

KARAKTERISTIK VARIASI HARIAN KOMPONEN H GEOMAGNET STASIUN PENGAMAT GEOMAGNET BIAK

Habirun

Peneliti Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa, LAPAN

Abstrak

Pada makalah ini dibahas karakteristik variasi harian komponen H geomagnet pada saat aktivitas matahari menurun, dari aktivitas matahari maksimum tahun 1991 sampai dengan aktivitas matahari sekitar minimum tahun 1996. Menggunakan data variasi harian komponen H stasiun pengamat geomagnet Biak tahun 1991 hingga 1996. Analisis variasi harian komponen H menggunakan metode analisis Harmonik dikaitkan terhadap efek periode variasi harian. Periode variasi harian komponen H geomagnet ditentukan menggunakan FFT (*Fast Fourier Transform*). Berdasarkan hasil analisis galat model yang diperoleh sehingga fluktuasi karakteristik variasi harian komponen H akibat efek aktivitas matahari maksimum hingga minimum diketahui. Hasil analisis galat model variasi harian komponen H dibandingkan terhadap bilangan *sunspot* rata-rata dan hasilnya menunjukkan bahwa galat model pada aktivitas matahari maksimum lebih kecil dari pada aktivitas matahari disekitar minimum.

Kata kunci: Karakteristi komponen geomagnet, FFT, analisis Harmonik

PENDAHULUAN

Karakteristik variasi harian komponen H geomagnet sangat kompleks dan berfluktuasi akibat dipengaruhi berbagai aktivitas gangguan jangka pendek, terutama dampak angin matahari (*solar wind*) akibat aktivitas *flare* dan CME (*Coronal Mass Ejection*). Pada saat terjadi *flare* sehingga arus partikel-partikel dari energetik yang timbul selama *flare*, dapat memecahkan medan magnetik bumi secara kuat pada selang waktu sangat singkat. Sehingga timbul gangguan yang dikenal sebagai badai magnet (*Magnetic Storms*) dan memicu timbulnya badai ionosfer (*Ionospheric Storms*) melalui sistem kopling magnetosfer-ionosfer-atmosfer (Tsurutani et al., 1990). Gangguan tersebut terjadi karena adanya transfer energi dan memontum melalui mekanisme rekoneksi antara *solar wind* terhadap magnetosfer semakin intens bersamaan dengan medan magnet arah selatan Bz. Gangguan tersebut mengakibatkan penurunan ataupun kenaikan variasi harian komponen H dari kondisi normalnya. Pada saat terjadi rekoneksi, energi dan momentum ditransfer kedalam magnetosfer bumi sehingga mengakibatkan perubahan sistem arus. Perubahan sistem arus tersebut menimbulkan depresi pada variasi harian komponen H diseluruh permukaan bumi yang tegak lurus terhadap gangguan,

Perlu diketahui bahwa efek variasi harian akibat radiasi matahari maupun *solar wind* mempengaruhi variasi harian komponen geomagnet umumnya digolongkan dalam dua golongan yakni efek gangguan yang sifatnya jangka panjang dan jangka pendek. Gangguan jangka panjang terutama akibat efek aktivitas matahari sesuai siklus bilangan *sunspot* berperiode sekitar 11 tahun. Demikian pula gangguan aktivitas matahari jangka pendek yang bersifat periodik dan temporal. Gangguan jangka pendek berperiodik seperti peristiwa gangguan CME mempengaruhi variasi geomagnet menunjukkan gangguan berulang (*recurrent event*). Peristiwa seperti demikian umumnya terjadi pada fase siklus matahari menurun dan matahari minimum (Zhou X. Y and Wei F. S., 1998).

