

ANALISIS DATA GEOMAGNET MENGGUNAKAN METODE POLARISASI MAGNETIK KAITANNYA DENGAN GEMPA BUMI DI REGIONAL LOMBOK GEOMAGNETIC DATA ANALYSIS USING POLARIZATION METHOD LINK TO EARTHQUAKE PRECURSORS IN LOMBOK REGIONS

Pitaria Rahim Riani¹, Bulkis Kanata², Teti Zubaidah³

ABSTRAK

Regional Lombok merupakan daerah yang rawan akan kejadian gempa karena letaknya pada lempeng tektonik yang masih aktif bergerak. Sehingga penelitian tentang prekursor gempa bumi di wilayah ini sangat diperlukan. Pada penelitian ini dilakukan pengolahan data geomagnetik tahun 2011 yang terekam pada observatorium Kupang (KPG) di Indonesia, serta observatorium Kakadu (KDU) dan Charters towers (CTA) di Australia menggunakan metode polarisasi magnetik. Metode polarisasi magnetik merupakan metode yang memanfaatkan komponen medan magnet vertikal (Z) dan medan magnet horizontal (H) dalam domain frekuensi. Transformasi fourier cepat (FFT) diperlukan untuk mengubah data geomagnet dari domain waktu ke domain frekuensi. Kemudian dilakukan penapisan untuk memperoleh range frekuensi ULF 0.01-0.05 Hz. Hasil polarisasi magnetik kemudian dibandingkan dengan data kejadian gempa tahun 2011 yang di peroleh dari database US geological survey (USGS). Hasil dari penelitian ini adalah anomali yang dikatakan sebagai prekursor terlihat 1-3 minggu sebelum kejadian gempa. Tingkat keberhasilan metode mencapai 55,6% untuk KPG, 88,9% untuk KDU dan 44,4% untuk CTA. Tingkat keberhasilan pada KPG dan CTA lebih kecil dari KDU karena banyak data yang hilang pada KPG dan jauhnya letak observatorium dari pusat gempa pada CTA. Hal yang mempengaruhi hasil polarisasi adalah jarak pusat gempa ke observatorium, kedalaman gempa dan kesamaan lempeng tektonik antara pusat gempa dan observatorium.

Kata Kunci : Lombok, geomagnetik, gempabumi, FFT, polarisasi magnetik

ABSTRACT

Lombok regions are area prone to earthquakes because of the location in the tectonic plates that are still actively moving. Therefore, researches regarding earthquake precursor in this region is considered necessary. Geomagnetic data of Kupang observatory (KPG) in Inonesia and Kakadu observatory (KDU) and Charter Tower (CTA) in Australia recorded during Januari to December 2011 are processed in this research using magnetic polarization method. Polarized method uses vertical (Z) and horizontal (H) components in frequency domain. Fast Fourier Transform (FFT) is required to convert the geomagnetic data from time to frequency domain. Then transformed data are filtered to obtain ULF frequency range 0.01-0.05 Hz. The polarized results is compared with earthquake's event in year 2011 obtained from US geological survey (USGS) database. Anomalies that categorized as precursors can be seen starting from 1-3 prior to the earthquake. The success rates of this method are reaching 55.6% for KPG, 88.9% for KDU, and 44.4% for CTA. The success rates in KPG and CTA is less than that KDU due to many data gaps in KPG and the location of the CTA observatory which is too far from the earthquake epicenters. Some factors that may influence the results of polarization are distance of the earthquake epicenter to observatory, depth of earthquake, and similarity of tectonic plate between earthquake epicenter to observatory.

Keywords : Lombok, Geomagnetic, earthquake, FFT, polarization

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara di dunia yang memiliki wilayah tektonik sangat aktif sehingga menjadi salah satu negara yang rawan akan kejadian gempa. Gempa bumi sering menimbulkan bencana yang menimbulkan kerugian harta

dan menelan korban jiwa. Untuk mengurangi dampak dari bencana alam ini, maka diperlukan ramalan gempa bumi. Untuk meramalkan gempa bumi, perlu dilakukan pengamatan yang berkesinambungan dari beberapa gejala parameter fisis agar ramalan waktu kejadian gempa bumi dapat diketahui.

¹Jurusan Teknik Elektro, fakultas Teknik, Universitas Mataram, Nuasa tenggara barat Indonesia
r_itha@ymail.com, uqinata@te.ftunram.ac.id, tetizubaidah@te.ftunram.ac.id

Fenomena alam yang muncul sebelum terjadinya gempa bumi inilah yang dinamakan prekursor gempa bumi. Akhir-akhir ini banyak penelitian yang melaporkan kemunculan anomali medan elektromagnetik sebagai prekursor kejadian gempa bumi. Dari penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, sinyal ULF (*Ultra Low Frequency*, $f < 10$ Hz) merupakan spektrum yang paling prospektif untuk menentukan prekursor gempa (Hayakawa, dkk., 2007).

Penelitian tentang emisi ULF sebagai *precursor* gempa telah banyak dilakukan. Beberapa diantaranya adalah penelitian untuk memprediksi gempa Tohoku yang terjadi di Jepang pada tanggal 11 maret 2011 (kanata dkk, 2013). Penelitian ini menggunakan metode polarisasi magnetik pada range frekuensi ULF 0,001-0,01 Hz diperoleh hasil bahwa anomali terlihat 2-3 minggu sebelum terjadinya gempa.

Penelitian lain juga pernah dilakukan untuk memprediksi gempa bumi yang terjadi di regional Jepang dan Amerika dengan metode differensiasi moving average dan polarisasi magnetik dengan membagi tiga range frekuensi yaitu 10-50 mHz, 50-100 mHz dan 100-450 mHz. hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa frekuensi ULF pada range 50-100 mHz dan 100-450 mHz lebih sering mengalami peningkatan fluktuasi medan magnet. (Fatuhurrahman, 2011).

