

PENENTUAN PREKURSOR GEMPA BUMI MENGGUNAKAN DATA GEOMAGNET NEAR REAL TIME DENGAN METODE PERBANDINGAN POLARISASI 2 STASIUN

Fitri Nuraeni, Mira Juangsih, Visca Wellyanita, Cucu E. Haryanto, M. Andi Aris
Bidang Aplikasi Geromagnet dan Magnet Antariksa, Pusfatsainsa, LAPAN
e-mail :fitrinuraeni@yahoo.com

ABSTRACT

A Geomagnetic measurement by using a ground base magnetometer is very affected by the external factors from the sun activities. Therefore a method is needed to separate the anomaly caused by internal and external disturbances coming from the lithosphere. In this study, we use the polarization methods (Z/H) to compare 2 (two) stations. By comparing 2 (two) stations, it is expected that the external disturbance can be reduced. The reference station is chosen by considering the seismicity around the station and the number of recorded data, so we can find its characteristic. The filters used to find the ULF signal are divided into 3 range of periods which are, 10-45 sec, 45-150 sec, and 150-600 sec, therefore, we can see in which period does the precursors easily recognize. Based on the case study, it is found that the difference of the range periods of filters affected more to the fluctuation range of the polarization trend than to the time when the precursors appear.

Key words: *Seismo-electromagnetics, ULF wave, Precursor*

ABSTRAK

Pengukuran geomagnet menggunakan magnetometer landas bumi sangat dipengaruhi oleh faktor eksternal, karena itu diperlukan suatu metode untuk memisahkan anomali akibat gangguan internal yang berasal dari dalam bumi atau eksternal. Dalam paper ini digunakan metode polarisasi (Z/H) dengan perbandingan 2 stasiun. Dengan membandingkan 2 stasiun itu diharapkan akan mengeliminir anomali yang berasal dari faktor eksternal. Pemilihan stasiun pembanding dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi seismisitas sekitar stasiun dan banyaknya data yang sudah terekam sehingga bisa diketahui karakteristiknya. Selain itu filter yang digunakan juga masih dibagi 3 rentang periode, yaitu 10 – 45 detik, 45-150 detik dan 150-600 detik sehingga kita dapat melihat pada rentang periode mana prekursor lebih mudah dikenali. Berdasarkan studi kasus ini, disimpulkan bahwa perbedaan rentang periode filter lebih berpengaruh pada fluktuasi *trend* polarisasi dibandingkan dengan pada waktu terjadinya prekursor.

Kata kunci: *Seismoelektromagnetik, Gelombang ULF, Prekursor*

1 PENDAHULUAN

Penelitian mengenai prekursor gempa bumi telah banyak dilakukan menggunakan berbagai metode. Kushwah, dkk (2004) menyatakan bahwa, dari semua frekuensi yang terlibat dari mulai ULF sampai HF, hanya ULF-lah yang dapat menghasilkan prekursor yang dapat dipercaya untuk gempa besar yang

akan datang. Permasalahan yang timbul adalah pengukuran geomagnet menggunakan magnetometer landas bumi sangat dipengaruhi oleh faktor eksternal. Oleh karena itu diperlukan suatu metode untuk memisahkan anomali akibat gangguan internal yang berasal dari dalam bumi dan eksternal.

Dalam makalah ini akan dipaparkan suatu metode yaitu perbandingan polarisasi 2 stasiun untuk memisahkan anomali yang berasal dari faktor eksternal. Hipotesis yang akan diujikan adalah jika terjadi gangguan eksternal yang bersifat global atau bahkan regional Indonesia, perbandingan sinyal ULF antara 2 stasiunnya akan menghasilkan *trend* yang relatif lurus atau nilainya mendekati 1. Tetapi jika gangguannya bersifat lokal seperti akibat dari fasa persiapan gempa, *trend*-nya akan terlihat naik. Untuk memperoleh sinyal ULF akan digunakan metode polarisasi sebagaimana dilakukan oleh Hayakawa, dkk.(2007). Untuk keperluan perbandingan 2 stasiun tersebut diambil stasiun Pontianak sebagai stasiun pembanding terhadap stasiun Manado, Kototabang, dan Tanjungsari dengan pertimbangan seismisitas di sekitar Pontianak tidak terlalu aktif, sehingga data geomagnet stasiun ini hanya dipengaruhi oleh faktor-faktor eksternal. Selain itu datanya cukup panjang karena sudah beroperasi mulai tahun 2005. Diharapkan metode ini dapat mengidentifikasi prekursor untuk gempa-gempa besar secara visual sehingga dapat digunakan sebagai informasi tambahan untuk keperluan mitigasi bencana.

2 METODOLOGI

Data yang digunakan adalah data geomagnet stasiun Pontianak tahun 2005-2009, data stasiun Manado tahun 2008-2009, data stasiun Tanjungsari 2009 dan data stasiun Kototabang 2009. Selain itu digunakan indeks Dst (*Disturbance storm time*) untuk konfirmasi gangguan eksternal yang bersifat global. Studi kasus yang dilakukan adalah terhadap kejadian-kejadian gempa seperti yang terdaftar pada Tabel 2-1.

Untuk memperoleh sinyal ULF geomagnet dilakukan langkah-langkah sebagai berikut, data geomagnet komponen H dan Z yang masih dalam domain waktu diubah kedalam domain frekuensi menggunakan FFT (*Fast Fourier Transform*). Data yang sudah dalam domain frekuensi kemudian di-*filter* sesuai rentang periode yang diperlukan yaitu 10-45 detik, 45-150 detik dan 150-600 detik menggunakan *filter Butterworth*. Hasil *filtering* tersebut kemudian dirata-ratakan per 30 menit. Selanjutnya dilakukan metode polarisasi dengan cara membandingkan data hasil filter komponen Z terhadap data hasil filter komponen H (Z/H). Hasil dari polarisasi tersebut dicari kecenderungan polanya (*trend*) menggunakan *running average* 10 harian.

