

ANALISIS ANOMALI SINYAL *ULTRA LOW FREQUENCY (ULF)* GEOMAGNET SEBELUM TERJADI GEMPA 29 SEPTEMBER 2004 DI BIAK

Fitri Nuraeni

Bidang Aplikasi Geomagnet dan Magnet Antariksa
Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa
LAPAN
fitrinuraeni@yahoo.com

ABSTRACT

Ultra Low Frequency (ULF) anomalies on geomagnetic variation data can be caused by external disturbances such as from the sun or space and internal disturbances from the earth. Before the 5.4 Richter Scale earthquake at Biak on September 29, 2004, there are anomalies that might be caused by electromagnetic emission from the earth's inner layer. These anomalies have been detected on geomagnetic signal in ULF band (10 – 600 sec periods). This paper will discuss the anomaly that was detected before the earthquake, and whether it was a local event within the earth's inner layer that happened because of the earthquake's preparation phase or was it actually caused by external disturbances. Data that is being used is the H and Z component of geomagnetic data variation. The Fast Fourier Transform method (FFT method) is being used to process the geomagnetic signal so the data can be filtered by bandpass filter. The Z/H polarization method is being used to analyze the result. Dst and Kp indices are also used to determine whether the anomaly is caused by external or internal disturbances.

Keywords: *Seismo-electromagnetic, ULF, Earthquake, Polarization method*

PENDAHULUAN

Indonesia yang berada di zona *ring of fire* sangat rentan terhadap gempa, baik gempa tektonik maupun vulkanik yang dapat menimbulkan banyak korban jiwa dan kerugian materi yang besar. Sampai saat ini belum ada cara untuk memprediksi kapan dan di mana suatu gempa akan terjadi. Oleh karena itu banyak dikembangkan penelitian-penelitian untuk memprediksi gempa bumi.

Salah satu metode penentuan tanda-tanda akan terjadinya gempa yang sedang dikembangkan adalah dengan mendeteksi anomali sinyal *Ultra Low Frequency (ULF)* geomagnet yang berada pada rentang periode 10–600 s. Penelitian Kotsarenko, A., *et al.*, 2005¹, menyatakan bahwa emisi elektro magnetik, terutama sinyal ULF sebelum gempa, dapat terekam di permukaan bumi oleh magnetometer

modern tanpa atenuasi yang signifikan jika gelombang tersebut dihasilkan pada gempa bumi dengan kedalaman *focus* tertentu (~ 10 km). Sebelum terjadi gempa bumi terdapat emisi elektro magnetik yang terjadi pada rentang spektrum elektro magnetik yang lebar, mulai dari ULF sampai *High Frequency (HF)* (Bhattacharya, S., *et al.*, 2004)². Telah diketahui 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 (Kushwah, V.K *et al.*, 2004)³.

Pada tanggal 29 September 2004 terjadi gempa dengan magnitudo 5,4 S.R, di Biak dengan koordinat episenter 0,67° LS–135,68° BT, berada sejauh 61,25 km dari stasiun geomagnet. Beberapa hari sebelum kejadian gempa tersebut terjadi anomali sinyal geomagnet pada rentang ULF. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk

mengetahui apakah anomali tersebut disebabkan oleh gangguan dari dalam bumi atau dari luar (matahari dan magnetosfer) dan merupakan studi kasus untuk penentuan kriteria prekursor gempa. Karena itu perlu dilakukan pengolahan dan analisis lebih lanjut pada data variasi geomagnet.

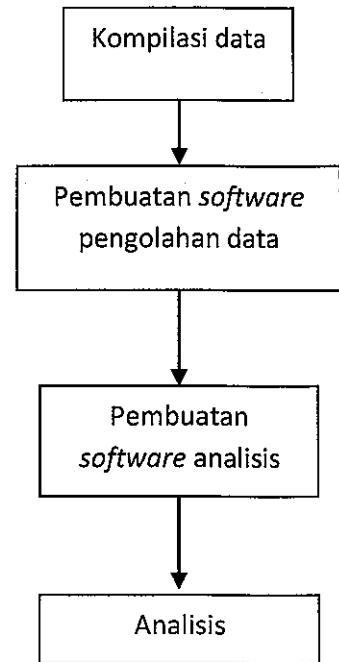
METODOLOGI

Akuisisi data geomagnet menggunakan *fluxgate magnetometer* 3 komponen yaitu komponen H, D, dan Z, dioperasikan dengan waktu cuplik 1 detik. Data disimpan dalam file per 5 menit dalam bentuk hexadesimal.

