

Analisis Perubahan Medan Magnet Bumi Menjelang Gempa Bumi Di Biak Tahun 1996

Mamat Ruhimat, La Ode M. Musafar, Eddy Indra S., Dodi Suryaman, Obay Sobari*),
Cecep Sukmadrajat**)

*) Peneliti Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa, LAPAN Bandung.

***) Stasiun Pengamat Dirgantara LAPAN Biak

ABSTRACT

The Geomagnetic phenomena at atmosphere influenced by phenomena in the earth. Therefore geomagnetic field change can be made as earthquake precursor. To know the characteristic of geomagnetic variation, the geomagnetic variation data has been analyzed, which related to earthquake of events Biak on 17 February 1996 and 23 June 1996. It was analyzed by comparing Z and H component ULF wave amplitude, to find source of disturbances lithosphere and ionosphere origin.

The result show: Z/H polarization or the ratio of Z and H component of pulse amplitude change in accordance in the daily Kp index, accept during Earthquake. Increase of Z/H polarization two weeks before until the Earthquake event, although Kp index is relatively quiet. An increase in Z/H polarization indicates the strength of Earthquake.

ABSTRAK

Fenomena medan magnet bumi di atmosfer dipengaruhi oleh fenomena di dalam bumi. Oleh karenanya perubahan kuat medan magnet bumi dapat dijadikan indikator adanya gempa bumi. Untuk mengetahui karakteristik variasi medan magnet bumi, dianalisis data variasi medan magnet bumi yang berkaitan dengan peristiwa gempa tanggal 17 Februari 1996 dan 23 Juni 1996 di Biak. Analisisnya dengan cara membandingkan amplitudo gelombang ULF komponen Z dan komponen H yang merupakan cara untuk mengetahui sumber gangguan asal litosfer dan ionosfer.

Hasil analisis dari penelitian ini diperoleh indikasi: Polarisasi Z/H atau perbandingan amplitudo pulsa komponen Z dan komponen H bervariasi sesuai dengan Kp-indeks harian kecuali menjelang gempa bumi. Dua minggu sebelum hingga menjelang gempa bumi terjadi lonjakan polarisasi Z/H yang meningkat walaupun Kp-indeks relatif tenang. Peningkatan polarisasi Z/H menunjukkan kekuatan gempa bumi yang akan terjadi.

1. PENDAHULUAN

Gempa bumi merupakan salah satu fenomena alam yang sewaktu-waktu mendadak terjadi. Peristiwa gempa bumi berlangsung secara alami yang sifatnya lokal, muncul karena adanya pelepasan energi yang terakumulasi akibat adanya perpindahan material dalam skala besar

di dalam bumi atau pergeseran elastik di daerah patahan untuk waktu dan tempat tertentu. Gempa bumi ini sering menimbulkan bencana, yang menimbulkan kerugian harta dan menelan korban jiwa. Peristiwa ini sulit untuk dihindari, di sisi lain usaha yang dilakukan untuk mengurangi akibat bencana alam ini masih terbatas. Upaya tersebut antara

lain pindah ke tempat yang jauh dari sumber gempa, dimana untuk kepentingan itu diperlukan informasi ramalan gempa bumi. Untuk meramalkan gempa bumi perlu melakukan pengamatan yang berkesinambungan dari beberapa gejala parameter fisis agar waktu kejadian gempa bumi dapat diketahui lebih awal.

Beberapa metode telah diujicoba untuk memprediksi gempa bumi. Metode yang digunakan akhir-akhir ini berupa metode seismik dan metode magnet. Sejak tahun 1966 para peneliti Cina telah memberikan perhatian khusus dengan memasang jaringan pengamatan medan magnet bumi yang tersebar di wilayah Cina untuk menganalisis kasus yang berhubungan antara anomali medan magnet bumi periode pendek dengan gempa bumi. Hayakawa et.al.,(1996) dan Kawate et.al.,(1998) melaporkan hasil interpretasi *noise* magnet ULF selama gempa bumi Guam tanggal 8 Agustus 1993, Molchanov et.al., (1998) meneliti mekanisme generasi emisi elektromagnetik-seimogenik *Ultra Low Frequency* (ULF) yang diamati sebelum dan sesudah gempa bumi. Pada tahun yang sama Yumoto et.al.,(1998) telah meneliti hubungan antara aktivitas seismik dan emisi elektromagnetik dari medan listrik atmosfer dan aktivitas magnet lokal di Kamchatka. Menurut Zeng et.al., (1998) bila ditinjau dari sumber, medan magnet bumi dapat dibagi dua, meliputi medan sumber eksternal dan medan sumber internal bumi. Medan sumber eksternal merupakan variasi medan magnet bumi yang sumbernya berasal dari sistem arus di angkasa luar, sedangkan medan sumber internal merupakan gabungan medan utama dan medan induksi yang berhubungan dengan distribusi konduktivitas listrik kerak bumi.