Anomali/prekursor dapat terlihat dari *trend* yang cenderung meningkat secara lokal. Untuk menentukan apakah kenaikan *trend* yang terjadi bersifat global atau tidak, dapat digunakan indeks Dst. Jika berdasarkan indeks Dst tidak terdapat gangguan/aktifitas eksternal, maka analisis dapat dilanjutkan dengan membandingkan data tersebut dengan stasiun pembanding. Data stasiun pembanding terlebih dulu diolah mengikuti alur yang telah dipaparkan sebelumnya hingga diperoleh *trend*-nya. Setelah itu baru dibandingkan sinyal ULF stasiun yang diobservasi terhadap sinyal ULF stasiun pembanding. Hasil perbandingan tersebut kemudian dicari kecenderungan polanya (*trend*) menggunakan *running average* 10 harian. Jika setelah dibandingkan terlihat ada *trend* yang naik setelah sebelumnya cenderung lurus, kenaikan *trend* itulah yang dapat dianggap sebagai anomali lokal/prekursor untuk gempa yang mungkin akan terjadi.

Tabel 2-1: DAFTAR KEJADIAN GEMPA UNTUK STUDI KASUS

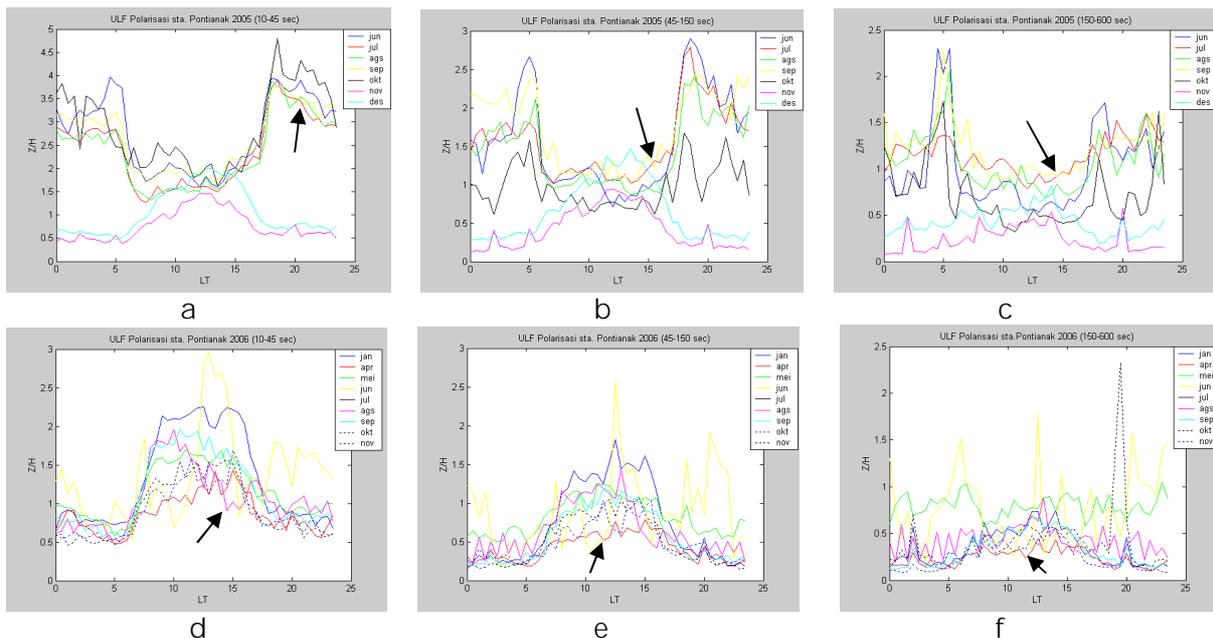
Tanggal	Magnitudo	Lat	Long	Epicenter	Stasiun
9-Feb-09	5.2	1.32	123.47	153.0575	MND
3-Mar-09	5.1	1.71	126.47	183.8603	MND
16-Aug-09	6.7	-1.48	99.49	169.0425	KTB
1-Sep-09	5.2	-1.36	99.47	159.405	KTB
30-Sep-09	7.5	-0.72	99.87	76.2636	KTB
30-Sep-09	5.4	-0.73	100.13	62.3159	KTB