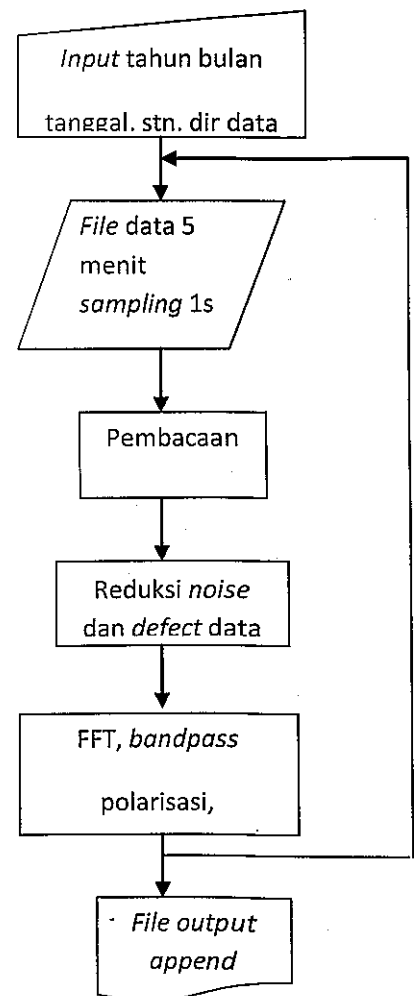
Dalam pengolahan data, langkah pertama yang dilakukan adalah pengumpulan data dan memeriksa kualitasnya. Pemeriksaan kualitas dilakukan dengan cara mengidentifikasi letak *noise* dan *defect* pada data. Untuk meminimalikan *noise* akibat aktivitas manusia maka data yang diolah hanya pada malam hari waktu lokal, mulai pukul 22.00 – 04.00 WIT atau pada pukul 07.00 – 13.00 UT. Selain dipilih waktu malam hari, dilakukan juga reduksi *noise* dan *defect* pada lokasi data yang terganggu dengan cara interpolasi pada *noise* yang lancip.

Kemudian setelah *noise* dan *defect* direduksi dilakukan pengolahan sinyal lebih lanjut menggunakan metode Fast Fourier Transform (FFT) untuk mengubah data dalam domain waktu ke domain frekuensi. Kemudian data tersebut difilter *bandpass* pada rentang ULF (10 - 600 s). Setelah difilter, masing-masing komponen H dan Z tersebut diambil nilai rata-rata 30 menit, kemudian hasilnya dipolarisasi dengan cara membandingkan intensitas data hasil filter komponen Z dengan komponen H ($Z//H$). Komponen Z merupakan pengukuran geomagnet berarah vertikal yang banyak dipengaruhi oleh faktor dari dalam bumi (internal), sedangkan komponen H berarah horizontal yang banyak dipengaruhi oleh faktor-faktor eksternal, sehingga ratio perbandingan antara keduanya dapat menunjukkan bahwa data tersebut lebih banyak terganggu karena faktor internal atau eksternal. Pengolahan data dengan langkah-langkah tersebut di atas dilakukan menggunakan *software* yang dibuat dalam bahasa pemrograman MATLAB dengan algoritma seperti yang ditampilkan pada Gambar 1 dan 2.

Untuk keperluan analisis dibuat pula *software* menggunakan bahasa pemrograman



Gambar 1. Diagram alir metodologi penelitian



Gambar 2. Diagram alir algoritma pengolahan data

MATLAB. Metoda yang digunakan dalam analisis adalah *running average* 10 harian. Data yang digunakan untuk *input* dalam analisis adalah data *file* hasil pengolahan yang berisi tanggal, polarisasi (Z/H) maksimum, median polarisasi (Z/H), polarisasi (Z/H) rata-rata 30 menit. Kemudian untuk mengetahui anomali yang ada disebabkan gangguan dari luar atau bukan digunakan data pembanding berupa indeks Dst dan indeks Kp yang menyatakan kondisi aktivitas matahari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