Regional Lombok adalah daerah yang memiliki anomali geomagnet yang sangat tinggi karena letaknya pada pertemuan beberapa lempeng tektonik yang aktif bergerak menjadikan daerah ini rawan akan kejadian gempa bumi. Namun sedikit sekali peneliti yang melakukan penelitian pada wilayah ini, sehingga studi tentang prekursor gempa bumi di wilayah regional Lombok sangat penting untuk dilakukan. Pada penelitian ini, penulis melakukan pengolahan data geomagnet untuk mengetahui anomali yang merupakan *precursor* kejadian gempa bumi di regional Lombok menggunakan metode polarisasi magnetik. Kejadian gempa yang dianalisa adalah kejadian gempa pada tahun 2011 dengan kedalaman ≤ 40 km atau dikenal sebagai gempa dangkal.

METODOLOGI.

Data Geomagnet dan data kejadian gempa. Data geomagnet yang digunakan pada penelitian ini adalah data yang terekam pada stasiun Kupang (KPG) milik (LAPAN) serta data dari INTERMAGNET untuk

observatorium Kakadu (KDU) dan Charter Tower (CTA) di Australia. Observatorium yang digunakan adalah observatorium yang terdekat dari pusat kejadian gempa. Lokasi observatorium yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 1 berikut.

Tabel 1. Lokasi observatorium KPG, KDU dan CTA

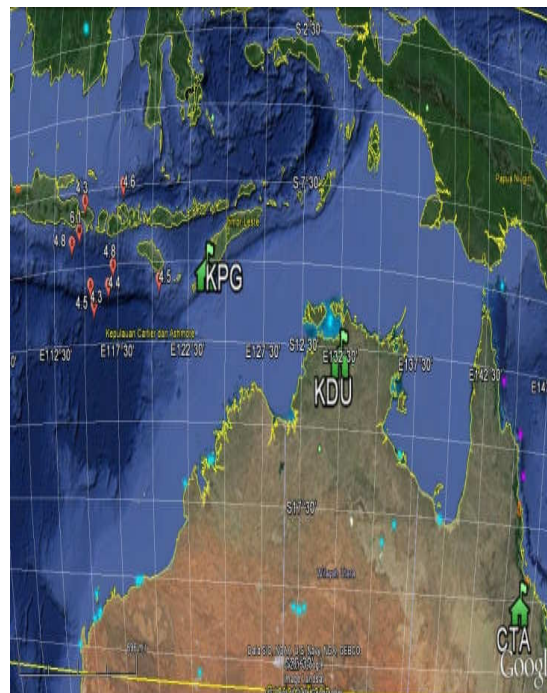
kode	negara	Latitude	longitude
KPG	Indonesia	-10.2°	123.67°
KDU	Australia	-12.69°	132.47°
CTA	Australia	-20.1°	146.3°

Adapun kejadian gempa tahun 2011 yang akan di analisa di peroleh dari *US Geological Survey* (USGS) dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Data kejadian gempa

Dd/mm/yy	Time	Lat	Long	D (km)	M (SR)
07/01/11	4:38:52	-8,002	111,908	10	4,6
18/02/11	15:00:52	-11,199	116,861	35	4,4
20/03/11	00:29:23	-8,402	115,022	24,4	4,3
15/04/11	18:59:11	-9,714	114,011	39,3	4,8
06/05/11	3:41:45	-11,813	115,768	35	4,5
24/05/11	20:51:39	-10,577	117,199	21,1	4,8
11/07/11	05:17:06	-11,107	120,519	14,8	4,5
24/08/11	00:41:41	-11,16	115,485	23,9	4,3
13/10/11	11:16:30	-9,35	114,587	39	6,1

Tabel 2 adalah data kejadian gempa tahun 2011 yang di analisa berturut-turut dari atas ke bawah di beri nama kode a sampai kode i.



Gambar 1. Lokasi kejadian gempa dan lokasi observatorium

Dari gambar 1 dapat dilihat bahwa KPG adalah observatorium terdekat dengan pusat gempa. Selanjutnya adalah observatorium KDU dan observatorium terjauh adalah observatorium CTA.

Data geomagnet yang akan dianalisa adalah data pada rentang waktu 6 jam (00:00-06:00 LT) dengan frekuensi sampling data adalah 1 Hz atau data yang terekam perdetik pada observatorium. Namun sebagai perbandingan, dilakukan juga penelitian untuk data selama 24 jam. Pengolahan data selama 6 jam digunakan untuk meminimalkan *noise* yang diakibatkan oleh faktor eksternal. Karena pada rentang waktu 00:00-06:00 LT (waktu malam) tidak ada aktifitas manusia dan matahari yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran.

Analisis polarisasi. Metode polarisasi magnetik yang digunakan mengacu pada perbandingan antara medan magnet komponen Z (vertikal) dan komponen H (horizontal) pada domain frekuensi. Nilai polarisasi dihitung dari pengukuran data geomagnetik 2 komponen tersebut, karena komponen-komponen tersebut yang paling dominan mendapatkan dampak pengaruh gangguan aktifitas medan magnet bumi yang berada pada arah vertikal dan horizontal. Data geomagnetik tersebut kemudian diubah dari domain waktu ke domain frekuensi menggunakan transformasi fourier yaitu *Fast Fourier Transform* (FFT). Agar dapat menghasilkan data pada range frekuensi ULF elektromagnetik (0.01-0.05 Hz) maka terlebih dahulu dilakukan proses penapisan (filter).