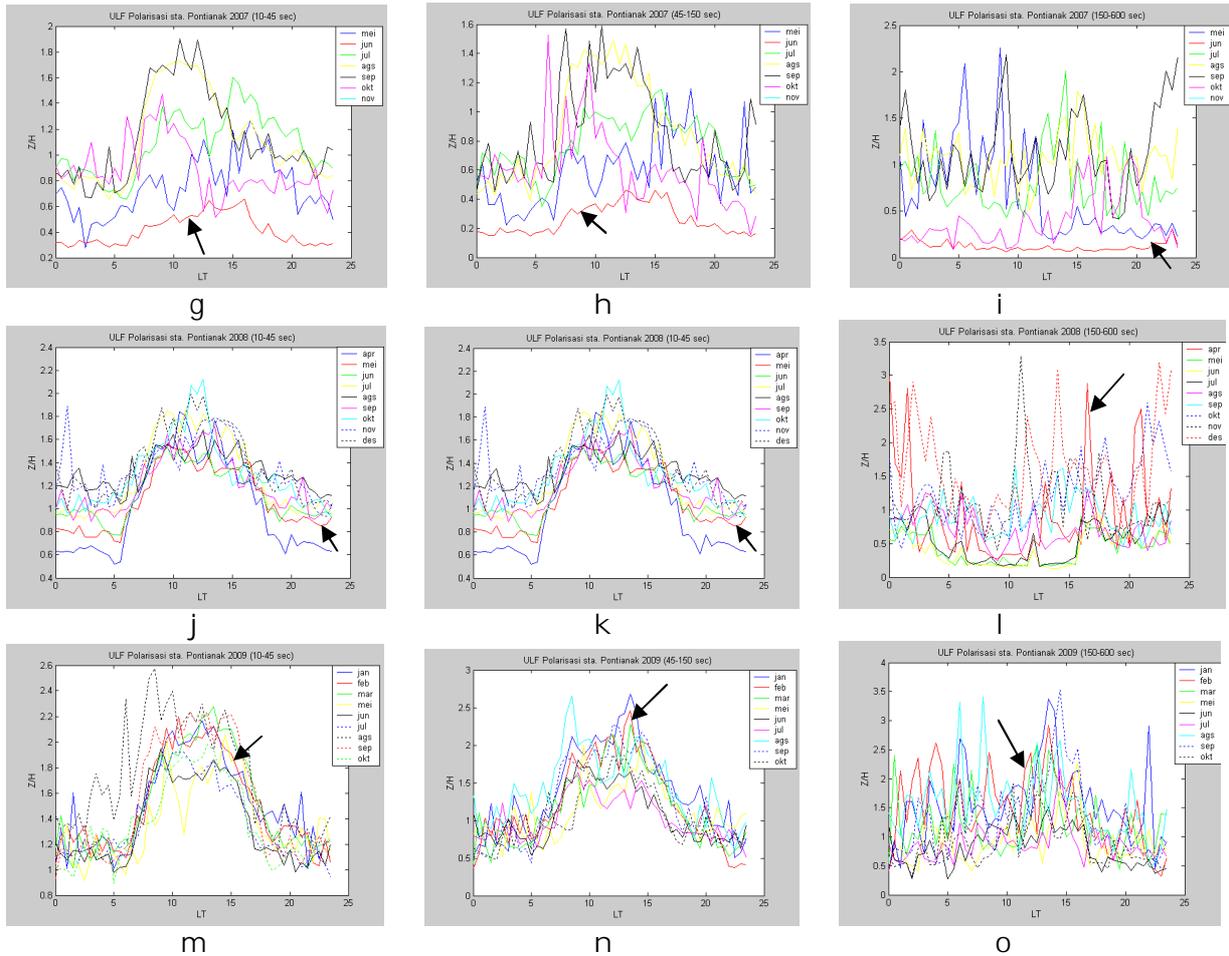
3 HASIL DAN ANALISA

Karakter data Stasiun Pontianak yang akan digunakan sebagai pembanding perlu diketahui. Maka dilakukan analisis terhadap pola ULF polarisasinya per-bulan dalam waktu lokal dan per-tahun dan diperoleh hasil bahwa pada kondisi normal atau aktifitas geomagnet tenang yang ditandai dengan indeks Dst di atas -50 nT, aktifitas meningkat pada pukul 06.00 hingga pukul 18.00, seperti terlihat pada gambar 3-1d hingga 3-1o. Sedangkan tahun 2005 seperti yang terlihat pada Gambar 3-1a, 3-1b dan 3-1c terdapat perbedaan pola dibandingkan pola-pola tahun berikutnya, puncak aktifitas terlihat terjadi mulai pukul 18.00 hingga pukul 05.00. Hal ini hanya terjadi pada

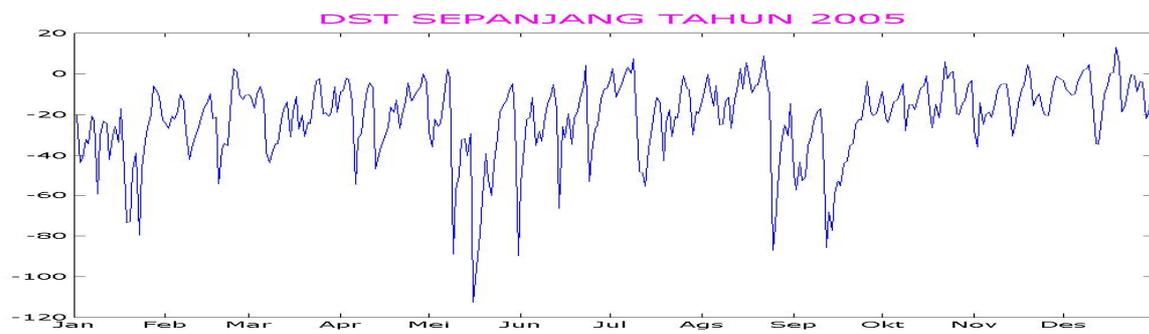
bulan Juni – Oktober 2005 sedangkan bulan November dan Desember polanya kembali normal. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh adanya aktifitas geomagnet yang meningkat pada bulan Juni 2005 hingga Oktober 2005 seperti yang ditunjukkan oleh indeks Dst pada Gambar 3-2.

Kemudian jika dilihat dari hasil polarisasi sepanjang tahun 2005-2009 pada filter 10-45 detik, 45-150 detik dan 150-600 detik pada Gambar 3-1, terlihat bahwa trend polarisasi yang ditandai oleh garis merah (tanda panah) berada pada nilai 0.5-2. Hanya saja semakin kecil rentang periode filter yang digunakan semakin sempit rentang fluktuasinya.

