

ANALISIS PERUBAHAN VARIASI HARIAN KOMPONEN H PADA SAAT TERJADI BADAI MAGNET

Habirun, Sity Rachyany

Peneliti Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa, LAPAN
email: e_habirun@yahoo.com

ABSTRACT

Changes in the daily variation of H component due to magnetic storms with a duration of hours to days is the space weather information is very important for further decision making for the user. Activity disturbance caused wave/influx of energetic particles that arise through the solar wind, can solve the earth's magnetic field is strong at very short intervals. Changes in the daily variation H component is generally an increase or decrease up to hundreds of nano tesla from a stable condition. In the paper be discussion analysis of changes in the daily variation of H component magnet during magnetic storms using double Fourier series. In order to obtain information from changes daily variation of H component during magnetic storms through data from monitoring stations geomagnetic Biak and Tangerang. The results of analysis obtained 3 times a magnetic storm events occur fluctuation SSG to daily variations in H component in Tangerang April 2001, in order 171nT,-and-125nT 221nT. Magnetic storm SSC 28 April 2001 showed changes occur daily variation of H component in the station at Biak -467nT and 1124nT.

Key words: *Variation of H component, Magnetic storms, Double Fourier*

ABSTRAK

Perubahan variasi harian komponen H akibat badai magnet dengan durasi jam hingga hari merupakan informasi cuaca antariksa yang sangat penting untuk pengambilan keputusan lebih lanjut bagi pengguna. Aktivitas gangguan akibat gelombang arus partikel-partikel dari energetik yang timbul melalui *solar wind*, dapat memecahkan medan magnetik bumi secara kuat pada selang waktu sangat singkat. Perubahan variasi harian komponen H umumnya mengalami kenaikan atau penurunan hingga ratusan nano tesla dari kondisi stabil. Pada makalah ini dibahas analisis perubahan variasi harian komponen H geomagnet pada saat terjadi badai magnet menggunakan deret Fourier ganda. Diperoleh informasi perubahan variasi harian komponen H saat badai magnet melalui data dari stasiun pengamat geomagnet Biak dan Tangerang. Hasil analisis yang diperoleh 3 kali peristiwa badai magnet SSG hingga terjadi fluktuasi variasi harian komponen H di Tangerang pada bulan April 2001, secara berurutan 171nT, -221nT dan -125nT. Badai magnet SSC 28 April 2001, menunjukkan perubahan variasi harian komponen H di stasiun Biak sebesar 1124nT dan -467nT.

Kata kunci: *Variasi komponen H, Badai magnet, Fourier ganda*

1 PENDAHULUAN

Variasi harian komponen H geomagnet sangat kompleks dan berfluktuasi akibat pengaruh berbagai aktivitas gangguan yang sifatnya jangka pendek, terutama akibat dampak angin matahari (*solar wind*) yang ditimbulkan

aktivitas *flare* dan CME (*Coronal Mass Ejection*). Pada saat terjadi *flare* di Matahari, arus partikel-partikel dari energetik yang timbul selama *flare* dan tiupan *solar wind* yang sangat kuat dapat memecahkan medan magnetik bumi pada waktu sangat singkat. Kejadian ini menimbulkan gangguan

akibat badai magnet (*magnetic Storms*) dan memicu terjadinya badai ionosfer (*Ionospheric Storms*) melalui sistem kopling magnetosfer-ionosfer-atmosfer (Tsurutami et al., 1990). Gangguan tersebut terjadi karena adanya transfer energi dan momentum melalui mekanisme rekoneksi akibat *solar wind* terhadap magnetosfer semakin *intens* bersamaan dengan Bz medan magnet antarplanet arah selatan. Gangguan tersebut mengakibatkan kenaikan atau penurunan variasi harian komponen H hingga ratusan nanotesla dari kondisi normal. Pada saat terjadi rekoneksi, energi dan momentum ditransfer ke dalam magnetosfer Bumi sehingga mengakibatkan perubahan sistem arus. Perubahan sistem arus tersebut menimbulkan depresi pada variasi harian komponen H permukaan Bumi yang tegak lurus terhadap gangguan.