Langkah selanjutnya yang dilakukan dalam menentukan nilai perbandingan polarisasi dari komponen Z/H setelah dalam domain frekuensi adalah mengambil nilai magnitude maksimal dari range frekuensi ULF yang telah di tentukan yaitu 0.01-0.05 Hz. Kemudian menghitung spektral kerapatan daya untuk masing-masing komponen (Z dan H) dengan persamaan:

$$S_z(f) = \dots\dots\dots(1)$$

$$S_H(f) = \dots\dots\dots(2)$$

Dimana $S_z(f)$ dan $S_H(f)$ merupakan spektral kerapatan daya komponen Z atau H, $B_z(f)$ dan

$B_H(f)$ merupakan magnitude maksimal komponenn Z atau H dalam range frekuensi yang telah di tentukan, dan Δf merupakan selisih f_{up} dan f_{low} . (masci.F, 2009)

Langkah selanjutnya adalah melakukan normalisasi dengan persamaan

$$in = (A_i - \mu_i) / \sigma_i \dots\dots\dots(3)$$

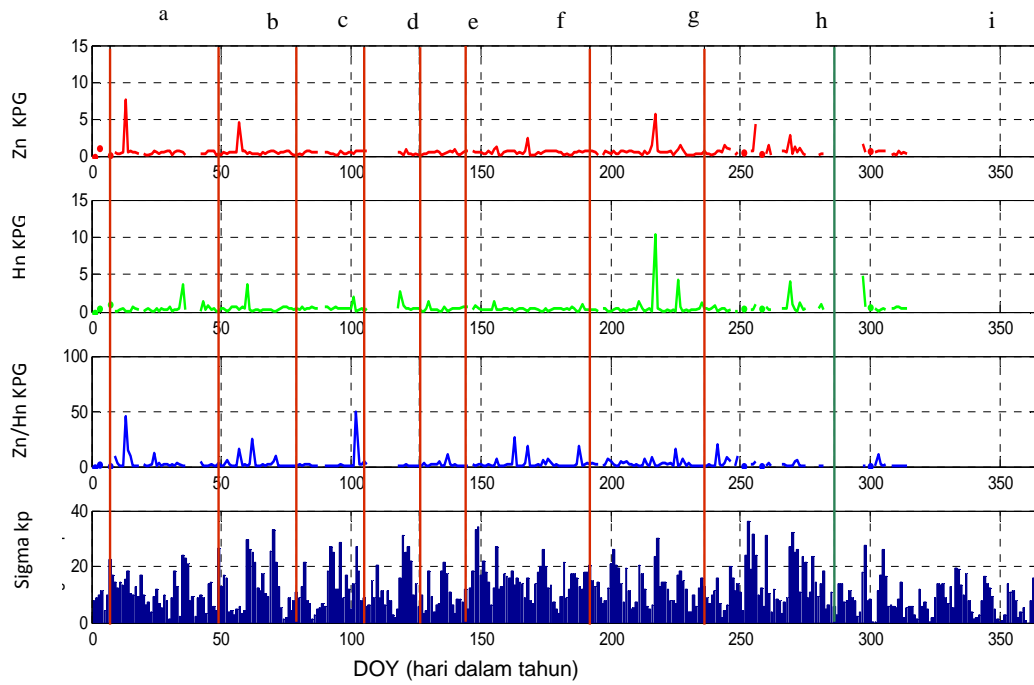
Dimana in merupakan komponen Z atau H dalam domain frekuensi, A_i merupakan spektral kerapatan daya komponen i , μ_i dan σ_i masing-masing merupakan rata-rata dan standar deviasi komponen i .

Langkah terakhir yaitu membandingkan hasil normalisasi Z_n/H_n .

Indeks aktifitas geomagnetik. Kuat lemahnya aktifitas geomagnetik yang terjadi pada suatu hari, dapat di nyatakan dalam suatu indeks yaitu indeks kp. Indeks Kp (*indeks planetary*) adalah salah satu indeks yang digunakan untuk menyatakan tingkat gangguan geomagnet yang menunjukkan terjadinya badai magnetik atau tidak dalam rentang hari tersebut, karena akibat adanya pengaruh dari aktivitas matahari dan aktifitas kosmis lainnya. Rentang nilai yang menunjukkan jumlah indeks Kp terjadi badai yaitu berkisar ($\Sigma Kp \geq 20$), sedangkan jumlah indeks Kp dalam keadaan tenang berkisar ($\Sigma Kp \leq 20$). Indeks aktifitas geomagnetik dapat di download pada website (<ftp://ftp.gfz-potsdam.de/pub/home/obs/kp-ap/wsd/>). Yang disediakan oleh pusat data dunia (WDC) Universitas Kyoto, Jepang.

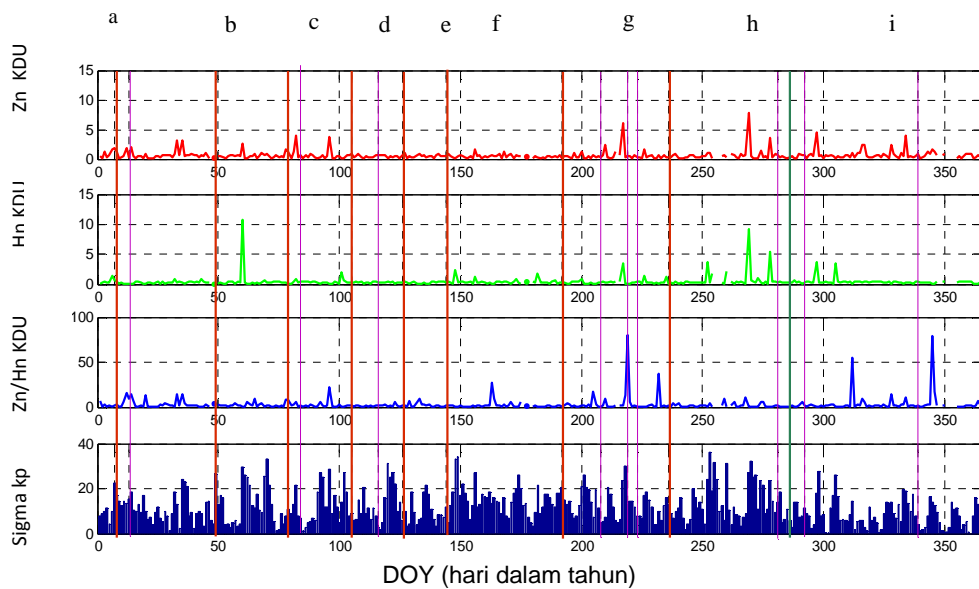
HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 2 adalah hasil polarisasi magnetik yang telah di normalisasi pada observatorium KPG tahun 2011. Panel pertama merupakan komponen Z ternormalisasi, panel kedua adalah komponen H ternormalisasi, panel ketiga adalah rasio Z dan H ternormalisasi dan panel ke empat adalah sigma kp tahun 2011. Garis vertikal pada gambar merupakan DOY kejadian gempa. Garis vertikal berwarna merah merupakan kejadian gempa yang termasuk dalam kategori gempa sedang (magnitude 4,1-5 SR). garis vertical berwarna hijau adalah kejadian gempa yang termasuk dalam kategori gempa merusak (5,1-6 SR).