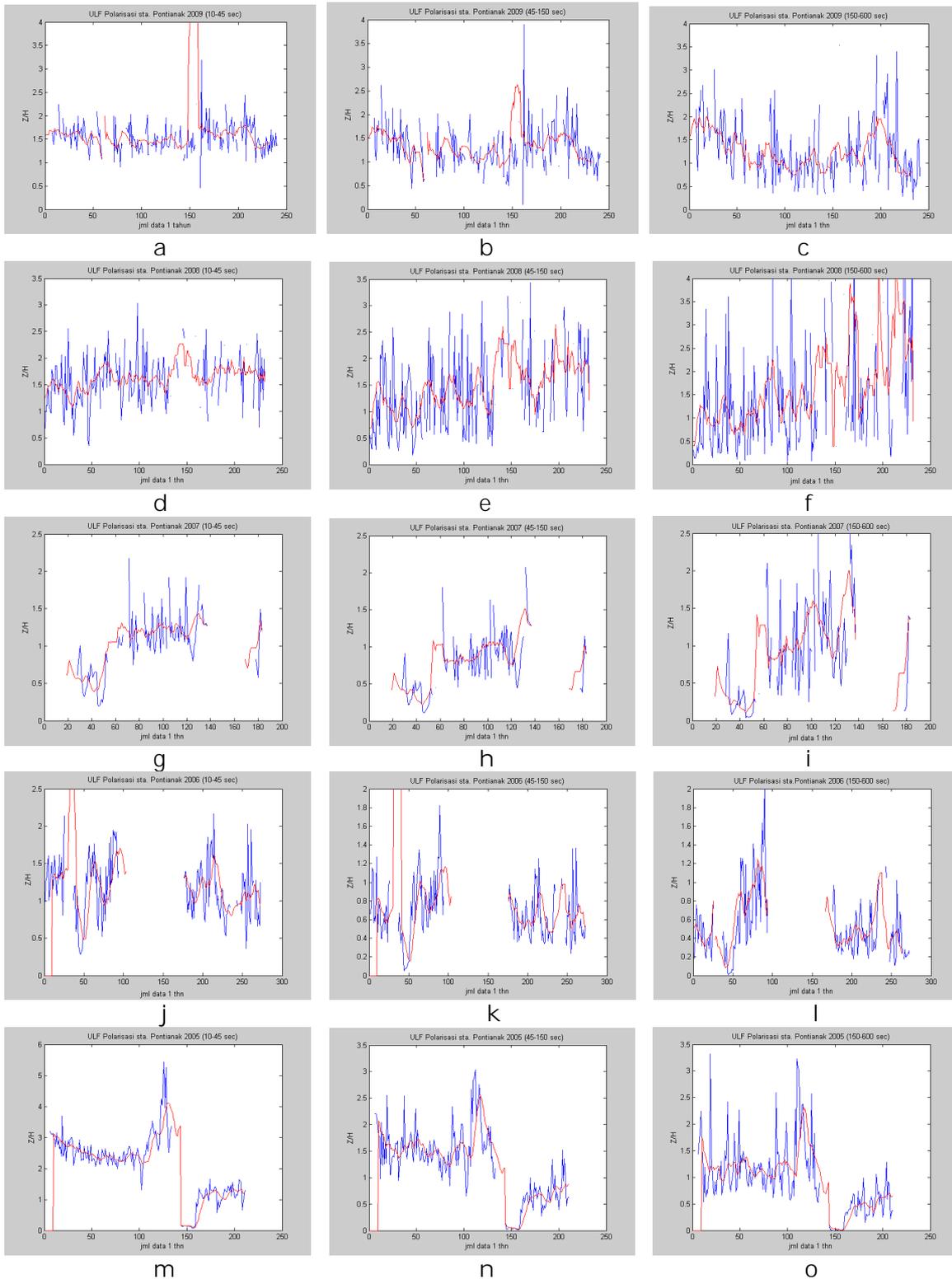




Gambar 3-1: Merupakan plot nilai ULF polarisasi per-bulan selama tahun 2009(baris I) sampai tahun 2005 (baris 5). Kolom dari kiri ke kanan merupakan filter yang digunakan yaitu 10-45 detik, 45-150 detik dan 150-600 detik



Gambar 3-2: Plot Dst tahun 2005



Gambar 3-3: Merupakan plot nilai ULF polarisasi per-tahun selama tahun 2009(baris I) sampai tahun 2005 (baris 5). Kolom dari kiri ke kanan merupakan filter yang digunakan yaitu 10-45 detik, 45-150 detik dan 150-600 detik

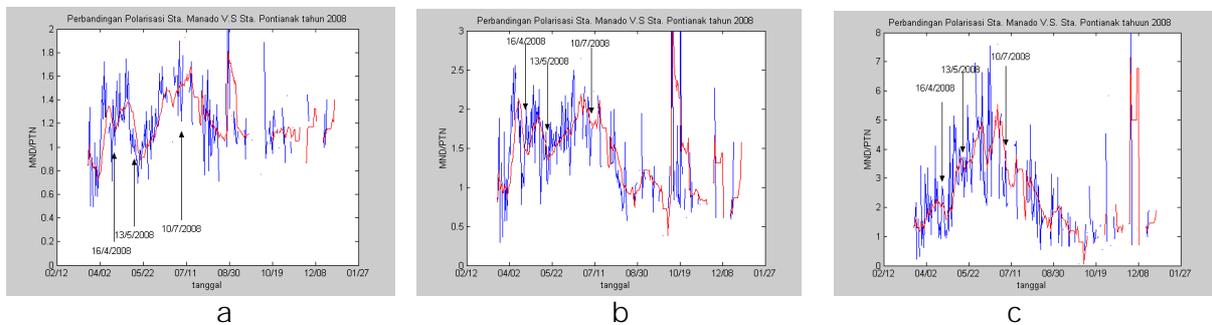
Selanjutnya dilakukan studi kasus terhadap data Manado tahun 2008 dengan membandingkan hasil pengolahan ULF polarisasinya dengan data Pontianak tahun 2008 dengan hasil seperti yang terlihat pada Gambar 3-4.

Gambar 3-4a – 3-4c menunjukkan bahwa ada kenaikan trend polarisasi sebelum kejadian gempa. Waktu terjadinya gempa ditandai dengan tanda panah. Untuk gempa pertama kenaikan trend terjadi sekitar 10 hari sebelumnya, pada gempa kedua kenaikan trend polarisasi terjadi sekitar 16 hari sebelumnya dan pada kejadian gempa

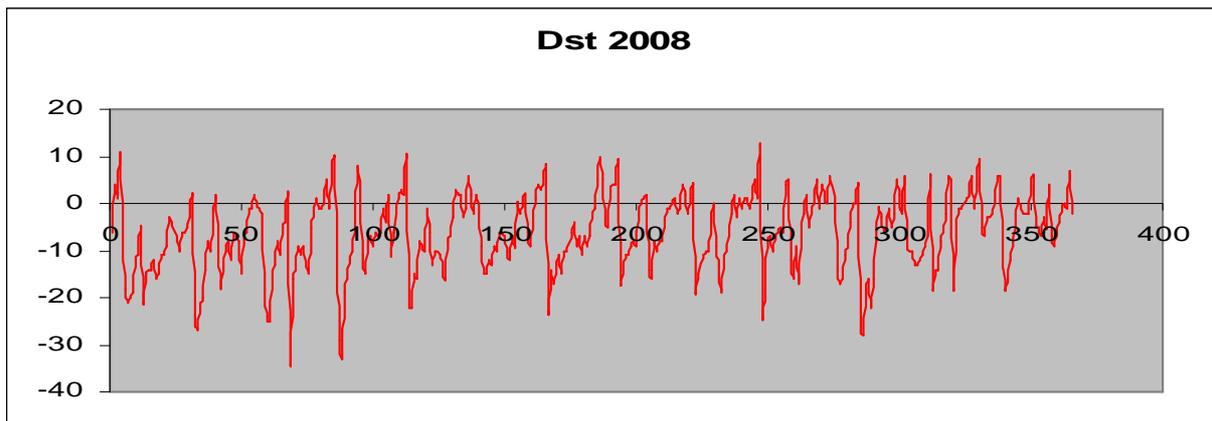
ketiga, kenaikan trend terjadi sekitar 21 hari sebelumnya. Untuk konfirmasi dapat dilihat indeks Dst tahun 2008 seperti pada Gambar 3-5, tidak terdapat aktifitas global sepanjang tahun tersebut.