Fenomena badai yang diungkapkan di atas merupakan badai magnet yang sifatnya temporal, tetapi selain badai tersebut masih ada pula badai yang bersifat periodik. Gangguan badai magnet yang sifatnya periodik, ditimbulkan oleh aktivitas CME mempengaruhi variasi harian komponen H menunjukkan gangguan berulang (*recurrent event*). Peristiwa gangguan badai yang berperiodik tersebut umumnya terjadi pada fase siklus aktivitas Matahari menurun dan minimum (Zhou X.Y and F.S., 1998).

Dalam makalah ini dibahas analisis perubahan variasi harian komponen H geomagnet pada saat terjadi badai magnet yang sifatnya temporal. Tingkat gangguan badai magnet mempengaruhi variasi harian komponen H diketahui secara langsung dan dapat pula dihitung menggunakan model pola hari tenang Sq, berdasarkan selisih antara data pengamatan variasi harian komponen dengan model Sq. Sedangkan model Sq yang digunakan dalam analisis

data diambil dari model pola hari tenang pada bulan dan tahun sebelumnya, mengingat model Sq pada bulan atau tahun yang bersangkutan masih dalam proses pengamatan. Dengan hasil perhitungan ini diketahui perubahan variasi harian komponen H pada saat terjadi badai magnet. Data variasi harian komponen H geomagnet yang digunakan diperoleh dari stasiun pengamat geomagnet LAPAN Biak dan Tangerang pada saat terjadi badai, yang ditinjau dari aktivitas Matahari maksimum hingga aktivitas Matahari menurun (Ballatore P., 2003)

2 METODE

Sebelum dilakukan perhitungan tingkat gangguan terlebih dahulu dilakukan pemilihan data yang diambil lima hari tenang dalam satu bulan berdasarkan aturan Internasional. Setiap bulan kelima data hari tenang dilakukan perata-rataan pada jam yang sama sehingga diperoleh pola variasi hari tenang. Berdasarkan data variasi harian komponen H pola hari tenang rata-rata, kemudian ditentukan modelnya menggunakan deret Fourier ganda.

2.1 Model pola hari tenang Sq

Berdasarkan data variasi harian komponen H geomagnet pola hari tenang rata-rata yang diperoleh dari pengamatan, ditentukan model pendekatan pola hari tenang rata-rata tiap bulan menggunakan data variasi harian komponen H dalam lima hari paling tenang internasional, pada bulan bersangkutan. Pola hari tenang merupakan gambaran dari variasi harian geomagnet yang tidak mengalami gangguan. Model pola hari tenang Sq dari data variasi harian dikembangkan menggunakan analisis statistik dan Sq melalui deret Fourier ganda dalam waktu dan bulan yang dijabarkan oleh McPherron (2005) dengan persamaan (2-1).

$$Sq(T, M) = \sum_{m=1}^6 \sum_{n=1}^6 A_{m,n} \cos(mT + \alpha_m) \cos(nM + \beta_n) \quad (2-1)$$

Keterangan:

T = waktu dan

M = bulan dengan sudut fasa α dan β ke- m dan n yang dikaitkan dengan periode harian berperiode 24 jam.

2.2 Perhitungan Tingkat Gangguan Geomagnet

Beberapa studi telah menetapkan bahwa aktivitas geomagnet mempunyai variabilitas musiman seperti halnya badai geomagnetik, salah satunya lebih intens dan banyak terjadi selama *equinox* dari pada selama *solstices*. Variasi hariannya dalam *universal time* termasuk dalam pola hari tenang, intensitas Dst lebih tinggi pada pagi hari dibandingkan malam hari paling rendah sekitar jam 12 UT. Secara tradisional variasi musiman menunjukkan tiga efek eksternal; i) perubahan lintang heliografik Bumi selama setahun; ii) variasi aliran angin surya searah dengan sumbu dipole magnet Bumi; dan iii) variasi sudut antara bidang ekuatorial magnetosferik geosentrik Matahari (GSM) dan bidang ekuatorial Matahari. Bumi mencapai lintang heliografik ekstrim dekat *equinox* yang meningkatkan aktivitas geomagnet selama periode bersangkutan. Sepertinya Bumi lebih baik dihubungkan dengan kecepatan aliran angin surya dari *coronal hole* lintang rendah dan sumbu dipole, selama *solstic* nampak menurun dalam aktivitas geomagnet. Efek ini dihubungkan dengan aktivitas geomagnet yang dimulai dengan *onset* ketidakstabilan Kelvin-Helmholtz di belahan magnetosfer siang, yang dapat muncul selama *equinox* jika sumbu dipole Bumi tegak lurus aliran angin Matahari. Rekoneksi di sub *solar* magnetopause dan sebagai konsekuensi aktivitas geomagnet meningkat jika medan magnetosferik di magnetopause yang kasar sepanjang sumbu Z GSM antiparalel dengan medan magnet *interplanetary* (IMF). Misalnya IMF sebagian besar di bidang ekuatorial matahari, keadaan seperti itu paling sering muncul dekat *equinox*, jika sumbu rotasi bumi

