

# **KARAKTERISTIK TINGKAT GANGGUAN GEOMAGNET REGIONAL INDONESIA**

## **[CHARACTERISTIC OF GEOMAGNETIC DISTURBANCE LEVEL OVER INDONESIAN REGION]**

**Mamat Ruhimat<sup>\*)</sup>, John Maspupu<sup>\*)</sup>, Mira Juangsih<sup>\*)</sup>, Visca Wellyanita<sup>\*)</sup>,  
Kiyohumi Yumoto<sup>\*\*)</sup>**

**<sup>\*)</sup> Peneliti Pusat Sains Antariksa, Lapan**

**<sup>\*\*)</sup> International Center for Space Weather Science and Education, Kyushu University  
e-mail: mruhimat@yahoo.com**

**Diterima 10 Mei 2012; Disetujui 23 Juli 2012**

### **ABSTRACT**

The geomagnetic disturbance level is a quantity that describes geomagnetic activity, which includes information about the phenomena that occur in the magnetosphere. Geomagnetic disturbance is obtained from measurements of daily geomagnetic variations that is free from quiet day variation. Daily geomagnetic variation data used in this investigation come from magnetometer measurements by Indonesian National Institute of Aeronautic and Space (LAPAN) in collaboration with Kyushu University and Agency of Meteorology, Climatology and Geophysics (BMKG) at geomagnetic observatories in Kototabang, Pontianak, Parepare, Manado, and Kupang. The characteristics of geomagnetic disturbance in Indonesia region and the level of the disturbance are calculated by using a method known as principal component analysis (PCA). The results show the almost similar results in the disturbance of the geomagnetic of the five observatories. It also shows a strong correlation among them. In the other side, the geomagnetic disturbance from Manado observatory is the most dominant which is indicated by the highest eigenvalue 2.81.

*Keywords: Geomagnetic disturbance, Geomagnetic daily variation, Principal component analysis*

### **ABSTRAK**

Tingkat gangguan geomagnet merupakan besaran yang menggambarkan aktivitas geomagnet, yang mencakup informasi tentang fenomena yang terjadi di magnetosfer. Gangguan geomagnet ini diperoleh dari pengukuran variasi harian geomagnet yang sudah bebas dari variasi hari tenangnya. Data variasi harian geomagnet yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari pengukuran magnetometer yang dilakukan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (Lapan) bekerjasama dengan Universitas Kyushu dan Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) pada stasiun-stasiun pengamatan geomagnet di Kototabang, Pontianak, Parepare, Manado, dan Kupang. Untuk mengetahui karakteristik gangguan geomagnet regional Indonesia dari kelima stasiun tersebut digunakan suatu metode yang dikenal dengan analisis komponen utama (*Principal Component Analysis/PCA*). Dengan penelitian ini diharapkan dapat mengetahui tingkat gangguan geomagnet regional Indonesia. Hasil perhitungan tingkat gangguan geomagnet dari 5 stasiun secara visual menunjukkan hasil gangguan yang hampir sama. Dari hasil analisis komponen utama kelima stasiun memiliki korelasi data yang kuat antara stasiun satu dengan lainnya. Disamping itu gangguan geomagnet dari stasiun Manado merupakan gangguan geomagnet paling dominan yang ditunjukkan dengan nilai eigen tertinggi 2,81.

*Kata Kunci: Gangguan geomagnet, Variasi harian geomagnet, Analisis komponen utama*

## 1 PENDAHULUAN

Gangguan geomagnet yang merupakan ukuran untuk menggambarkan aktivitas geomagnet. Gangguan geomagnet secara umum dapat terjadi secara lokal atau global. Gangguan lokal datang dari dalam bumi sekitar stasiun pengamatan dan gangguan global datang dari luar bumi. Gangguan dari dalam dapat berasal batuan penyusun kerak bumi, sedangkan gangguan dari luar disebabkan oleh pengaruh cuaca antariksa.

Gangguan geomagnet atau dikenal pula sebagai badai geomagnet dinyatakan dengan nilai negatif yang menunjukkan penurunan medan geomagnet. Penurunan ini disebabkan terutama oleh sistem arus ekuatorial di magnetosfer yang disebut sebagai arus cincin (*ring current*). Gangguan yang terkait dengan perubahan di magnetosfer bumi diketahui memiliki kontribusi besar terhadap struktur dan dinamika ionosfer karena selama periode aktivitas geomagnet meningkat, medan magnet, arus listrik dan kerapatan plasma ionosfer lintang rendah mengalami gangguan kuat (Batista et al., 1991). Dengan melakukan pengukuran geomagnet yang berkesinambungan dari suatu lokasi diperoleh fluktuasi yang menggambarkan adanya aktivitas geomagnet. Aktivitas tersebut dapat memberikan informasi tentang fenomena di magnetosfer.

Fenomena badai geomagnet merupakan salah satu fenomena gangguan geomagnet yang terlihat jelas sebagai akibat gangguan cuaca antariksa. Badai geomagnet bisa terjadi karena gangguan dari matahari yang dapat menaikkan kerapatan dan kecepatan angin surya (misalnya dalam Veenadhari dan Alex, 2006). Kondisi medan magnet antarplanet juga berperan dalam mengantarkan gangguan ini ke bumi (Gonzalez et al., 1999). Di wilayah Indonesia, pengaruh aktivitas matahari tersebut sudah diteliti, antara lain di Biak (Yatini dan Ruhimat, 2008), di Manado (Ruhimat dan Yatini, 2011a dan 2011b).

