjelaskan bahwa efek ini muncul karena batuan mengalami perubahan tekanan yang disebabkan oleh deposit silika pada batuan tersebut sehingga menghasilkan aliran gangguan magnet bumi.

2. Efek Induksi

Menurut (Kovtun, 1980; Mogi, 1985) efek induksi adalah efek yang muncul akibat adanya aktivitas di sumber gempabumi (*focal zone*) yang menyebabkan perubahan pada konduktivitas geo-elektrik dan amplitudo pada gelombang elektromagnetik, *non-lithospheric*.

3. Efek *Micro-Fracturing*

Molchanov dan Hayakawa, (1995) menjelaskan bahwa emisi gelombang elektromagnetik dengan spektrum *Ultra Low Frequency* (ULF) yang terekam diasumsikan dapat mengalami peningkatan secara signifikan apabila terjadi patahan pada batuan.

C. Indeks *DST* (*Disturbance Strom Time*)

Indeks *Dst* merupakan parameter pendukung yang digunakan dalam mengukur intensitas badai magnetik dan *ring current*. Indeks *Dst* ini telah dihitung oleh WDC- C2 Kyoto, Jepang sejak tahun 1957 menggunakan data dari empat stasiun observasi pada garis lintang-lintang tengah dan lintang khatulistiwa di seluruh dunia.

Berdasarkan proyeksi garis lintang terhadap garis khatulistiwa pada komponen horizontal lokal dari medan magnet, indeks *Dst* negatif mencerminkan adanya badai magnetik, di mana ion positif yang dihasilkan selama badai berlangsung, mengarahkan arus listrik kearah barat.

D. *Single Station Transfer Function* (SSTF)

Fungsi transfer merupakan fungsi dari komponen bilangan kompleks Fourier yang didefinisikan sebagai sistem linier yang memiliki dua masukan (*input*) dan satu keluaran (*output*). Fungsi transfer tersebut dapat menyelesaikan suatu persamaan dari komponen X , Y , dan Z geomagnet. Koefisien dianggap invarian pada durasi tertentu dan fungsi transfer memiliki informasi tentang konduktivitas listrik di bawah tanah yang disebut dengan CA (*Conductivity Anomaly*).

Dengan menggunakan metode SSTF ini diharapkan dapat menunjukkan anomali beserta waktu munculnya prekursor gempabumi (*onset time*) sekaligus estimasi lokasi episenter gempabumi yang akan terjadi.

Sehingga besarnya arah sumber anomali magnet dirumuskan sebagai berikut :

$$\Delta Z(\omega) = A \cdot \Delta X(\omega) + B \cdot \Delta Y(\omega) \quad (2)$$

$$\tan \theta = \left(\frac{B}{A}\right) \quad (3)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{B}{A}\right) \quad (4)$$

Keterangan :

ΔZ : Kumpulan data magnet bumi pada komponen vertikal (nT)

ΔX : Kumpulan data magnet bumi pada komponen utara-selatan (nT)

ΔY : Kumpulan data magnet bumi pada komponen timur-barat (nT)

A : Konstanta koefisien data magnet bumi pada komponen utara-selatan

B : Konstanta koefisien data magnet bumi pada komponen timur-barat.

Untuk menentukan besarnya konstanta A dan B maka digunakan inversi linier, sebagai berikut :

$$d = G m \quad (5)$$

Keterangan :

d : Matriks data (nilai $\Delta Z(\omega)$)

G : Matriks kernel (nilai $\Delta X(\omega)$ dan $\Delta Y(\omega)$)

m : Matriks model ((nilai $A(\omega)$ dan $B(\omega)$)

$$\begin{bmatrix} \Delta Z1 \\ \Delta Z2 \\ \Delta Z3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X1 & \Delta Y1 \\ \Delta X2 & \Delta Y2 \\ \Delta Xn & \Delta Yn \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix} \quad (6)$$

Nilai A dan B dapat dicari dengan rumus :

$$m = [G^T G]^{-1} G^T d \quad (7)$$

IV. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Badan Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika (BMKG) Kotabumi, Lampung Utara dan Laboratorium Teknik Geofisika Universitas Lampung yang dilaksanakan pada tanggal 31 Januari 2017 sampai 21 Juni 2017.

B. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Komputer

2. Software *Matlab 2013*

3. Software *Ms. Excel 2013*

4. Software *Google Earth*

5. Data gempabumi wilayah lampung tahun 2016

6. Data MAGDAS stasiun Liwa.

C. Prosedur Penelitian

Langkah-langkah pengolahan data MAGDAS pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan analisis *trend* harian untuk mengurangi pengaruh akibat aktivitas geomagnet global seperti aktivitas Litosfer, Atmosfer, Ionosfer, serta *Solar Wind*.
2. Melakukan transformasi fourier atau *Fast Fourier Transform* (FFT) untuk mengubah data dari domain waktu ke domain frekuensi. FFT dihitung menggunakan rumus :
$$F(k) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)e^{-2\pi i k x} dx$$
3. Melakukan normalisasi nilai komponen fourier dengan menggunakan frekuensi Nyquist dengan *sampling rate* pada frekuensi 1 Hz.
4. Melakukan Polarisasi Rasio Z/H. Dimana indikator anomali gelombang EM ditunjukkan dengan adanya peningkatan nilai rasio komponen vertikal dengan horizontal (Z/H) yang melewati batas standar deviasi yang telah dibuat.
5. Melakukan koreksi anomali yang muncul dengan Indeks *Dst*.

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini data magnetik diolah menggunakan *software* MATLAB. Dilakukan Proses FFT (*Fast Fourier Transform*) untuk mengubah data dalam domain waktu menjadi data dalam domain frekuensi. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Karakelian, dkk., (2000) dalam (Ahadi, dkk., 2013) spektrum frekuensi yang berkaitan dengan aktivitas

seismogenik sebelum gempabumi terjadi (*preseismic*) berkisar antara 0,1 – 0,02 Hz dan pada penelitian ini digunakan frekuensi antara 0.022 – 0.012 Hz.

Sebelum melakukan analisis terhadap data *ULF*, terlebih dahulu dilakukan analisis terhadap indeks badai magnet satu bulan atau 30 hari sebelum gempabumi terjadi, hal ini dilakukan agar nantinya dapat ditandai anomali yang muncul akibat adanya badai magnet, sehingga anomali tersebut tidak perlu lagi dilakukan analisis untuk prekursor gempabumi. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Cerrato, dkk., 2004) aktivitas badai magnet dibagi menjadi tiga bagian yaitu, *massive strom* < -300nT, *strom* < - 50 nT, *severe strom* < - 30 nT.

A. Gempabumi 29 Maret 2016

Sebelum melakukan analisis sinyal *ULF* yang Pada bulan februari atau 30 hari sebelum gempa 29 maret 2016, terdapat badai magnet pada tanggal 1,3,17, dan 18 februari 2016. Apabila ada anomali yang muncul selain pada tanggal tersebut, maka anomali tersebut tidak berkaitan dengan adanya aktivitas badai magnet, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 1**.

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, hasil dari polarisasi rasio *Z/H* menunjukkan adanya anomali yang diindikasikan sebagai prekursor untuk gempabumi 29 Maret yaitu, pada tanggal 27 februari yang dilihat berdasarkan nilai yang melebihi standar deviasi dan memiliki azimuth yang mengarah ke episenter gempabumi, anomali tersebutpun muncul saat hari tenang atau tidak terjadi badai magnetik, sehingga dapat diindikasikan sebagai prekursor gempabumi.

Anomali yang diindikasikan sebagai prekursor ini memiliki azimuth sebesar 295.042° dan azimuth gempanya sendiri sebesar 318.62°, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2**, dimana panah biru merupakan azimuth dari anomali yang muncul dan panah merah merupakan

azimuth yang mengarah ke episenter gempabumi. Dan dapat dikatakan bahwa waktu mula (*onset time*) prekursor gempa 29 maret dengan magnitudo 5,3 Mw tersebut adalah tanggal 27 Februari sebesar -4.267 dengan durasi waktunya (*lead time*) selama 30 hari.

B. Gempabumi 10 April 2016

Pada bulan maret atau satu bulan sebelum gempa 10 april 2016, terdapat badai magnet pada tanggal 7 Maret 2016 yang dapat dilihat pada **Gambar 3**.

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, hasil dari polarisasi rasio *Z/H* menunjukkan adanya anomali yang diindikasikan sebagai prekursor untuk gempabumi 10 April yaitu, pada tanggal 26 Maret pada saat hari tenang atau tidak ada badai magnet.

Anomali yang diindikasikan sebagai prekursor ini memiliki azimuth sebesar 281.09° dan azimuth gempanya sebesar 289.33°, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4**. Dan dapat dikatakan bahwa kemunculan (*onset time*) gempa 10 April dengan magnitudo 5,2 Mw tersebut adalah tanggal 26 Maret sebesar 2.275 dengan durasi waktunya (*lead time*) selama 15 hari.