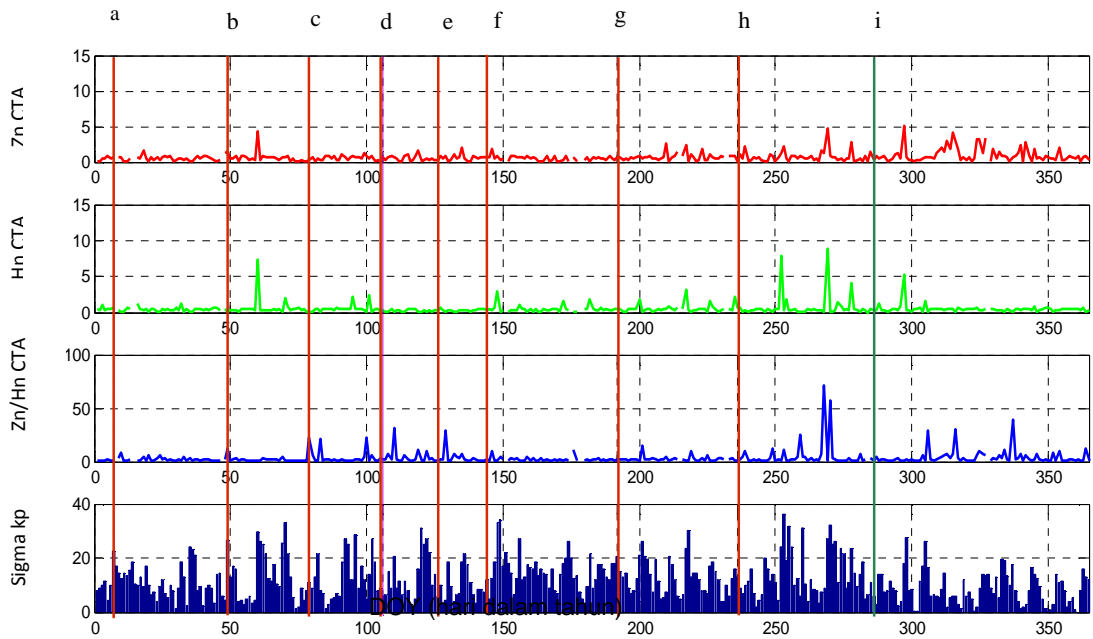
Gambar 2. Grafik spektral kerapatan daya ternormalisasi observatorium KPG serta sigma kp tahun 2011

Gambar 3 merupakan grafik hasil KDU. Untuk keterangan panelnya sama polarisasi ternormalisasi untuk observatorium dengan Gambar 2.



Gambar 3. Grafik spektral kerapatan daya ternormalisasi observatorium KDU serta sigma kp tahun 2011

Gambar 4 merupakan grafik hasil CTA. Untuk keterangan panelnya sama dengan Gambar 2 dan Gambar 3. polarisasi magnetik dimana komponen Z dan H telah di normalisasi pada observatorium



Gambar 4. Grafik spektral kerapatan daya ternormalisasi observatorium KDU serta sigma kp tahun 2011

Dari Gambar 2, 3 dan Gambar 4, Anomali sinyal geomagnetik sebelum terjadi gempa dapat dilihat pada Tabel 3. Dari Gambar 2, 3 dan Gambar 4, Anomali sinyal geomagnetik terhadap kejadian gempa dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Anomali sinyal geomagnetik pada observatorium KPG, KDU, dan CTA sebelum terjadi gempa

Kode	DOY gempa	kode IAGA	$S_z(f)$ ternormalisasi	$S_H(f)$ ternormalisasi	Polarisasi ternormalisasi	DOY anomali	sigma Kp
a	7	KPG	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
		KDU	1,813	1,207	1,502	3	10
		CTA	-	-	-	-	-
b	49	KPG	-	-	-	-	-
		KDU	4,272	0,782	5,462	33	12,7
		CTA	-	-	-	-	-
c	79	KPG	4,425	0,272	16,263	57	6
		KDU	1,527	0,284	5,385	68	9,3
		CTA	-	-	-	-	-
d	105	KPG	-	-	-	-	-
		KDU	0,9985	0,9558	1,045	88	5,3
		CTA	-	-	-	-	-
e	126	KPG	-	-	-	-	-
		KDU	0,7934	0,7066	1,123	115	7,7
		CTA	1,635	0,1489	10,98	119	16
f	144	KPG	0,572	0,139	4,121	134	6,7
		KDU	0,8176	0,0557	14,71	132	3,7
		CTA	0,992	0,143	6,93	132	3,7
g	192	KPG	2,360	0,129	18,241	168	15,7
		KDU	0,808	2,415	0,335	173	20
		CTA	-	-	-	-	-
h	236	KPG	0,898	4,333	0,207	226	17
		KDU	2,184	3,564	0,613	226	17
		CTA	1,804	0,5192	3,473	223	8
i	286	KPG	0,6655	0,4073	1,634	266	3,3
		KDU	0,9251	0,624	1,483	266	3,3
		CTA	1,604	0,2203	7,279	267	7,3