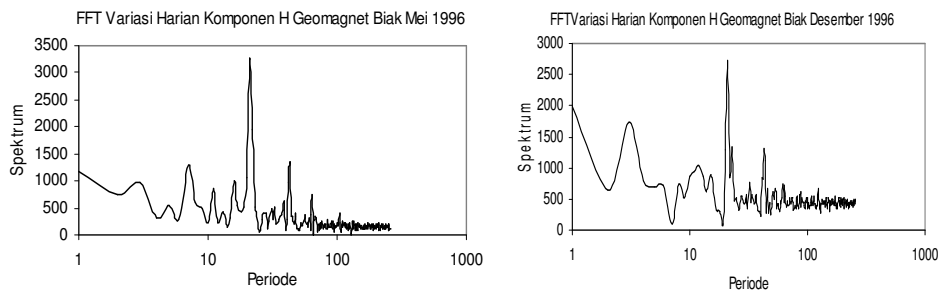
Berkaitan efek berbagai aktivitas gangguan yang diungkapkan di atas sehingga model variasi harian komponen geomagnet ditentukan sesuai kondisi aktivitas gangguan saat tertentu. Oleh karena itu model variasi harian komponen geomagnet jangka pendek ditentukan berdasarkan sifat gangguan yang berperiodik. Berdasarkan gangguan yang berperiode tersebut sehingga model

variasi harian komponen geomagnet ditentukan menggunakan analisis Harmonik yang dikaitkan efek berperiode radiasi matahari, bulan dan efek planetari (Habirun., 2009). Sedangkan akibat efek-efek gangguan lain yang mempengaruhi variasi harian komponen geomagnet diabaikan.

Sehubungan uraian yang diungkapkan di atas maka pada makalah ini dibahas karakteristik variasi harian komponen H pada aktivitas matahari maksimum sampai dengan aktivitas matahari disekitar minimum. Dengan difokuskan pada efek variasi harian mempengaruhi variasi harian komponen H geomagnet jangka pendek. Model variasi harian komponen H geomagnet ditentukan berdasarkan metode analisis Harmonik dengan dikaitkan terhadap efek akibat periode radiasi matahari, bulan dan planetari yang disebut di atas. Sedangkan penentuan periode-periode variasi harian komponen H menggunakan FFT (*Fast Fourier Transform*). Data variasi harian komponen H geomagnet yang digunakan dari stasiun pengamat geomagnet Biak tahun 1991 sampai dengan tahun 1997 dan data *sunspot* dari WDC (*word data center*) geomagnet. Berdasarkan hasil analisis galat model yang diperoleh sehingga fluktuasi karakteristik variasi harian komponen H akibat efek aktivitas matahari maksimum hingga minimum dapat diketahui. Hasil analisis galat model variasi harian komponen H dibandingkan terhadap jumlah bilangan sunspot menunjukkan bahwa galat model pada aktivitas matahari maksimum lebih kecil dari pada aktivitas matahari disekitar minimum.

METODE PENENTUAN MODEL VARIASI HARIAN KOMPONEN H GEOMAGNET
Penentuan periode variasi harian komponen H

Sebelum diuraikan metode penentuan model variasi harian komponen H geomagnet terlebih dahulu ditentukan periode-periode gangguan yang berpengaruh pada variasi harian komponen H. Penentuan periode gangguan yang sangat berpengaruh pada variasi harian komponen H ditentukan menggunakan FFT. Data variasi harian yang digunakan adalah data bulan Mei dan Desember 1996,



Gambar 2.1 Periodesitas efek variasi harian mempengaruhi variasi harian komponen H geomagnet bulan Mei dan Desember tahun 1996 pada aktivitas matahari menurun

Tabel 2.1 PERIODESITAS AKTIVITAS GANGGUAN VARIASI HARIAN KOMPONEN H GEOMAGNET DATA DARI STASIUN PENGAMAT GEOMAGNET LAPAN BIAK BULAN MEI DAN DESEMBER 1997