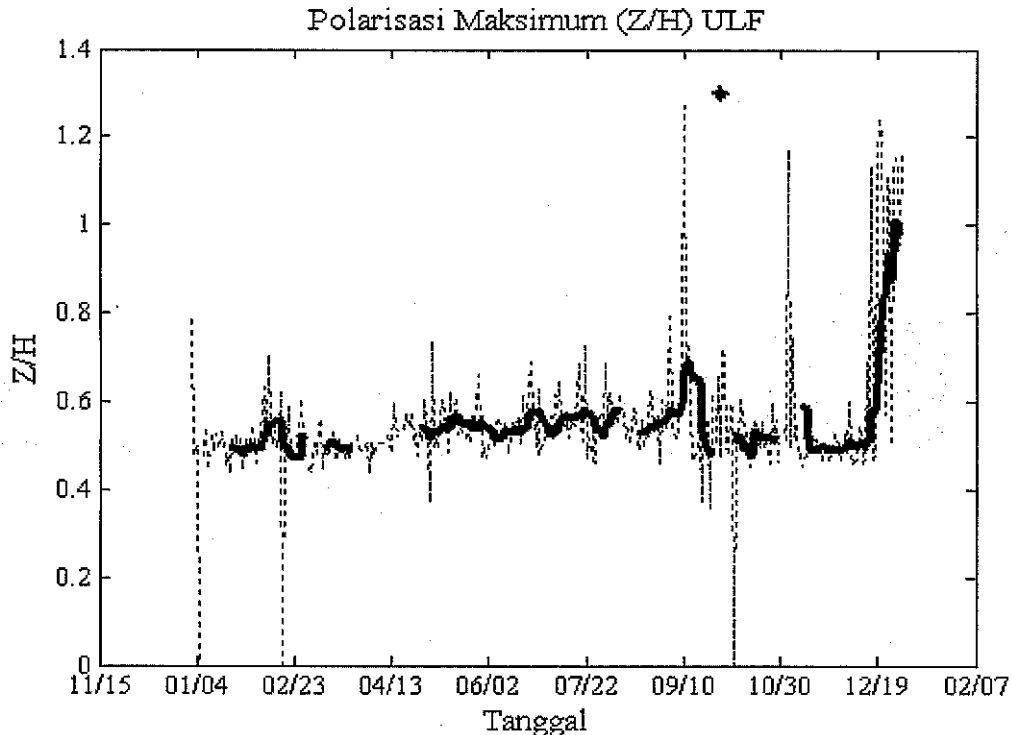
Data mentah yang digunakan sebagai *input* pengolahan adalah data variasi geomagnet komponen H dan Z dengan *sampling* 1 detik dari stasiun Biak pada tahun 2004. Data variasi geomagnet ini diperoleh dari magnetometer rangkaian *Circum pan Pacifif Magnetometer Network* (CPMN) 210 MM (*magnetic meridian*).

Sebagai informasi tambahan digunakan juga data indeks Kp dan Dst pada tahun tersebut untuk mengetahui anomali yang terjadi adalah kejadian lokal atau global akibat gangguan dari luar.

Episenter gempa Biak 29 September 2004 berada pada koordinat 0.67° LS – 135.68° BT dan berada sejauh 61.25 km dari stasiun geomagnet Biak. Jarak ini dianggap cukup baik untuk mendeteksi anomali sinyal geomagnet akibat gempa. Pada Gambar 3 dan 4 terlihat ada kecenderungan pola *running average* sinyal yang naik pada 10 hari sebelum kejadian gempa. Sebelum masa tersebut terlihat kecenderungan pola *running average* relatif mendatar dan baru mulai naik pada tanggal 10 September 2004. Kenaikan kecenderungan pola *running average* tampak lebih jelas pada data polarisasi (Z/H) maksimum dibandingkan nilai rata-ratanya.