C. Gempabumi 02 Mei 2016

Pada bulan april atau satu bulan sebelum gempa 02 Mei 2016, terdapat badai magnet pada tanggal 3,8, 13, 14, dan 17 April 2016 yang dapat dilihat pada **Gambar 5**.

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, hasil dari polarisasi rasio *Z/H* menunjukkan adanya anomali yang diindikasikan sebagai prekursor untuk gempabumi 02 Mei yaitu, pada tanggal 20 April, dimana anomali tersebutpun muncul saat hari tenang atau tidak terjadi badai magnetik, sehingga dapat diindikasikan sebagai prekursor gempabumi.

Anomali yang diindikasikan sebagai prekursor ini memiliki azimuth sebesar 127.3° dan azimuth gempanya sebesar

114.23° seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 6**, maka waktu tiba (*onset time*) gempa 02 Mei dengan magnitudo 5,8 Mw tersebut diketahui pada tanggal 20 April sebesar 6.937 dengan durasi waktunya (*lead time*) selama 21 hari.

D. Gempabumi 18 Juni 2016

Pada bulan Juni badai magnet terjadi pada tanggal 6 Juni 2016 yang dapat dilihat pada **Gambar 7**. Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, hasil dari polarisasi rasio *Z/H* menunjukkan adanya anomali yang diindikasikan sebagai prekursor untuk gempabumi 18 Juni yaitu, pada tanggal 7 Juni.

Anomali yang diindikasikan sebagai prekursor ini memiliki azimut sebesar 273.881 dan azimut gempanya sebesar 302.55° seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 8**, maka waktu tiba (*onset time*) gempa 18 Juni dengan magnitudo 5,2 Mw tersebut diketahui pada tanggal 7 Juni sebesar -3.049 dengan durasi waktunya (*lead time*) selama 11 hari.

E. Gempabumi 11 Juli 2016

Pada bulan Juni badai magnet terjadi pada tanggal 6 Juni 2016 yang dapat dilihat pada **Gambar 9**. Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, hasil dari polarisasi rasio *Z/H* menunjukkan adanya anomali yang diindikasikan sebagai prekursor untuk gempabumi 11 Juli yaitu, pada tanggal 24 Juni.

Anomali yang diindikasikan sebagai prekursor ini memiliki azimut sebesar 279.9° dan azimut gempanya sebesar 279.83° seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 10**, maka dapat diindikasikan bahwa waktu tiba (*onset time*) gempa 11 Juli dengan magnitudo 5,2 Mw tersebut diketahui pada tanggal 24 Juni sebesar 7.104 dengan durasi waktunya (*lead time*) selama 17 hari.

F. Gempabumi 23 Juli 2016

Pada bulan Juli tidak terjadi badai magnet terjadi badai magnet, sehingga apabila ada anomali yang muncul pada bulan ini, maka anomali tersebut tidak berkaitan dengan adanya aktivitas badai magnet, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 11**.

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, hasil dari polarisasi rasio *Z/H* menunjukkan adanya anomali yang diindikasikan sebagai prekursor untuk gempabumi 23 Juli yaitu, pada tanggal 6 Juli.

Anomali yang diindikasikan sebagai prekursor ini memiliki azimut sebesar 216,8° dan azimut gempanya sebesar 239,45° seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 12**, maka dapat diindikasikan bahwa waktu tiba (*onset time*) gempa 23 Juli dengan magnitudo 5.0 Mw tersebut adalah tanggal 6 Juli sebesar -6.652 dengan durasi waktunya (*lead time*) selama 17 hari.

G. Gempabumi 5 Agustus 2016

Pada bulan Juli tidak terjadi badai magnet terjadi badai magnet, seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 11**.

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, hasil dari polarisasi rasio *Z/H* menunjukkan adanya anomali yang diindikasikan sebagai prekursor untuk gempabumi 5 Agustus yaitu, pada tanggal 16 Juli, dimana anomali tersebut pun muncul saat hari tenang atau tidak terjadi badai magnetik.

Anomali yang diindikasikan sebagai prekursor ini memiliki azimut sebesar 251,439° dan azimut gempanya sebesar 255.59° seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 13**, , maka waktu mula (*onset time*) gempa 5 Agustus dengan magnitudo 5,2 Mw tersebut adalah tanggal 16 Juli sebesar -8,479 dengan durasi waktunya (*lead time*) selama 20 hari.

H. Gempabumi 7 Agustus 2016

Pada bulan Juli tidak terjadi badai magnet terjadi badai magnet dimana lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 11**.

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, hasil dari polarisasi rasio Z/H menunjukkan adanya anomali yang diindikasikan sebagai prekursor untuk gempabumi 7 Agustus.