LAPAN melakukan pengamatan geomagnet di beberapa stasiun yang tersebar di wilayah Indonesia. Pengamatan geomagnet yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui fluktuasi medan magnet bumi yang disebabkan oleh gangguan cuaca antariksa. Untuk mengetahui tingkat gangguan yang ada di Indonesia diperlukan pengetahuan mengenai karakteristik tingkat gangguan geomagnetnya. Pada makalah ini ditunjukkan karakteristik gangguan geomagnet regional di Indonesia dengan mengekstraksi data dari beberapa stasiun di Kototabang, Pontianak, Kupang, Parepare dan Manado dengan menggunakan metode analisis komponen utama (*Principal Component Analysis/PCA*). Kelima stasiun ini dipilih karena mempunyai data yang mempunyai periode yang sama, sehingga analisis untuk setiap stasiun dapat dilakukan untuk rentang data yang sama.

## 2 DATA DAN METODOLOGI

Peralatan yang digunakan untuk merekam data geomagnet adalah fluxgate magnetometer yang merekam variasi magnet komponen H, D, dan Z yaitu komponen horizontal utara-selatan, horizontal timur-barat, dan komponen vertikal dengan sampling data satu detik. Magnetometer ini ditempatkan di stasiun Kototabang dan Pontianak. Peralatan lain adalah *Magnetic Data Acquisition System* (MAGDAS) yang mengukur komponen absolut H, D dan Z dengan sampling data satu detik. Peralatan ini ditempatkan di stasiun Parepare, Manado, dan Kupang. Pengukuran ini bekerjasama dengan *International Center for Space Weather Science and Education, Kyushu University* dan Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika. Pada Tabel 2-1 diperlihatkan lokasi dari masing-masing stasiun pengamatan.

Pada penelitian ini komponen magnet yang akan dibahas adalah komponen H karena komponen ini yang paling sensitif terhadap gangguan. Data yang dianalisis dari tahun 2008 sampai dengan tahun 2011. Akan tetapi, karena keterbatasan kontinuitas data dari setiap stasiun, maka data yang diolah tidak sepanjang tahun, melainkan

pada bulan-bulan tertentu, tergantung pada kelengkapan data yang sama dari setiap stasiun. Tabel 2-2 memperlihatkan data yang diolah untuk setiap tahunnya. Data dari masing-masing stasiun ini difilter untuk mendapatkan data yang bebas *noise*. Gangguan geomagnet ini diperoleh setelah data lapangan tiap detik dirata-rata setiap jamnya dan dipisahkan dari data hari tenangnya.

Tabel 2-1: LOKASI STASIUN PENGAMATAN GEOMAGNET

No.	Stasiun	Singkatan	Geografi		Geomagnet	
			Lintang	Bujur	Lintang	Bujur
1.	Kototabang	KTB	0,22° LS	100,32° BT	10,12°LS	172,42° BT
2.	Pontianak	PTN	0,05° LU	109,34° BT	9,93° LS	181,58° BT
3.	Kupang	KPG	10,25° LS	123,65° BT	19,77°LS	196,62° BT
4.	Parepare	PRP	3,89° LS	119,65° BT	13,63°LS	192,19° BT
5.	Manado	MND	1,30° LU	124,93° BT	8,25°LS	197,33° BT

Tabel 2-2: PERIODE DATA YANG DIGUNAKAN UNTUK ANALISIS

Tahun	Data yang digunakan
2008	April, Mei, Juni, Juli
2010	Mei, Agustus, September
2011	Januari, Pebruari, Maret, Mei, Juni

Untuk mengekstraksi variasi gangguan geomagnet yang dominan digunakan metode analisis komponen utama (*Principal Component Analysis/PCA*) (Li et al., 2011). Konsep PCA yang digunakan dalam aplikasinya adalah menyangkut analisis faktor dengan fokus pada analisis komponen utama. Selanjutnya analisis komponen utama ini dapat dijabarkan dalam beberapa langkah:

- Kompilasi data pengamatan dalam hal ini gangguan geomagnet komponen H tiap jam dari 5 stasiun pengamatan dan tentukan banyaknya sampel data yang sesuai dengan formulasi empiris yaitu  $n=4k$  atau  $n=5k$  dimana  $k$  banyaknya variabel semula (5 stasiun). Kemudian atur variabel dalam bentuk  $X_i$ ,  $i=1,2,\dots, n$ .
- Lakukanlah standarisasi data variabel semula dengan menggunakan variabel transformasi

$$X_i^* = \frac{X_i - \bar{X}_i}{S_i} \text{ dimana } \bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \text{ dan } S_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}_i)^2 \tag{2-1}$$

- Hitung koefisien korelasi antar variabel standar  $X_i^*$  dan tentukan matriks kovariansinya sebagai berikut:

$$\rho = \begin{bmatrix} \rho_{X_1X_1} & \rho_{X_1X_2} & \dots & \rho_{X_1X_n} \\ \rho_{X_2X_1} & \rho_{X_2X_2} & \dots & \rho_{X_2X_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \rho_{X_nX_1} & \rho_{X_nX_2} & \dots & \rho_{X_nX_n} \end{bmatrix} \tag{2-2}$$

