

Terbit Online pada laman web : <http://jif.fmipa.unand.ac.id/>**Jurnal Ilmu Fisika**

| ISSN (Print) 1979-4657 | ISSN (Online) 2614-7386 |



ANALISIS ANOMALI SINYAL GEOMAGNETIK *ULTRA LOW FREQUENCY* (ULF) SEBAGAI PREKURSOR GEMPA BUMI PADA GEMPA SUMATERA 2016

Osi Yusdesra¹, Elistia Liza Namigo^{1,*}, Dian Mega Y²

¹Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Andalas
Kampus Unand, Limau Manis, Padang, 25163

²BMKG Padang Panjang, Jl. Meteorologi, Silaing Bawah, Padang Panjang Bar,
Kota Padang Panjang, 27118

*Korespondensi ke: elistializanamigo@yahoo.com

(Diterima: 04 Mei 2018; Direvisi: 07 Mei 2018; Diterbitkan: 01 September 2018)

ABSTRAK

Penelitian tentang anomali sinyal geomagnetik *ultra low frequency* (ULF) sebagai prekursor gempa telah dilakukan pada 3 gempa besar yang terjadi di Pulau Sumatera tahun 2016. Gempa tersebut adalah gempa Mentawai ($M_w=7,8$) pada tanggal 2 Maret, gempa Pesisir Selatan ($M_w=6,5$) pada tanggal 1 Juni dan gempa Pidie Jaya ($M_w=6,5$) pada tanggal 6 Desember. Penelitian dilakukan dengan menggunakan data geomagnetik yang direkam oleh magnetometer MAGDAS di stasiun pengamatan Gunung Sitoli (GSI), Sumatera Utara. Data geomagnetik yang dianalisis memiliki rentang waktu 2 bulan sebelum kejadian gempa. Data ini diolah pada frekuensi 0,012 Hz. Anomali ditentukan berdasarkan nilai polarisasi *power ratio* S_z/S_H yang melewati batas standar deviasi. Anomali yang terdeteksi kemudian divalidasi dengan data indeks Dst dan indeks Kp. Validasi dilakukan untuk memastikan bahwa anomali merupakan prekursor gempa bumi yang sedang diteliti. Hasil analisis menunjukkan terdapat anomali sinyal elektromagnetik (ULF) yang terjadi sebelum kejadian gempa bumi. Sebelum kejadian gempa Mentawai terdeteksi 31 anomali, 10 diantaranya dapat dianggap sebagai prekursor gempa. *Onset time* anomali untuk gempa ini terjadi pada tanggal 19 Februari dengan *lead time* 12 hari sebelum gempa. Untuk gempa Pesisir Selatan terdeteksi 5 dari 28 anomali yang dapat dijadikan sebagai prekursor gempa dengan *onset time* pada tanggal 15 Mei dan *lead time* anomali 17 hari sebelum gempa. Kemudian, terdapat 36 anomali sebelum gempa Pidie Jaya, dimana ada 8 anomali yang dapat dijadikan sebagai prekursor gempa. Gempa ini memiliki *onset time* yang terjadi pada tanggal 13 November dan *lead time* 24 hari sebelum gempa. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pengamatan prekursor gempa untuk gempa di Sumatera ($M_w>6$) menggunakan anomali sinyal geomagnetik ULF mempunyai *lead time* dalam rentang 12-24 hari sebelum gempa terjadi.

Kata kunci: prekursor gempa, anomali sinyal geomagnetik, *Ultra Low Frequency* (ULF), MAGDAS, polarisasi *power ratio*, gempa Sumatera

ABSTRACT

The research about Ultra Low Frequency (ULF) geomagnetic signal anomaly as earthquake precursor has been performed to 3 Sumatera earthquakes occurred in 2016. The earthquakes are Mentawai earthquake ($M_w=7,8$) on March 2, Pesisir Selatan earthquake ($M_w=6,5$) on June 1 and Pidie Jaya earthquake ($M_w=6,5$) on December 6. The research was conducted by analyzing geomagnetic data recorded by MAGDAS magnetometer at observation station in Gunung Sitoli (GSI), North Sumatera. Geomagnetic data were analyzed during 2 months before the earthquakes. The data were processed at frequency 0,012 Hz. Anomaly was determined based on the value of power ratio polarization S_z/S_H which exceed the deviation standard. The detected anomaly were validated with Dst index and Kp index data. Validation was used to confirm anomaly as earthquake precursor of the observed earthquakes. The result of analysis tells that ULF geomagnetic signal anomaly has found before the earthquakes. There are 31 anomalies before the Mentawai earthquake, but only 10 of them can be considered as earthquake precursor with onset time on February 19 and lead time 12 days before the earthquake. Pesisir Selatan earthquake has 5 of 28 anomalies that can be considered as earthquake precursor with onset time on May 15 and lead time is 17 days before the earthquake. For Pidie Jaya earthquake, there are 8 out of 36 anomalies that can be considered as earthquake precursor. This earthquake has onset time on November 8 and lead time about 24 days before the earthquake. It can be concluded that the lead time of ULF geomagnetic signal anomalies as precursor for Sumatera earthquake ($M_w>6$) ranges from 12 to 24 days before earthquake.

