

REKONSTRUKSI POLA TERGANGGU KOMPONEN H STASIUN BIAK DAN STASIUN TANGERANG MENGUNAKAN MODEL BADAI GEOMAGNET BALLATORE-GONZALES

Anwar Santoso

Bidang Aplikasi Geomagnet dan Magnet Antariksa
Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa LAPAN - Bandung
e-mail : anwar@bdg.lapan.go.id

ABSTRAK

Di daerah lintang rendah, umumnya pola komponen H terganggu mirip dengan pola indeks Dst walaupun dengan amplitudo berbeda (indeks Dst adalah indeks yang menyatakan tingkat aktivitas medan geomagnet di area lintang rendah). Ballatore-Gonzales (2003) telah mengembangkan model Dst berdasarkan evolusi arus cincin. Oleh karena polanya bersifat acak maka rekonstruksi komponen H terganggu paling mudah dilakukan menggunakan model Dst. Pada makalah ini akan dilakukan rekonstruksi pola komponen H stasiun Biak dan Tangerang menggunakan model Ballatore-Gonzales tersebut. Hasil rekonstruksi kemudian dianalisis untuk mengetahui besar korelasi dan simpangan antara hasil model dengan data pengamatan. Selanjutnya hasil kegiatan ini digunakan sebagai landasan dalam mengembangkan model estimasi pola komponen H pada kegiatan berikutnya.

Kata Kunci : Badai geomagnet, Pola komponen H geomagnet, Model Dst (Ballatore-Gonzales)

ABSTRACT

At low latitude, commonly, the disturbed H component pattern resemble to Dst index pattern although with different amplitude (Dst index is index that represent geomagnetic field activity level at low latitude area). Ballatore-Gonzales (2003) developed Dst model based on ring current evolution. Therefore its pattern is randomly, so reconstruction of disturbed H component easily done used Dst model. At this paper will doing reconstruction of the Tangerang and Biak stations H component by using Ballatore-Gonzales's model. Reconstruction result then analyzed to understand correlation value and deviation between model result and raw data. Furthermore, this activity result is used as based in develop the estimation model of H component pattern in the next activity.

Keywords: Geomagnetic storm, geomagnetic H component pattern, Dst model (Ballatore-Gonzales)

1. PENDAHULUAN

Indeks Dst merupakan indeks yang menyatakan tingkat aktivitas geomagnet di daerah lintang rendah. Selain itu, indeks Dst juga merupakan interpretasi dari pertumbuhan (*evolusi*) kondisi arus cincin (*ring current*). Indeks ini dihitung dari superposisi variasi komponen H medan geomagnet dari 4 stasiun yaitu stasiun Hermanus, Kakioka, Honolulu dan San Juan yang terletak di daerah lintang rendah

Geomagnet dan Magnet Antariksa (2009), 62-69
© 2009 Massma Publishing, Jakarta.

**REKONSTRUKSI POLA TERGANGGU KOMPONEN H
STASIUN BIAK DAN STASIUN TANGERANG MENGGUNAKAN
MODEL BADAI GEOMAGNET BALLATORE-GONZALES**

(< 45° LU/LS lintang-magnet). Variasi harian medan geomagnet ditentukan oleh dua pola yaitu pola hari tenang (mempunyai pola reguler) dan pola terganggu badai geomagnet (mempunyai pola tergecent). Pada saat tenang matahari, pemodelan variasi medan geomagnet relatif mudah dilakukan karena mempunyai pola yang reguler dan umumnya terkait dengan proses rotasi bumi (*dynamo effects*). Namun, pada saat terganggu badai geomagnet, pemodelan variasi medan geomagnet relatif sulit dilakukan karena keberadaannya acak dan polanya tidak teratur (tergantung kondisi arus cincin). Oleh karena tergantung kondisi arus cincin (indeks Dst) maka umumnya kegiatan pemodelan variasi medan geomagnet saat terganggu dilakukan mengikuti model badai geomagnet (indeks Dst). Salah satunya adalah pemodelan badai geomagnet berdasarkan evolusi arus cincin (direpresentasikan dengan indeks Dst) oleh Ballatore dan Gonzalez (2003).

Pada makalah ini akan dilakukan rekonstruksi pola komponen H stasiun Biak dan Tangerang pada saat badai geomagnet menggunakan model Ballatore dan Gonzalez (2003). Untuk mengetahui besarnya korelasi antara keluaran hasil model dengan data pengamatan maka dilakukan analisis validasi antara hasil model dengan data pengamatan.