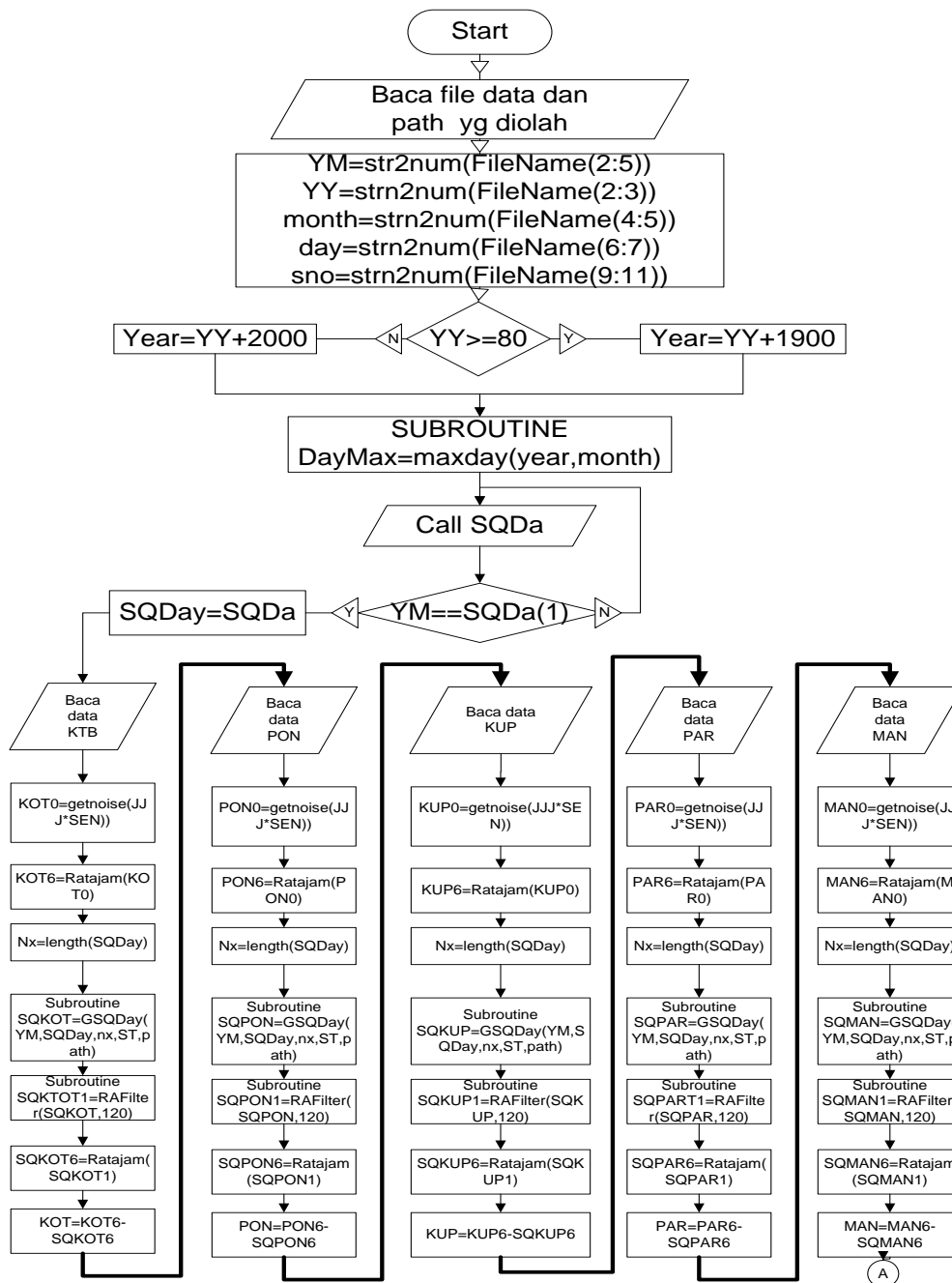
dengan  $\rho_{X_iX_j} = \frac{\sigma_{X_iX_j}}{\sigma_{X_i} \sigma_{X_j}}$  untuk  $i \neq j$  dan  $\sigma_{X_iX_i} = \sigma_{X_i}^2$ ,  $\rho_{X_iX_i} = 1$

sedangkan  $\sigma_{X_iX_j} = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (X_{ki} - \bar{X}_i)(X_{kj} - \bar{X}_j)$

