

KARAKTERISTIK VARIASI HARIAN KOMPONEN H GEOMAGNET REGIONAL INDONESIA

Habirun

Pusat Sains Antariksa-LAPAN
Bidang Geomagnet dan Magnet Antariksa
Email : e_habirun@yahoo.com

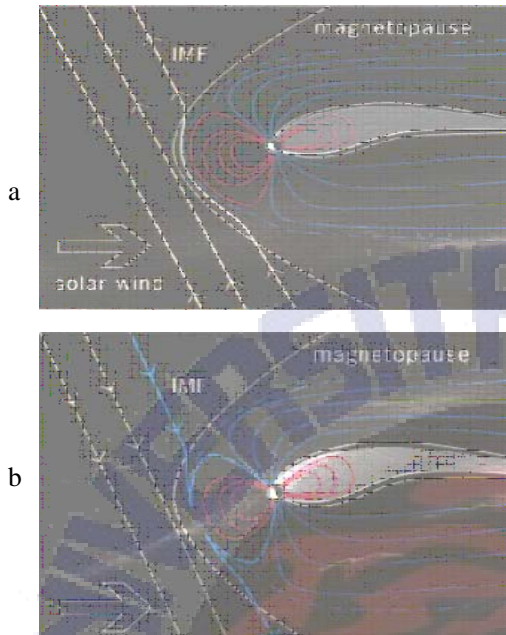
PENDAHULUAN

Karakteristik variasi harian komponen H geomagnet akibat pengaruh berbagai aktivitas gangguan. Aktivitas gangguan yang cukup dominan mempengaruhi variasi harian komponen H adalah aktivitas matahari seperti dampak angin surya akibat badai magnet yang ditimbulkan aktivitas *flare*, CME (*Coronal Mass ejection*) dan *coronal hole*. Pada saat peristiwa *flare*, besaran magnet dan partikel-partikel energetik dilontarkan dari permukaan matahari terbawa oleh angin surya menuju kesegala arah sebagian menuju ke bumi. Ketika bertubrukan dengan magnetosfer bumi maka terjadi rekoneksi medan magnet dan kondisi partikel melalui peristiwa rekoneksi (gambar 1). Dalam kondisi ini akan timbul gangguan yang dikenal sebagai badai magnetik (*Magnetic Storms*) dan memicu gangguan medan geomagnet global. Besar kecilnya badai magnet dapat dinyatakan dengan indeks, salah satunya indeks Dst yaitu untuk menyatakan intensitas badai geomagnet daerah ekuator dalam satuan nT. Sehingga

karakteristik variasi harian komponen H berfluktuasi, kompleks dan dinamis.

Akibat peristiwa *flare* di matahari sehingga terjadi arus partikel-partikel dari energetik yang timbul dan dapat memecahkan medan magnet dalam selang waktu singkat. Akibatnya timbul gangguan yang dikenal sebagai badai magnetik (*Magnetic Storms*) dan memicu terjadinya badai ionosfer (*ionospher storm*) melalui sistem kopling magnetosfer-ionosfer-atmosfer (Tsurutani et, al., 1990). Selain itu terdapat pula perubahan medan magnet bumi secara mendadak akibat peristiwa *transient* (*transient event*) yang disebabkan oleh gangguan angin surya (*solar wind disturbances*), seperti awan magnetik *interplanetary shock* dan diskontinuitas. Gangguan CME yang mempengaruhi medan magnet bumi menunjukkan gangguan berulang atau peristiwa berulang (*recurrent event*), dan gangguan seperti ini umumnya terjadi hanya pada fase siklus matahari menurun dan matahari minimum (Zhou X. Y and Wei F. S., 1998). Fenomena seperti ini diantaranya menyebabkan perubahan variasi harian medan magnet bumi sehingga terjadi

fluktuasi berulang yang cukup tinggi (Anwar, S., 2010)