Sedangkan kenaikan *trend* yang terjadi pada akhir bulan Agustus dan pertengahan Oktober tampaknya disebabkan oleh pengaruh data kosong.

Dilakukan juga studi kasus terhadap data Kototabang tahun 2009 dibandingkan dengan data Pontianak tahun 2009. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3-6.



Gambar 3-4: Perbandingan polarisasi Stasiun Manado terhadap Stasiun Pontianak sepanjang tahun 2008 difilter pada periode 10-45 detik (a), 45-150 detik (b), 150-600 detik (c)



Gambar 3-5: Indeks Dst tahun 2008

Gambar 3-6a – Gambar 3-6f memperlihatkan adanya *trend* kenaikan pada plot polarisasi Stasiun Kototabang. Sebelum gempa 16 Agustus sekitar 2 minggu sebelum terjadi kenaikan *trend*, sedangkan trend kenaikan polarisasi untuk gempa pada tanggal 30 September terjadi 3 minggu sebelumnya. Kenaikan yang terjadi pada awal bulan Mei hingga Juni 2009 kemungkinan disebabkan oleh data kosong. Untuk konfirmasi ada tidaknya *event* global dapat dilihat indeks Dst tahun 2009 seperti terlihat pada Gambar 3-7.

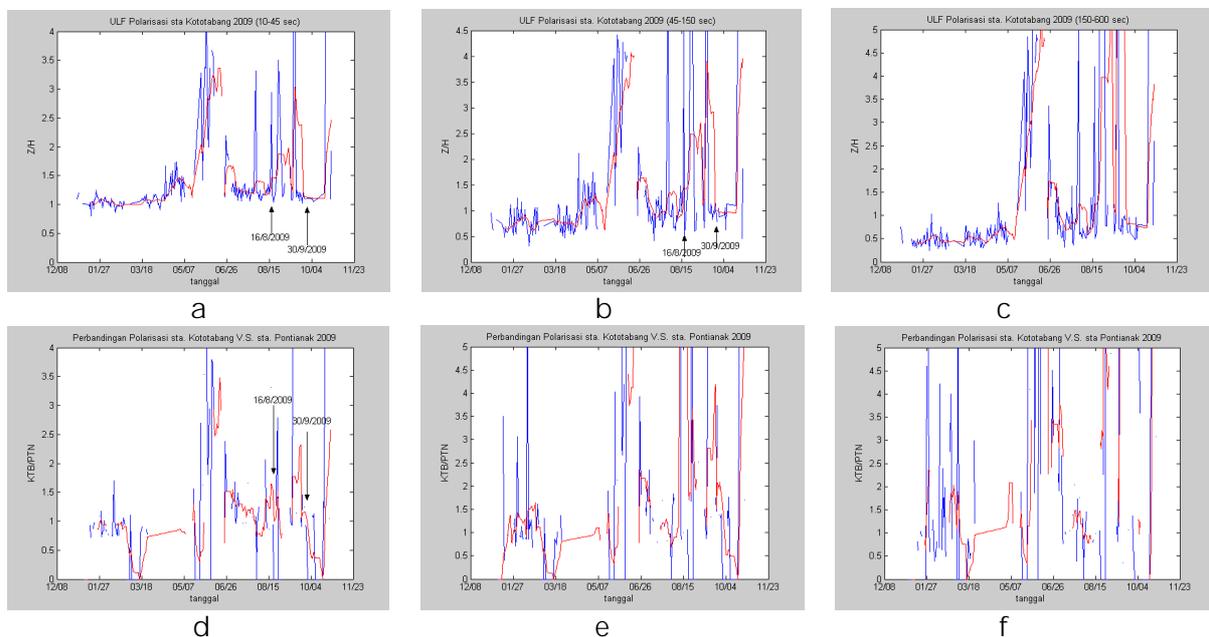
Pada hasil plot perbandingan 2 stasiun meskipun terdapat kenaikan trend hasilnya tidak terlalu jelas kecuali untuk data yang difilter pada periode 10-45 detik. Hal ini terjadi karena terdapat data kosong dari kedua stasiun pada waktu yang berbeda, sehingga ketika dibandingkan dan diplot secara keseluruhan hanya sedikit data yang ada.

Studi kasus selanjutnya dilakukan terhadap data stasiun Tanjungsari 2009 berkaitan dengan kejadian gempa

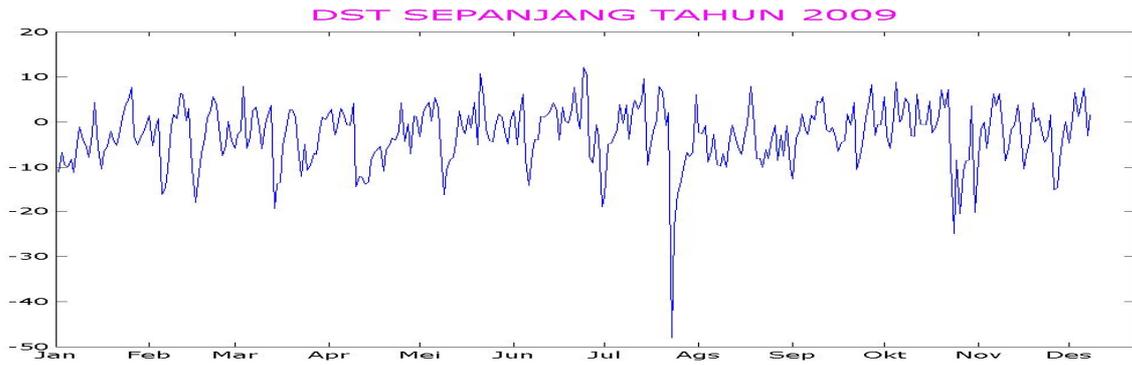
pada tanggal 2 September di Barat Daya Tasikmalaya dengan magnitudo 7.2 S.R. Untuk analisis digunakan Stasiun Pontianak sebagai pembandingan, hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3-8.