Keywords: earthquake precursor, electromagnetic signal anomaly, Ultra Low Frequency (ULF), MAGDAS, power ratio polarization, Sumatera earthquake

1. PENDAHULUAN

Gempa bumi khususnya gempa bumi besar ($M_w>6$) dapat mengakibatkan kerusakan fasilitas publik, rekahan pada tanah, tsunami, serta dapat menimbulkan korban jiwa (Sungkawa, 2007). Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meminimalisir akibat dari gempa bumi yaitu dengan mengembangkan upaya prediksi gempa bumi. Prediksi gempa bumi dapat dilakukan dengan mengamati fenomena-fenomena fisik sebelum terjadinya gempa yang dikenal dengan istilah prekursor gempa bumi. Salah satu fenomena yang dianggap potensial sebagai prekursor gempa bumi dalam 20 tahun terakhir adalah anomali sinyal geomagnetik sebelum terjadinya gempa bumi (Ismaguilov dkk., 2002). Sinyal geomagnetik dihasilkan dari akumulasi *stress* atau *strain* pada batuan di litosfer pada saat persiapan gempa bumi (Kopytenko dkk., 1990).

Menurut Kuswah dan Singh (2004) sinyal geomagnetik yang baik untuk diamati sebagai prekursor gempa bumi berada dalam rentang frekuensi lebih kecil dari pada 1 Hz atau dikenal dengan istilah ULF (*Ultra Low Frequency*). Hal ini karena sinyal ULF hanya sedikit mengalami atenuasi sehingga mampu merambat hingga ke titik pengamatan di permukaan bumi (Hayakawa, 1999). Penelitian mengenai anomali sinyal geomagnetik ULF sebagai prekursor gempa bumi dimulai semenjak tahun 1990. Beberapa diantaranya berpendapat bahwa anomali sinyal geomagnetik ULF yang terjadi merupakan akibat aktivitas litosfer sebagai bagian proses persiapan gempa bumi (Fraser-Smith dkk., 1990; Kopytenko dkk., 1990; Hayakawa dkk., 1996; Saroso dkk., 2008; Febriani dkk., 2014; Ahadi dkk., 2015). Namun, ada juga yang mengatakan bahwa beberapa anomali sinyal geomagnetik ULF bukanlah akibat proses persiapan gempa melainkan pengaruh aktivitas badai magnetik dan gangguan geomagnetik global sehingga tidak bisa dijadikan

prekursor gempa (Masci dan Thomas, 2015). Aktivitas badai magnetik dan gangguan geomagnetik global bisa diketahui dari nilai indeks Dst (*Disturbed Storm Time*) dan indeks Kp (*K-Planetary*), oleh sebab itu dalam penelitian ini digunakan nilai indeks Dst dan indeks Kp untuk memastikan anomali yang terdeteksi merupakan akibat persiapan gempa bumi dan bukan merupakan efek aktivitas badai magnetik ataupun gangguan geomagnetik global.

Metode polarisasi *power ratio* merupakan metode yang paling sering digunakan peneliti untuk menentukan anomali sinyal geomagnetik ULF (Hayakawa dkk., 1996; Ismaguilov dkk., 2002; Yumoto dkk., 2008; Saroso dkk., 2008; Ida dkk., 2008; Ahadi dkk., 2015). Selain itu, metode ini dapat memisahkan anomali sinyal geomagnetik ULF akibat persiapan gempa bumi dari gangguan eksternal seperti pengaruh lingkungan di sekitar stasiun pengamatan (Purba dkk., 2013). Ahadi dkk. (2015) pernah menggunakan metode ini untuk menentukan anomali sinyal geomagnetik ULF sebagai prekursor gempa bumi Sumatera 2007-2012 yang memiliki jarak antara episenter dengan stasiun pengamatan <550 km. Penentuan anomali sinyal geomagnetik ULF sebagai prekursor gempa bumi dilakukan dengan membandingkan nilai komponen geomagnetik Z dan H (S_Z/S_H) pada frekuensi 0,06 Hz. Hasil dari pengamatan menunjukkan ditemukan adanya anomali sinyal geomagnetik ULF dalam rentang 1-26 hari sebelum peristiwa gempa bumi.