Pada penelitian ini, dianalisis variasi medan magnet bumi yang

berkaitan dengan kejadian gempa bumi pada tanggal 17 Februari 1996 dan tanggal 23 Juni 1996 di daerah sekitar Pulau Biak sebelah utara Pulau Irian Jaya. Diharapkan penelitian ini memperoleh informasi atau indikasi yang berarti untuk kepentingan peramalan gempa bumi.

2. PEMISAHAN SINYAL DARI SUMBER GABUNGAN

Masalah mendasar dalam mempelajari anomali gangguan ULF yang berkaitan dengan aktivitas seismik adalah bagaimana cara memisahkan sinyal dari sumber yang berbeda. Pengaruh gangguan seismik khususnya yang berkaitan dengan fenomena elektromagnetik dapat dipelajari dengan menggunakan sinyal ULF dari komponen magnetik dan komponen listrik. Parameter utama untuk menentukan sinyal ULF adalah polarisasi dan impedansi. Dalam membahas kasus ini Pilipenko et.al., (1998) meninjau sinyal elektromagnetik di permukaan bumi yang dianggap sebagai batas dua media antara ionosfer dan litosfer yang terpisah dengan karakteristik elektromagnetik berbeda.

Penjalaran gelombang elektromagnetik dalam satu media berdasarkan persamaan Maxwell ditunjukkan dalam persamaan (2-1).

$$\begin{aligned}\nabla \times H &= (-i\omega\epsilon_g + \sigma_g) E + j_s(\omega), \\ \nabla \times E &= i\omega\mu_0 H\end{aligned}\quad (2-1)$$

dimana,

H kuat medan magnet

E kuat medan listrik

J_s rapat arus listrik

Kedua media ditandai oleh karakteristik impedansi (Z) dan vektor gelombang (k), karakteristik tersebut ditentukan oleh permitivitas dielektrik (ϵ) dan konduktivitas (σ) dalam bentuk :

$$k = \omega \sqrt{\mu \tilde{\epsilon}} \quad (2-2)$$

$$\tilde{\epsilon} = \epsilon_0 \epsilon_r = \epsilon_0 \epsilon + i \frac{\sigma}{\omega}$$

$$\tilde{\sigma} = \sigma - i \omega \epsilon_0 \epsilon$$

dimana :

ϵ_0 = konstanta permitivitas ruang hampa
 ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif dari medium.

Kedua media dianggap nonmagnetik yaitu $\mu \equiv \mu_0$. dimana μ_0 = permeabilitas ruang hampa.

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{Nm}^2$$

$$\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ Tm} / \text{A}$$

Di udara (atmosfer) konduktivitas $\sigma = 0$;

$$Z = Z_0 = [\mu_0 / \epsilon_0]^{1/2} = 120\pi \text{ ohm} \quad (2-3)$$

$$k = k_0 = \omega \sqrt{\epsilon_0 / \mu_0} = \omega / c \quad (2-4)$$

Di bumi (litosfer) : $\sigma / 2\omega \gg 1$

$$k_g = (i\omega\mu\sigma)^{1/2} = (1+i) \delta_g^{-1} \quad (2-5)$$

skin-depth

$$\delta_g = \left(\frac{2}{\mu\sigma\omega} \right)^{1/2} = 500 / \sqrt{f\sigma}$$

$$Z_g = \omega\mu_0 / k_g = \left(\frac{\mu_g \omega}{i\sigma} \right)^{1/2}$$

$$Z_g = Z_0 \left(\frac{k_g}{k_0} \right) \quad (2-6)$$

Persamaan Maxwell untuk gelombang bidang dipisah dalam dua kelompok masing-masing untuk gelombang bidang listrik dan gelombang bidang magnet. Dalam komponen medan listrik (E), model $E_z \neq 0$ dan $H_z = 0$, $E_1 // k_1$. Model ini dibangkitkan oleh dipol listrik verti-

kal. Dalam komponen medan magnet (H), model $H_z \neq 0$ dan $E_z = 0$, $H_1 // k_1$. Model ini dibangkitkan oleh jenis sumber magnet (loop arus). Dalam kasus umum berlaku persamaan dispersi,

$$k_z^2 + k_1^2 = i\omega\mu\tilde{\sigma} \quad (2-7)$$

Impedansi untuk model listrik dan magnet di batas antara dua bagian ruang homogen adalah :

$$Z^{[E]} = -i k_z / \tilde{\sigma} ; Z^{[H]} = \mu\omega / k_z \quad (2-8)$$

Untuk kasus sumber sinyal datang dari ionosfer, pada kejadian ini di permukaan bumi konduktif tinggi. Impedansi kedua model tidak bergantung struktur gelombang bidang. Tetapi untuk sumber sinyal datang dari litosfer, kemungkinan sinyal dari interior bumi akan mencapai permukaan, impedansi dari kedua model berbeda dan bergantung struktur gelombang. Untuk model E dan H ini dinyatakan :

$$Z_a^{[E]} = \frac{i |k_1|}{k_0} Z_0 ; Z_a^{[H]} = \frac{k_0}{i |k_1|} Z_0 \quad (2-9)$$