Anomali yang diindikasikan sebagai prekursor ini memiliki azimut sebesar $183,6^\circ$ dan azimut gempanya sebesar $167,3^\circ$ seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 14**, maka dapat diindikasikan bahwa waktu tiba (*onset time*) gempa 7 Agustus dengan magnitudo 5.2 Mw tersebut adalah tanggal 27 Juli sebesar 11.311 dengan durasi waktunya (*lead time*) selama 11 hari.

I. Gempabumi 12 Agustus 2016

Pada bulan Juli tidak terjadi badai magnet terjadi badai magnet, dimana untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 11**.

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, hasil dari polarisasi rasio Z/H menunjukkan adanya anomali yang diindikasikan sebagai prekursor untuk gempabumi 12 Agustus yaitu, pada tanggal 21 Juli.

Anomali yang diindikasikan sebagai prekursor ini memiliki azimut sebesar $141,497^\circ$ dan azimut gempanya sebesar $143,67^\circ$ seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 15**, maka dapat diindikasikan bahwa waktu tiba (*onset time*) gempa 12 Agustus dengan magnitudo 5.4 Mw tersebut adalah tanggal 21 Juli sebesar 3,867 dengan durasi waktunya (*lead time*) selama 22 hari.

J. Gempabumi 7 November 2016

Gempabumi yang terjadi pada tanggal 7 November 2016 memiliki magnitudo 6.1 Mw pada koordinat -8.11° hingga 104.76° dengan jarak dari episenter ke stasiun adalah 354.32 Km. Gempabumi tersebut terjadi dilaut pada kedalaman 24 Km.

Berdasarkan hasil pengolahan data magnetik, gempabumi tersebut tidak memiliki prekursor tanda awal terjadinya gempabumi. Hal ini ditandai dengan tidak ada sinyal ULF yang mengarah pada gempa

tersebut. Tidak adanya anomali kemungkinan dikarenakan jarak dari episenter gempa yang terlalu jauh ke stasiun Liwa, sedangkan gempa yang memiliki prekursor jarak episenternya lebih dekat dengan stasiun Liwa.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil dari analisis anomali sinyal ULF (*Ultra Low Frequency*) diketahui bahwa waktu terjadinya peningkatan sinyal ULF pada fase preseismik (frekuensi 0.012-0.022 Hz) ditandai dengan munculnya anomali pada analisis spektrum frekuensi atau polarisasi rasio Z/H .
2. Terdapatnya anomali sinyal ULF pada data magnetik ditandai dengan peningkatan nilai spektrum pada komponen Z/H atau peningkatan nilai polarisasi rasio Z/H pada data magnetik dari instrumen MAGDAS.
3. Berdasarkan sepuluh gempabumi yang telah diamati, sembilan diantaranya memiliki prekursor dari anomali sinyal ULF. Berikut merupakan hasil analisis anomali sinyal ULF yang berkaitan dengan gempabumi yang terjadi pada tahun 2016 dengan $M_w > 5$:
 - a. Gempabumi tanggal 29 Maret 2016 dengan M_w 5,3 memiliki *onset time* pada tanggal 3 Februari 2016 dan *lead time* selama 28 hari.
 - b. Gempabumi tanggal 10 April 2016 dengan M_w 5,7 memiliki *onset time* pada tanggal 26 Maret 2016 dan *lead time* selama 15 hari.
 - c. Gempabumi tanggal 2 Mei 2016 dengan M_w 5,8 memiliki *onset time* pada tanggal 20 April 2016 dan *lead time* selama 21 hari.