Pada penelitian ini diamati prekursor untuk gempa besar ($M_w > 6$) yang memiliki episenter di Pulau Sumatera selama tahun 2016. Pulau Sumatera dipilih menjadi lokasi sumber gempa pada penelitian ini karena merupakan salah satu pulau dengan aktivitas seismik paling tinggi di Indonesia (Mc Caffrey, 2009). Selain itu, di Pulau Sumatera juga telah dipasang jaringan stasiun magnetik bumi MAGDAS (*Magnetic Data Acquisition System*) yang dapat menunjang ketersediaan data geomagnetik yang digunakan dalam penelitian ini. Penelitian ini menggunakan metode yang telah pernah digunakan oleh Ahadi dkk. (2015) sebelumnya dalam mengamati anomali sinyal geomagnetik ULF sebagai prekursor gempa bumi di Pulau Sumatera. Frekuensi sinyal yang dianalisis dalam penelitian ini adalah 0,012 Hz karena menurut Ida dkk. (2008) frekuensi dalam rentang 0,01-0,03 Hz merupakan frekuensi paling efektif untuk menganalisis anomali sinyal geomagnetik ULF sebagai prekursor gempa bumi. Selain itu, dalam penelitian ini diamati prekursor untuk gempa yang memiliki jarak episenter dan stasiun pengamatan > 550 km.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data geomagnetik yang terekam pada MAGDAS magnetometer di stasiun pengamatan BMKG Gunung Sitoli (GSI). Data yang diambil adalah data selama 2 bulan sebelum beberapa kejadian gempa bumi di pulau Sumatera pada tahun 2016 dengan $M_w > 6$ dan kedalaman < 100 km. Gempa-gempa tersebut adalah gempa Mentawai ($M_w = 7,5$) yang terjadi 2 Maret 2016, gempa Pesisir Selatan ($M_w = 6,5$) yang terjadi 1 Juni 2016 dan gempa Pidie Jaya ($M_w = 6,5$) yang terjadi 6 Desember 2016.

2.2 Pengolahan Data

Data geomagnetik yang diperoleh dari stasiun pengamatan GSI diolah menggunakan aplikasi pengolahan data MAGDAS yang ada di BMKG Padang Panjang. Pengolahan data dilakukan dengan beberapa tahap, sebagai berikut:

1. Konversi data. Konversi data dari data biner (*.mgd) menjadi data ASCII (*.gea) yang berisi data geomagnetik komponen horizontal (H), sudut deklansi (D),

komponen vertikal (Z) dan medan magnetik total (F) dalam satuan detik untuk satu hari.