Perbandingan impedansi sinyal impedansi berasal dari sumber ionosfer dan sinyal dari litosfer (sumber dalam bumi) :

$$\frac{Z_a^{[E]}}{Z_g} = \frac{i |k_1|}{k_0^2} k_g ; \frac{Z_a^{[H]}}{Z_g} = \frac{k_g}{i |k_1|} \quad (2-10)$$

Komponen magnet vertikal di udara dapat diestimasi dari persamaan Maxwell dan berhubungan dengan impedansi. Untuk cara magnet dan listrik hubungannya dapat diperoleh :

$$\frac{H_z}{H_x} = \frac{i|k_{\perp}|}{k_x} \quad (2-11)$$

$$\frac{E_z}{E_x} = \frac{i|k_{\perp}|}{k_x} \quad (2-12)$$

Struktur bidang sebenarnya dari amplitudo-fasa berhubungan dengan komponen-komponen gangguan elektromagnetik dari sumber litosfer dan dapat diperoleh hanya dengan solusi khusus.

$$|H_z| = |H_{\perp}| \quad (2-13)$$

dimana H_z adalah kuat medan magnet komponen vertikal dan H_{\perp} adalah kuat medan magnet komponen horizontal. Ini menunjukkan bahwa untuk sinyal litosfer, orde besaran komponen vertikal dan horizontal secara umum adalah sebanding. Berbeda halnya jika sumber sinyal datang dari ionosfer, komponen vertikal di atas kerak memiliki konduksi yang tinggi, sehingga

$$\left(\frac{B_z}{B_{\perp}}\right) \cong k/k_g \ll 1 \quad (2-14)$$

dimana B_z adalah induksi magnet komponen vertikal dan B_{\perp} adalah induksi magnet komponen horizontal. Dengan kata lain, perbandingan antara komponen magnet vertikal dan horizontal pada dasarnya akan berbeda untuk sumber sinyal yang berlainan, seperti ditunjukkan dalam persamaan berikut;

$$\left|\frac{H_z}{H_{\perp}}\right|_{\text{seismo}} \gg \left|\frac{H_z}{H_{\perp}}\right|_{\text{ionosfer}} \quad (2-15)$$

3. METODOLOGI PENGOLAHAN DATA

Data variasi medan magnet bumi yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari hasil pengamatan dengan peralatan fluxgate magnetometer. Data tersebut berasal dari stasiun pengamatan geomagnet di Stasiun Pengamat Dirgantara LAPAN Biak (1,18 LS, 136,10 BT). Rentang waktu pengukuran data yang diolah adalah dari tanggal 1 Desember 1995 s/d 17 Februari 1996 dan 1 Mei 1996 s/d 30 Juni 1996. Selang waktu pengukuran data tiap detik, dan jumlah data yang digunakan setiap pengolahan masing-masing adalah 1024 titik. Data ini digunakan untuk menghitung perbandingan pulsa magnet antara komponen Z (vertikal) dan komponen H (horizontal). Data dan informasi lain yang digunakan adalah :

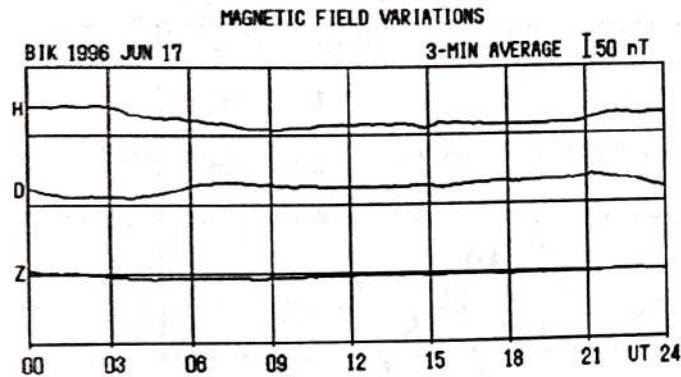
- Data variasi medan magnet bumi Darwin (12,40 LS, 130,90 BT)
- Tingkat gangguan geomagnet K_p index dari *World Data Center* (WDC), Universitas Kyoto, Jepang.
- Informasi gempa bumi dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG), dan media masa *Pikiran Rakyat* (Tabel 3-1).