- d. Gempabumi tanggal 18 Juni 2016 dengan Mw 5,2 memiliki *onset time* pada tanggal 17 Mei 2016 dan *lead time* selama 30 hari.
 - e. Gempabumi tanggal 11 Juli 2016 dengan Mw 5,2 memiliki *onset time* pada tanggal 24 Juni 2016 dan *lead time* selama 25 hari.
 - f. Gempabumi tanggal 23 Juli 2016 dengan Mw 5,0 memiliki *onset time* pada tanggal 6 Juli 2016 dan *lead time* selama 17 hari.
 - g. Gempabumi tanggal 5 Agustus 2016 dengan Mw 5,2 memiliki *onset time* pada tanggal 16 Juli 2016 dan *lead time* selama 20 hari.
 - h. Gempabumi tanggal 7 Agustus 2016 dengan Mw 5,0 memiliki *onset time* pada tanggal 27 Juli 2016 dan *lead time* selama 11 hari.
 - i. Gempabumi tanggal 12 Agustus 2016 dengan Mw 5,4 memiliki *onset time* pada tanggal 21 Juli 2016 dan *lead time* selama 22 hari.
 - j. Gempabumi tanggal 7 November 2016 tidak memiliki prekursor dikarenakan jaraknya yang terlalu jauh dari stasiun pengukuran.
4. Selain untuk mengetahui anomali sinyal ULF, data magnetik dari instrumen MAGDAS juga dapat digunakan untuk mengetahui azimuth atau arah anomali yang mengarah ke episenter gempabumi yang jaraknya dekat dengan stasiun MAGDAS. Berdasarkan hasil penelitian dari data MAGDAS tahun 2016 terhadap Gempabumi wilayah Lampung tahun 2016, hanya ada satu dari sepuluh titik gempa yang tidak memiliki prekursor, yaitu gempa pada tanggal 7 November 2016, meskipun magnitudo gempa tersebut cukup besar namun jaraknya yang jauh menyebabkan tidak adanya prekursor yang mengarah pada gempa tersebut sehingga dapat disimpulkan bahwa jarak dan besarnya magnitudo juga mempengaruhi anomali sinyal ULF.

B. SARAN

Saran untuk pengembangan penelitian tentang prekursor gempabumi menggunakan data magnetik ini perlu adanya data pendukung dari stasiun magnetik lain sebagai stasiun referensi yang jaraknya dekat dengan stasiun pengamatan agar hasil yang diperoleh lebih akurat lagi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Rudianto sebagai pembimbing lapangan, serta Bapak Syamsurijal S.Si., M.Si dan Bapak Karyanto yang telah membimbing dan memberikan dukungan terhadap penyelesaian penelitian ini.

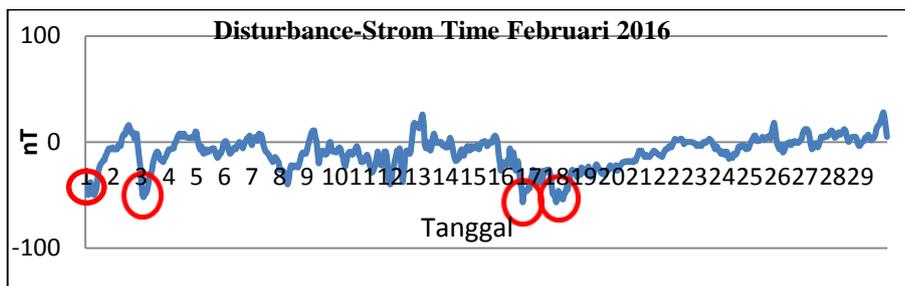
DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, A.K., Idarwati. dan Hastuti, E.W.D., 2015, *Penentuan Kawasan Rawan Gempabumi Untuk Mitigasi Bencana Geologi Di Wilayah Sumatera Bagian Selatan*, UNSRI.
- Afnimar., 2009, *Seismologi*, Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Ahadi, S., Puspito, N.T., Saroso, S., Ibrahim, G., Siswoyo. dan Suhariyadi., 2013, Prekursor Gempa Bumi Padang 2009 Berbasis Hasil Analisis Polarisasi *Power Rasio* Dan Fungsi Transfer Stasiun Tunggal, *Jurnal Ilmiah Geomatika*, Vol. 19 No. 1 Agustus 2013 : 49 – 56.
- Barber, A.J., Crow, M.J. dan Milsom, J.S., 2005, Sumatera: Geology, Resources and Tectonic Evolution, *The Geological Society*. London.
- Fajriyanto., Suyadi., Dewi, C. dan Meilano, I., 2013, Estimasi Laju Geser Dan Pembuatan Model Deformasi Di Selat Sunda Dengan Menggunakan GPS