Pada saat kejadian gempa tanggal 2 September tersebut data Stasiun Tanjungsari kosong, tetapi 8 hari sebelum kejadian gempa tersebut terlihat ada kenaikan trend polarisasi. Dari Gambar 3-8 yang merupakan hasil perbandingan polarisasi Stasiun Tanjungsari dengan Stasiun Pontianak banyak terdapat data kosong sehingga pola dari trend polarisasinya tidak begitu terlihat, tetapi jika diplot data dari Stasiun Tanjungsari saja polanya lebih jelas seperti pada Gambar 3-9.

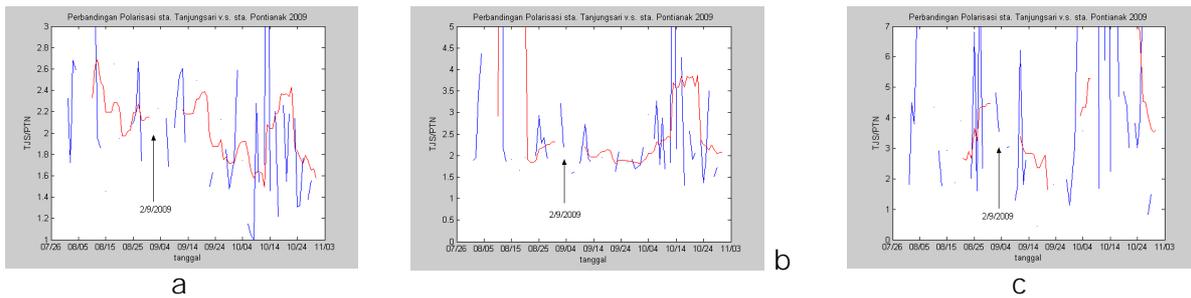
Satu studi kasus lagi dilakukan terhadap data Manado tahun 2009. Plot hasil polarisasi stasiun Manado dan perbandingannya dengan Stasiun Pontianak tahun 2009 dapat dilihat pada Gambar 3-10 dan Gambar 3-11.



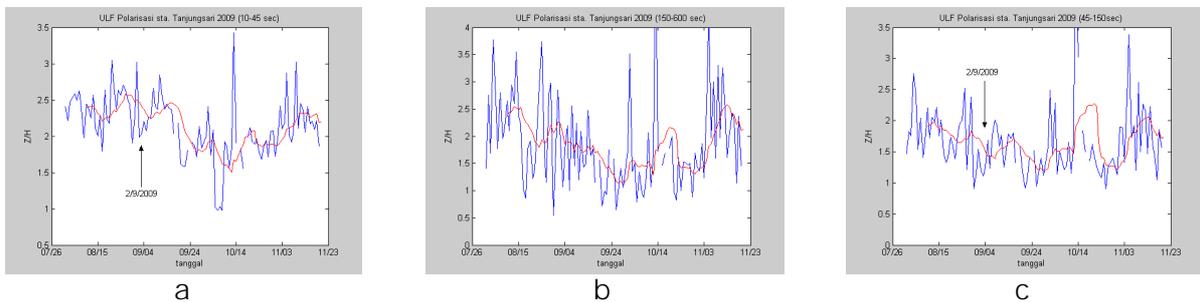
Gambar 3-6: Baris I merupakan plot ULF polarisasi Stasiun Kototabang tahun 2009 dengan urutan *filter* dari atas ke bawah adalah 10-45 detik, 45-150 detik dan 150-600 detik. Baris II merupakan plot perbandingan ULF polarisasi antara Stasiun Kototabang terhadap Stasiun Pontianak dengan urutan *filter* yang sama



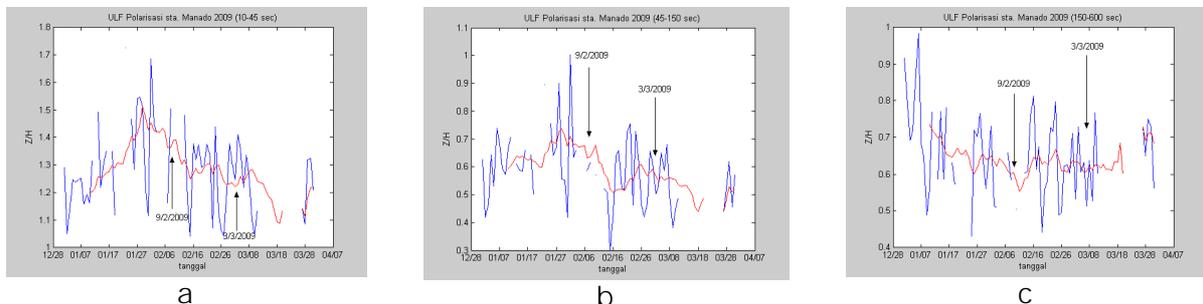
Gambar 3-7: Indeks Dst tahun 2009



Gambar 3-8: Perbandingan polarisasi Stasiun Tanjungarsi terhadap Stasiun Pontianak sepanjang tahun 2009 difilter pada periode 10-45 detik (a), 45-150 detik (b), dan 150-600 detik (c)



Gambar 3-9: Plot Ulf Polarisasi Stasiun Tanjungarsi tahun 2009 di-filter pada 10-45 detik (a), 45-150 detik (b), dan 150-600 detik (c)