arahnya tegak lurus garis bumi Matahari, dan sumbu GSM mempunyai sudut lebih kecil terhadap bidang ekuator Matahari.

Selanjutnya, tingkat gangguan geomagnet dihitung melalui variasi harian komponen H horizontal yang dinyatakan dengan persamaan matematik sebagai berikut:

$$D(T)=H(T)-H_0(T)-Sq(T,M) \quad (2-2)$$

Keterangan:

H(T) = medan magnet komponen H horizontal,

$H_0(T)$ = base line komponen H horizontal dan

Sq(T,M)= model variasi hari tenang.

Persamaan (2-2) disederhanakan dengan menetapkan titik acuan yang diambil pada pukul 00 waktu lokal sebagai titik nol. Hal ini dilakukan untuk menghilangkan pengaruh variasi sekular yang terkandung dalam $H_0(T)$, sehingga persamaan (2-2) dinyatakan menjadi persamaan (2-3) adalah:

$$D(T)=\{\Delta H(T)-Sq(T,M)\}/\text{Cos}(\lambda) \quad (2-3)$$

Keterangan:

$\Delta H(T)$ = variasi medan magnet komponen H horizontal, dan

λ = lintang geomagnet masing-masing stasiun.

Nilai perubahan variasi harian komponen H geomagnet pada saat badai magnet ditinjau terhadap pola hari tenang Sq secara statistik dinyatakan oleh Sudjana (1976) sebagai berikut.

$$H(t)= Sq(t) \pm Z_\alpha S_{galat} \quad (2-4)$$

α toleransi perubahan variasi komponen H geomagnet terhadap model Sq dan harga Z_α , diperoleh dari kurva kemiringan distribusi Gauss pada α tertentu serta S_{galat} = galat model pada variasi komponen H saat badai magnet. Pada umumnya α diambil 5 % sehingga diperoleh harga $Z_\alpha = 1,96$, sehingga persamaan (2-4) dinyatakan dengan persamaan 2-5.

$$H(t) = Sq(t) \pm 1,96 S_{galat} \quad (2-5)$$

dengan kuantitas galat model dihitung sebagai berikut;

$$S_{galat} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (H_t - Sq_t)^2}{T}}, \quad t = 1, 2, \dots, T$$

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

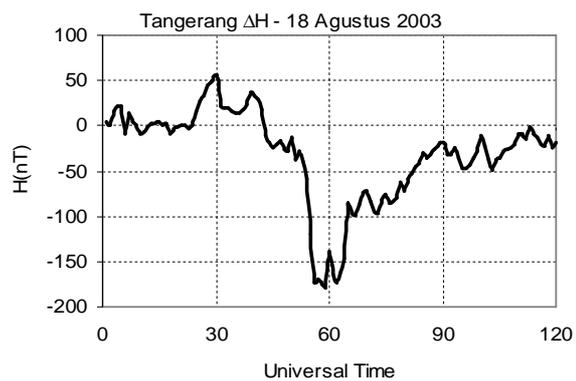
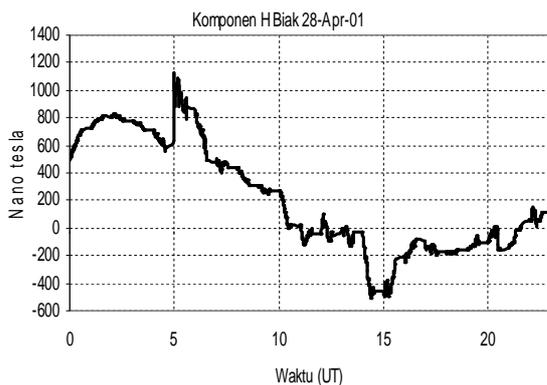
Analisis pola-pola perubahan variasi harian komponen H geomagnet pada saat badai magnet menggunakan data dari Stasiun Pengamat Geomagnet Biak dan Tangerang, dengan melihat kondisi perubahan variasi harian komponen H geomagnet pada saat sebelum dan sesudah terjadi badai magnet. Dampak peristiwa badai magnet pada medan magnet Bumi umumnya memberikan informasi lingkungan cuaca antariksa terdiri dari dua macam perilaku;