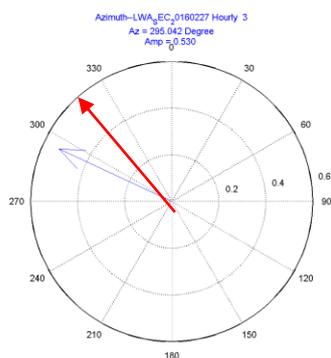
- Kontinyu, *Seminar Nasional Sains dan Teknologi V*, Lembaga Penelitian Universitas Lampung.
- Fenoglio, M.A., Johnston, M.J.S. dan Byerlee, J.D., 1995, Magnetic and electric fields associated with changes in high pore pressure in fault zones, Application to the Loma Prieta ULF emissions, *Journal Geophys.Res*, 100 (B7), 12951-12958.
- Frasher-Smith, A.C., Bernardi, A., McGrill, P.R., Ladd, M.E., Helliwell, R.A., dan Villard, G. Jr., 1990, Low-Frequency Magnetic Field Measurements Near The Epicenter Of The Ms. 7.1 Loma Prieta Earthquake, *Journal Geophysical Research Letter*, Vol. 17, No. 9, 1465-1468.
- Hattori, K., 2004, ULF Geomagnetic Changes Associated with Large Earthquake, *Journal Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences (TAO)*, Vol.15, No. 3, 329-360.
- Hattori, K., Serita, A., Yoshino, C., Hayakawa, M., Isezaki, N., 2006, Singular spectral analysis and principal component analysis for signal discrimination of ULF geomagnetic data associated with 2000 Izu Island Earthquake Swarm, *Proceeding Phys.Chem. Earth* 31, 281–291.
- Hayakawa, M., 1999, *Atmospheric and Ionospheric Electromagnetic Phenomena Associated with Earthquakes*, Tokyo : Terra Publishing Company.
- Hayakawa, M., Yumoto, K., Roeder, J.L., Koons, H.C. dan Hobar, Y., 2003, Characteristics of ULF magnetic anomaly before earthquakes, *Proceeding Physics and Chemistry of the Earth*, 29, 437-444.
- Ibrahim, G. dan Subarjo., 2005, *Pengetahuan Seismologi*. Jakarta : Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- Kopytenko, Y.A., Matishvili, T.G., Voronov, P.M. dan Mochanov, O.A., 1993, Detection of ultra-low-frequency emissions connected with the Spitak earthquake and its aftershock activity, based on geomagnetic pulsations data at Dusheti and Vardzia observatories, *Proceeding Phys. Earth Planet.Int.*, 77, 85-95.
- Kovtun, A.A., 1980, *Using of Natural Electromagnetic Field of the Earth under Studying of Earth's Electroconductivity*, Lenigrad University.
- McPherron, L.R., 1998, *Definition, Calculation, And Properties Of The Dst Index*, Colorado.
- Mogi, K., 1985, *Earthquake Prediction*, Academic Press, Hal. 355.
- Molchanov, O.A. dan Hayakawa, M., 1995, Generation of ULF electromagnetic emissions by microfracturing, *Proceeding Geophys. Res. Lett.* 22, 3091-3094.
- Molchanov, O.A. dan Hayakawa, M., 1998, On the generation of ULF seismogenic electromagnetic emissions, *Proceeding Phys. Earth Planet. Int.* 105,201-210.
- Mulyono, A., Ariwibowo, S. dan Iqbal, P., 2014, *Ilmu Kebumihan untuk Perlindungan Wilayah*, LIPI.
- Mursula, K., Holappa, L., dan Karinen, A., 2008. *Correct normalization of the Dst Index*. Finland.

- Prattes, G., Schwingenschuh, K., Eichelberger, H.U., Magnes, W., Boudjada, M., Stachel, M., Vellante, M., Villante, U., Wesztergom, V. dan Nenovski, P., 2011, Ultra Low Frequency (ULF) European multi station magnetic field analysis before and during the 2009 earthquake at L'Aquila regarding regional geotechnical information, *National Hazard Earth System Sciences*, 11, 1959-1968.
- Sieh, K. dan Natawidjaja, D., 2000, Neotectonics of Sumatra Fault, Indonesia, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 105, 28,295-28,326.
- Strein, S. dan Wyssession., 2003, *An Introduction to Seismology, earthquakes, and earth structure*, UK.
- Subakti, H., 2012, *Modul Prediksi Gempabumi*, Jakarta : Akademi Meteorologi Dan Geofisika.
- Yumoto, K., 2006, MAGDAS project and its application for space weather, *Journal Solar Influence on the Heliosphere and Earth's Enviroment : Resent Progress and Prospect*, 81-87099-40-2, (ISBN : 399-405).
- Yumoto, K., Ikemoto, S., Cardinal, M.G., Hayakawa, M., Hattori, K., Liu, J.Y., Saroso, S., Ruhimat, M., Husni, M., Widarto, D., Ramos, E., McNamara, D., Otadoy, R.E., Yumul, G., Ebor, R. dan Servando, N., 2009, A new ULF wave analysis for Seismo-Electromagnetic using CPMN/MAGDAS data, *Proceeding Physics and Chemistry of the Earth*, 34, 360-366.