2. LANDASAN TEORI

McPherron (2005) menyatakan bahwa indeks Dst merupakan superposisi variasi komponen H medan geomagnet ($\Delta H(t)$) di sekitar lintang rendah (30°-40° LU/LS), stasiun-stasiun tersebut seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Daftar Stasiun Geomagnet untuk indeks Dst (sumber <http://www.kugi.kyoto-u.ac.jp>)

No	Nama Stasiun	Geografis		Lintang magnetik
		Bujur	Lintang	
1	Hermanus (Afsel)	19.22°	-34.40°	-33.3°
2	Kakioka (Jepang)	140.18°	36.23°	26.0°
3	Honolulu (USA)	201.98°	21.32°	21.1°
4	San Juan (USA)	293.88°	18.38°	29.9°

Persamaan yang digunakan untuk menghitung indeks Dst diberikan oleh McPherron (2005) sebagai berikut,

$$Dst(t) = \langle \Delta H^1(t) \rangle = \langle H^1(t) \rangle - \langle H_{s2}^1(t) \rangle \quad (2-1)$$

Berdasarkan persamaan (2-1) dapat dikatakan bahwa indeks Dst merupakan interpretasi aktivitas medan geomagnet di daerah lintang rendah.

Pada tahun 1975, Burton *et al.*, memperkenalkan sebuah persamaan diferensial orde satu untuk menyatakan kesetimbangan arus cincin (*ring current equilibrium*) sebagai,

$$\frac{dDst^*}{dt} = Q(t) - \frac{Dst^*}{\tau} \quad (2-2)$$

Dengan :

- τ : konstanta waktu luruh ring current yang menandai hilangnya partikel-partikel ring current ke atmosfer
 Q : laju injeksi kalor / energi ke dalam ring current, dan
 Dst^* : menyatakan Dst yang terkoreksi oleh efek tekanan angin surya (P_{sw})

$$Dst^* = Dst - b(P_{sw})^{1/2} + c \quad (2-3)$$

b dan c adalah konstanta dengan harga berturut-turut 4.68 nT/ (nPa)^{1/2} dan 11 nT .

Pada tahun 2003, Ballatore-Gonzales mencoba memecahkan persamaan Burton *et al.* (1975) dengan menentukan parameter Q dan τ sebagai fungsi E_m (mV/m) yang diperkenalkan oleh Akasofu (1981), sebagai,

$$E_m = VB_r \sin^2(\phi/2) \quad (2-4)$$

$$\text{Dengan } B_r = \left[(B_y)^2 + (B_z)^2 \right]^{1/2}$$

Selanjutnya dengan data kecepatan dan tekanan angin surya (V_{sw} dan P_{sw}) serta IMF komponen B_y dan B_z periode 1964-1996 (32 tahun) maka Ballatore-Gonzales (2003) memperoleh,

$$\begin{aligned} Q &= -1 \exp(1.81 \text{ Log}(E_m) - 0.20) && \text{untuk } E_m > 0 \\ &= 0 && \text{untuk } E_m = 0 \end{aligned} \quad (2-5)$$

$$\begin{aligned} \text{dan} \\ \tau &= \exp(-0.085(E_m) + 2.75) \end{aligned} \quad (2-6)$$

Untuk merekonstruksi pola terganggu komponen H maka hasil dari persamaan (2-5) dan persamaan (2-6) dimasukkan ke persamaan (2-2), akan diperoleh,