TABEL 3-1 : INFORMASI KEJADIAN GEMPA BUMI YANG DIPEROLEH DARI BMG DAN MEDIA MASA PIKIRAN RAKYAT.

No.	Tanggal	Waktu WIB	Koordinat		Kedalaman Km	Magnitudo SR
			Lintang	Bujur		
EQ1	17021996	12:59:31	1,1 LS	137,15 BT	63	7,0
EQ2	23061996	18:59:09	1,2 LS	136,80 BT	64	5,2

Gambar 3-1, menunjukkan salah satu contoh variasi medan magnet bumi dari stasiun Biak pada tanggal 17 Juni 1996. Sebagai absis adalah waktu dalam *universal time* (UT) dan ordinat besaran

medan magnet bumi dalam nano-tesla (nT). Komponen horizontal (H) merupakan variasi magnet arah utara-selatan magnet.



Gambar 3-1 : Contoh data variasi magnet bumi dari Stasiun Pengamat Dirgantara LAPAN Biak pada tanggal 17 Juni 1996.

Variasi magnet ini bila tidak ada gangguan memiliki bentuk kurva licin dan polanya tiap hari hampir sama, yaitu pagi hingga siang hari kurvanya meningkat dan siang hingga malam kurvanya menurun.

Metode yang digunakan dalam pengolahan data variasi medan magnet bumi ini adalah *fast fourier transform* (FFT) Press et.al.,(1992), dengan persamaan:

$$H(f) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t)e^{2\pi ift} dt \quad (3-1)$$

t dalam detik dan f dalam Hertz.

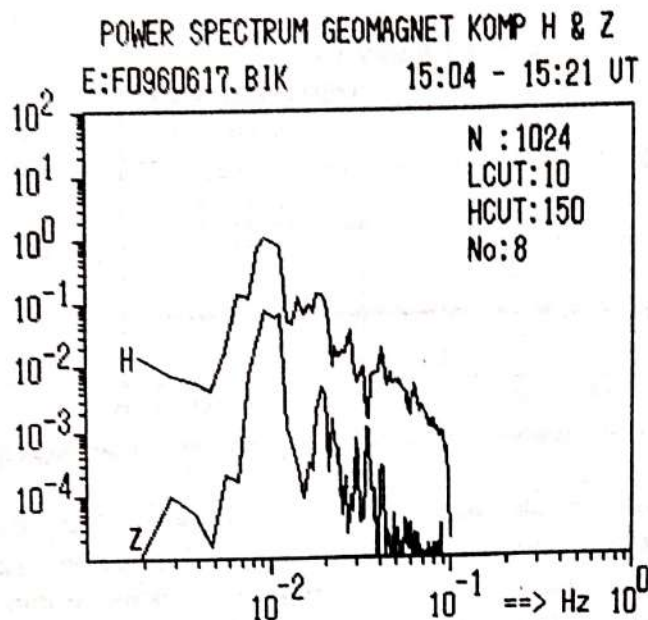
Untuk mengetahui amplitudo pulsa pada daerah frekuensi tertentu yang terekam dalam data variasi magnet masing-masing komponen digunakan filter *bandpass* terlebih dahulu, dan selanjutnya mencari amplitudo pulsa yang prinsip perhitungannya berdasar pada FFT, dan untuk mengatasi kehilangan atau kebocoran energi digunakan jendela Bartlett seperti yang ditunjukkan dalam persamaan (3-2),

$$w_j = 1 - \left| \frac{1 - \frac{1}{2}N}{\frac{1}{2}N} \right| \quad (3-2)$$

Gambar 3-2, merupakan salah satu contoh power spektrum variasi magnet komponen H dan Z yang melewati filter dalam rentang frekuensi 0,1 - 0,0067 Hz, pada tanggal 17 Juni 1996 dalam rentang waktu pukul 15:04 - 15:21 UT. Sebagai absis adalah frekuensi (Hz) dan sebagai ordinat adalah *power density* (nT²/Hz). Nilai maksimum akan diperoleh pada frekuensi 0,01 Hz. Akar dari nilai maksimum merupakan amplitudo pulsa. Untuk komponen H nilai maksimum diperoleh sekitar 1,113025 nT²/Hz sehingga amplitudo pulsanya sekitar 1,055 nT dan untuk komponen Z pada frekuensi yang sama akan diperoleh nilai *power density* sebesar 0,76176 nT²/Hz dan amplitudo pulsa komponen Z sebesar 0,276 nT. Pengolahan data untuk kepentingan kasus ini dalam satu hari hanya dalam rentang waktu 4 jam yaitu mulai dari pukul 22 sampai pukul 02 waktu lokal (Hayakawa et. al.,1996), atau mulai pukul 13 UT hingga pukul 17 UT. Dalam rentang waktu 4 jam itu, dihitung perbandingan amplitudo pulsa komponen Z/H. kemudian dipilih nilai perbandingan Z/H tertinggi. Hasil perhitungan untuk tiap hari dilakukan dengan membuat plot

dalam grafik seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4-1.a. dan Gambar 4-2.a. Sebagai absis adalah waktu (tanggal) yaitu mulai dari tanggal 01 Desember 1995 sampai dengan tanggal 17 Februari