- *Onset* badai variasi harian komponen H mengalami kenaikan hingga puncak maksimum, setelah itu kemudian baru mengalami penurunan. Pola badai yang demikian disebut badai magnet SSC (*storms suddent commencement*) dan

biasanya diakibatkan badai magnet kuat. Badai tersebut diakibatkan dampak aktivitas *Flare* dan CME matahari.

- Dampak badai magnet mulai *onset* badai variasi harian komponen H tidak mengalami kenaikan seperti pada poin satu di atas tetapi mulai *onset* badai dampak pada variasi harian komponen H langsung mengalami penurunan dan disebut badai SG (*storms gradually*). Badai ini diakibatkan oleh dampak aktivitas *coronal hole*.

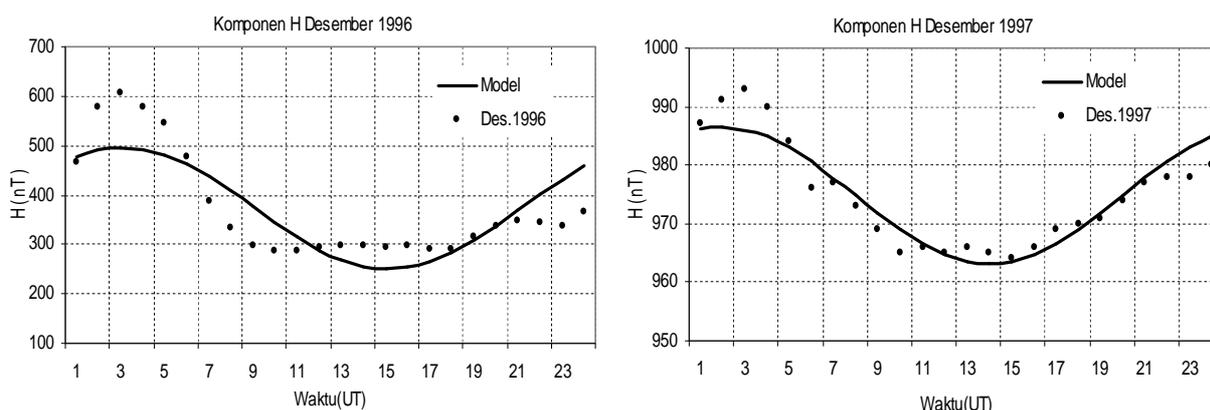
Melalui pola-pola variasi harian komponen H akibat dampak badai magnet di atas modelnya dikonstruksi dengan menggunakan model matematis yang sesuai. Karena pola variasinya mengikuti variasi diurnal berperiode reguler maka digunakan deret Fourier ganda. Untuk lebih jelasnya dampak variasi harian komponen H akibat kedua gangguan badai magnet tersebut dapat dilihat pada Gambar 3-1. Pola-pola variasi harian komponen H pada Gambar 3-1 modelnya dikonstruksi menggunakan deret Fourier ganda dengan memperhitungkan periode variasi harian berperiode 24 dan 12 jam.



Gambar 3-1: Perubahan variasi harian komponen H geomagnet pada saat badai magnet dari data Stasiun Pengamat Geomagnet Tangerang 18-8-2003 kiri dan kanan stasiun Biak 28-4-2001. Masing-masing secara berurutan menunjukkan peristiwa semburan awan magnet Matahari akibat *coronal hole* disebut badai SSG kiri dan akibat CME kanan yang disebut badai SSC

Tabel 3-1: AKURASI MODEL VARIASI HARIAN KOMPONEN H POLA HARI TENANG STASIUN PENGAMAT GEOMAGNET LAPAN BIAK DARI TAHUN 1996 DAN 1997

Bulan Tahun	Jan.	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1996	17.13	7.24	4.74	4.70	4.05	4.58	4.19	3.30	6.19	7.17	8.75	5.73
1997	0.69	0.44	0.64	0.69	0.41	0.62	0.31	0.76	1.08	0.86	0.72	0.30