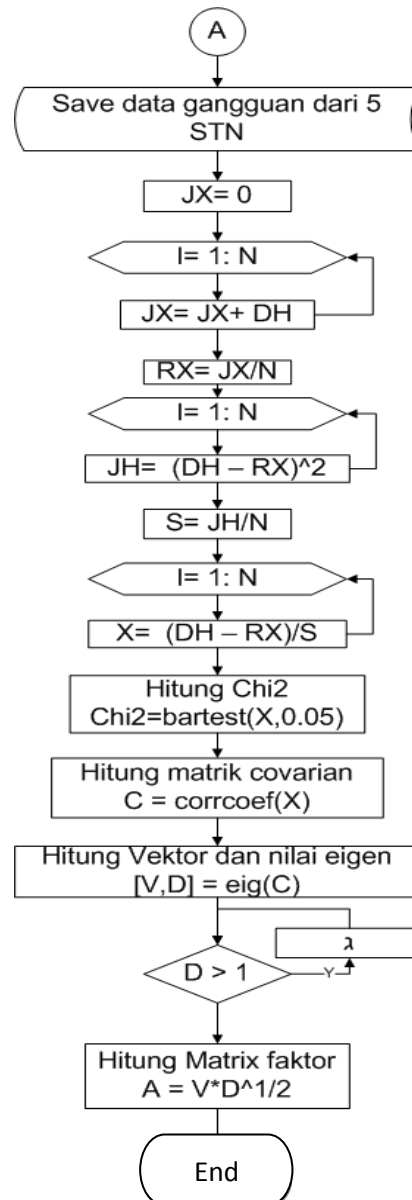
- Tentukan nilai eigen  $\lambda$  dari polinom karakteristik  $P_n(\lambda) = \text{Det}(\rho - \lambda I) = 0$ , dimana  $I$  matriks identitas yang berukuran  $n \times n$ .

- Pilih faktor baru dengan kriteria nilai eigen  $\lambda > 1$  dan tentukan persentase varian dari masing-masing faktor baru serta total persentase varian semua faktor baru.
- Tentukan Vektor eigen  $V$  dari persamaan  $\rho V = \lambda V$
- Tentukan matriks diagonal nilai eigen  $D = V^{-1} \rho V$
- Tentukan matriks faktor yang belum dirotasi  $A = V D^{1/2}$

Diagram alir yang digunakan dalam pengolahan data digambarkan dalam Gambar 2-1 dan Gambar 2-2. Pengolahan data dibagi menjadi dua tahap, yakni tahap pertama seperti yang digambarkan dalam Gambar 2-1 untuk menghitung tingkat gangguan geomagnet dari variasi harian geomagnet masing-masing stasiun dengan memisahkannya dari pola hari tenangnya yang diperoleh dari rata-rata lima hari tenang pada bulan yang sama. Tahap kedua pengolahan gangguan geomagnet adalah untuk mengetahui gangguan geomagnet yang dominan dengan menggunakan metode analisis komponen utama yang diagram alirnya ditunjukkan dalam Gambar 2-2.



Gambar 2-1: Diagram alir pengolahan gangguan geomagnet dari 5 stasiun

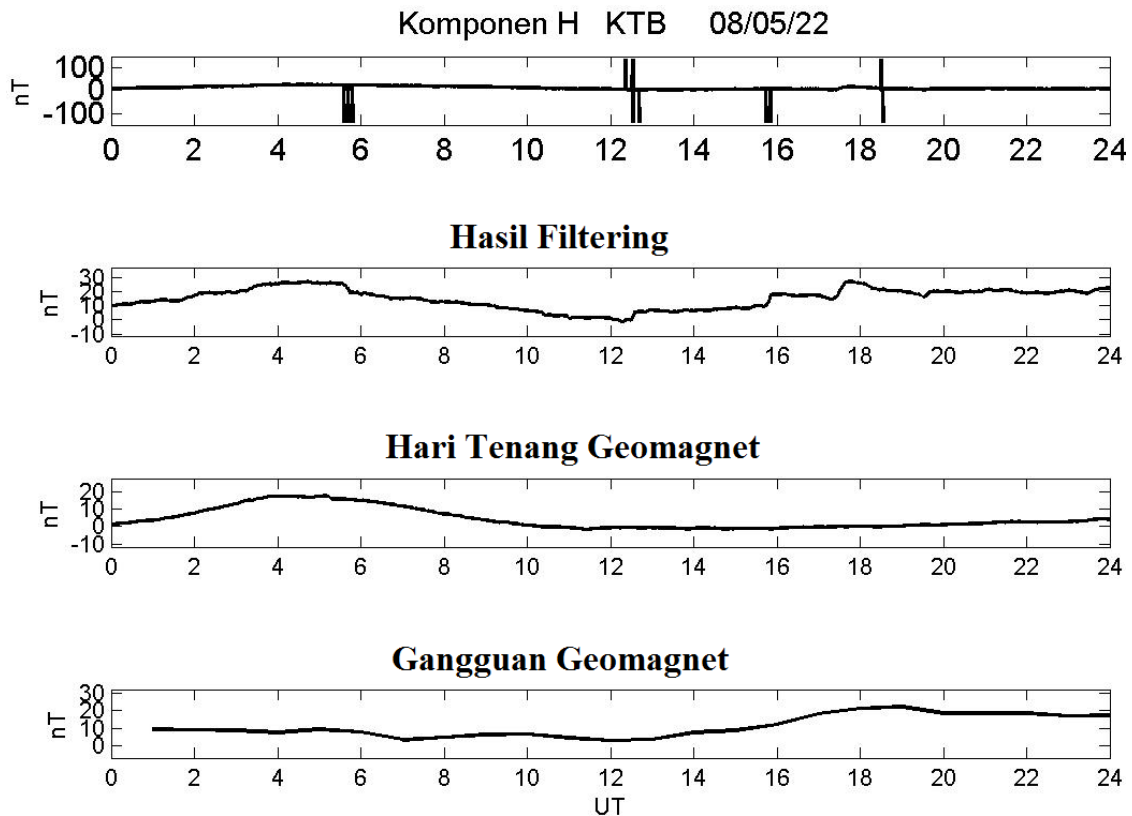


Gambar 2-2: Diagram alir dari pengolahan data gangguan geomagnet regional Indonesia dengan metode analisis komponen utama (*Principal Component Analysis/PCA*)