1996 (Gambar 4-1.a.) dan untuk Gambar 4-2.a. mulai dari tanggal 01 Mei 1996 sampai dengan tanggal 30 Juni 1996. Sebagai ordinatnya adalah perbandingan amplitudo pulsa komponen Z/H.



Gambar 3-2 : Contoh power spektrum magnet bumi dari Stasiun Pengamat Dirgantara LAPAN Biak. Untuk komponen horizontal (H) dan komponen vertikal (Z) pada tanggal 17 Juni 1996. Sebagai ordinat adalah Power Density nT^2/Hz dan sebagai absis adalah frekuensi

4. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Ada dua peristiwa gempa bumi yang telah terjadi seperti yang tertera pada Tabel 3-1. Kejadian gempa bumi pada tanggal 17 Februari 1996 (EQ1) merupakan salah satu gempa tektonik yang cukup besar skala Richter (SR) = 7,0. Kejadian gempa bumi pada tanggal 26 Juni 1996 (EQ2) diperkirakan merupakan gempa susulan dari yang terjadi pada EQ1. Diperkirakan energi yang terakumulasi pada kejadian gempa bumi EQ1 jauh lebih besar dari peristiwa EQ2 (SR = 5,2). Kedua pusat gempa tersebut diperkirakan berlokasi di selatan pulau Biak, tepatnya pada Patahan Sorong. Untuk mengetahui adanya aktivitas medan magnet bumi yang

bersumber dari kegiatan kedua gempa bumi itu dapat diikuti analisis di bawah ini;

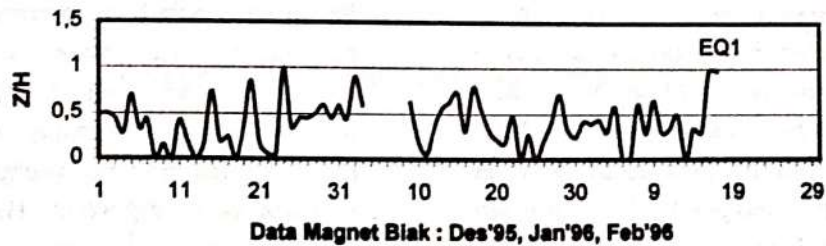
a. Analisis medan magnet bumi menjelang gempa bumi tanggal 17 Februari 1996

Gambar 4-1.a menunjukkan perbandingan amplitudo pulsa komponen Z dan H. Hasil yang diperoleh sangat berfluktuatif dimana hal ini menggambarkan adanya aktivitas pulsa magnet bumi. Ada dua kemungkinan sumber penyebab terjadinya aktivitas ini, pertama datang dari magnetosfer atau atmosfer bumi, Penyebab pertama ini memiliki aktivitas yang bersifat global artinya dari lintang utara sampai lintang selatan bumi akan mengalami kejadian

yang sama. Aktivitas geomagnet yang menunjukkan sifat seperti ini diantaranya ditunjukkan oleh indeks Kp yang dikenal dengan indeks planetary seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4-1.b. Sumber penyebab kedua datang dari dalam bumi, selain medan utama ada variasi magnet yang bersifat lokal dari litosfer akibat elektrifikasi mikrofraktur

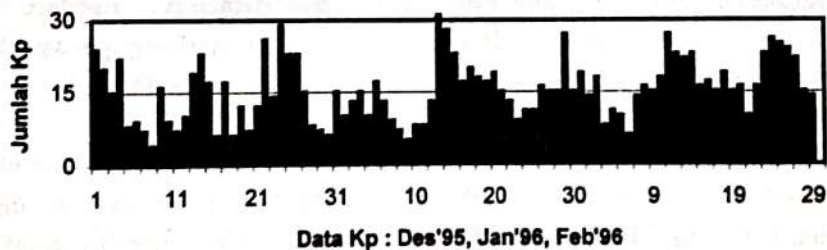
yang terjadi pada peristiwa gempa bumi (Molchanov,1998). Berdasarkan kedua penyebab tersebut maka untuk mengetahui aktivitas magnet bumi yang bersumber dari sekitar stasiun pengamatan magnet bumi perlu dilakukan kajian perbandingan dengan aktivitas yang bersifat global.