No	Efek	Mei	Desember	Teoritis
1	Matahari	22	22	24
2	Bulan	12	13	12
3	Planetari	6	7	6

karena pada tahun itu aktivitas matahari minimum berarti bintik matahari (*sunspot*) lebih sedikit dibandingkan pada aktivitas matahari maksimum. Dengan hal yang diungkapkan di atas sehingga aktivitas gangguan yang berpengaruh dari luar bumi, terutama dari matahari semakin kecil. Artinya periode gangguan yang berpengaruh pada variasi harian komponen H hanya arus cincin yang

disebabkan efek dinamo akibat perputaran bumi pada sumbunya. Hasil analisis periodesitas yang diperoleh secara kualitatif dapat dilihat pada gambar 2.1 dan secara kuantitatif dapat dilihat pada tabel 2.1. Perlu diketahui bahwa gambar 2.1 menyatakan sumbu Y skala biasa sedangkan pada sumbu X skala logaritmik. Demikian pula hasil analisis yang dinyatakan secara kuantitatif pada tabel 2.1 periodesitas empiris yang diperoleh dari perhitungan dan dibandingkan terhadap periodesitas sebenarnya atau teoritis.

Pada tabel 2.1 menunjukkan hasil perhitungan periode variasi harian yang mempengaruhi variasi harian komponen H geomagnet dengan menggunakan FFT. Efek gangguan yang terlihat pada tabel 2.1 adalah periode radiasi matahari yang lebih stabil dari pada efek bulan dan planetari. Pada tahun 1996 periode variasi harian komponen H akibat efek matahari dari 24 jam sampai dengan 21 jam, sedangkan akibat efek bulan dari 13 jam hingga 10 jam dan planetari dari 7 jam sampai dengan 5 jam kadang-kadang tidak muncul. Hal itulah yang menyebabkan rendahnya akurasi model variasi harian komponen H.

Pengolahan Data

Telah diuraikan sebelumnya bahwa perubahan variasi harian komponen H akibat dipengaruhi berbagai aktivitas gangguan. Dengan demikian pola karakteristik variasi harian komponen H geomagnet merupakan bentuk superposisi efek gangguan. Sehingga analisis karakteristik variasi harian komponen H diolah umumnya melalui pengurangan antara data pengamatan terhadap model variasi harian komponen H hari tenang (S_q). Berarti variasi harian komponen H geomagnet dari pengamatan merupakan penjumlahan pola variasi hari tenang terhadap fluktuasi akibat efek gangguan. Dengan kondisi itu maka analisis pengolahan data variasi harian komponen H melalui identifikasi analisis Harmonik dipengaruhi berbagai aktivitas gangguan dengan periodesitasnya tercantum pada tabel 2.1. Sedangkan rumusan model analisis perubahan variasi harian komponen H geomagnet tersebut secara rinci akan diuraikan pada bagian titik 2.3.

Model Analisis Variasi Harian Komponen H

Perubahan variasi harian komponen H geomagnet dipengaruhi berbagai aktivitas gangguan seperti telah diuraikan sebelumnya. Karena karakteristik variasi harian komponen H dibentuk pola superposisi dengan termodulasi oleh aktivitas gangguan maka bentuk model analisis yang digunakan sesuai rumusan matematik Kutiev (2001), dengan dinyatakan sebagai berikut ;

$$\chi(t, LT) = K_h(t) \left[g_o + \sum_{m=1}^2 g_m \cos \left\{ m \frac{2\pi}{\lambda} (LT - LF_m) \right\} \right] \quad (2.1)$$

dengan LT adalah waktu lokal, λ adalah periode gangguan dan LF_m adalah sudut fasa yang ke- m . Ekspresi dalam tanda kurung yang representatif terdiri dua gelombang sinusoidal yang dibentuk periode efek matahari, bulan dan planetari dan kondisi itu sesuai dengan rotasi matahari berputar pada sumbunya. Amplitudo g_1 dan g_2 , sudut fasa LF_1 dan LF_2 yang dihitung melalui persamaan (2.3). Untuk penyederhanaan persamaan (2.1) dalam penurunan analisis koefisien-koefisien gelombang akibat efek matahari, bulan dan planetari tidak ditunjukkan dan yang ditunjukkan hanya rata-rata, amplitudo dan sudut fasa yang cukup representatif untuk mewakili konstanta-konstanta model.