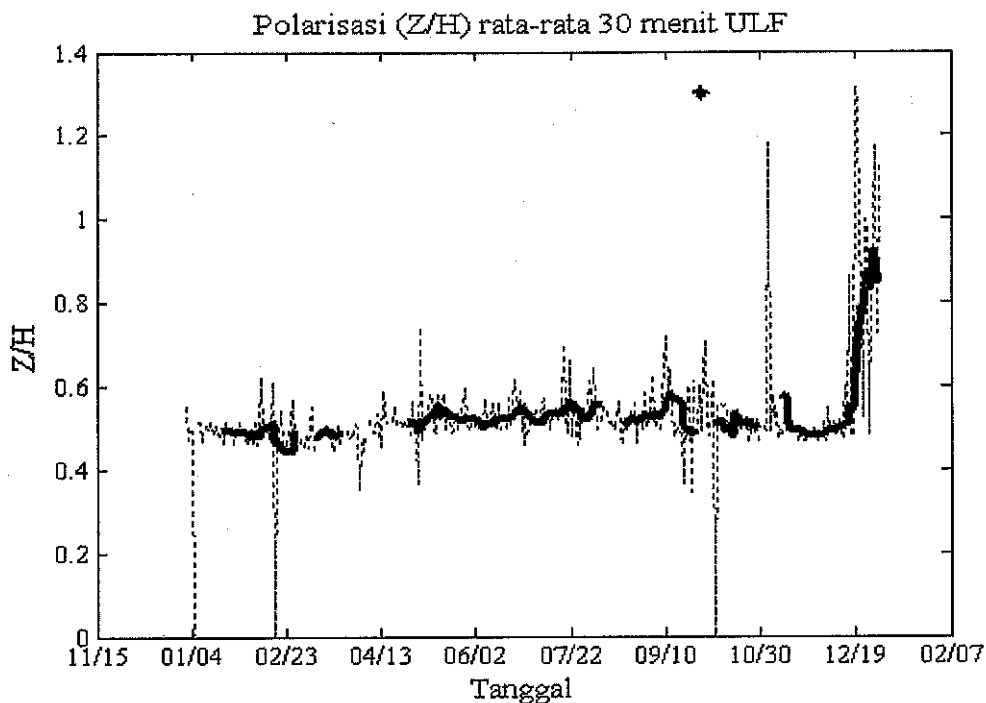
Gambar 5 dan 6 memperlihatkan indeks geomagnet pada tahun 2004. Dari kedua indeks tersebut terlihat bahwa pada saat kejadian gempa yang ditandai dengan garis titik pada Gambar 6, kedua indeks berada pada posisi normal, yaitu Dst pada nilai lebih kurang -10 dan sigma Kp pada nilai 10 yang berarti matahari sedang dalam kondisi tenang dan tidak ada gangguan dari luar.

Kemudian pada waktu 10 hari sebelum gempa yang ditandai dengan garis putus-putus



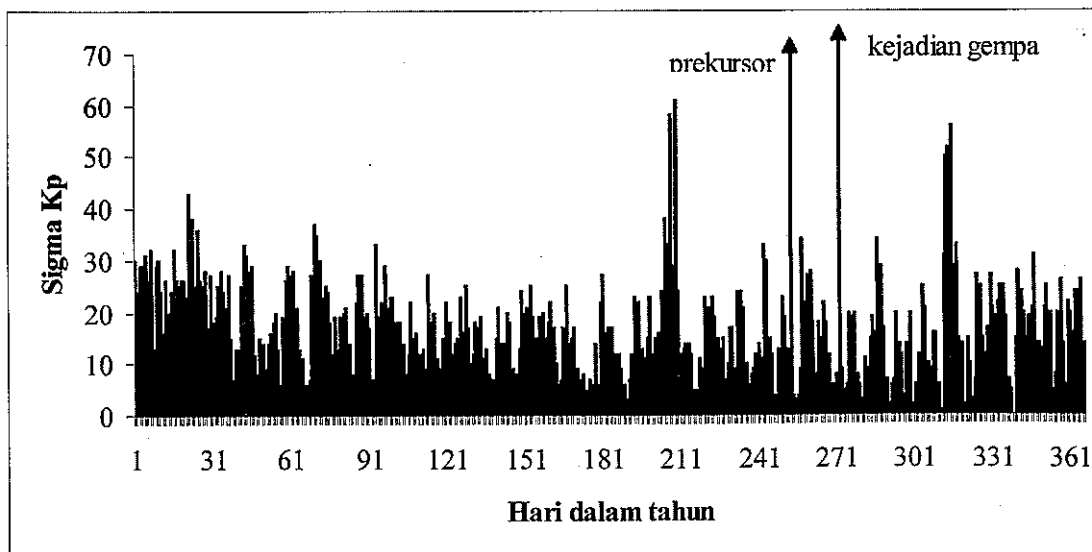
Gambar 3. Grafik polarisasi maksimum (Z/H) sinyal ULF geomagnet

Keterangan: Garis putus-putus merupakan hasil pengolahan data tahun 2004 polarisasi maksimum (Z/H) *bandpass filter* pada periode 10 – 600 detik. Garis tebal merupakan hasil *running average* data polarisasi per 10 hari yang menunjukkan kecenderungannya. Tanda *asterisk* di atas merupakan waktu kejadian gempa.