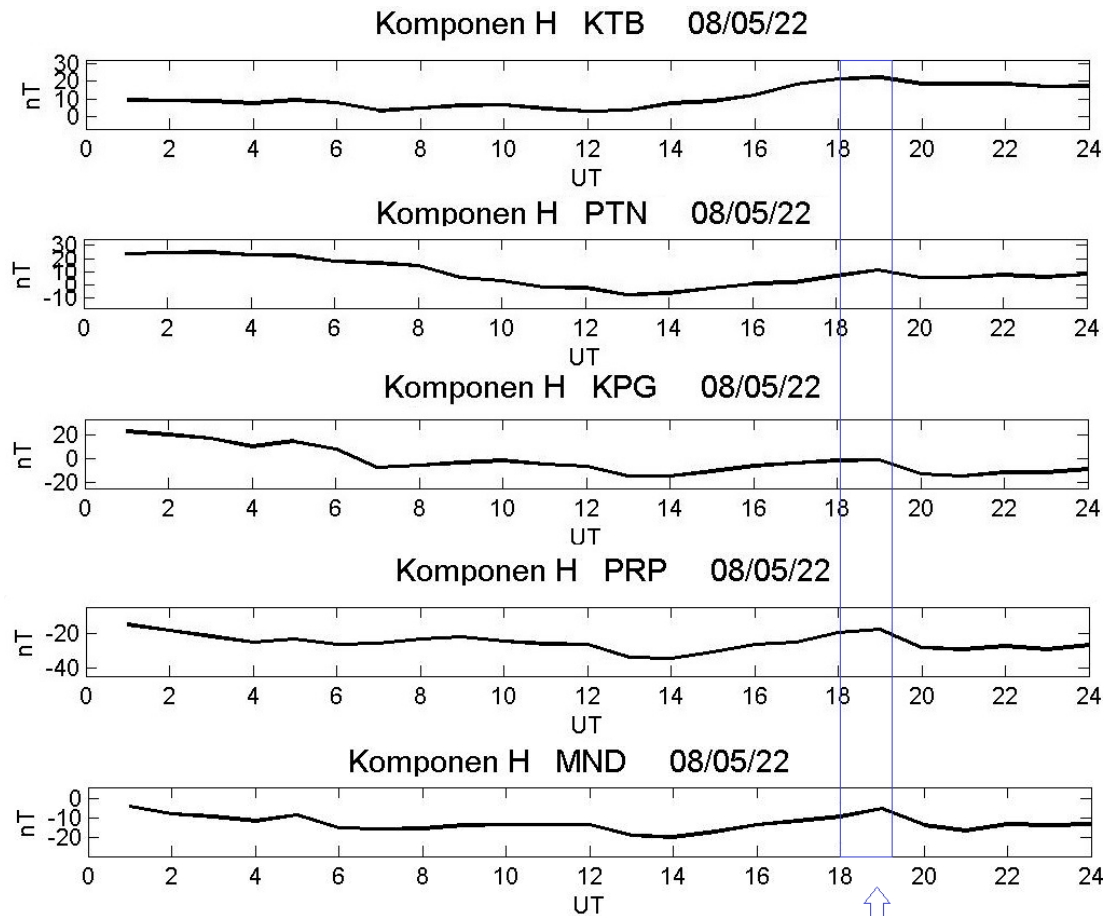
### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam Gambar 3-1 ditunjukkan contoh hasil pengolahan untuk mendapatkan tingkat gangguan geomagnet. Dalam gambar ini, sebagai contoh adalah hasil pengolahan data geomagnet komponen H dari stasiun Kototabang pada tanggal 22 Mei 2008. Pada Gambar 3-1 ini diperlihatkan empat buah plot grafik harian. Plot pertama adalah grafik yang menunjukkan data dari pengamatan yaitu variasi harian tiap detik. Disini masih terlihat adanya *noise* yang berupa lonjakan-lonjakan (*spike*). Dalam plot grafik kedua merupakan grafik hasil filtering tiap detik. Noise yang muncul tadi dihilangkan. Grafik ke tiga merupakan plot rata-rata lima hari tenang geomagnet tiap detik. Grafik ke empat merupakan gangguan geomagnet tiap jamnya, yang merupakan hasil dari pengurangan variasi harian geomagnet dengan variasi hari tenangnya.

Dengan cara yang sama dapat diperoleh profil gangguan geomagnet untuk seluruh stasiun. Gambar 3-2 menunjukkan profil gangguan geomagnet untuk kelima stasiun untuk selang waktu yang sama. Dalam gambar ini ditunjukkan profil untuk tanggal 22 Mei 2008. Dari profil gangguan untuk kelima stasiun tersebut dapat dilihat adanya gangguan yang terjadi pada waktu yang sama yaitu pada sekitar jam 18 UT.