Distribusi gelombang akibat efek variasi harian komponen H dari persamaan (2.1) dalam waktu lokal termodulasi oleh fungsi $K_h(t)$, kemudian dalam definisi menyatakan bahwa τ adalah waktu salah satu cara untuk menunda reaksi χ kelanjutan perubahan-perubahan gangguan dinyatakan dalam rumusan

$$K_h(t) = \left(\exp \frac{1}{T} - 1 \right) \int_{-\alpha}^t \theta \exp \left(- \frac{\tau - t}{T} \right) d\tau \quad (2.2)$$

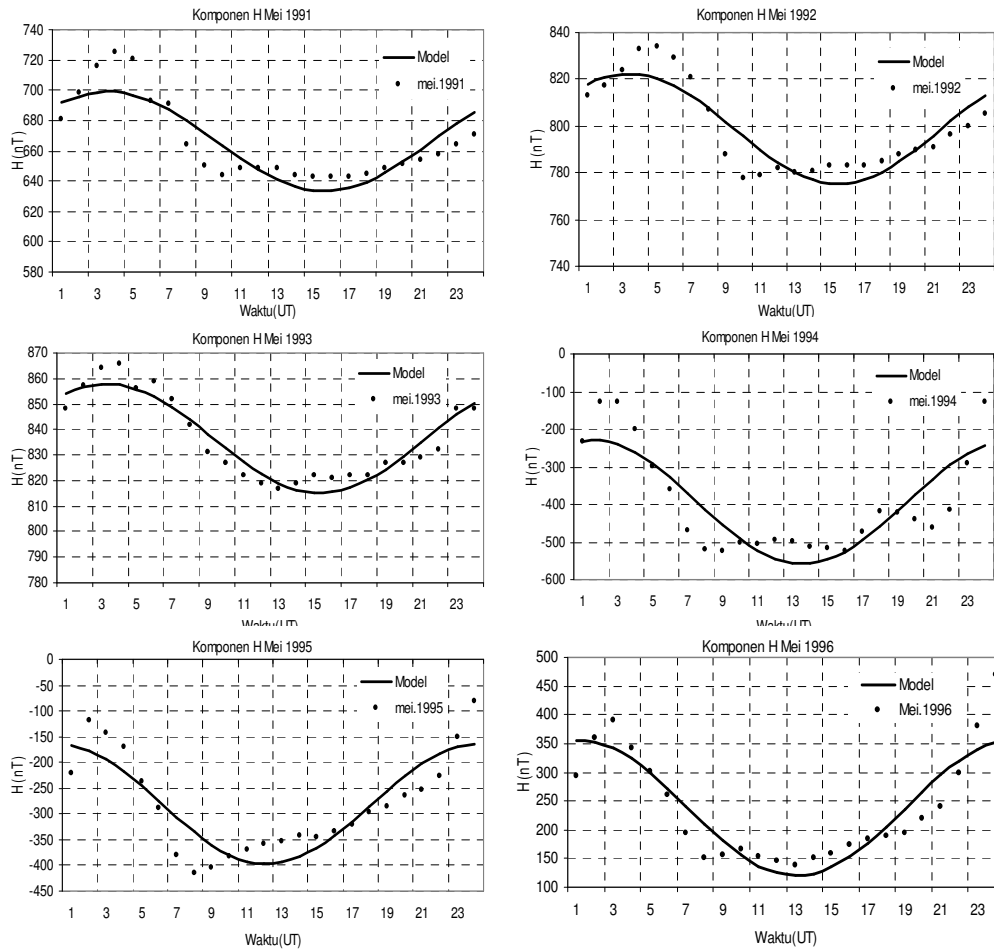
Kuantitas θ (analog dengan χ) ditulis penurunan relatif dari perubahan gangguan terhadap S_q dan T waktu konstan yang representatif setiap kali kelambatan rata-rata antara perubahan gangguan dan χ . Menurut Kutiev dan Muhtarov (2001) dalam persamaan (2.3) T konstan diset dalam pencuplikan