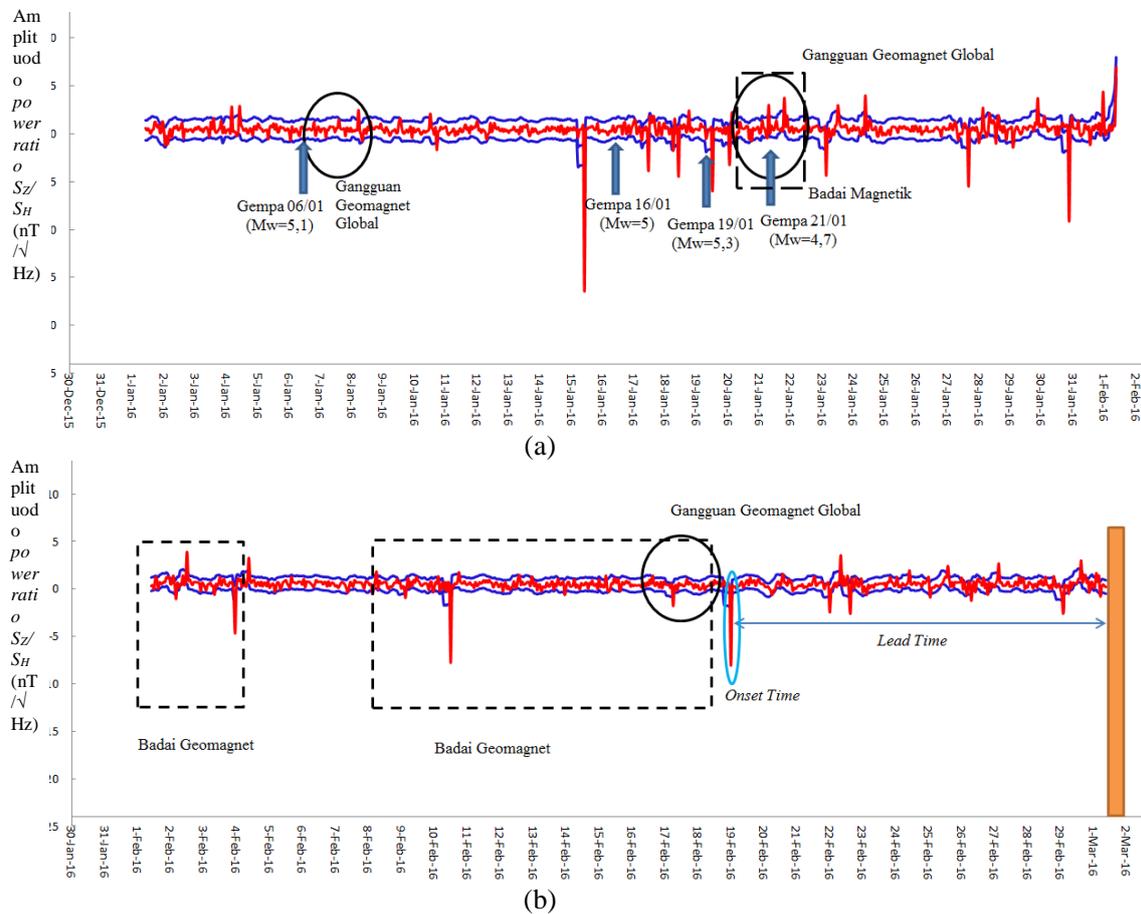
2. Koreksi data. Koreksi data pada data yang telah dikonversi untuk mendapatkan kualitas data yang bagus. *Spike like noise* dan artifisial *noise* data direduksi menggunakan metode *diff*. Jika selama waktu pengamatan terdapat *file* yang memiliki *loss data* > 20 maka digunakan data *trend* waktu pengamatan untuk mengkoreksi file tersebut.
3. Polarisasi *Spectral Density Ratio*. Setelah data dikoreksi, dicari nilai PSD (*Power Spectra Density*) komponen Z dan komponen H pada frekuensi 0,012 Hz dengan menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT). Nilai PSD komponen H dan Z selanjutnya digunakan untuk menghitung *polarisasi ratio* S_Z/S_H .
4. Identifikasi Anomali Sinyal Elektromagnetik ULF. Nilai *polarisasi ratio* S_Z/S_H yang didapatkan kemudian diolah menggunakan aplikasi *Microsoft Excel* untuk mengidentifikasi anomali yang terjadi. Anomali sinyal geomagnetik ULF ditunjukkan dengan nilai rasio S_Z/S_H yang melewati batas standar deviasi.
5. Analisis anomali. Anomali-anomali yang teridentifikasi terlebih dahulu diverifikasi dan divalidasi. Hal ini dilakukan karena data geomagnetik merupakan data yang rentan terhadap gangguan sekecil apapun. Verifikasi dan validasi dilakukan untuk memastikan bahwa anomali yang terjadi merupakan efek aktivitas litosfer dalam persiapan gempa bumi. Verifikasi dan validasi dilakukan dalam 3 tahap, yaitu pertama verifikasi dan validasi dengan kejadian-kejadian gempa menengah yang terjadi sebelum kejadian gempa bumi yang menjadi objek penelitian. Hal ini dilakukan karena gempa menengah yang berkekuatan $4 < M_w < 6$ yang memiliki episenter dalam radius persiapan gempa bumi penelitian, berpotensi mempengaruhi data geomagnet yang terekam di stasiun pengamatan. Kedua, verifikasi dan validasi menggunakan indeks Dst. Jika nilai indeks Dst menunjukkan adanya badai magnetik pada saat anomali terdeteksi, maka anomali tersebut tidak dapat dipertimbangkan sebagai prekursor gempa bumi sebab badai magnetik bisa mempengaruhi data geomagnetik yang terekam. Ketiga, verifikasi dan validasi menggunakan indeks Kp. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa anomali yang teridentifikasi tidak terjadi pada saat terjadinya gangguan geomagnetik global. Jika anomali terdeteksi pada saat terjadi gangguan geomagnetik global, maka anomali tersebut tidak dapat dijadikan sebagai prekursor gempa bumi, karena gangguan yang terjadi bisa mempengaruhi data geomagnetik yang terekam.
6. Penentuan *onset time* dan *lead time*. Penentuan *onset time* (waktu anomali sebagai prekursor gempa pertama kali muncul) dan *lead time* (rentang waktu anomali muncul sampai kejadian gempa). *Onset time* dan *lead time* prekursor gempa bumi ditentukan pada anomali yang terdeteksi saat waktu tenang, artinya tidak ada lagi gempa menengah, badai magnetik ataupun gangguan geomagnetik global.