Gempa kode a. Pada Gambar 2 tidak terlihat adanya anomali medan magnet yang dapat dijadikan sebagai *precursor* gempa karena tidak ada data yang tersedia pada awal tahun tersebut. Sedangkan pada Gambar 3 yaitu pada observatorium KDU 4 hari sebelum kejadian gempa terlihat adanya kenaikan nilai $S_z(f)$ dan $S_H(f)$ ternormalisasi. Dimana nilai $S_z(f)$ ternormalisasinya adalah 1,813 dan nilai $S_H(f)$ ternormalisasi sebesar 1,207. Karena nilai $S_z(f)$ ternormalisasi lebih tinggi dari nilai $S_H(f)$ ternormalisasi maka ratio S_z/S_H ternormalisasi yang dihasilkan nilainya tinggi yaitu sebesar 1,502. Sigma Kp pada DOY tersebut bernilai 10. Artinya pada hari tersebut tidak terjadi badai magnetik oleh aktivitas matahari sehingga bisa dikatakan sebagai *precursor* gempa.

Pada Gambar 3 untuk observatorium yang letaknya paling jauh dari pusat gempa (CTA), tidak terlihat adanya kenaikan nilai $S_z(f)$ ataupun $S_H(f)$ ternormalisasi.

Gempa kode b. Pada Gambar 2 tidak terlihat adanya kenaikan nilai $S_z(f)$ dan $S_H(f)$ ternormalisasi. Sedangkan pada Gambar 3, 16 hari (DOY 33) sebelum terjadinya gempa terlihat adanya kenaikan nilai $S_z(f)$ dan $S_H(f)$ ternormalisasi. Dimana nilai $S_z(f)$ ternormalisasinya adalah 4,272 sedangkan nilai $S_H(f)$ ternormalisasinya sebesar 0,782. Sehingga nilai ratio S_z dan S_H ternormalisasi sebesar 5,462. Sigma Kp pada hari tersebut adalah 12,7 sehingga bisa dikatakan sebagai *precursor* gempa bumi karena pada hari tersebut tidak terjadi badai magnetik..

Sedangkan Pada observatorium CTA pada Gambar 4 tidak menunjukkan adanya anomali yang dapat dijadikan sebagai *precursor*.

Gempa kode c. pada Gambar 2 (Observatorium KPG) dapat dilihat bahwa pada DOY 57 (22 hari sebelum terjadinya gempa) terlihat kenaikan nilai $S_z(f)$ dan $S_H(f)$ ternormalisasi. Dimana nilai $S_z(f)$ sebesar 4,425 sedangkan nilai $S_H(f)$ sebesar 0,272 sehingga nilai S_z/S_H ternormalisasi yang dihasilkan tinggi yaitu 16,263. Sigma Kp pada DOY tersebut adalah 6. Artinya tidak terjadi badai magnetik pada hari itu sehingga bisa dijadikan sebagai *precursor* gempa.

Sedangkan pada Gambar 3 kenaikan nilai $S_z(f)$ ternormalisasi terjadi pada DOY 68 (11 hari sebelum terjadinya gempa) dengan nilai $S_z(f)$ ternormalisasi sebesar 1,527 dan nilai $S_H(f)$ ternormalisasi sebesar 0,284. Nilai polarisasi ternormalisasi yang diperoleh

adalah 5,385. Sigma Kp pada hari tersebut adalah 9,3. Sehingga bias dikatakan sebagai *precursor* gempa karena anomali tersebut bukan terjadi Karena adanya badai magnetik.

Pada Gambar 4 tidak terlihat adanya anomali sinyal geomagnetik yang dapat dijadikan *precursor* gempa bumi.

Gempa kode d. pada Gambar 2, tidak terlihat adanya anomali karena banyak data yang hilang pada hari-hari sebelum gempa terjadi. Anomali terlihat pada DOY 88 (17 hari sebelum terjadinya gempa) pada observatorium KDU. Dimana nilai $S_z(f)$ ternormalisasi memiliki nilai sebesar 0,9985 dan $S_H(f)$ ternormalisasi memiliki nilai sebesar 0,9558. Hasil polarisasi Z/H adalah 1,045. besar sigma Kp pada hari tersebut adalah 5,3 (<20) artinya tidak terjadi badai magnetik sehingga dapat dikatakan sebagai *precursor* gempa.

Sedangkan pada Gambar 4 yaitu pada observatorium CTA, grafik menunjukkan tidak adanya anomali geomagnetik pada $S_z(f)$ dan $S_H(f)$ ternormalisasi.

Gempa kode e. pada Gambar 2 yaitu pada observatorium KPG tidak terlihat adanya anomali karena terdapat banyak kekosongan data. Data yang kosong adalah data pada DOY 107-117 (20-10 hari sebelum terjadinya gempa). Sigma kp pada DOY data yang kosong rata-rata <20, sehingga kemungkinan anomali yang dapat dijadikan sebagai *precursor* gempa bumi terjadi pada hari-hari tersebut. Sedangkan pada observatorium KDU, anomali terlihat 11 hari sebelum terjadinya gempa yaitu pada DOY 115 dengan nilai $S_z(f)$ ternormalisasi 0,7934, $S_H(f)$ ternormalisasi 0,7066 sehingga nilai polarisasi ternormalisasi sebesar 1,123. Sigma Kp pada DOY 155 adalah 7,7 sehingga anomali yang terjadi bukan karena adanya badai magnetik.