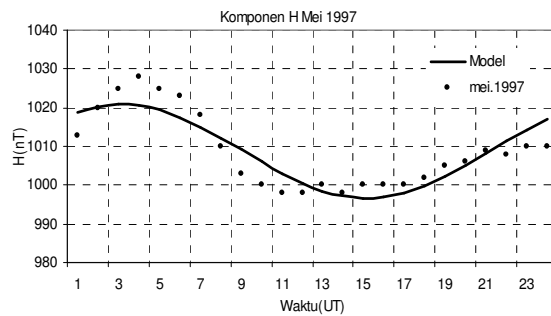
setiap 16 jam. Setelah itu rata-rata, konstanta-konstanta model analisis, amplitudo dan sudut fasa persamaan (2.1) dihitung melalui persamaan (2.3)

$$\left. \begin{aligned}
 g_o &= \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T H_t \\
 A_m &= \frac{2}{T} \sum_{t=1}^T (H_t - g_o) \cos \omega_m t \\
 B_m &= \frac{2}{T} \sum_{t=1}^T (H_t - g_o) \sin \omega_m t
 \end{aligned} \right\} \begin{aligned}
 \text{amplitudo } g_m &= \sqrt{A_m^2 + B_m^2} \\
 \text{sudut fasa } LF_m &= \arctan\left(-\frac{B_m}{A_m}\right), A_m > 0
 \end{aligned} \quad (2.3)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

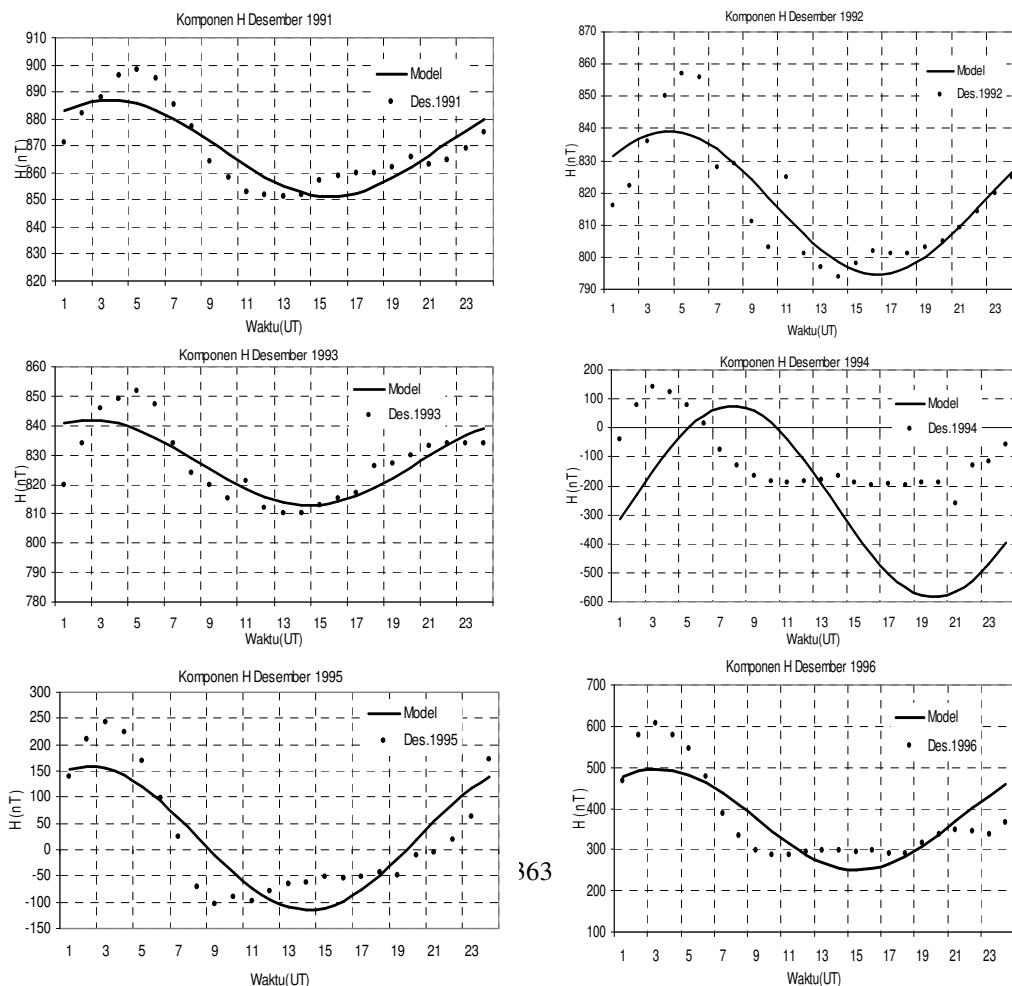
Berdasarkan perubahan karakteristik variasi harian komponen H pada aktivitas matahari menurun, dianalisis menggunakan data variasi harian komponen H dari tahun 1991 hingga 1997. Hasil analisis karakteristik variasi harian komponen H geomagnet dari data pengamatan dibandingkan terhadap model analisis yang dihitung melalui persamaan (2.1) dan hasilnya (lihat gambar 3.1). Perlu diketahui bahwa hasil analisis variasi harian komponen H hari tenang pada gambar 3.1 menunjukkan perubahan data dan model analisis variasi harian komponen H bulan Mei dan Desember dari tahun 1991 hingga 1997. Sedangkan galat model variasi harian komponen H geomagnet yang dianalisis pada kondisi aktivitas matahari menurun dapat dilihat pada tabel 3.1. Pada tabel 3.1 kolom 7 terdapat hasil analisis galat model terkecil 0.304 nT yang dinyatakan galat model bulan Desember 1997. Sedangkan galat model terbesar sekitar 17.128 nT terlihat pada bulan Januari 1996 dan dinyatakan dalam tabel yang sama pada kolom 6.