Gambar 1. Skema interaksi Magnetosfer Bumi-angin surya & IMF (a) Bz (+); (b) Bz (-) menyebabkan perubahan geometri medan magnet bumi dari konfigurasi dipol simetri yaitu geometri menyerupai ekor (Kivelson & Russell, 1995)

Walaupun kondisi variasi medan magnet bumi terganggu yang diuraikan di atas, tapi terdapat pula kondisi-kondisi variasi medan magnet bumi tidak terganggu yang disebut medan magnet bumi tenang. Mengingat kondisi variasi harian medan magnet bumi sangat diperlukan bagi kegiatan pengguna, diantaranya bergerak dieksplorasi geofisika, surveyor geologi dan koreksi data GPS (*Global Positioning System*) untuk akurasi penentuan posisi berbasis satelit. Sehubungan uraian yang diungkapkan di atas pada makalah ini dibahas karakteristik perubahan variasi harian komponen H medan magnet bumi yang difokuskan pada wilayah regional Indonesia. Dengan menggunakan data variasi harian komponen H geomagnet dari stasiun pengamat geomagnet wilayah regional Indonesia

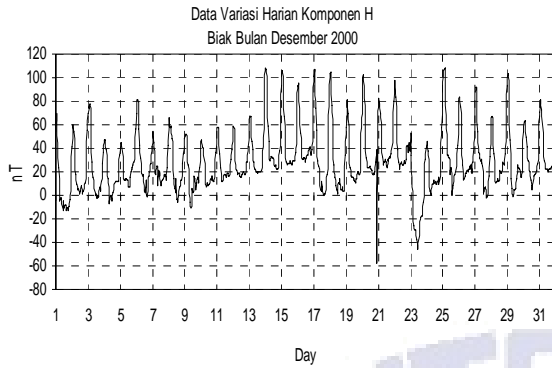
KARAKTERISTIK VARIASI HARIAN KOMPONEN H GEOMAGNET

Sebelum bicara karakteristik variasi harian komponen H terlebih dahulu diuraikan komponen-komponen medan geomagnet. Pada lokasi pengamatan terurai komponen X menyatakan arah utara selatan, komponen Y arah timur barat dan Z arah atas bawah. Komponen F vektor medan magnet bumi total dan komponen H adalah proyeksi dari vektor komponen F. Berarti komponen H dibentuk oleh komponen X dan Y sebagai $H^2 = X^2 + Y^2$.serta menunjukkan komponen yang terletak pada arah horizontal geografis. Oleh karena itu sangat peka terhadap aktivitas berbagai gangguan yang bersumber dari atas maupun dari bawah. Sedangkan komponen D adalah sudut deklinasi komponen H dari geografis utara selatan dan komponen I adalah sudut inklinasi komponen F. Komponen X, Y dan Z adalah koordinat kartesis geografi komponen F Habirun (2004).

Pada kondisi komponen geomagnet di atas kemudian dikaitkan terhadap kontribusi aktivitas gangguan yang dikemukakan dibagian pendahuluan sehingga variasi harian komponen H geomagnet akan menjadi berfluktuasi, kompleks dan dinamis. Melalui kontribusi itu sehingga analisis dan pengolahan data karakteristik variasi harian komponen H secara umum akan dilakukan dalam dua tahap yakni pertama pada keadaan geomagnet terganggu dan kedua pada keadaan tenang. Guna membedakan fluktuasi antara karakteristik variasi harian komponen H pada saat terganggu dan dalam keadaan tenang.

Variasi Harian Komponen H Geomagnet Terganggu

Pada saat variasi medan geomagnet terganggu umumnya disebabkan oleh pengaruh aktivitas matahari sehingga karakteristik variasi harian komponen H geomagnet berfluktuasi yang dinyatakan data bulan Desember 2000 dari stasiun pengamat geomagnet Biak yang ditunjukkan gambar 2.