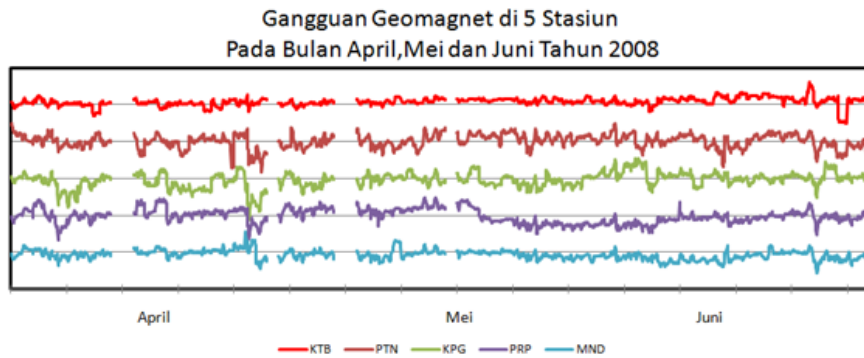


Gambar 3-1: Variasi harian dari Kototabang (KTB) pada tanggal 22 Mei 2008 dan gangguannya

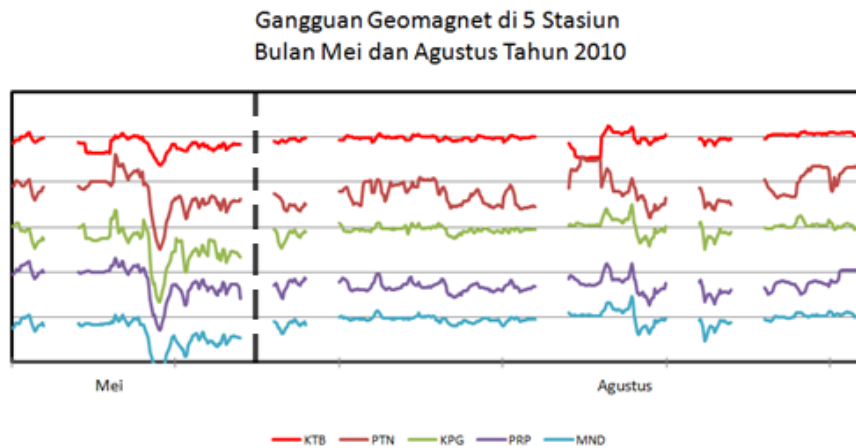


Gambar 3-2: Variasi gangguan geomagnet dari 5 stasiun (Kototabang-KTB, Pontianak-PTN, Kupang-KPG, Parepare-PRP, dan Manado-MND) yang berada di regional Indonesia untuk tanggal 22 Mei 2008. Tanda panah menunjukkan waktu terjadinya gangguan geomagnet

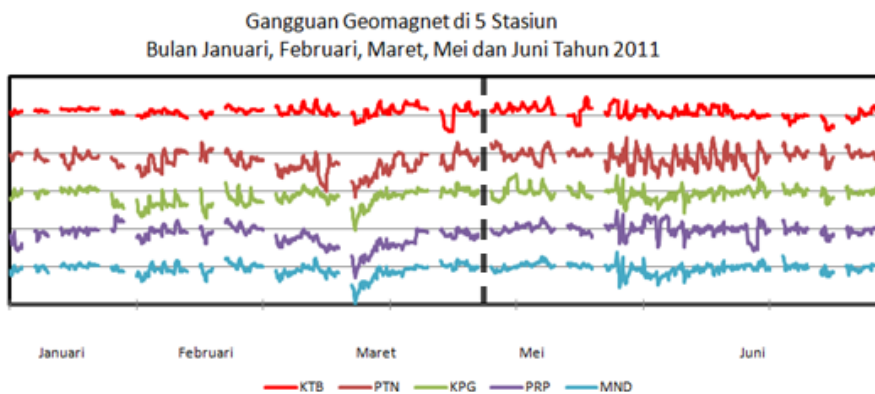
Pada Gambar 3-3a-c. ditunjukkan gangguan geomagnet dari stasiun Kototabang, Pontianak, Kupang, Parepare dan Manado masing-masing tahun 2008 (bulan April, Mei dan Juni), tahun 2010 (bulan Mei dan Agustus), dan tahun 2011 (bulan Januari, Februari, Maret, Mei dan Juni) seperti disampaikan pada Tabel 2-2. Data yang dibuat dalam plot adalah data dari lima stasiun yang mempunyai rentang waktu yang sama, sehingga apabila ada stasiun pengamatan yang tidak mempunyai data, maka periode tersebut tidak dianalisis. Akan tetapi karena analisis yang dilakukan adalah untuk membandingkan kondisi geomagnet pada saat yang bersamaan maka kondisi ini tidak berpengaruh pada hasil analisisnya. Dengan melakukan standarisasi diperoleh grafik gangguan geomagnet yang lebih jelas, seperti pada Gambar 3-4a-c.