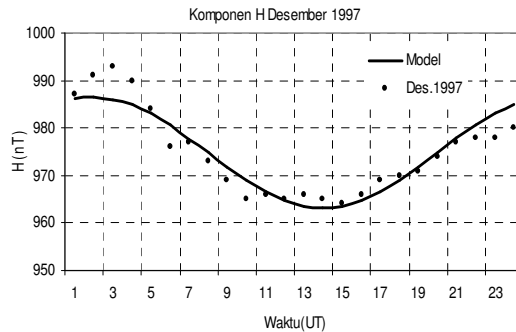




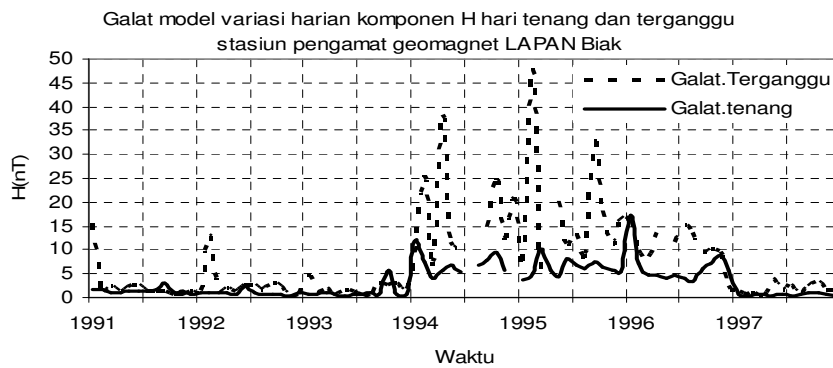
Gambar 3.1a. Karakteristik variasi harian komponen H geomagnet hari tenang antara data pengamatan dibandingkan terhadap model analisis bulan Mei data dari 1991 sampai dengan 1997 stasiun pengamat geomagnet Biak

