

# MODEL VARIASI HARIAN KOMPONEN H JANGKA PENDEK BERDASARKAN DAMPAK GANGGUAN REGULER

Habirun

Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa  
Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)  
email: [habirun@bdg.lapan.go.id](mailto:habirun@bdg.lapan.go.id)

**Abstrak** - Model variasi harian komponen H geomagnet jangka pendek ditentukan menggunakan *Fourier Analisis*. Dampak radiasi matahari mengakibatkan adanya variasi harian komponen H geomagnet. Data yang digunakan adalah variasi harian komponen H dari stasiun pengamat geomagnet Biak pada aktivitas matahari minimum tahun 1996. Model ditentukan berdasarkan periodisitas dampak gangguan reguler yang mempengaruhi variasi komponen H. Periodisitas gangguan ditentukan menggunakan *Fast Fourier Transform (FFT)* dengan menggunakan data bulan Mei 1996. Periode dampak gangguan yang mempengaruhi variasi harian komponen H geomagnet pada saat aktivitas matahari minimum yang diperoleh adalah 6, 12, 24, 48 dan 72 jam. Dengan periode-periode gangguan tersebut maka model variasi harian komponen H ditentukan. Hasil analisis model variasi harian komponen H geomagnet jangka pendek yang diperoleh dibandingkan terhadap data pengamatan. Akurasi model variasi harian komponen H geomagnet jangka pendek untuk data bulan September 1996 mempunyai galat 9.07 nT dengan nilai korelasi pola linear 0.92 dan polinom 0.95.

**Kata kunci** : variasi harian komponen H, analisis Fourier, aktivitas matahari minimum

*Abstract* — Model of the diurnal variation of H geomagnet in short period is determined by using Fourier analysis. Solar radiation can influence the diurnal variation of geomagnetic H component. We used the daily variation of H component observed from Biak observatory in minimum of solar activity in 1996. The model is determined based on periodicity of regular disturbance impact that influence the H component variation. The periodicity of disturbance is determined using Fast Fourier Transform (FFT). Periodicity of the impact that influence the geomagnetic H component daily variation at the time of minimum solar activity that obtained are 6, 12, 24, 48 and 72 hours. By that disturbance periods then the model of H component daily variation is determined. The result of short period of the daily variation of geomagnetic H component is then compared to the real data. The accuracy of short period geomagnetic H component daily variation for September 1996 has galat 9.07 nT with linear correlation value — 0.92 and polinom — 0.95.

*Key words*: H component daily variation, Fourier analysis, minimum solar activity

## 1\* PENDAHULUAN

Karakteristik data variasi harian komponen H geomagnet jangka pendek sangat kompleks, berfluktuasi dan dinamis akibat dipengaruhi berbagai aktivitas gangguan antara lain dari aktivitas matahari jangka panjang dan jangka pendek. Dampak gangguan jangka panjang diakibatkan aktivitas matahari sesuai siklus bilangan *sunspot* berperiode sekitar 11 tahun. Demikian pula dampak gangguan radiasi matahari dan dampak gangguan bersifat temporal seperti akibat aktivitas *flare*, lontaran masa korona (*Coronal Mass Ejection/CME*) dan lubang korona (*coronal hole*) mengakibatkan variasi harian komponen H geomagnet dengan durasi sekitar jam hingga hari. Tndikasi gangguan masing-masing area permukaan bumi akibat matahari maupun dari permukaan bumi telah diketahui dan disebut indeks

geomagnet. Indeks geomagnet dari masing-masing area seperti indeks K (tingkat gangguan geomagnet lokal), indeks Dst untuk daerah ekuator dan seterusnya.