Gambar 2. Data karakteristik variasi harian komponen H geomagnet dari stasiun pengamat geomagnet Biak bulan Desember 2000

Pada gambar 2 menunjukkan karakteristik variasi harian komponen H yang cukup berfluktuasi, dan terjadi badai magnet sedang sekitar hari ke 23 hingga variasi harian komponen H mengalami penurunan sekitar -50 nT setelah itu naik kembali pada kondisi stabil. Kondisi yang sama terjadi pula pada karakteristik variasi harian geomagnet global yang dinyatakan indeks Dst untuk daerah ekuator (lihat gambar 3). Pada gambar 3 perbandingan antara fluktuasi data variasi harian komponen H dari stasiun pengamat geomagnet Biak dibandingkan terhadap data gangguan geomagnet global indeks Dst bulan Juli 2000 pada saat terjadi badai magnet kuat. Badai magnet kuat tersebut terjadi sekitar tanggal 16 Juli 2000 hingga karakteristik variasi harian komponen H dan indeks Dst mengalami penurunan secara mendadak mencapai sekitar -300 nT kemudian naik kembali secara perlahan-lahan dalam waktu 3 hari kemudian baru stabil.

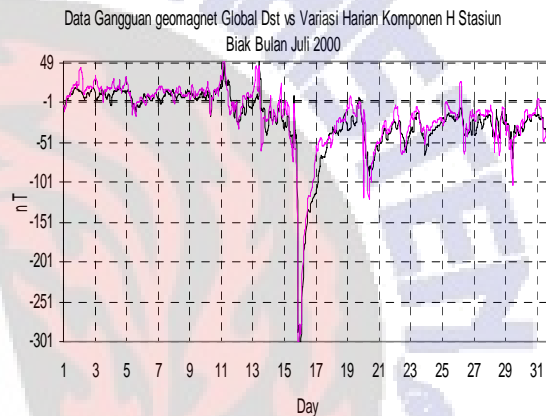
Kemudian barisan data gambar 2 dan gambar 3 apabila digunakan untuk aplikasi praktis maka perlu dilakukan diidentifikasi modelnya. Mengingat penggunaan model lebih fleksibel dibandingkan dengan data pengamatan. Sebagai ilustrasi diambil data dari gambar 2 kemudian dilakukan identifikasi menggunakan model Elman melalui metode Neural Network dan hasilnya dapat dilihat pada gambar 4. Dan akurasi model divalidasi/diujikan menggunakan korelasi antara data variasi harian komponen H terhadap model dan hasilnya dilihat gambar 5. Dalam pengujian model diperoleh nilai

korelasi yang kuat sebesar 0.90 dan hubungan antara data dan model yang diperoleh persamaan (1)

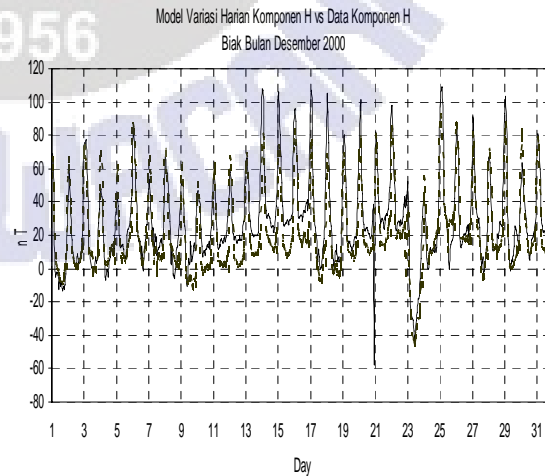
$$\text{Model Komp.H} = (0,874 \pm 0,212)$$

$$\text{Data Komp.H} + (-3,147 \pm 0,152) \dots (1)$$

Melalui hasil identifikasi dengan menggunakan model Elman maka variasi harian komponen H pada saat terganggu maupun pada saat terjadi badai magnet dapat diprediksi dan hasilnya dapat digunakan untuk keperluan aplikasi praktis beberapa waktu kedepan.