Selanjutnya, telah diketahui bahwa aktivitas geomagnet yang dinyatakan variasi harian komponen H dalam satu bulan terdiri dari dua kondisi yakni hari tenang dan hari terganggu. Kemudian dihitung galat model variasi harian komponen H dari masing-masing hari, sehingga diperoleh galat model pada saat aktivitas geomagnet hari tenang dan galat model pada saat aktivitas geomagnet hari terganggu. Dengan tentunya aktivitas geomagnet dari kedua hari yang berbeda itu juga menunjukkan galat model analisis yang berbeda pula. Untuk lebih jelasnya hasil analisis galat model dari kedua hari aktivitas geomagnet itu dibandingkan dan hasilnya dapat dilihat pada gambar 3.2. Pada gambar 3.2 terlihat dengan jelas bahwa fluktuasi galat model pada aktivitas geomagnet hari tenang lebih rendah dari pada aktivitas geomagnet hari terganggu.

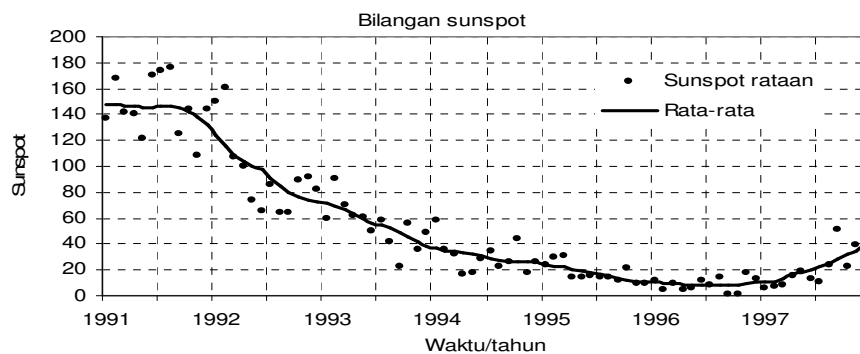




Gambar 3.1b. Karakteristik variasi harian komponen H geomagnet hari tenang antara data pengamatan dibandingkan terhadap model analisis bulan Desember data dari 1991 sampai dengan 1997 stasiun pengamat geomagnet Biak



Gambar 3.2. Galat model variasi harian komponen H geomagnet pada aktivitas geomagnet hari tenang dan hari terganggu ditinjau pada saat aktivitas matahari menurun dari tahun 1991 sampai dengan tahun 1997 data dari stasiun pengamat geomagnet Biak



Gambar 3.3. Data jumlah bilangan sunspot rataan dibandingkan terhadap rata-rata dan dari data rata-rata (*word data center*) geomagnet

Berkaitan dengan aktivitas matahari mempengaruhi variasi harian komponen H pada saat aktivitas geomagnet hari tenang maupun aktivitas geomagnet hari terganggu. Hal itu jelas pengaruh aktivitas matahari sangat besar mempengaruhi perubahan pola variasi harian komponen geomagnet. Tetapi dalam hasil analisis galat model variasi harian komponen H dari kedua kondisi itu ditinjau terhadap perubahan aktivitas matahari jangka panjang yang dinyatakan bilangan sunspot terjadi keunikan. Keunikan yang muncul terjadi pada aktivitas matahari maksimum hasil analisis galat model variasi harian komponen H umumnya lebih kecil. Sedangkan pada aktivitas matahari minimum hasil analisis galat model variasi harian komponen H geomagnet secara umum membesar (lihat gambar 3.2 dan 3.3). Kondisi yang demikian seharusnya terjadi pada aktivitas matahari maksimum hasil analisis galat model membesar dan pada aktivitas matahari minimum hasil analisis galat model mengecil.