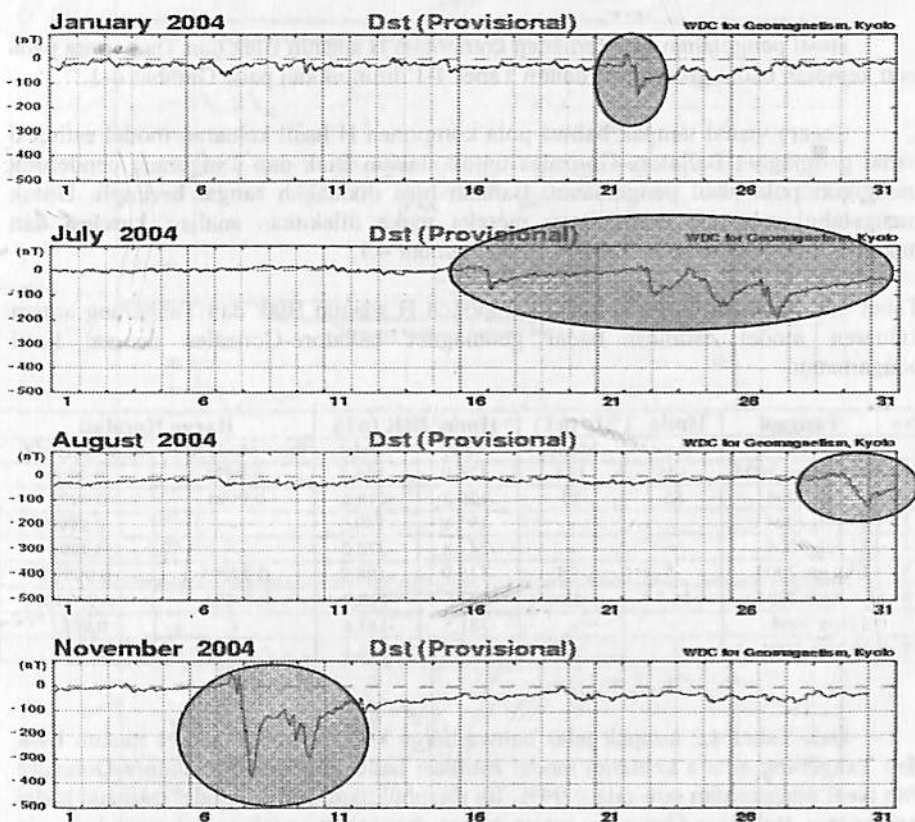
$$Dst^*(t + \Delta t) = Dst^*(t) + \left[Q(t) - \frac{\Delta Dst}{\tau} \right] \quad (2-7)$$

Model Ballatore-Gonzales di atas dikembangkan untuk keperluan estimasi pola indeks Dst 1 jam berikutnya (evolusi arus cincin (indeks Dst)). Hal ini dikarenakan jarak optimal antara satelit pemantau medan magnet antar planet dan angin surya dengan permukaan bumi adalah 1 jam.

REKONSTRUKSI POLA TERGANGGU KOMPONEN H
STASIUN BIAK DAN STASIUN TANGERANG MENGGUNAKAN
MODEL BADAI GEOMAGNET BALLATORE-GONZALES

3. DATA DAN METODE

Data yang digunakan adalah komponen H jam-an dari stasiun Tangerang (16.35° LS; 178.10° BT koordinat magnet) dan dari stasiun Biak (10.05° LS; 208.31° BT koordinat magnet), indeks Dst dan kejadian CME tahun 2004 yang diolah menggunakan metode analisis korelasi. Pemilihan tahun 2004 sebagai bahan analisis dilakukan dengan mempertimbangkan bahwa tahun 2004 merupakan tahun terbaru data komponen H yang tersedia di stasiun Biak dan Tangerang. Sebagai studi kasus dipilih 5 kejadian badai geomagnet kuat disepanjang tahun 2004, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Pola Variasi Indeks Dst bulanan sepanjang tahun 2004 dan kejadian badai geomagnet yang terdapat dalam masing-masing bulan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabulasi daftar kejadian badai geomagnet yang terpilih sebagai bahan studi kasus ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Daftar Kejadian Badai Geomagnet Tahun 2004 Terpilih Sebagai Bahan Studi Kasus.

No	Tanggal kejadian	Intensitas (Dst)	Tipe
1	22 Januari 2004	-165 nT	Tunggal
2	23, 25 dan 27 Juli 2004	-110 nT, -154 nT dan -200 nT	Burst
3	30 Agustus 2004	-140 nT	Tunggal
4	8 dan 10 Nopember 2004	-390 nT dan -300 nT	Burst

Hasil pengolahan data terhadap komponen H stasiun Biak dan Tangerang pada saat kejadian badai geomagnet dalam Tabel 4-1 ditunjukkan pada Gambar 4-1.