Gambar 3-3a: Gangguan geomagnet dari ke 5 stasiun (Kototabang-KTB, Pontianak-PTN, Kupang-KPG, Parepare-PRP, dan Manado-MND) regional Indonesia tahun 2008 untuk periode waktu seperti pada Tabel 2-2



Gambar 3-3b: Gangguan geomagnet dari ke 5 stasiun (Kototabang-KTB, Pontianak-PTN, Kupang-KPG, Parepare-PRP, dan Manado-MND) regional Indonesia tahun 2010 untuk periode waktu seperti pada Tabel 2-2



Gambar 3-3c: Gangguan geomagnet dari ke 5 stasiun (Kototabang-KTB, Pontianak-PTN, Kupang-KPG, Parepare-PRP, dan Manado-MND) regional Indonesia tahun 2011 untuk periode waktu seperti pada Tabel 2-2





tersebut lebih banyak berasal dari luar bumi (eksternal) dan bukan berasal dari dalam bumi (internal). (Yumoto, 1996) menyatakan bahwa gangguan dari luar bumi akan berinteraksi di magnetosfer dan menjalar dari kutub utara hingga ke lintang rendah. Dilihat dari posisi lintang geomagnet stasiun pengamatan yang ada di Indonesia terletak di lintang rendah (lihat Tabel 2-1), sehingga gangguan geomagnet yang terjadi di Indonesia semestinya lebih rendah dari pada gangguan yang terjadi di lintang tinggi. Perbedaan ini juga ditunjukkan dalam (Yumoto, 1996). Stasiun-stasiun ini juga terletak di lintang geomagnet yang hampir sama, sehingga amplitudo gangguan di lima lokasi tersebut juga hampir sama.

Untuk mengetahui data yang dominan, maka sebelum PCA digunakan data gangguan geomagnet yang sudah distandarisasi dinyatakan dalam bentuk matriks korelasi, dengan koefisien-koefisien seperti yang tercantum dalam matriks persamaan (3-1).

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0,33 & 0,33 & 0,28 & 0,38 \\ 0,33 & 1 & 0,49 & 0,53 & 0,51 \\ 0,33 & 0,49 & 1 & 0,45 & 0,56 \\ 0,28 & 0,53 & 0,45 & 1 & 0,59 \\ 0,38 & 0,51 & 0,56 & 0,59 & 1 \end{bmatrix} \quad (3-1)$$

Untuk mengetahui banyaknya komponen atau faktor ini dilakukan perhitungan berdasarkan nilai eigen. Hasil perhitungannya diperoleh matriks vektor eigen dan matriks nilai eigen dibawah ini masing-masing V dan D dalam persamaan (3-2) dan (3-3).

$$V = \begin{bmatrix} 0,11 & 0,02 & -0,14 & 0,92 & 0,34 \\ -0,21 & -0,81 & -0,23 & -0,16 & 0,46 \\ 0,35 & -0,05 & 0,81 & -0,09 & 0,46 \\ 0,55 & 0,33 & -0,51 & -0,32 & 0,46 \\ -0,72 & 0,48 & 0,05 & -0,10 & 0,49 \end{bmatrix} \quad (3-2)$$

$$D = \begin{bmatrix} 0,36 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,50 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,55 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,77 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2,81 \end{bmatrix} \quad (3-3)$$

Dalam matriks nilai eigen persamaan (3-3) terlihat hanya ada satu nilai yang memiliki nilai lebih besar dari satu yaitu komponen ke 5 dengan nilai eigen  $\lambda_5 = 2,81$  dan persentase variansi sebesar 56,20 %. Tabel 3-1 menunjukkan nilai eigen dari masing-masing stasiun, dari yang terbesar sampai yang terkecil. Dari sini terlihat bahwa komponen yang paling dominan adalah komponen yang berasal dari stasiun pengamatan Manado.

Tabel 3-1: NILAI EIGEN, PERSENTASE VARIANSI DAN KUMULATIF DARI MASING-MASING FAKTOR

Variabel X	Nilai eigen ( $\lambda$ )	Variansi (%)	Kumulatif (%)
X5 = MND	2.81	56.20	56.20
X4 = PRP	0.77	15.42	71.62
X3 = KPG	0.55	11.04	82.66
X2 = PTN	0.50	10.07	92.73
X1 = KTB	0.36	7.27	100.00

Selanjutnya untuk mengetahui korelasinya satu sama lain dapat ditentukan matriks faktor yang dihitung dari perkalian matriks vektor eigen pada persamaan (3-2) dan matriks nilai eigen pada persamaan (3-3). Koefisien-koefisien dalam persamaan (3-4) yang mengekspresikan variabel standar kedalam bentuk komponen/faktor. Koefisien-koefisien dalam kolom X5 ini mewakili koefisien korelasi antar komponen dengan variabel.

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} X1 & X2 & X3 & X4 & X5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} X1 \\ X2 \\ X3 \\ X4 \\ X5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,02 & 0,00 & -0,04 & 0,36 & 0,48 \\ -0,04 & -0,20 & -0,06 & -0,06 & 0,65 \\ 0,06 & -0,01 & 0,22 & -0,03 & 0,64 \\ 0,10 & 0,83 & -0,14 & -0,12 & 0,65 \\ -0,13 & 0,12 & 0,01 & -0,04 & 0,70 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (3-4)$$

Koefisien di kolom ke 5 semua nilainya lebih besar dari 0,30. Menurut Maspupu (2009) koefisien matriks faktor yang lebih besar dari 0.30 menunjukkan faktor dan variabel sangat terkait. Dengan kata lain komponen X5 berkorelasi kuat dengan variabel X1, X2, X3, X4 dan X5. Artinya gangguan geomagnet dari kelima stasiun di regional Indonesia ini memiliki korelasi yang kuat. Jadi kemunculan gangguan geomagnet dari satu stasiun akan muncul juga di stasiun lainnya. Hal ini juga dibuktikan pada hasil plot gangguan pada Gambar 3-3 dan 3-4.