Perbandingan Amplitudo Pulsa Komponen Z dan H



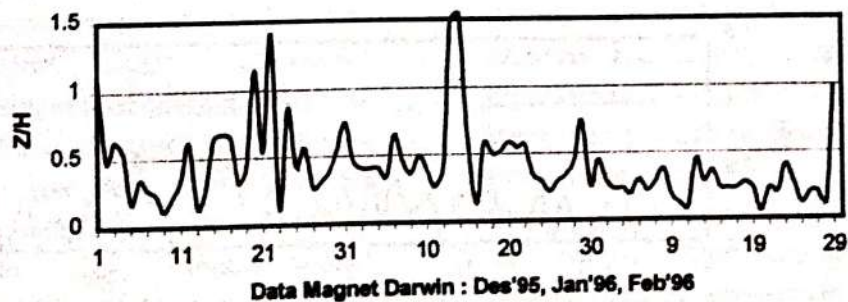
Gambar 4-1.a : Grafik perbandingan amplitudo pulsa komponen Z/H dari Stasiun Pengamat Dirgantara LAPAN Blak mulai tanggal 01 Desember 1995 sampai 17 Februari 1996.

Tingkat Gangguan Geomagnet (Kp-index)



Gambar 4-1.b : Grafik Kp indeks harian dari Universitas Kyoto (WDC), Jepang mulai tanggal 01 Desember 1995 sampai 29 Februari 1996.

Perbandingan Amplitudo Pulsa Komponen Z dan H



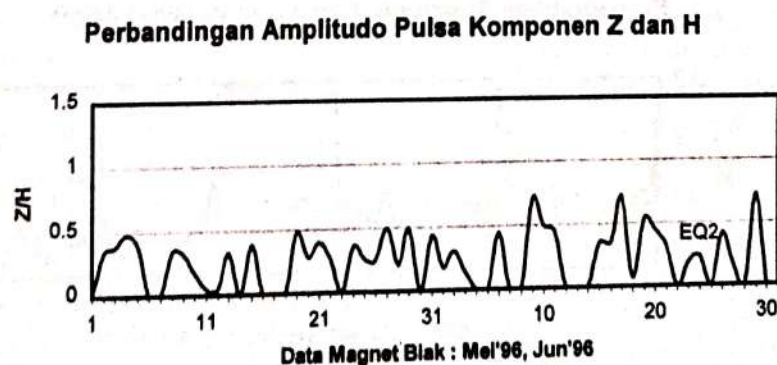
Gambar 4-1.c : Grafik perbandingan amplitudo pulsa komponen Z/H dari Darwin Australia mulai tanggal 01 Desember 1995 sampai 29 Februari 1996.

Secara kualitatif dalam menentukan sumber gangguan lokal yang terjadi di sekitar Biak perlu memperhatikan gangguan yang bersifat global (indeks Kp). Langkah pertama yang perlu diperhatikan adalah perbandingan Z/H yang tinggi mendekati satu, kemudian ditinjau jumlah indeks Kp harian yang terjadi apakah tinggi atau rendah. Bila jumlah indeks Kp harian tinggi seperti yang ditunjukkan pada tanggal 23 Desember dan 14 Januari, agak sulit untuk menafsirkan asal sumber gangguan lokal sekitar Biak karena kemungkinan besar sumber gangguan datang dari magnetosfer/ionosfer yang terekam oleh seluruh stasiun pengamat magnet bumi sehingga mengakibatkan jumlah indeks Kp harian tinggi. Sebagai pembandingan ditunjukkan perbandingan amplitudo pulsa Z/H dari stasiun pengamatan magnet bumi di Darwin pada Gambar 4-1.c. Di Darwin pun pada sekitar kedua tanggal tersebut menunjukkan adanya gangguan yang sama. Selain itu ada pula kejadian aktivitas magnet disekitar Biak yang meningkat, yaitu pada tanggal 4, 7, 9 dan 16 Februari 1996 perbandingan Z/H di Biak relatif lebih tinggi sedangkan jumlah indeks Kp hariannya relatif rendah, sepertinya tidak lagi mengikuti pola global yang ditunjukkan oleh jumlah indeks Kp harian. Kejadian ini diperkirakan akibat adanya sumber gangguan

lokal disekitar Biak. Prakiraan ini didukung pula oleh perbandingan Z/H di Darwin yang relatif rendah. Diperkirakan ada sumber pembangkit lain di sekitar Biak yang berkaitan dengan aktivitas gempa bumi yang terjadi pada tanggal 17 Februari 1996. Dua minggu sebelum gempa EQ1, mulai tanggal 4 Februari 1996 perbandingan amplitudo pulsa komponen Z/H menunjukkan fluktuasi yang tidak sejalan dengan tingkat gangguan magnet *planetary* harian. Seminggu sebelum gempa fluktuasinya meningkat di atas 0,5 kemudian menurun dan sehari sebelum gempa meningkat lagi hampir mencapai 0,98. Kejadian ini hampir mirip dengan hasil analisis yang diperoleh Hayakawa et.al., (1996) bahwa ditemukan peningkatan aktivitas Z/H yang terjadi seminggu sebelum gempa bumi, setelah itu menurun dan meningkat lagi dua hari menjelang gempa.