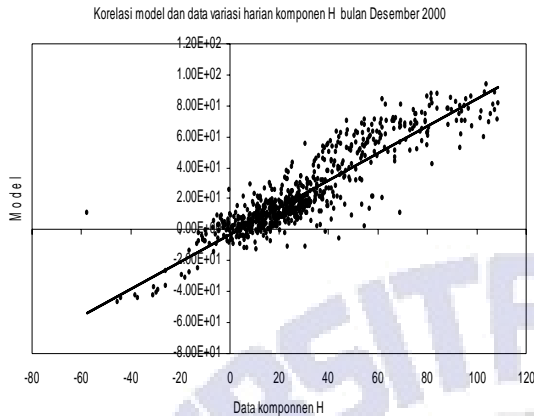


Gambar 3. Data karakteristik gangguan geomagnet global Dst daerah ekuator (garis merah) dibandingkan terhadap variasi harian komponen H geomagnet dari stasiun Biak bulan Juli 2000 (garis hitam)



Gambar 4. Data karakteristik variasi harian komponen H geomagnet dari stasiun Biak bulan Desember 2000 (titik-titik)

dibandingkan terhadap model variasi harian komponen H (garis halus).

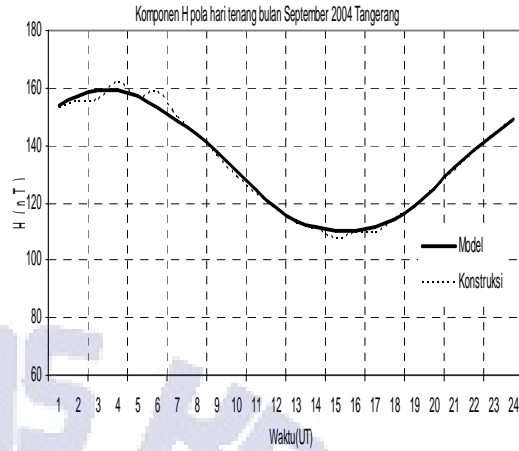


Gambar 5. Korelasi 0,9 antara model dan data variasi harian komponen H geomagnet dari stasiun Biak bulan Desember 2000 pada gambar 4

Variasi Harian Komponen H Geomagnet Tenang

Pada aktivitas geomagnet tenang gangguan yang dominan mempengaruhi variasi harian komponen H pola hari tenang adalah hanya dampak arus cincin diekuator yang disebabkan oleh arus dinamo atmosfer berosilasi setiap 24 jam sekali. Osilasi ini bergantung pada aktivitas partikel-partikel bermuatan umumnya pada siang hari lebih tinggi dari pada malam hari. Oleh karena itu amplitudo variasi harian komponen H geomagnet pola hari tenang pada siang hari lebih tinggi akibat aktivitas partikel-partikel karena panas radiasi matahari dari pada malam hari, mengingat malam hari aktivitas partikel-partikel rendah karena tidak adanya pengaruh radiasi matahari.

Sesuai uraian yang diungkapkan di atas ditunjukkan data variasi harian komponen H pola hari tenang dari stasiun pengamat geomagnet Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) Tangerang bulan September 2004 dengan dimuluskan menggunakan analisis Hamonik dan hasilnya dapat dilihat pada gambar 6. Perlu diketahui bahwa model karakteristik variasi harian komponen H pola hari tenang di atas digunakan osilasi setiap 24 jam.