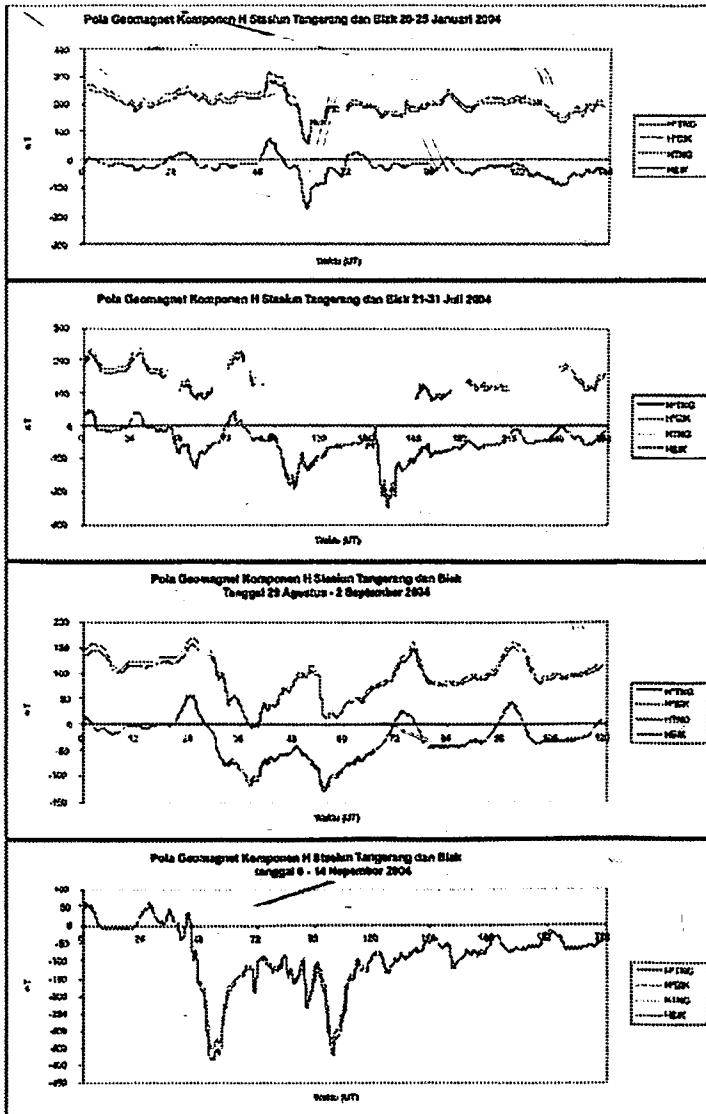
Secara visual tampak bahwa pola komponen H hasil keluaran model estimasi badai geomagnet Ballatore-Gonzales untuk stasiun Biak dan Tangerang cenderung mengikuti pola hasil pengamatan. Bahkan bisa dikatakan sangat berimpit. Untuk mengetahui seberapa berimpitnya mereka maka dilakukan analisis korelasi dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.1.

Tabel 4.2. Tabulasi harga korelasi komponen H stasiun Biak dan Tangerang antara keluaran model estimasi badai geomagnet ballatore-Gonzales dengan hasil pengamatan.

No	Tanggal	Hmin TNG (nT)		Hmin BIK (nT)		Harga Korelasi	
		Raw	Model	Raw	Model	Raw ModTNG	Raw ModBIK
1	22 Januari 2004	145	135	-176.9	-165.7	0.9978	0.9999
2	23 Juli 2004	86	80	-126.2	-118.5	0.9994	0.9999
3	25 Juli 2004	-	-	-195.8	-180.6	-	0.9999
4	27 Juli 2004	-	-	-247.8	-228.2	-	0.9994
5	30 Agts 2004	-5	-5.1	-115.9	-108.8	0.99995	0.99998
6	31 Agts 2004	16.9	19	-127.2	-119.2	0.99991	0.99997
7	8 Nop 2004	-	-	-381.5	-345.6	-	0.9982
8	10 Nop 2004	-	-	-373.0	-348.1	-	0.9985

Dari Tabel 4.2 tampak jelas bahwa harga korelasi komponen H stasiun Biak dan Tangerang antara keluaran model estimasi badai geomagnet ballatore-Gonzales dan hasil pengamatan rata-rata > 99%. Ini membuktikan bahwa model estimasi badai geomagnet Ballatore-Gonzales cukup bagus digunakan untuk merekonstruksi pola komponen H stasiun Biak dan Tangerang. Hal ini diperkuat dengan harga deviasi rata-ratanya yang relatif kecil yaitu sebesar 4.8 nT untuk Tangerang dan 5 untuk Biak. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.3.

**REKONSTRUKSI POLA TERGANGGU KOMPONEN H
STASIUN BIAK DAN STASIUN TANGERANG MENGGUNAKAN
MODEL BADAI GEOMAGNET BALLATORE-GONZALES**



Gambar 4.1. Variasi pola komponen H stasiun Biak dan stasiun Tangerang dari keluaran model dan hasil pengamatan pada beberapa kejadian badai di sepanjang tahun 2004.