Berdasarkan uraian yang diungkapkan di atas, sehubungan analisis perhitungan galat model variasi harian komponen H dihitung berdasarkan variasi-variasi akibat efek gangguan temporal yang cukup kecil terhadap pola normal atau pola hari tenang. Berarti efek gangguan temporal yang cukup kecil itu pada efek aktivitas matahari cukup besar akan teredam. Sedangkan pada efek aktivitas matahari cukup kecil sehingga efek gangguan temporal yang cukup kecil itu tidak teredam oleh aktivitas matahari. Dengan hal itu dapat disimpulkan bahwa pada aktivitas matahari membesar atau maksimum galat model variasi harian komponen H geomagnet mengecil karena teredam efek aktivitas matahari. Sebaliknya aktivitas matahari mengecil atau minimum galat model variasi harian komponen H membesar karena variasi harian komponen H tidak teredam oleh aktivitas matahari.

Tabel 3.1 GALAT MODEL ANALISIS KARAKTERISTIK VARIASI HARIAN KOMPONEN H GEOMAGNET DARI STASIUN PENGAMAT GEOMAGNET LAPAN BIAK DARI TAHUN 1991 SAMPAI DENGAN TAHUN 1997

Tahun	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Bulan	1	2	3	4	5	6	7
Januari	1.685	1.050	0.617	11.990	3.632	17.128	0.686
Pebruari	1.666	0.899	0.753	7.467	4.961	7.243	0.444
Maret	0.857	0.862	0.866	4.161	10.084	4.744	0.641
April	1.149	1.049	0.583	5.626	5.681	4.701	0.688
Mei	1.253	0.802	0.486	6.905	4.344	4.047	0.413
Juni	1.342	2.357	0.678	5.396	8.211	4.575	0.620
Juli	1.439	0.934	0.702	0.000	6.695	4.190	0.309
Agustus	1.821	0.645	1.054	6.830	6.061	3.295	0.756
September	3.190	0.775	0.738	7.810	7.350	6.193	1.081
Oktober	1.140	0.805	5.793	9.524	6.360	7.168	0.859
Nopember	1.249	0.381	0.566	5.651	5.759	8.746	0.723
Desember	0.697	0.923	0.696	50.219	5.251	5.728	0.304

KESIMPULAN

Sesuai data variasi harian komponen H geomagnet stasiun pengamat geomagnet LAPAN Biak dari tahun 1991 sampai dengan tahun 1997 sehingga diperoleh karakteristik variasi harian komponen H. Menggunakan metode analisis Harmonik sehingga diperoleh galat model variasi harian komponen H geomagnet. Hasil analisis galat model pada aktivitas matahari menurun, galat model terkecil 0.304 nT yang dinyatakan galat model pada bulan Desember 1997, sedangkan galat model terbesar sekitar 17.128 nT terlihat pada bulan Januari 1996. Dalam hasil analisis galat model pada aktivitas geomagnet tenang dan terganggu ditinjau terhadap perubahan aktivitas matahari

jangka panjang terjadi keunikan. Keunikan yang muncul terjadi pada aktivitas matahari maksimum hasil analisis galat model variasi harian komponen H umumnya justru lebih kecil. Sedangkan pada aktivitas matahari minimum hasil analisis galat model variasi harian komponen H geomagnet secara umum membesar.

DAFTAR PUSTAKA

- Habirun ., 2009. Prediksi variasi harian komponen H regional menggunakan analisis Harmonik, *Buku Ilmiah* ISBN 978-602-8564-08-3 diterbitkan LAPAN Jakarta baulan Januari.
- Kutiev, I., and Muhtarov ., 2001. Modeling of Mid Latitude E-Region Response to Geomagnetic Activity, *J. Geophys. Res.* **15501 – 15510** 106 : A8 (ORSI COSPAR IRI, 8 : 4, Kanagawa 299 – 8510 Japan)
- Tsurutami, 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 causes of geomagnetic activity, *Planet. Space Sci.* **38**(1), 109 – 126.
- Zhou X. Y and Wei F. S., 1998. Prediction of recurrent geomagnetic disturbance by using adaptive filtering. *Earth Planets Space* **50**, 839 – 845 Japan.