Gambar 3-2: Perubahan variasi harian komponen H geomagnet pola hari tenang antara data pengamatan Stasiun Pengamat Geomagnet Biak dibandingkan terhadap model pola hari tenang pada bulan Desember 1996 dan 1997

Gambar 3-1 menunjukkan perubahan variasi harian komponen H pada saat badai magnet sedang mengalami kenaikan sekitar 62 nT dan terjadi penurunan sekitar -178,5 nT yang diperoleh berdasarkan data stasiun pengamat geomagnet Tangerang 18 Agustus 2003 saat aktivitas Matahari menurun. Berdasarkan data Stasiun Pengamat Geomagnet Biak 28 April 2001, pada aktivitas Matahari sekitar maksimum, perubahan variasi harian komponen H pada saat badai magnet SSC kuat mengalami kenaikan 1124 nT, kemudian turun sekitar -467 nT. Peristiwa yang terjadi di atas masih banyak lagi bentuk-bentuk badai magnet yang lebih kuat dan tidak semuanya dibahas dalam makalah ini. Gambar 3-1 baru menguraikan perubahan variasi harian komponen H pada saat terjadi badai magnet, belum diuraikan variasi harian komponen H terhadap pola hari tenang Sq.

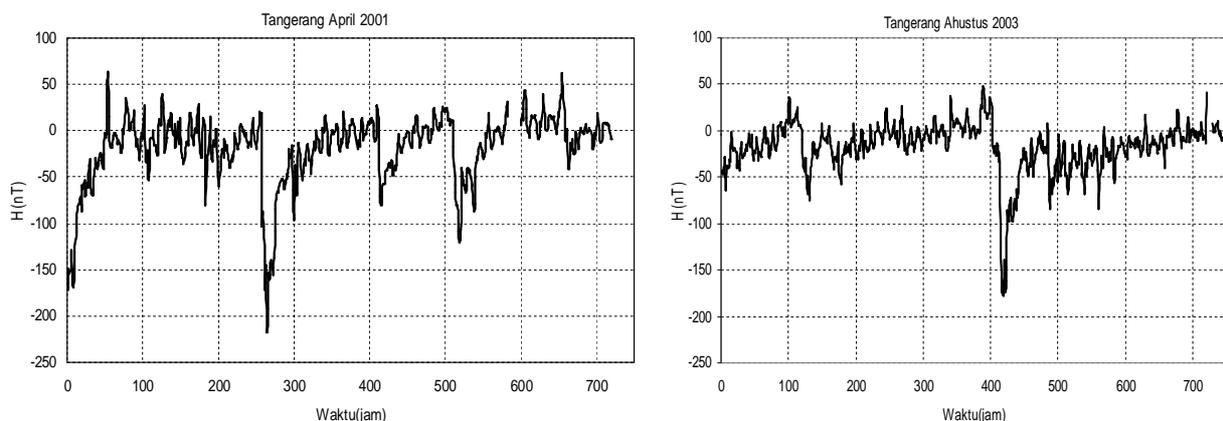
Perubahan variasi harian komponen H pola hari tenang diuraikan berdasarkan perubahan data variasi harian komponen H pada aktivitas Matahari minimum. Jumlah bilangan *sunspot* sebagai indikator aktivitas Matahari lebih sedikit dibandingkan aktivitas Matahari maksimum. Dengan menggunakan data variasi harian komponen H pola hari tenang tahun 1996 dan 1997 dari Stasiun Pengamat Geomagnet Biak, dilakukan perhitungan menggunakan persamaan (2-1) sehingga diperoleh model pola hari tenang Sq dibandingkan terhadap data pengamatan variasi harian komponen H masing-masing bulan Desember 1996 dan 1997. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3-2. Akurasi model pola hari tenang terhadap data pengamatan variasi harian komponen H masing-masing bulan dapat dilihat pada Tabel 3-1, dengan galat terkecil sebesar 0.30 nT bulan Desember 1997 kolom 13 dan terbesar 17.13 nT

bulan Januari 1996, kolom 2. Setelah itu, data variasi harian komponen H geomagnet dikurangi dengan model variasi harian komponen H pola hari tenang S_q dihitung menggunakan persamaan (2-2) sampai dengan persamaan (2-5), hasilnya ditunjukkan pada Gambar 3-3. Gambar 3-3 terlihat perubahan variasi harian komponen H pada saat badai magnet terhadap model perubahan variasi harian komponen H pola hari tenang dari masing-masing badai.