Pada observatorium CTA, terjadi anomali sinyal geomagnetik pada DOY 119, (8 hari sebelum kejadian gempa) dimana nilai $S_z(f)$ ternormalisasi adalah 1,635, sedangkan nilai $S_H(f)$ ternormalisasi adalah 0,1489. Polarisasi Z/H sebesar 10,98. Sigma Kp pada DOY tersebut adalah 16 sehingga bisa dijadikan sebagai *precursor* gempa.

Gempa kode f. pada observatorium KPG, pada DOY 134, terlihat bahwa nilai polarisasi Z/H mengalami kenaikan, dimana nilainya sebesar 4,121. Sigma Kp pada hari itu sebesar 6,7. Sedangkan pada observatorium KDU, terlihat anomali pada DOY 132. Nilai

$S_z(f)$ ternormalisasinya adalah 0,8176. Sedangkan nilai $S_H(f)$ ternormalisasi adalah 0,0557. Karena nilai $S_H(f)$ ternormalisasi lebih besar di dibandingkan nilai $S_z(f)$ ternormalisasi, maka polarisasi Z/H yang dihasilkan nilainya kecil yaitu 14,71.

Pada observatorium CTA, anomali terjadi pada DOY yang sama dengan KDU yaitu pada DOY 132. Dengan besar nilai $S_z(f)$ ternormalisasi adalah 0,992 dan nilai $S_H(f)$ ternormalisasi adalah 0,143. Nilai polarisasi Z/H yang dihasilkan adalah 6,93 dengan sigma Kp pada hari tersebut sebesar 3,7 artinya tidak terjadi badai magnetik sehingga hal ini dapat dikatakan sebagai precursor gempa.

Gempa kode g. pada observatorium KPG, anomali terlihat pada DOY 168. Sigma Kp pada hari itu adalah 15,7. Besar nilai $S_z(f)$ ternormalisasi adalah 2,360 dan nilai $S_H(f)$ ternormalisasi adalah 0,129. Sehingga nilai polarisasi Z/H yang dihasilkan sebesar 18,241. Pada observatorium KDU, anomali terjadi pada DOY 173 dengan sigma Kp pada hari itu sebesar 20. Nilai $S_z(f)$ ternormalisasi adalah 0,808 dan nilai $S_H(f)$ ternormalisasi adalah 2,415. Sehingga nilai polarisasi Z/H yang dihasilkan sebesar 0,335. Sedangkan pada observatorium CTA tidak terlihat adanya anomali geomagnetik.

Gempa kode h. Gambar 2 yaitu pada observatorium KPG, anomali terjadi pada DOY 226. Nilai $S_z(f)$ ternormalisasi sebesar 0,898, sedangkan nilai $S_H(f)$ ternormalisasi adalah 4,333. Ratio Z/H yang dihasilkan sebesar 0,207. Sigma Kp pada hari tersebut adalah 17. Begitu pula pada observatorium KDU, anomali terlihat pada hari yang sama dengan besar nilai $S_z(f)$ ternormalisasi adalah 2,184 dan nilai $S_H(f)$ ternormalisasi adalah 3,564. Nilai rasio polarisasi Z/H yang di hasilkan sebesar 0,613. Sedangkan pada observatorium CTA, anomali terlihat pada DOY 223 dimana besar nilai $S_z(f)$ ternormalisasi adalah 1,804 dan nilai $S_H(f)$ ternormalisasi adalah 0,5192 sehingga rasio Z/H yang di hasilkan adalah 3,473. Nilai Kp pada hari tersebut sebesar 8.

Gempa kode i. Gambar 2 yaitu pada observatorium KPG, anomali terjadi pada DOY 266. Nilai $S_z(f)$ ternormalisasi sebesar 0,6655, sedangkan nilai $S_H(f)$ ternormalisasi adalah 0,4073. Ratio Zn/Hn yang dihasilkan sebesar 1,634. Sigma Kp pada hari tersebut adalah 3,3 sehingga dapat dikatakan sebagai precursor gempa. Namun pada hari-hari

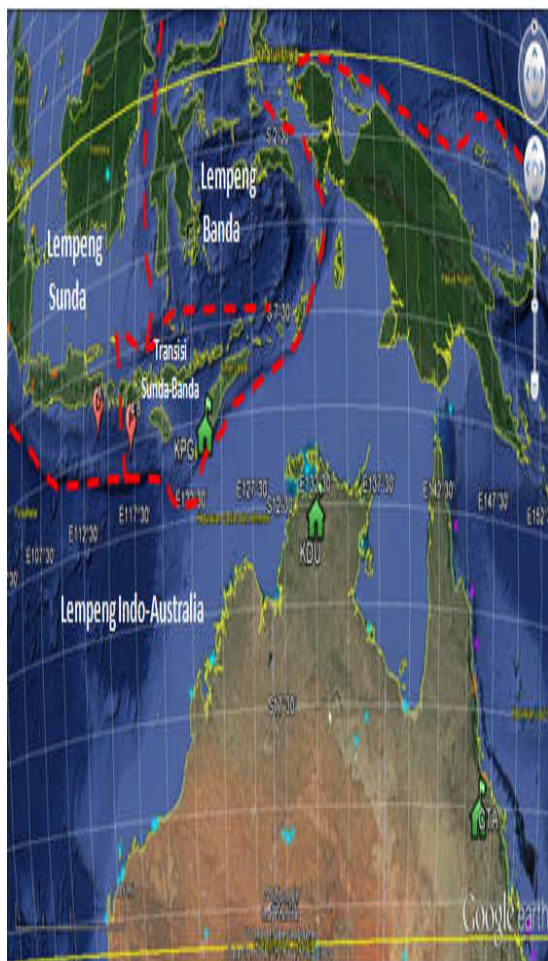
menjelang gempa maupun sesudah gempa, banyak terdapat data kosong untuk stasiun KPG. Untuk observatorium KDU, anomali terlihat pada hari yang sama dengan besar nilai $S_z(f)$ ternormalisasi adalah 0,9251 dan nilai $S_H(f)$ ternormalisasi adalah 0,624. Nilai rasio polarisasi Zn/Hn yang di hasilkan sebesar 1,483. Sedangkan pada observatorium CTA, anomali terlihat pada DOY 267 dimana besar nilai $S_z(f)$ ternormalisasi adalah 1,604 dan nilai $S_H(f)$ ternormalisasi adalah 0,2203 sehingga rasio S_z/S_H yang di hasilkan adalah 7,279. Nilai Kp pada hari tersebut sebesar 7,3 artinya dapat dijadikan sebagai precursor gempa.