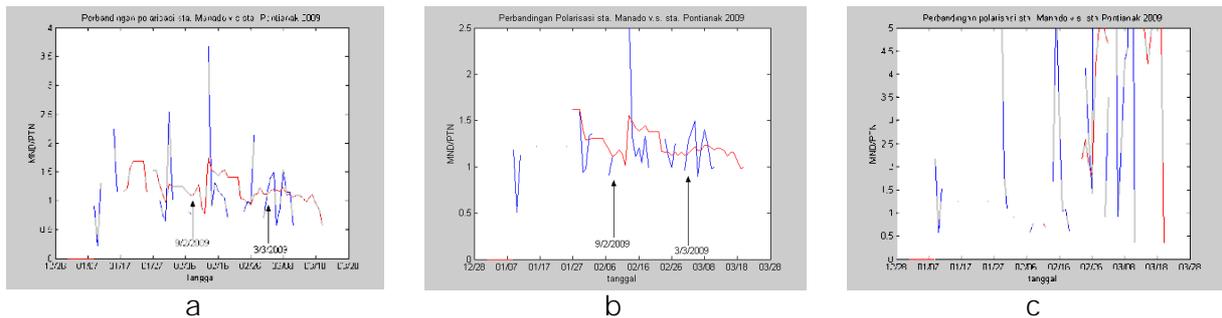


Gambar 3-10: Plot ULF polarisasi Stasiun Manado tahun 2009 di-filter pada periode 10-45 detik (a), 45-150 detik (b), dan 150-600 detik (c)

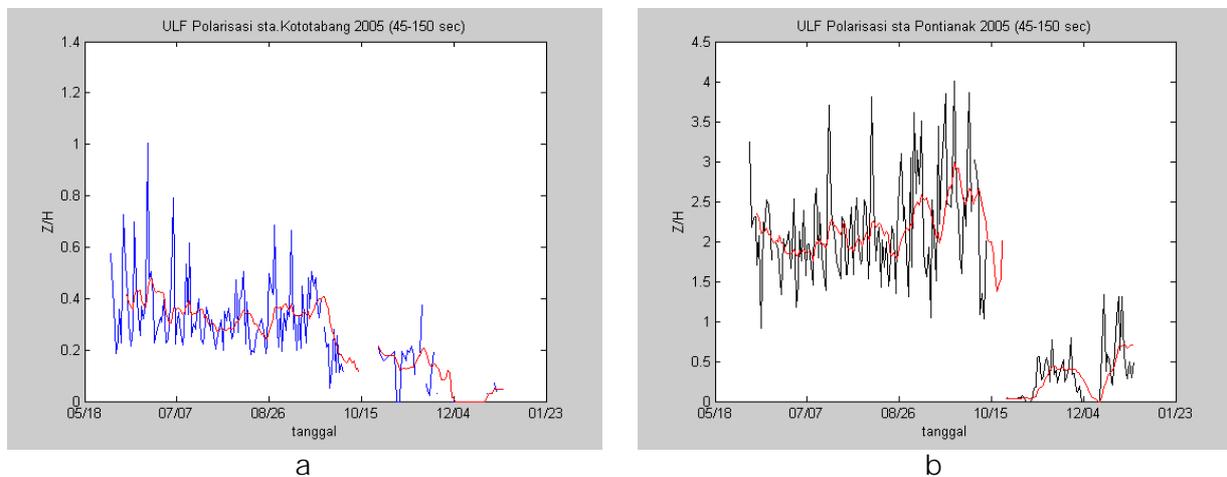
Berdasarkan Gambar 3-10 dan Gambar 3-11 terlihat 11 hari sebelum kejadian gempa tanggal 9 Februari ada kenaikan trend polarisasi, begitu juga sebelum gempa tanggal 3 Maret sekitar 13 hari sebelumnya terdapat kenaikan trend polarisasi. Hanya saja pada hasil plot perbandingan 2 stasiun trend/polarnya tidak terlihat akibat dari banyaknya data yang kosong.

Untuk menguji apakah perbandingan polarisasi 2 stasiun ini

benar-benar dapat mengeliminir anomali yang berasal dari faktor eksternal yang bersifat global, maka digunakanlah data tahun 2005 Stasiun Kototabang dan Stasiun Pontianak. Pada tahun 2005, selama bulan Januari – Oktober aktifitas geomagnet tinggi, hal ini dapat dilihat dari indeks Dst nya pada Gambar 3-12. Hal tersebut mengimbas data kedua stasiun tadi seperti terlihat pada Gambar 3-12a dan Gambar 3-12b.



Gambar 3-11: Perbandingan polarisasi Stasiun Manado terhadap Stasiun Pontianak sepanjang tahun 2009 di-filter pada periode 10-45 detik (a), 45-150 detik (b), dan 150-600 detik (c)



Gambar 3-12: Plot ULF polarisasi Stasiun Kototabang tahun 2005 di-filter pada periode 45-150 detik (a), dan 45-150 detik (b)