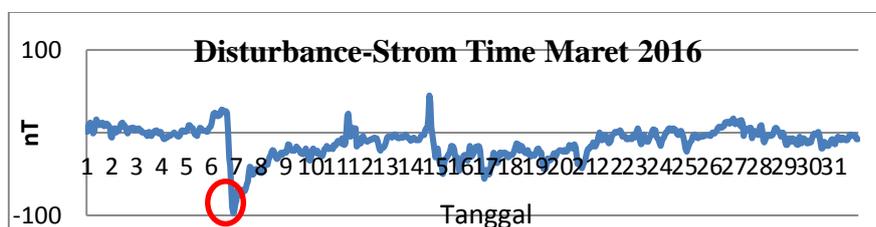
LAMPIRAN



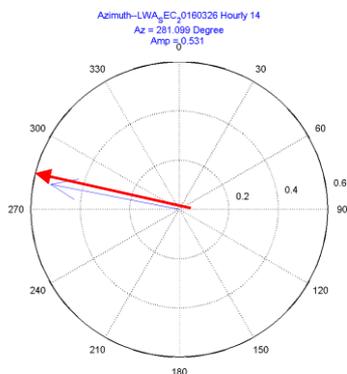
Gambar 1. Indeks *DST* Februari 2016



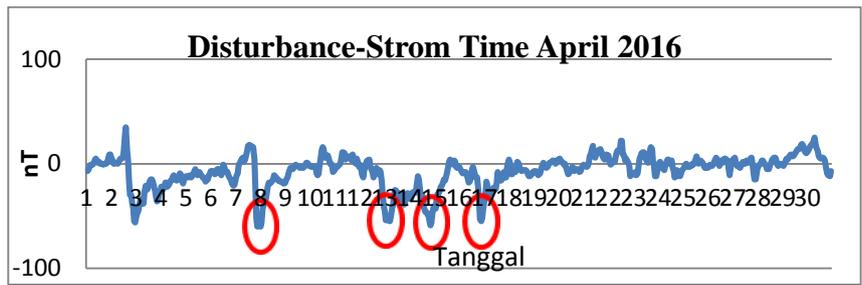
Gambar 2. Azimut Gempabumi 29 maret 2016



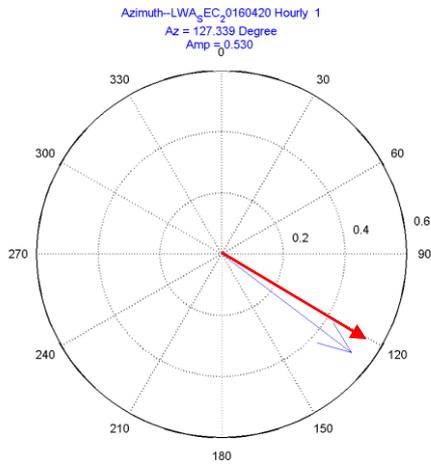
Gambar 3. Indeks *Dst* Maret 2016



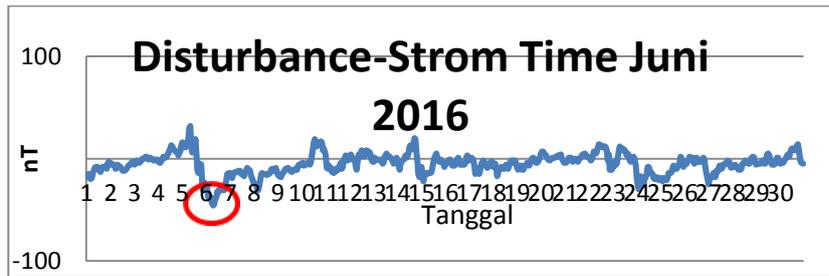
Gambar 4. Azimut Gempabumi 10 April 2016