Badai magnet pada bulan April 2001 dinyatakan dengan data variasi harian komponen H aktivitas Matahari sekitar maksimum terjadi dari 3 kali peristiwa badai yang diperoleh dari Stasiun Pengamat Geomagnet Tangerang. Penurunan variasi harian komponen H secara berurutan masing-masing sebesar -171 nT, -221 nT dan -125 nT disebut badai SSG. Data Stasiun Pengamat Geomagnet Tangerang pada bulan Agustus 2003 menunjukkan bahwa badai magnet SSC yang mempengaruhi variasi harian komponen H hanya dua kali peristiwa badai. Dampak badai SSC ini diawali dengan kenaikan terlebih dahulu kemudian terjadi penurunan. Badai pertama setelah onset badai

variasi harian komponen H naik hingga 47 nT kemudian turun sekitar -76 nT. Demikian pula untuk badai kedua setelah onset badai mengalami kenaikan sebesar 50 nT kemudian turun sekitar -181 nT.

Melalui hasil-hasil analisis perubahan variasi harian komponen H geomagnet yang diuraikan sebelumnya, diketahui efek-efek perubahan variasi harian komponen H pada saat terjadi badai magnet. Dengan menggambarkan dua kondisi badai magnet yang mempengaruhi variasi harian komponen H geomagnet yakni badai magnet SSG, diketahui bahwa setelah terjadi badai variasi harian komponen H tidak mengalami kenaikan tetapi langsung mengalami penurunan. Sedangkan badai magnet SSC terjadi setelah badai magnet terlebih dahulu, variasi harian komponen H mengalami kenaikan kemudian terjadi penurunan. Hasil-hasil analisis menunjukkan bahwa suatu informasi tingkat gangguan cuaca antariksa yang penting sangat diperlukan bagi kepentingan pengguna sebagai pertimbangan atau masukan dalam pengambilan keputusan lebih lanjut.



Gambar 3-3: Perubahan data variasi harian komponen H geomagnet terhadap model variasi harian komponen H pola hari tenang pada bulan Desember 1996 dan 1997 dari Stasiun Pengamat Geomagnet Tangerang pada aktivitas Matahari sekitar maksimum dan menurun

4 KESIMPULAN

Berkaitan hasil analisis perubahan variasi harian komponen H geomagnet pada saat terjadi badai magnet menunjukkan informasi cuaca antariksa yang terdiri dari dua efek peristiwa badai magnet yang berbeda. Pertama, peristiwa badai magnet SSG mempengaruhi variasi harian komponen H mengakibatkan efek penurunan hingga ratusan *nanotesla*. Dengan 3 kali peristiwa badai magnet hingga terjadi penurunan perubahan variasi harian komponen H yang dihasilkan Stasiun Pengamat Geomagnet Tangerang pada bulan April 2001, secara berurutan masing-masing sebesar -171 nT, -221 nT dan -125 nT disebut badai SSG. Kedua, peristiwa badai magnet SSC mempengaruhi variasi harian komponen H mengakibatkan efek kenaikan terlebih dahulu kemudian mengalami penurunan hingga ratusan *nanotesla*. Perubahan variasi harian komponen H dinyatakan data dari Stasiun Pengamat Geomagnet

Biak, 28 April 2001 mengalami kenaikan sebesar 1124 nT, kemudian turun sekitar -467 nT.

DAFTAR RUJUKAN

- Ballatore P., and W.D., Gonzalez, 2003. *On the Estimate of Ring Current Injection and Decay*, Earth Planets Space, 55. 427-435.
- R.L McPherron, 2005. *Calculation of the Dst index*. Presentation at LWS CDAW Workshop Fairfax, Virginia Email: rmcpherron@igpp.ucla.edu.
- Sudjana, 1976. *Metode Statistik*, cetakan kedua Penerbit Transito Bandung.
- Tsurutami, B.T., B.E. Glodstein, et al., 1990. *The interplanetary and Solar Causes of Geomagnetic Activity*, *Planet. Space Sci.* 38(1), 109 – 126.
- X.-Y. Zhou and F.-S. Wei, 1998. *Prediction of Recurrent Geomagnetic Disturbance by Using Adaptive Filtering*. Earth Planets Space, 50. 839 – 845.