Tabel 4.3. Tabulasi besar deviasi standar komponen H stasiun Biak dan Tangerang antara keluaran model dan pengamatan.

No	Tanggal	Harga Korelasi		Besar Deviasi (nT)	
		Raw ModTNG	Raw ModBIK	Raw ModTNG	Raw ModBIK
1	22 Januari 2004	0.9978	0.9999	16.7	3.8
2	23 Juli 2004	0.9994	0.9999	-6.4	5.8
3	25 Juli 2004	-	0.9999	-	8
4	27 Juli 2004	-	0.9994	-	15.2
5	30 Agts 2004	0.99995	0.99998	-5.3	2.6
6	31 Agts 2004	0.99991	0.99997	-5.3	2.9
7	8 Nop 2004	-	0.9982	-	18.1
8	10 Nop 2004	-	0.9985	-	16.7

Keterangan Tabel 4.3, tanda minus pada kolom besar deviasi artinya bahwa harga komponen H keluaran model lebih kecil daripada harga komponen H pengamatan (*Raw Data*).

Secara umum deviasi komponen H stasiun Biak dan Tangerang antara model dan pengamatan relatif kecil (< 10 nT), kecuali untuk tanggal 27 Juli 2004, 8 dan 10 Nopember 2004 dimana harga deviasinya > 10 nT. Analisis terhadap tanggal 27 Juli dan 10 Nopember 2004 diperoleh,

4-1. Kejadian Tanggal 27 Juli 2004

Harga rata-rata komponen H stasiun Biak (Stasiun Tangerang tidak ada data) pada tanggal 27 Juli 2004 adalah -135.2 nT. Apabila deviasi antara model dan pengamatan sebesar 15.2 nT maka prosentase-nya adalah $(15.2 / -135.2) \times 100\% = -11.25\%$. Ini mempunyai arti bahwa rata-rata selisih (kesalahan baca) komponen H antara model terhadap pengamatan hanya sebesar 11.25% . Harga ini masih bisa dikatakan relatif kecil.

4-2. Kejadian Tanggal 8 dan 10 Nopember 2004.

Harga rata-rata komponen H stasiun Biak (stasiun Tangerang tidak ada data) pada tanggal 8 dan 10 Nopember 2004 masing-masing adalah -222.4 nT dan -196.4 nT. Apabila deviasi antara model dan pengamatan pada masing-masing kejadian adalah sebesar 18.1 nT dan 16.7 maka prosentase-nya adalah $(18.1 / -222.4) \times 100\% = -8.1\%$ dan $(16.7 / -196.4) \times 100\% = -8.5\%$. Sama halnya dengan kasus tanggal 27 Juli 2004, pada tanggal 8 dan 10 Nopember 2004, rata-rata selisih (kesalahan baca) komponen H antara model terhadap pengamatan relatif kecil.

5. KESIMPULAN

Keterkaitan pola komponen H stasiun Biak dan Tangerang antara hasil rekonstruksi (model Ballatore-Gonzales) dengan *raw data* cukup besar yaitu rata-rata $> 99\%$. Harga deviasi standar antara hasil rekonstruksi dengan *raw data* juga relatif kecil $< 20\%$. Berdasarkan hasil tersebut maka kegiatan rekonstruksi pola komponen H stasiun Biak dan Tangerang dapat dilakukan menggunakan model Ballatore-Gonzales dan patut untuk dipertimbangkan.

**REKONSTRUKSI POLA TERGANGGU KOMPONEN H
STASIUN BIAK DAN STASIUN TANGERANG MENGGUNAKAN
MODEL BADAI GEOMAGNET BALLATORE-GONZALES**

DAFTAR RUJUKAN

Ballatore P and W. D., Gonzales, 2003, *On the estimates of ring current injection and decay*, Earth Planet Space, 55, 427-435.

<http://www.kugi.kyoto-u.ac.jp>, WDC C2 for geomagnetic data center

<http://umtof.umd.edu/pm/> FIGS.HTML, world data center for X-ray solar images : Flare and CME events

<http://omniweb.gsfc.nasa.gov/cgi/nx1.cgi>, world data center for geomagnetic and solar data

http://cdaw.gsfc.nasa.gov/CME_list/, world data center for CME events list

R. L. McPherron, 2005, *Calculation of The Dst Index*, Presentation at LWS CDAW Workshop Fairfax, Virginia, March 14-16.