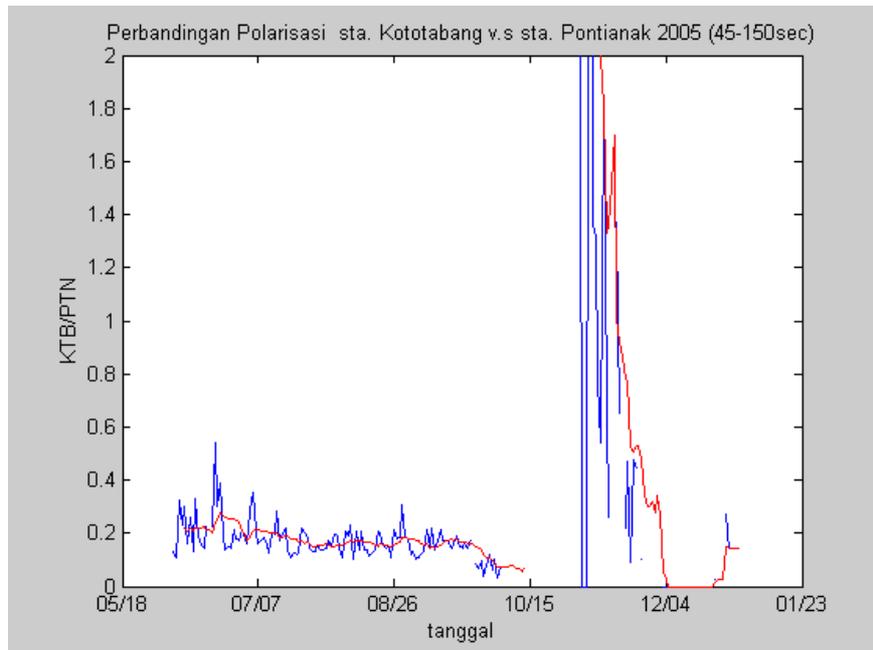
Dari Gambar 3-12a dan 3-12b di atas terlihat bahwa nilai polarisasi kedua stasiun berada di level yang tinggi pada bulan Juni-Oktober. Hal ini bersesuaian dengan indeks Dst tahun 2005. Kemudian dilakukan perbandingan antara kedua stasiun tersebut untuk membuktikan bahwa faktor eksternal

tersebut dapat dieliminasi. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3-13.

Hasil perbandingan polarisasi Stasiun Kototabang terhadap Stasiun Pontianak dapat dilihat pada Gambar 3-13, *trend* selama bulan Juni-Oktober relatif mendatar. Sedangkan kenaikan sekitar bulan November disebabkan oleh

data kosong dari kedua stasiun tersebut. Hal ini membuktikan bahwa dengan membandingkan polarisasi sinyal ULF antar 2 stasiun dapat mengeliminir anomali yang berasal dari faktor eksternal. Kemudian sebagai rekapitulasi hasil analisis, digunakan tabel seperti terlihat pada Tabel 3-1. Dari tabel

tersebut diketahui bahwa magnitudo dan jarak episenter terhadap stasiun geomagnet lebih berpengaruh pada waktu terjadinya prekursor atau *delay time* dari masa persiapan ke waktu terjadinya gempa dibandingkan terhadap amplitudo kenaikan *trend* polarisasi.



Gambar 3-13: Perbandingan ULF polarisasi Stasiun Kototabang terhadap Stasiun Pontianak tahun 2005 di-filter pada periode 45-150 detik

Tabel 3-1: LIST GEMPA STUDI KASUS BESERTA HASIL YANG DIPEROLEH

Tanggal	Mag	Lat	Long	Jarak	Sta	kenaikan <i>trend</i>			waktu hari
						10 - 45 sec	45-150 sec	150-600 sec	
16/4/08	5.7	0.83	126.08	153.62	MND	0.5	1.1	1	10
13/5/08	5.1	1.37	125.69	94.92	MND	0.3	0.5	2	14
10/7/08	5.1	0.94	125.96	136.37	MND	0.7	0.9	2.5	21
9/2/09	5.2	1.32	123.47	153.058	MND	nan	nan	nan	11
3/3/09	5.1	1.71	126.47	183.86	MND	nan	nan	nan	13
16/8/09	6.7	-1.48	99.49	169.043	KTB	0.8	4.3	4	20
30/9/09	7.5	-0.72	99.87	76.264	KTB	1.4	3.3	4.7	15
2/9/09	7.3	-8.24	107.32	157.736	TJS	0.4	0.6	1.6	8

4 KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan studi kasus yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan bahwa perbandingan antara stasiun terdekat dengan episenter dengan stasiun referensi dapat mempermudah interpretasi anomali sinyal ULF. Hal ini karena metode tersebut dapat mengeliminir anomali/prekursor dari faktor eksternal dengan syarat data kedua stasiun yang dibandingkan pada waktu yang sama tidak mengandung data kosong. Stasiun Pontianak dapat digunakan sebagai stasiun pembanding untuk data geomagnet dari stasiun lain. Hal tersebut karena Stasiun Pontianak mempunyai pola polarisasi musiman yang relatif tetap pada 3 rentang periode filter ULF yang diolah.

Magnitudo dan jarak episenter gempa yang akan terjadi terhadap stasiun geomagnet, lebih mempengaruhi waktu mulai terlihatnya anomali/prekursor dibandingkan amplitudo kenaikan *trend*-nya. Hanya saja karena perbedaan sensitifitas alat yang berakibat pada perbedaan rentang kenaikan *trend* polarisasi, maka perlu dikembangkan suatu skala kenaikan *trend* polarisasi untuk masing-masing stasiun. Sedangkan untuk rentang periode *filter* yang paling mudah untuk mendeteksi anomali/prekursor gempa dengan metode polarisasi ini adalah pada 45-150 detik.

DAFTAR RUJUKAN

- Hayakawa, M., Hattori, K., and Ohta, K., 2007. *Monitoring of ULF (Ultra-Low-Frequency) Geomagnetic Variations Associated with Earthquakes, Sensors*.
- Kotsarenko, A., et al., 2004. *Analysis of the ULF Electromagnetic Emission Related to Seismic Activity, Teloyucan Geomagnetic Station, 1998-2001*, Natural Hazards and Earth System Sciences.
- Kushwah, V.K., Singh, B., 2004. *Initial Results of Ultra Low Frequency Magnetic Field Observations at Agra and Their Relation with Seismic Activities*, Current Science, Vol.87, No.3, 10 August.
- Marshall, R., A., dan Menk, F., W., 1999. *Observations of Pc 3-4 and Pi2 Geomagnetic Pulsations in the Low Latitude Ionosphere*, Annales Geophysicae 17, 1397-1410.
- Yumoto, K., 2006. and the MAGDAS Group, MAGDAS Project and its Application for Space Weather, ILWS Workshop, pp 399-405, Hotel Cidade de Goa, Goa, India, February 19-24.
- Yumoto, K., et al., 2009. *A new ULF Wave Analysis for Seismo-Electromagnetics using CPMN/MAGDAS data*, Physics and Chemistry of the Earth, 34, 360-366.
- Yumoto, K., kuliah khusus selama 4 hari pada bulan Februari 2008 di Pusfatsainsa.