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Analisis Prekursor untuk Gempabumi 2 Maret 2016

Gambar 1 memperlihatkan anomali-anomali sinyal geomagnetik ULF yang terdeteksi selama 2 bulan sebelum gempa yang terjadi di Mentawai pada 2 Maret 2016. Gambar tersebut juga memperlihatkan gempa-gempa menengah yang muncul selama pengamatan yang ditunjukkan oleh panah biru. Selain itu, pada gambar tersebut juga ditunjukkan hari-hari terjadinya badai magnetik yang ditandai dengan kotak hitam bergaris putus-putus dan gangguan geomagnetik global yang ditandai dengan lingkaran berwarna hitam. Hasil Yusdesra, dkk DOI: [10.25077/jif.10.2.64-72.2018](https://doi.org/10.25077/jif.10.2.64-72.2018) 67

pengolahan data geomagnetik selama 61 hari sebelum hari kejadian gempa menunjukkan 25 anomali sinyal geomagnetik ULF terdeteksi pada bulan Januari dimulai dari 4 Januari sampai dengan 31 Januari seperti yang terlihat pada Gambar 1(a). Grafik polarisasi rasio S_z/S_H bulan Februari 2016 menginformasikan total anomali yang terdeteksi yaitu sebanyak 16 anomali seperti yang terlihat pada Gambar 1(b). Selama bulan Januari terjadi 3 kali badai magnetik, yaitu pada tanggal 1, 20 dan 21 Januari, dimana pada hari-hari tersebut indeks K_p juga menunjukkan adanya gangguan geomagnetik global. Kemudian pada bulan Februari terjadi 7 kali badai magnetik yaitu pada tanggal 1, 3, 8, 12 dan 16-18 Februari yang juga menunjukkan adanya gangguan geomagnetik global. Setelah dilakukan verifikasi dan validasi terhadap anomali yang teridentifikasi sesuai dengan tahapan pada metode penelitian, maka disimpulkan dari 31 total anomali sinyal geomagnetik ULF, terdapat 10 anomali yang bisa dijadikan prekursor gempa bumi. Anomali-anomali tersebut merupakan anomali yang muncul mulai tanggal 19 Februari 2016, oleh sebab itu tanggal tersebut disimpulkan sebagai *onset time* untuk prekursor gempa bumi 2 Maret 2016 dengan *lead time* prekursor adalah 12 hari.