Selain dilakukan analisa terhadap semua kejadian gempa, dilakukan pula analisa perbandingan yang mempengaruhi hasil metode polarisasi magnetik dengan menganalisa gempa tahun 2011 di regional Lombok yang memiliki magnitudo sama yaitu gempa kode e dan f yang memiliki magnitudo 4,5 SR dan gempa kode d dan g dengan magnitudo 4,8 SR.



Gambar 5. Lokasi gempa kode e dan g beserta lempeng-lempeng tektoniknya

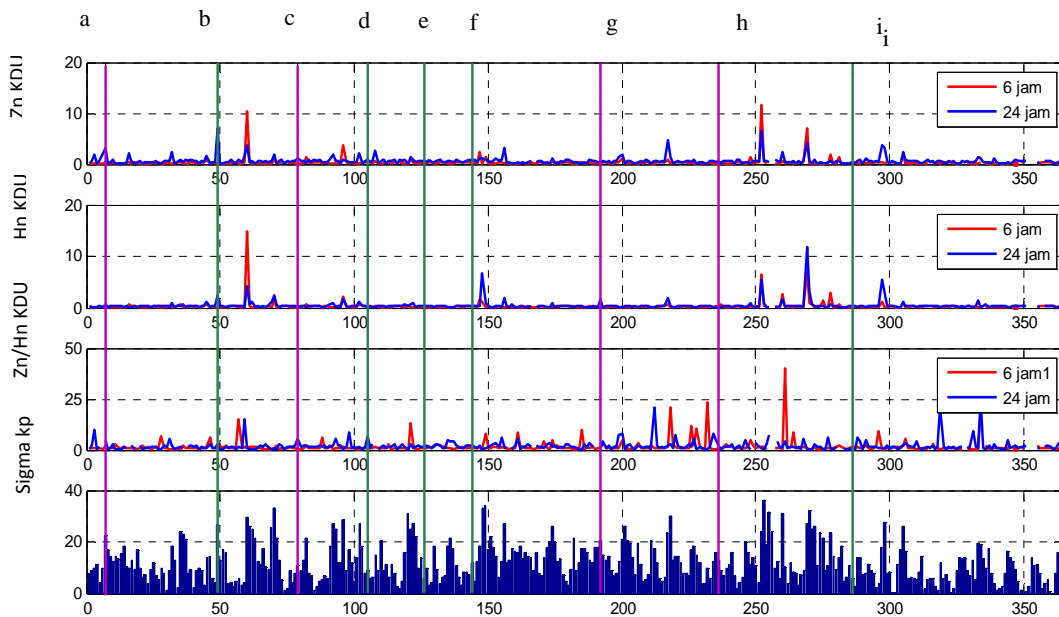
Gambar 5 dapat dilihat bahwa gempa kode g letaknya lebih dekat dari ketiga observatorium yang digunakan dan lebih dangkal dibandingkan gempa kode e. Selain itu, kedua gempa tersebut terletak pada lempeng tektonik yang berbeda. Gempa kode g terletak di lempeng Sunda, sedangkan gempa kode e terletak di lempeng Indo-Australia. dapat dilihat bahwa precursor gempa kode g lebih terlihat di observatorium KPG dengan nilai polarisasi ternormalisasi 18,241. Sedangkan gempa kode e lebih terlihat di observatorium CTA dengan nilai polarisasi ternormalisasi 10,98. Sedangkan pada observatorium KDU, anomali terlihat dengan nilai polarisasi ternormalisasi sebesar 1,123. Anomali gempa lebih terlihat pada observatorium yang terletak di Australia karena pusat kejadian gempa berada pada lempeng tektonik yang sama yaitu lempeng Indo-Australia



Gambar 6. Lokasi gempa kode d dan f beserta lempeng-lempeng tektoniknya

Dari Gambar 6, posisi gempa kode f lebih dekat dibandingkan gempa kode d dari masing-masing observatorium. Selain itu, kedua gempa tersebut terletak pada satu lempeng tektonik, yaitu pada lempeng sunda. Jika di tinjau dari kedalamannya, gempa kode d lebih dalam dibandingkan gempa kode f. Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa pada observatorium KPG, terlihat adanya anomali untuk gempa kode f. Sedangkan untuk gempa kode d tidak terlihat adanya anomali. Namun gempa kode d, anomalnya lebih terlihat di observatorium KDU walaupun pusat kejadian gempa dan lokasi observatorium terletak pada lempeng tektonik yang berbeda. Jadi, anomali yang terlihat pada observatorium KDU bukan precursor gempa bumi di regional Lombok. Akan tetapi bisa dipengaruhi oleh gempa-gempa besar yang terjadi sekitar observatorium KDU.