Dari perhitungan nilai eigen kelima stasiun geomagnet yang sudah dilakukan, diperoleh bahwa stasiun Manado memiliki nilai eigen paling besar yaitu 2,81. Menurut prinsip komponen utama (PCA) nilai eigen terbesar merupakan kriteria faktor dominan (lokasi stasiun geomagnet yang terkait). Dengan demikian stasiun geomagnet Manado dapat ditentukan atau dipilih mewakili stasiun geomagnet lainnya yang juga didukung oleh korelasi antar stasiun berdasarkan data gangguan geomagnet yang diolah. Posisi stasiun Manado berada paling utara dari stasiun lainnya yang dianalisis datanya atau mempunyai lintang yang paling rendah dibandingkan dengan yang lain, sehingga lebih dekat ke ekuator magnet. Akan tetapi ternyata gangguan geomagnet yang terjadi di Manado lebih besar. Sehingga dapat dikatakan bahwa stasiun Manado ini terpengaruh

oleh *Equatorial Electrojet* (EEJ). EEJ ini umumnya terjadi di dekat ekuator magnet dan dapat menyebabkan naiknya konduktivitas listrik di atas equator magnet. Fenomena ini dapat mengakibatkan perubahan yang cukup besar pada komponen H geomagnet (Rastogi, 2006).

Perubahan komponen geomagnet dipengaruhi oleh adanya fenomena di magnetosfer, misalnya munculnya pulsa magnet dan gangguan geomagnet yang dapat terjadi akibat gangguan dari matahari. Oleh karena itu aktivitas geomagnet yang terjadi di lima stasiun secara serempak dapat mencerminkan adanya gangguan yang berasal dari fluktuasi cuaca antariksa.

#### 4 KESIMPULAN

Hasil pengolahan data variasi harian geomagnet untuk periode tertentu dalam tahun 2008 sampai dengan tahun 2011 dari stasiun Kototabang, Pontianak, Kupang, Parepare, dan Manado, menunjukkan bahwa gangguan geomagnet yang berada di regional Indonesia ini memiliki tingkat gangguan geomagnet yang hampir sama. Respon dari kelima stasiun tersebut juga terjadi pada waktu yang hampir bersamaan. Hal ini disebabkan karena kelima stasiun tersebut terletak di lintang rendah geomagnet yang tidak terlalu jauh bedanya dan gangguan tersebut karena adanya gangguan dari luar (eksternal).

Akan tetapi dari hasil analisis komponen utama, berdasarkan gangguan geomagnet dari stasiun Manado menunjukkan nilai eigen yang paling dominan dibandingkan dengan stasiun lainnya dengan nilai eigen sebesar 2,81, secara kriteria statistik dipilih mewakili empat stasiun lainnya yang didukung oleh korelasi antar stasiun. Letak Manado yang paling dekat dengan ekuator geomagnet dibandingkan stasiun pengamatan yang lain memiliki gangguan geomagnet yang lebih besar karena adanya pengaruh *equatorial electrojet*, disamping kemungkinan adanya faktor-faktor lain yang mempengaruhi kuat gangguan geomagnet.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Batista, I.S., de Paula, E.R., Abdu, M.A., Trivedi, N.B., Greenspan, M.E., 1991. *Ionospheric Effects of the March 13, 1989, Magnetic Storm at Low and Equatorial Latitudes*, J. Geophys. Res. 96, 13943.
- Gonzalez, W.D., Tsurutani, B.T., Gonzalez, A.L., 1999. *Interplanetary Origin of Geomagnetic Storm*, Space Science Rev. 88, 529.
- Li, J., Li, Q., Yang, D., Wang, X., Hong, D., He, K., 2011. *Principal Component Analysis of Geomagnetic Data for The Panzihua Earthquake (Ms 6.1) in August 2008*, Data Science Journal, Vol 10, p 130-138.
- Maspupu. J., 2009. *Aplikasi Analisa Komponen Utama untuk Ekstraksi Indeks Geomagnet Global*, Seminar Nasional Sains dan Matematika, Unpar, p86-90.
- Rastogi R.G., 2006. *Magnetic Storm Effects at Equatorial Electrojet Stations*, Earth Planets Space, 58, p 645-657.
- Ruhimat M. and Yatini C.Y., 2011a. *Geomagnetic Response to Solar Activities in the Beginning of Cycle 24 Observed from Manado Observatory*, Proceeding International Workshop on Space Weather in Indonesia (IWSWI) 2011, LAPAN, p86-95.

- Ruhimat M. dan Yatini C.Y., 2011b. *Kaitan Gangguan Geomagnet dengan Lubang Korona*, Prosiding Seminar Nasional Sains Antariksa (SNSA V), LAPAN, p58-65.
- Veenadhari B. And Alex S., 2006. *Space Weather Effects on Low Latitude Geomagnetic Field and Ionospheric Plasma Response*, ILWS workshop 2006 February 19-24, Goa, p1-4.
- Yatini. C.Y. dan Ruhimat M., 2008. *Keterkaitan Aktivitas Matahari Dengan Aktivitas Geomagnet di Biak Tahun 1996-2001*, Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara Vol.3 No.3, LAPAN, p112-117.
- Yumoto K., 1996. *The STEP 210° Magnetic Meridian Network Project*, *J.Geomag. Geoelectr*, Vol. 48, p1297-1309.