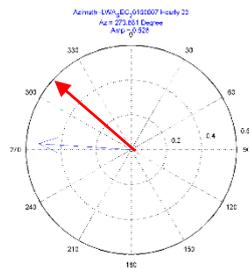
Gambar 5. Indeks *Dst* April 2016



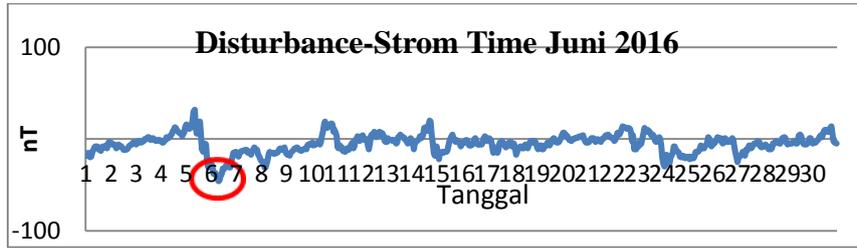
Gambar 6. Azimut Gempabumi 02 Mei 2016



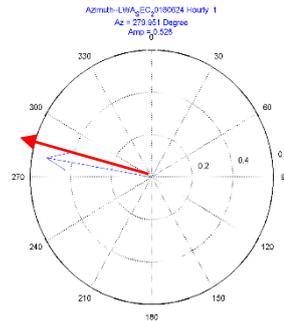
Gambar 7. Indeks *Dst* Juni 2016



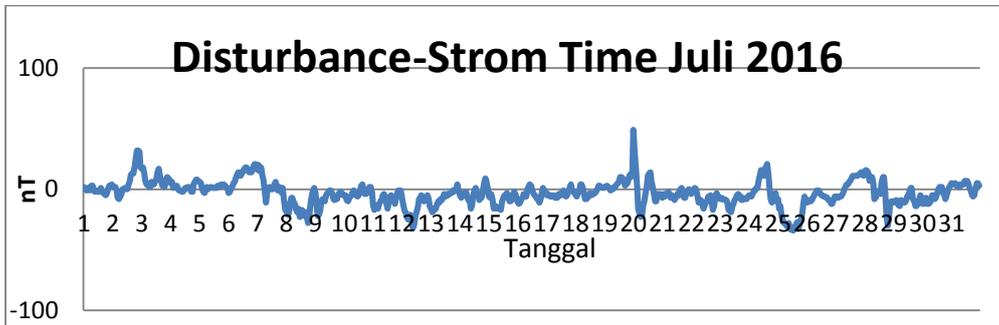
Gambar 8. Azimut Gempabumi 18 juni 2016



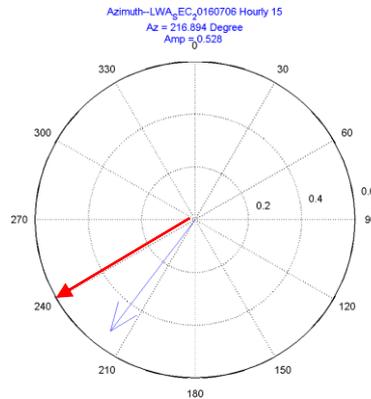
Gambar 9. Indeks *Dst* Juni 2016



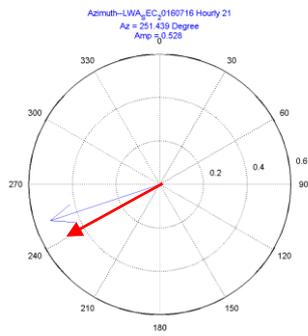
Gambar 10. Azimut Gempabumi 11 juli 2016



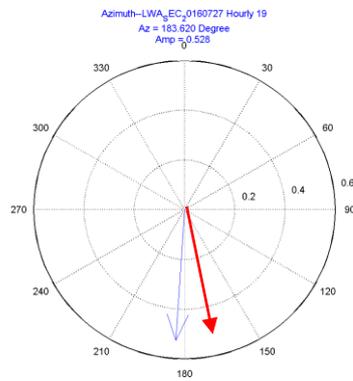
Gambar 11. Indeks *Dst* Juli 2016



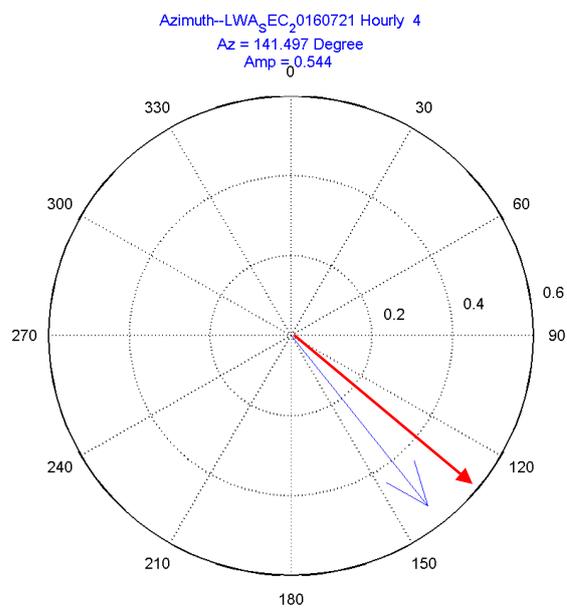
Gambar 12. Azimut Gempabumi 23 juli 2016



Gambar 13. Azimut Gempabumi 5 Agustus 2016



Gambar 14. Azimut Gempabumi 7 Agustus 2016



Gambar 15. Azimut gempabumi 12 Agustus 2016