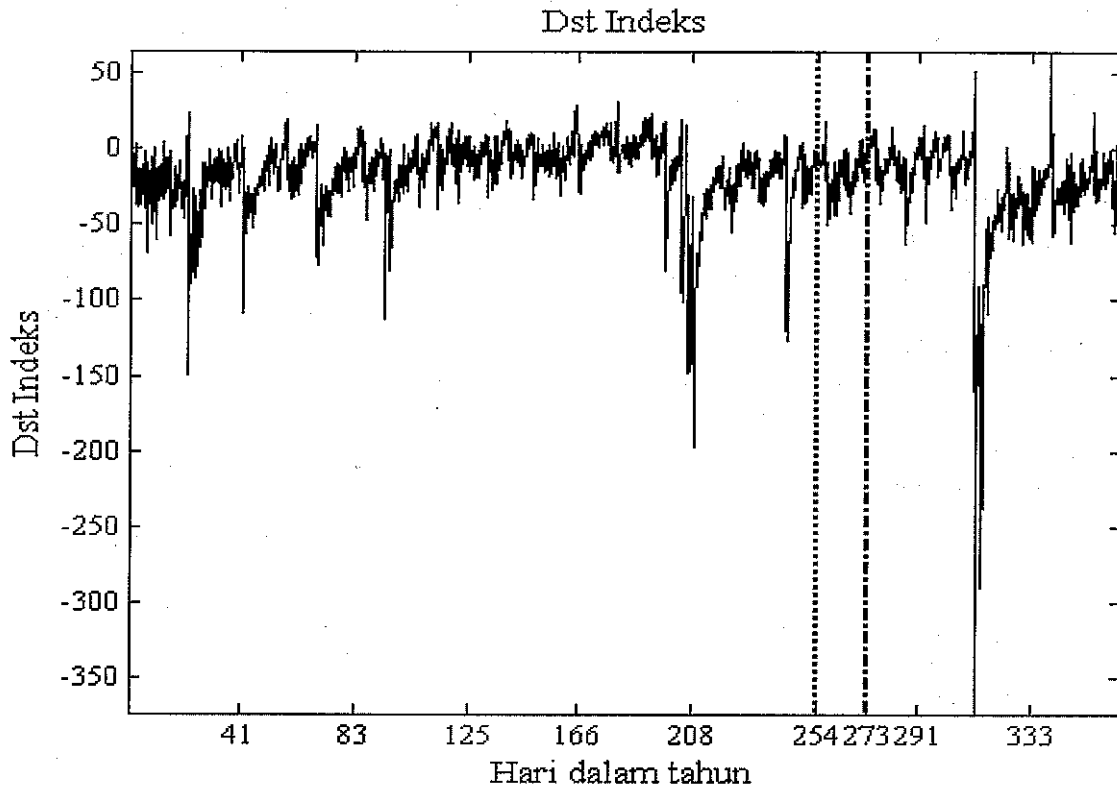


Gambar 4. Grafik polarisasi (Z/H) rata-rata 30 menit sinyal ULF geomagnet

Keterangan: Garis putus-putus merupakan hasil pengolahan data tahun 2004 polarisasi (Z/H) rata-rata 30 menit *bandpass filter* pada periode 10 – 600 detik. Garis tebal merupakan hasil *running average* data polarisasi per 10 hari yang menunjukkan kecenderungannya. Tanda *asterisk* di atas merupakan waktu kejadian gempa.