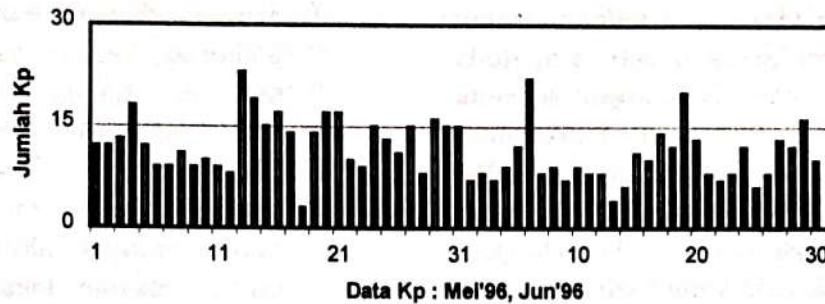
b. Analisis medan magnet bumi menjelang gempa bumi tanggal 23 Juni 1996

Dalam rentang waktu dari tanggal 01 Mei 1996 sampai dengan tanggal 30 Juni 1996 ini terdapat kejadian gempa bumi pada tanggal 23 Juni 1996 yang berkekuatan 5,2 skala Richter.



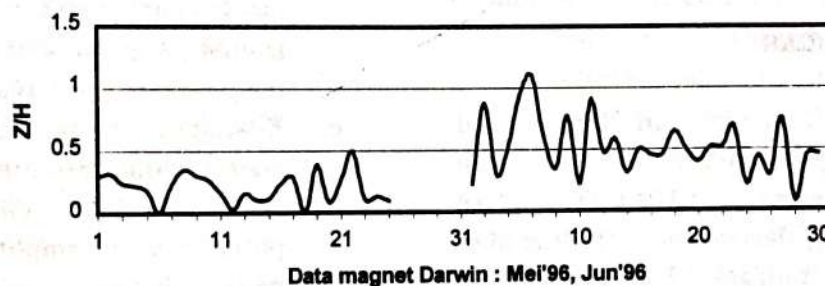
Gambar 4-2.a : Grafik perbandingan amplitudo pulsa komponen Z/H dari Stasiun Pengamat Dirgantara LAPAN Biak mulai tanggal 01 Mei 1996 sampai 30 Juni 1996.

Tingkat Gangguan Geomagnet (Kp-Index)



Gambar 4-2.b : Grafik Kp indeks harian dari Universitas Kyoto (WDC), Jepang mulai tanggal 01 Mei 1996 sampai 30 Juni 1996.

Perbandingan Amplitudo Pulsa Komponen Z dan H



Gambar 4-2.c : Grafik perbandingan amplitudo pulsa komponen Z/H dari Darwin Australia mulai tanggal 01 Mei 1996 sampai 30 Juni 1996.

Dari Gambar 4-2.a. terlihat bahwa nilai perbandingan amplitudo pulsa komponen Z dan H relatif rendah, hanya ada beberapa nilai yang lebih besar dari 0,5, demikian juga tingkat gangguan planetary pun dalam rentang waktu dua bulan ini relatif tenang (ditunjukkan dalam Gambar 4-2.b.). Dalam waktu dua minggu sebelum hingga beberapa saat menjelang gempa bumi (EQ2) terdapat fluktuasi Z/H di Biak yang agak melonjak yaitu terjadi pada tanggal 9 dan 17 Juni 1996, walaupun tingkat gangguan magnet *planetary* relatif tenang. Aktivitas Z/H lokal di Biak ini dapat dikenali jika dibandingkan dengan data Darwin seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4-2.c. dimana pada tanggal-tanggal tersebut di Darwin fluktuasinya relatif tenang. Secara kualitatif kejadian gempa bumi pada tanggal 23 Juni 1996 ini dapat diduga bahwa energi yang

terakumulasi pada gempa bumi ini tidak terlalu besar sehingga medan magnet komponen vertikal yang dibangkitkan oleh elektrifikasi retakan kecil di pusat gempa fluktuasinya kecil.