Gambar 6. Data konstruksi karakteristik variasi harian komponen H pola hari tenang dari stasiun BMG Tangerang bulan September 2004 (titik-titik halus) dibandingkan terhadap model yang dikonstruksi menggunakan analisis Harmonik (garis tebal)

Akurasi model karakteristik variasi harian komponen H pola hari tenang ditunjukan gambar 6 dan galat model dari bulan Maret sampai dengan September 2004 dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Galat model empiris analisis Harmonik dan rata-rata variasi harian komponen H stasiun Biak dari Maret–September 2004

No	Metode Bulan	Analisis Hamonik	
		Rata-rata	Galat model
1	2	3	4
1	Maret	201,244	6,315
2	April	231,741	8,164
3	Mei	240,701	4,828
4	Juni	225,659	6,727
5	Juli	209,785	6,388
6	Agustus	127,910	6,780
7	September	129,034	8,179

Berdasarkan akurasi model variasi harian komponen H pola hari tenang gambar 6 dan hasil analisis galat model pada tabel 1, variasi harian komponen H pola hari tenang dapat diprediksi menggunakan analisis Harmonik dengan konstanta-konstanta prediksi dirumus (Ames J. W., and Egan R. D., 1967) dan Habirun (2004) sebagai;

$$A_n(\text{baru}) = \alpha_n(\text{lama}) + \delta \frac{2}{T} [H(t) - \bar{H}(t)] \cos\left(\frac{2\pi nt}{T}\right)$$

$$B_n(\text{baru}) = \beta_n(\text{lama}) + \lambda \frac{2}{T} [H(t) - \bar{H}(t)] \sin\left(\frac{2\pi nt}{T}\right)$$

....(2)

Setelah dihitung konstanta-konstanta model prediksi variasi harian komponen H pola hari tenang bulan september 2004 menggunakan persamaan (2) dengan dikonstruksi melalui periode variasi harian berperiode 24, 12 dan 6 jam serta hasilnya lihat persamaan (3)

$$X(t) = 414.13 - 0.77\cos(0.26t) - 9.72\sin(0.26t) - 4.55\cos(1.05t) + 2.11\sin(1.05t) - 1.59\cos(1.57t) - 0.32\sin(1.57t)$$

....(3)

Dengan model empiris persamaan (3) $X(t)$ = karakteristik variasi harian komponen H pola hari tenang dengan memasukan nilai t dari t = 0 sampai dengan 24 kita dapat memprediksi variasi harian komponen H pola hari tenang untuk 24 jam kedepan.

PEMBAHASAN

Melalui hasil analisis karakteristik variasi harian komponen H geomagnet dalam keadaan terganggu modelnya diidentifikasi dengan model Elman (Elman, 1990) menggunakan metode Neural Network. Dengan menggunakan data variasi harian komponen H geomagnet dari stasiun pengamat geomagnet Biak bulan Desember 2000 dan hasilnya cukup baik dengan nilai korelasi yang kuat sebesar 0,9. Sesuai pola data variasi harian komponen H dari stasiun pengamat geomagnet Biak dan model identifikasi menggunakan model Elman mengikuti perubahan data pengamatan sehingga dapat digunakan memprediksi secara real time untuk beberapa jam kedepan (Henrik Lundstedt, 2002). Dengan input model berdasarkan angin surya real time dari satelit ACE atau satelit lain yang berada di L1 maka model ini dapat memprediksi variasi harian komponen H dari 1 sampai 3 jam kedepan. Hasil prediksi karakteristik variasi harian komponen H geomagnet terganggu yang diperoleh dikontrol oleh nilai perubahan konstnta-konstanta model empiris dengan

perubahan konstanta B dalam interval $0,874 \pm 0,212$ dan perubahan konstanta A dalam interval $-3,147 \pm 0,152$