Gambar 5. Sigma indeks Kp pada tahun 2004 data per hari



Gambar 6. Indeks Dst pada tahun 2004 data per jam

Keterangan: Garis titik adalah waktu terjadinya gempa, garis putus-putus adalah waktu mulai naiknya pola kecenderungan *running average* nilai polarisasi sinyal ULF geomagnet. Sumbu x merupakan hari dalam setahun.

pada Gambar 6, terlihat kedua indeks masih berada pada batas normal, yaitu Dst pada nilai lebih kurang -20 dan indeks sigma Kp 5 bahkan dengan nilai gangguan yang lebih tinggi pada nilai indeks Dst dan lebih rendah pada indeks Kp dibandingkan dengan nilai gangguan pada hari kejadian gempa. Hal ini juga menunjukkan pada saat itu kondisi matahari tenang dan tidak ada gangguan yang berasal dari luar.

Berdasarkan hasil penelitian dari Kotsarenko, A., et al., 2004⁴, gempa yang memiliki indeks seismik (K_s) > 10 dapat dianggap sebagai prekursor gempa. Hal ini karena K_s merupakan fungsi dari jarak episenter terhadap posisi stasiun geomagnet, dan magnitudo gempa tersebut. Pada makalah yang sama disebutkan rumus dari indeks seismik adalah:

$$K_s = 10^{0.75M_s/10D} \quad (1)$$

M_s pada rumus di atas adalah magnitudo gempa dan D adalah jarak dari episenter ke stasiun geomagnet.

Oleh karena itu makalah ini juga menggunakan rumus yang sama untuk melihat nilai K_s yang dimiliki gempa Biak ini. Dengan $M_s = 5,4$ S.R. dan $R^* = 61,25$ km, didapat nilai indeks seismik untuk gempa Biak ini adalah 18,23. Berdasarkan nilai indeks seismik tersebut, gempa Biak ini dapat dianggap menghasilkan prekursor.

Berdasarkan pembahasan di atas kenaikan pola *running average* yang terjadi sebelum gempa Biak tersebut dapat disimpulkan penyebabnya berasal dari gangguan dari dalam bumi dan bersifat lokal karena tidak terlihat ada aktivitas geomagnet dari luar berdasarkan data indeks Kp dan Dst pada tahun tersebut. Meskipun begitu untuk keperluan penentuan prekursor gempa perlu dilakukan analisis juga terhadap gempa-gempa besar lainnya di wilayah Indonesia yang memperlihatkan adanya anomali lokal yang sama, sehingga dapat dirumuskan suatu kriteria prekursor yang bisa mengidentifikasi gempa-gempa di Indonesia. Selain itu juga masih perlu diteliti lebih lanjut mengenai mekanisme terjadinya

anomali lokal ini dihubungkan dengan fasa persiapan sebelum terjadi gempa.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas dapat diperoleh kesimpulan bahwa kenaikan kecenderungan pola *running average* polarisasi (Z/H) yang terjadi sekitar 10 hari sebelum gempa Biak ini merupakan anomali yang kemungkinan disebabkan oleh gangguan dari dalam bumi dan bersifat lokal. Indeks seismik (Ks), magnitudo dan jarak episenter terhadap stasiun geomagnet dapat dijadikan kriteria untuk menentukan apakah anomali yang terjadi merupakan prekursor gempa.

Oleh karena itu masih diperlukan studi lebih lanjut mengenai anomali sinyal geomagnet pada rentang ULF yang terjadi sebelum gempa bumi di wilayah Indonesia, sehingga bisa diperoleh kriteria prekursor gempa yang bersifat regional Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada grup 210 MM / CPMN atas izin penggunaan data-datanya.

DAFTAR PUSTAKA

- ¹Kotsarenko, A., *et al.* 2005. "Investigation of ULF magnetic anomaly during Izu earthquake swarm and Miyakejima volcano eruption at summer 2000 Japan". *Natural Hazards and Earth System Sciences*.
- ²Bhattacharya, S., *et al.* 2004. "Ground Based Methodology for Determining Ultra Low Frequency (ULF) Electromagnetic Emissions Associated with Seismic Activity". Proceeding of the 17th IAGA WG 1.2 Workshop on Electromagnetic Induction in the Earth, Hyderabad, India, October, 2004.
- ³Kushwah, V.K dan Singh, B. 2004. "Initial results of ultra low frequency magnetic field observations at Agra and their relation with seismic activities". *Current Science*, 87 (3), 10 August 2004.
- ⁴Kotsarenko, A. 2004. "Analysis of the ULF electromagnetic emission related to seismic activity, Teoloyucan geomagnetic station, 1998–2001". *Natural Hazards and Earth System Sciences*.