Dari kejadian EQ1 dan EQ2, adanya lonjakan fluktuasi Z/H yang cukup mencolok pada saat tingkat gangguan magnet *planetary* relatif tenang, diperkirakan pada hari-hari tersebut ada sumber gangguan lain yang datang dari dalam bumi. Seperti yang dibahas Molchanov et al., (1998) yaitu diperkirakan adanya elektrifikasi retakan kecil yang dapat terekam oleh peralatan fluxgate magnetometer. Kedua gempa tersebut episenternya cukup jauh dari stasiun geomagnet dan berada di lautan Pasifik dengan kedalaman lebih dari 60 kilometer. Hal ini agak menyulitkan untuk dapat mengenali pulsa atau *noise*

akibat retakan kecil, tetapi dengan bantuan tingkat gangguan magnet *planetary* dan data dari Darwin, pola atau kecenderungan perbandingan amplitudo pulsa Z/H pada dua minggu sebelum gempa secara kualitatif dapat diketahui. Untuk gempa EQ1 yang memiliki kekuatan 7,0 SR lebih jelas kelihatan pola peningkatannya dibandingkan dengan gempa EQ2 yang hanya memiliki kekuatan 5,2 SR, hal ini berkaitan dengan energi yang terakumulasi di pusat gempa untuk masing-masing kejadian.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan data variasi medan magnet bumi dari Stasiun Pengamat Dirgantara LAPAN Biak (1.18 LS, 136.10 BT) dari tanggal 01 Desember 1995 sampai tanggal 17 Februari 1996 dan dari tanggal 01 Mei 1996 sampai tanggal 30 Juni 1996, diperoleh sebagai berikut :

- a. Perbandingan amplitudo pulsa komponen Z/H bervariasi sebanding dengan tingkat gangguan magnet *planetary*, kecuali pada dua minggu sebelum hingga beberapa saat menjelang gempa bumi.
- b. Dua minggu sebelum hingga beberapa saat menjelang gempa bumi terdapat aktivitas gangguan medan magnet lokal di Biak, jika perhitungan tersebut dibandingkan dengan hasil perhitungan di Darwin maka perbandingan amplitudo pulsa Z/H di Biak lebih tinggi. Peningkatan ini diperkirakan berasal dari elektrifikasi retakan kecil di pusat gempa yang terekam dalam fluxgate magnetometer sebagai *noise* ULF.
- c. Kekuatan gempa dipengaruhi oleh energi yang terakumulasi di pusat gempa, terlihat dari peningkatan perbandingan amplitudo pulsa Z/H pada kedua kejadian gempa. Kekuatan gempa yang besar EQ1 memberikan lonjakan perbandingan Z/H yang lebih tinggi.

DAFTAR RUJUKAN

- Hayakawa M.; Kawate R.; Molchanov O.A. & Yumoto K., (1996), Results of Ultra-Low-Frequency Magnetic Filed Measurements during the Guam Earthquake of 8 August 1993, Geophysical Research Letters, Vol. 23, No. 3, pp. 241-244.
- Kawate R.; Molchanov O A. & Hayakawa M., (1998), Ultra Low Frequency Magnetic Fields during the Guam Earthquake of 8 August 1983 and their Interpretation, Physics of the Earth and Planetary Interior, 105, pp 229-238.
- Molchanov O A. & Hayakawa M., (1998), On the generation mechanism of ULF seimogenic electromagnetic emissions, Physics of the Earth and Planetary Interiors 105, pp 201-210.
- Pilipenko V.A.; Federov E.N.; Yagova N.V. & Yumoto K., (1998), Attempt to detect ULF electro-magnetic activity preceding earthquake, Monograph on Seismo-Atmospheric and -Ionospheric Electromagnetic Phenomenas, Ed by M. Hayakawa, Terra Sci.Publ. Comp. In press.
- Press W.H.; Tenkolsky S.A.; Vetterling W.T. & Flannery B.P., (1992), Numerical Recipes in C, The Art of Scientific Computing, 2nd edition, Cambridge University Press.
- Seto M.; K. Yumoto & Y. Kitamura and the 210° MM Magnetic observation Group, (1996), Induction arrows computed for the 210° MM Magnetic observation stations, Mem. Fac. Sci., Kyushu Univ. Ser. D, Earth and Planetary Sci., 29, No. 2 pp. 145-157.
- Yumoto K.; Vershinin. F.; Buzesioh A.V.; Saito K. & Tanaka Y., (1998), Relationships between Seismic Activity and Electromagnetic Emissions, Amospheric Electric Field and Local Magnetic Activities in Kamchatka, Memoirs of the Faculty of Science, Kyushu University, Series D, Earth Planet Sci., Vol 30 No.1, pp 15-22.
- Zeng X.; Y. Lin C. Xu; M. Zhao & Y Zhao, (1998), Manual on the Forecasting of Natural Disasters: Geomagnetic Methods, prepared by the UN International Workshop on Geomagnetic Methods, held on 12-18 February 1998, Beijing, China, pp. 147.