Pengolahan Data 6 Jam Dan 24 Jam. Untuk pengolahan data 6 jam dan 24 jam digunakan data dari observatorium KDU yang terintegrasi dengan INTERMAGNET. Karena KDU memiliki data yang lengkap, baik data permenit maupun data perdetik. Pengolahan selama 24 jam dilakukan sebagai perbandingan dari pengolahan data selama 6 jam. Alasan dilakukan pengolahan data selama 6 jam (night time) adalah untuk mengurangi gangguan dari sumber luar seperti matahari dan aktifitas manusia. Namun di khawatirkan pengolahan data selama 6 jam tidak bias menunjukkan precursor gempa bumi yang terjadi diluar rentang waktu 00:00-06:00 LT. Gambar 7 merupakan hasil pengolahan data selama 6 jam dan 24 jam. Untuk keterangan Panel 1 sampai 4 pada Gambar 7 sama dengan keterangan panel pada Gambar 2,3 dan 4. Grafik dengan warna merah merupakan hasil pengolahan data selama 6 jam. Sedangkan grafik berwarna biru merupakan hasil pengolahan data selama 24 jam. Garis vertikal pada gambar merupakan DOY kejadian gempa. Keterangan kejadian gempa pada pengolahan data 6 jam dan 24 jam dibedakan berdasarkan waktu kejadian gempa. Garis berwarna ungu adalah kejadian gempa yang terjadi pada rentang waktu 00:00-06:00 LT. seangkan garis vertikal berwarna hijau adalah gempa yang terjadi diluar rentang waktu tersebut.



Gambar 7. Grafik spektral kerapatan daya ternormalisasi observatorium KDU serta sigma kp tahun 2011 pengolahan data 6 jam dan 24 jam

Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa pengolahan data 6 jam dan 24 jam dapat menunjukkan adanya precursor gempa, sehingga pengolahan data selama 6 jam maupun 24 jam dapat digunakan untuk mengolah data geomagnetik dengan metode polarisasi.

Tingkat Keberhasilan Metode. Persentase keberhasilan metode polarisasi dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Persentase keberhasilan metode polarisasi magnetik

Kode IAGA	Total kejadian	Precursor terlihat	Persen (%) keberhasilan
KPG	9	5	55,6
KDU		8	88,9
CTA		4	44,4

Dari Tabel 4, untuk observatorium KPG, dari 9 gempa yang dianalisa, terdapat 5 kejadian gempa yang terlihat precursornya sehingga persentase keberhasilan metode mencapai 55,6%. Artinya kejadian gempa yang dianalisa merupakan kejadian yang dapat diprediksi. Untuk observatorium KDU, dari 9 gempa terdapat 8 gempa yang berhasil diprediksi sehingga persentase keberhasilannya mencapai 88,9 %. Dilihat dari letak pusat gempa dengan observatorium, seharusnya persentase keberhasilan pada observatorium KPG lebih besar dibandingkan dengan observatorium

KDU karena observatorium KPG lebih dekat dengan pusat gempa di regional Lombok. Akan tetapi terdapat banyak data yang hilang. Sedangkan untuk observatorium CTA, dari 9 kejadian gempa, hanya 4 gempa yang berhasil diprediksi dan tingkat keberhasilannya mencapai 44,4%. Hal ini terjadi karena CTA merupakan observatorium yang paling jauh dari pusat kejadian gempa.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dianalisa, maka dapat disimpulkan bahwa ersentase keberhasilan metode polarisasi magnetik terhadap data kejadian gempa untuk observatorium KPG, KDU dan CTA masing-masing mencapai 55,6%, 88,9% dan 44,4%. Persentase keberhasilan observatorium KPG lebih kecil dari observatorium KDU karena banyaknya celah data yang tidak terekam. Sedangkan untuk observatorium CTA, persentase keberhasilannya paling kecil karena letaknya paling jauh dari pusat gempa. Dilihat dari persentase keberhasilan pada observatorium KDU, maka dapat dikatakan bahwa metode polarisasi magnetik berhasil digunakan untuk menentukan precursor gempa bumi di regional Lombok. Precursor gempa terlihat sekitar 4 sampai 24 hari (1-3 minggu) sebelum kejadian gempa bumi.

Dari hasil analisa perbandingan dapat disimpulkan bahwa ada beberapa hal yang

mempengaruhi hasil polarisasi magnetic antara lain jarak pusat gempa ke observatorium, kedalaman gempa dan lempeng tektonik. Semakin dekat jarak pusat gempa ke observatorium, maka kemungkinan muncul anomali semakin tinggi dan nilai polarisasi ternormalisasi semakin besar. Semakin dangkal kedalaman gempa, maka anomali akan lebih terlihat pada observatorium terdekat. Dan anomali precursor akan lebih terlihat juga pada observatorium yang letaknya satu lempeng tektonik dengan pusat gempa. Sedangkan dari pengolahan data selama 6 jam (00:00-06:00 LT) dan 24 jam dapat disimpulkan bahwa pengolahan data selama 6 jam (*night time*) maupun 24 jam menggunakan metode polarisasi magnetik dapat digunakan untuk memprediksi kejadian gempa.

DAFTAR PUSTAKA

Fathurrahman, Salimyul. 2011. *Pengolahan Sinyal Flukstuasi Geomagnetik Untuk Analisa Aktifitas Seismik Regional Menggunakan Prosedur Differensiasi (Moving Average) Dan Metode Analisis Polarisasi Magnetik*. Jurusan Teknik

Elektro. Fakultas Teknik. Univeritas Mataram.

Hayakawa, M., Hattori, K., Ohta, K. 2007. *Monitoring of ULF (Ultra Low Frequency) Geomagnetic Variations Associated with earthquakes*. *Sensor*, 7, 1108-1122.

Kanata, B., Zubaidah, T., Ramadhani, C. 2013. *Changes of the Geomagnetic Signal Linked to Tohoku Earthquake on March 11th 2011*. *International journal of technology* volume 5, issue 3 (SE).

Masci, F., Palangio, P., Persio, M. D. 2009. *Magnetic Anomalies Possibly Linked to Local Low Seismicity*. *Nat. hazard Earth Syst. Sci.*, 9:1567-1572.