Hasil analisis karakteristik variasi harian komponen H tenang atau pola hari tenang dianalisis menggunakan metode analisis Harmonik, karena data pada kondisi ini berperiode. Dengan dikonstruksi berdasarkan kontribusi periode variasi harian yang berperiode 24, 12 dan 6 jam dan hasilnya dinyatakan model empiris persamaan (3) dan model itu dapat digunakan untuk memprediksi variasi harian komponen H dalam 24 jam kedepan dengan memasukan nilai-nilai t dari t = 0, 1, 2, 24. Akurasi model empiris dihitung menggunakan data variasi harian komponen H tahun 2004 serta hasilnya dinyatakan galat model dari bulan Maret 2004 sampai dengan September 2004 tabel 1 kolom 4. Galat model terkecil terjadi pada bulan Mei 2004 sebesar 4,828 nT dan terbesar bulan September 2004 sebesar 8,179 nT. Sedangkan rata-rata perubahan variasi harian kmponen H pola hari tenang tahun 2004 juga pada tabel 1 kolom 3 dari 127,910 nT sampai dengan 240,701 nT.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis karakteristik variasi harian komponen H geomagnet dalam keadaan terganggu dan dalam keadaan tenang dapat disimpulkan bahwa variasi harian komponen H terganggu mempunyai nilai korelasi yang kuat 0,9 yakni dikorelasikan antara data pengamatan variasi harian komponen H terhadap model. Yang mana model karakteristik variasi harian komponen H diidentifikasi melalui model Elman menggunakan metode Neural Network. Dengan korelasi yang kuat tersebut maka model dapat digunakan untuk memprediksi karakteristik variasi harian komponen H pada saat geomagnet terganggu maupun saat terjadi badai magnet. Sehubungan hasil prediksi variasi harian komponen H geomagnet dalam keadaan terganggu yang diperoleh dapat dikontrol oleh nilai perubahan konstnta-konstanta model empiris. Perubahan konstanta model empiris B dari interval $0,874 \pm 0,212$ dan konstanta A dari interval $-3,147 \pm 0,152$. Sedangkan hasil analisis karakteristik variasi harian komponen H hari tenang atau pola hari tenang yang berperiode dianalisis melalui metode analisis Harmonik, dengan galat dari 4,828 sampai

dengan 8,179 nT. Galat model terkecil terjadi pada bulan Mei 2004 sebesar 4,828 nT dan terbesar pada bulan September 2004 sebesar 8,179 nT dapat digunakan untuk memprediksi variasi harian komponen H pola hari tenang hingga 24 jam kedepan menggunakan persamaan (3).

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Ames J. W., and Egan R. D., 1967. *Digital recording and short-time prediction of oblique ionosphere Propagation*. IEEE transaction on antennas and propagation. Vol. AP-15, No.3 May pp 382 – 389.
- [2] Anwar, S., 2010. *Identifikasi kondisi angin surya (solar wind) untuk prediksi badai magnet*. Prosiding seminar Nasional Himpunan Fisikawan Indonesia Jurusan Fisika Undip Semarang
- [3] Elman, J. L., 1990. *Finding Structure in time*, Cognitive Sci., 14, 179 – 211.
- [4] Habirun., 2004. *Model komponen medan magnet bumi teoritis diturunkan melalui titik potensial magnet*. Journal Teori Dan Terapan Matematik, Vol. 4 No. 1 Edisi khusus Nopember Unisba Bandung
- [5] Habirun., 2004. *Analisis dampak aktivitas matahari pada variasi harian komponen H geomagnet*. Prosiding seminar nasional antariksa II. Hal. 152–163 LAPAN Bandung.
- [6] Lundstedt, H., and Gleisner, H., 2002. *Operational forecasts of the geomagnetic Dst index*, Geophysical Research Letters, Vol. 29, No. 24, 2181
- [7] Kivelson, M. G., and Russell, Russel, C. T., 1995. *Introduce of plasma physics*, Prentice –Hall.
- [8] Tsurutani, B. T., B.E. Glodstein., E.J. Smith., W.D. Gonzalez., F. Tang., S-1. Akasofu and R. R. Anderson, 1990. *The interplanetary and solar wind causes of magnetic activity*, Planet. Space Sci. 38(1), 109 – 126.
- [9] Zhou X. Y and Wei F. S., 1998. *Prediction of recurrent geomagnetic disturbance by using adaptive filtering*, Earth Planets Space 50, 839 – 845 Japan