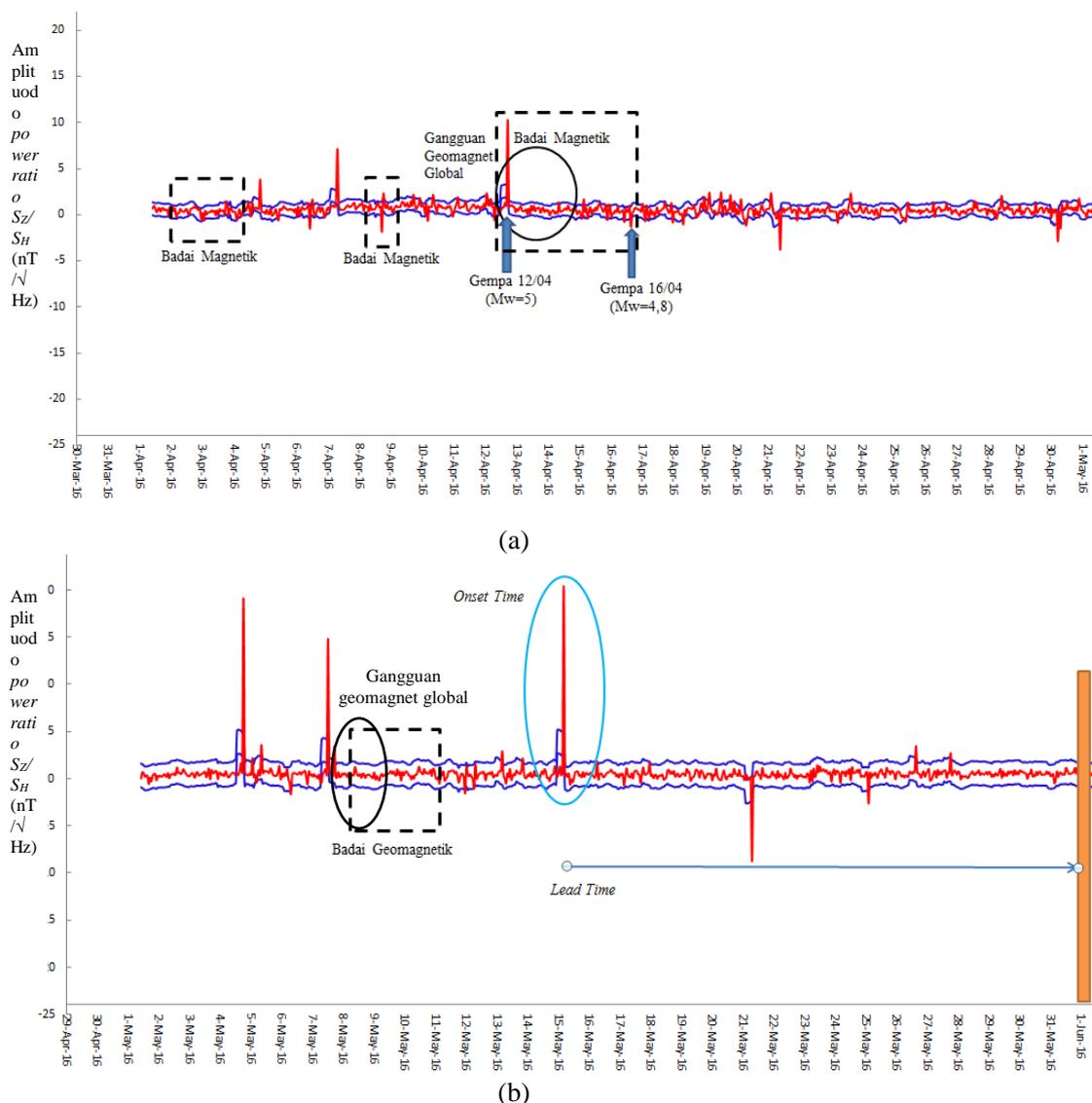


Gambar 1 Analisis anomali sinyal geomagnetik ULF (a) Bulan Januari (b) Bulan Februari

3.2 Analisis Prekursor untuk Gempabumi 1 Juni 2016

Gambar 2 memperlihatkan hasil analisis secara keseluruhan yang telah dilakukan terhadap anomali sinyal geomagnetik ULF sebagai prekursor gempa bumi 1 Juni 2016.

Terdeteksi 28 anomali yang merupakan hasil pengolahan data geomagnetik dari 1 April sampai 31 Mei 2016. Gambar 2(a) memperlihatkan anomali-anomali yang muncul sebelum gempa menengah 16 April 2016, termasuk anomali-anomali yang muncul saat badai magnetik dan gangguan geomagnetik global yang terjadi pada separuh awal bulan April. Gambar (2b) menunjukkan terjadinya badai magnetik dan gangguan geomagnetik global pada tanggal 8 dan 9 Mei 2016. Anomali-anomali yang terdeteksi sebelum tanggal 9 Mei 2016 tidak bisa dikatakan sebagai prekursor gempa karena anomali-anomali tersebut disimpulkan terjadi karena pengaruh badai magnetik dan gangguan geomagnetik global. Berdasarkan hasil validasi dan verifikasi, disimpulkan bahwa dari 28 anomali yang terdeteksi, terdapat 5 anomali yang bisa dijadikan sebagai prekursor gempa bumi 1 Juni 2016. Anomali yang muncul tanggal 15 Mei 2016 yang ditandai dengan lingkaran biru pada Gambar 2 merupakan *onset time* untuk prekursor gempa bumi 1 Juni 2016 dengan *lead time* prekursor adalah 17 hari.

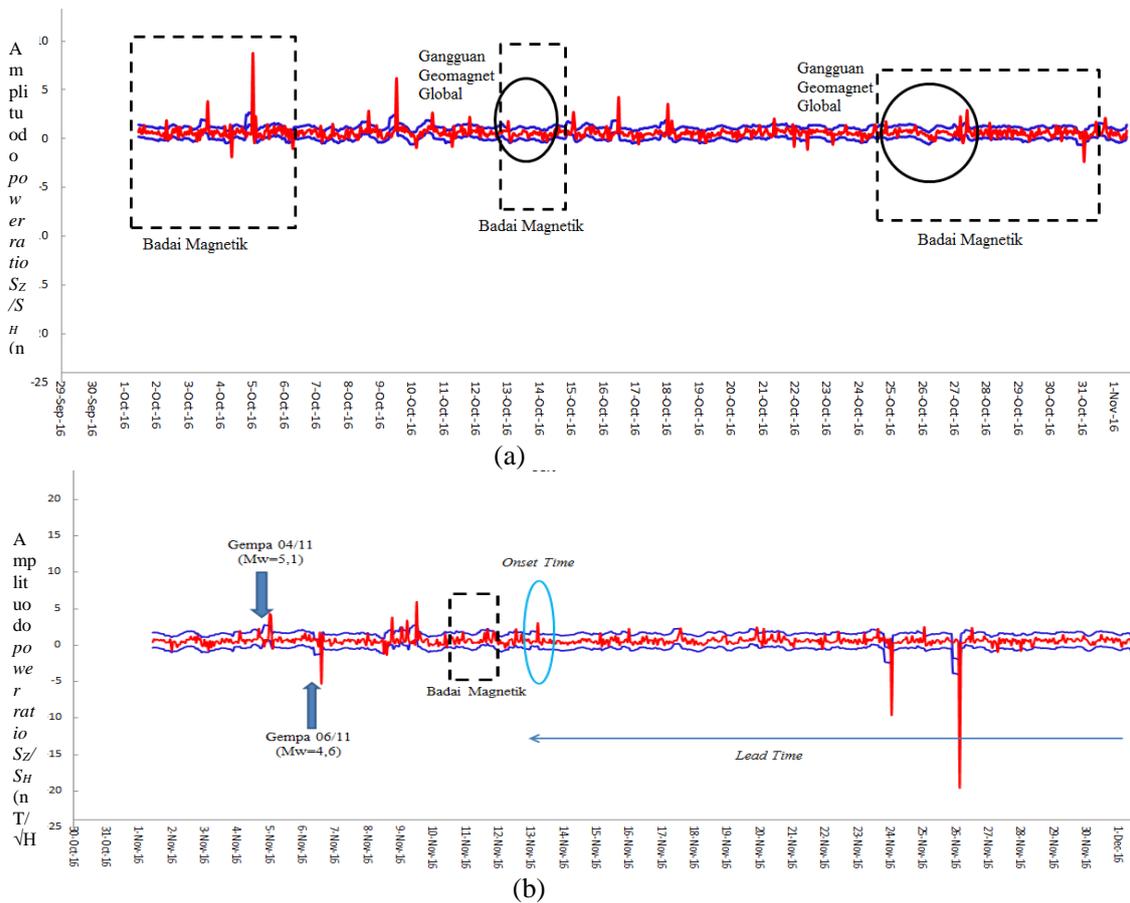


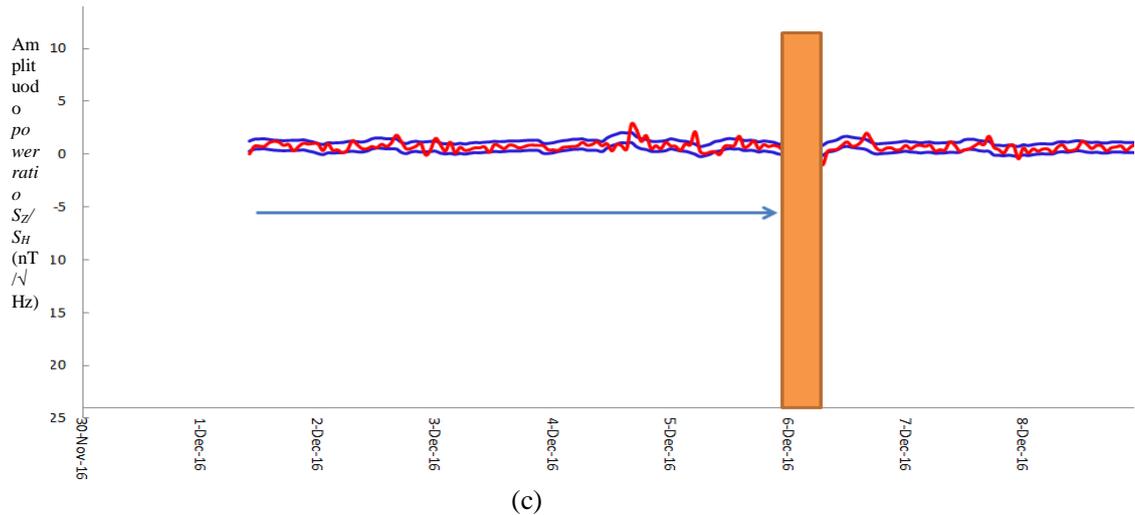
Gambar 2 Analisis anomali sinyal geomagnetik ULF (a) Bulan April (b) Bulan Mei

3.3 Analisis Prekursor untuk Gempabumi 6 Desember 2016

Gambar 3 menampilkan anomali-anomali sinyal geomagnetik ULF yang muncul sebelum gempa bumi 6 Desember 2016. Gambar tersebut juga menampilkan hari dimana terjadinya gempa menengah sebelum 6 Desember 2016 dan hari-hari terjadinya aktivitas badai magnetik serta gangguan geomagnetik global. Gambar 3(a) memperlihatkan anomali-anomali yang muncul selama bulan Oktober yang secara umum disimpulkan akibat pengaruh badai magnetik dan gangguan geomagnetik global sehingga tidak bisa dikatakan sebagai prekursor gempa bumi 6 Desember 2016. Pada Gambar 3(b) bisa dilihat anomali-anomali yang muncul saat terjadinya gempa menengah pada tanggal 4 dan 6 November 2016, serta anomali-anomali yang terjadi sebelum badai magnetik pada bulan tersebut.

Total anomali yang terdeteksi berdasarkan pengolahan data dari 1 Oktober sampai 5 Desember 2016 adalah 36 anomali. Terdapat 8 anomali yang dapat dijadikan sebagai prekursor gempa bumi 6 Desember 2016. Anomali sinyal geomagnetik ULF sebagai prekursor dimulai pada tanggal 13 November 2016, oleh sebab itu tanggal 13 November 2016 merupakan *onset time* untuk prekursor gempa bumi 6 Desember 2016 dengan *lead time* 24 hari sebelum kejadian gempa bumi.





(c)
Gambar 3 Analisis anomali sinyal geomagnetik ULF (a) Bulan Oktober (b) Bulan November (c) Bulan Desember

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data magnetik bumi dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa anomali sinyal geomagnetik ULF terdeteksi untuk kejadian gempa bumi Sumatera 2016 dengan $M_w > 6$ dan kedalaman kurang dari 100 km dengan jarak antara episenter dan stasiun pengamatan < 800 km. Anomali sinyal geomagnetik ULF sebagai prekursor gempa bumi Sumatera 2016 mempunyai *onset time* dan *lead time* antara 12-24 hari sebelum terjadinya gempa bumi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Amico, A., Santonico, M., Pennazza, G., Capuano, R., Vespasiani, G., Fabbro, D.D., Paolesse, R., Natale, C.D., Martinelli, E. dan Agro, E.F., 2012, Anovel Approach for Prostate Cancer Diagnosis Using a Gas Sensor Array, *Procedia Engineering*, Vol 47, hal 1113-1116
2. Li, J., Peng, Y., Liu, Y., Li, W., Jin, Y., Tang, Z., Duan, Y., 2014, Investigation of Potential Breath Biomarkers for The Early Diagnosis of Breast Cancer Using Gas Chromatography–Mass Spectrometry, *Clinica Chimica Acta*, Elsevier, Vol 436, hal 59–67
3. Pan, L., Zhang, W., Zhu, N., Mao, S., dan Tu, K., 2014, Early detection and classification of pathogenic fungal disease in post-harvest strawberry, *Food Research International*, Vol 62, hal 162-168.
4. Peris, M. Dan Gilabert, L.E., 2009, A 21 st Century Technique for Food Control: Electronic Nose, *Analytica Chimica Acta*, Vol 638, hal 1-15.
5. Siyang, S., Kerdcharoen, T. dan Wongchoosuk, C., 2012, Diabetes Diagnosis by Direct Measurement from Urine Odor Using Electronic Nose, *The 2012 Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON-2012) IEEE*.
6. Willis, C.M., Britton, L.E., Harris, R., Wallace, J. dan Guest, C., 2011, Volatile Organic Compounds as Biomarkers of Bladdes Cancer:

- Sensitivity and Specificity Using Trained Sniffer Dogs, *Cancer Biomarkers*, Vol 8, hal 145-153.
7. Zakaria, A. 2012., Improved Maturity and Ripeness Classifications of *Magnifera Indica* cv. Harumanis Mangoes through Sensor Fusion of an Electronic Nose and Acoustic Sensor, *Sensors*, Vol 12, hal 6023-6048, ISSN:1424-8220.
 8. Zhang, S. Xie, C. Bai, Z. Hu, M. Li, H. Zeng, D., 2008. Spoiling and formaldehyde-containing detections in octopus with an E-nose, *Food Chemistry*, Elsevier, Vol 113, hal 1346–1350