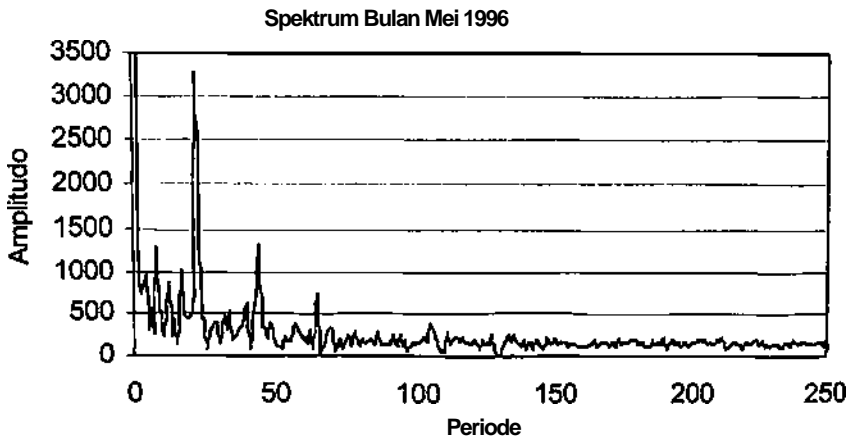
Berkaitan dengan itu pada uraian ini dibahas model variasi harian komponen H geomagnet jangka pendek (Okeke dan Hamano, 2000) menggunakan *Founer analisis* yang difokuskan pada variasi harian komponen H geomagnet jangka pendek. Data yang dianalisis adalah data variasi harian komponen H dan stasiun pengamat geomagnet Biak. Dengan tujuan yang ingin dicapai adalah model variasi harian komponen H jangka pendek pada aktivitas matahari minimum. Sehubungan indikasi dampak gangguan aktivitas *matahari* hanya dianalisis menggunakan variasi harian komponen H. Kemudian *kajian* informasi hasil analisis diberikan sebagai contoh digunakan data tahun 1996 dengan pembahasan yang diuraikan difokuskan pada model variasi harian komponen H jangka pendek pada saat aktivitas matahari minimum.

Sedangkan analisis penentuan model variasi harian komponen H dikaitkan dampak gangguan jangka pendek yang menyebabkan badai magnet merupakan sebuah fenomena multi bentuk, memperlihatkan proses-proses fisik transfer energi dan angin surya ke magnetosfer bumi yang terdistribusi dalam sistem kopling magnetosfer-ionosfer dalam bentuk arus listrik. Ada dua katagori berkenaan dengan badai magnet (Zhou dan Wei, 1998) : (i) *recurrent storms* yang berkaitan dengan periode 27 harian rotasi matahari dan (ii) *nonrecurrent storms*. *Recurent storms* berkaitan dengan badai sedang dan umumnya tidak berkorelasi dengan bilangan *sunspot* (bintik matahari). *Nonrecurrent storms* berkaitan dengan badai kuat yang disebut badai magnet SSC (*Storms Sudden Commencement*) dan terjadi disekitar matahari maksimum (Meloni *et al.*, 2005). Sehubungan penentuan model variasi harian komponen H jangka pendek dalam uraian ini hanya berdasarkan dampak gangguan-gangguan yang sifatnya reguler pada aktivitas matahari minimum. Perlu diketahui bahwa pada aktivitas matahari minimum jumlah bintik matahari yang ada di permukaan matahari tidak begitu banyak dibandingkan jumlah bintik matahari pada aktivitas matahari maksimum.

## **2. MODEL VARIASI HARIAN KOMPONEN H JANGKA PENDEK**

### **2.1. Periode Dampak Gangguan Reguler Jangka Pendek**

Variasi harian komponen H jangka pendek dipengaruhi berbagai aktivitas gangguan seperti dampak variasi harian yang sifatnya berperiode reguler dan dampak gangguan temporal. Penentuan model variasi harian komponen H jangka pendek difokuskan pada dampak gangguan yang berperiode reguler. Gangguan-gangguan jangka pendek yang berperiode reguler antara lain variasi harian akibat radiasi matahari. Periode variasi harian jangka pendek yang berdampak pada variasi harian komponen H ditentukan menggunakan metode FFT melalui *software* Matlab dan hasilnya dapat dilihat Gambar 2-1. Periodisitas variasi harian komponen H pada Gambar 2-1 menyatakan periode 6, 8, 9, 12, 21, 43 dan 62 jam (Rachyany, 1985). Dampak periode gangguan tersebut sebagian berperiode reguler dan sebagian lagi berperiode temporal. Periode reguler (tetap) dinyatakan periode 12, 21, 43 dan 62 jam, sedangkan sisanya berperiode temporal (tidak selalu muncul). Dengan periodisitas yang diperoleh tersebut maka model variasi harian komponen H jangka pendek pada aktivitas matahari minimum dapat dikonstruksi.



Gambar.2.1. Periodesitas variasi harian komponen H geomagnet dalam satuan jam pada aktivitas matahari minimum menggunakan data dari stasiun pengamat geomagnet Biak bulan Mei 1996

Gambar 2-1 menunjukkan bahwa periodik-periodik dominan yang diperoleh bersifat temporal dan muncul pada saat tertentu. Sedangkan kondisi periode yang diperoleh berperiode 21 jam dan disebut periode variasi harian, berperiode 43 jam dan disebut periode variasi dua harian, serta berperiode 64 jam yang disebut periode tiga harian. Dengan periode-periode yang diperoleh itu maka konstruksi model variasi harian komponen H dapat dilakukan dengan menggunakan metode analisis Harmonik.

## 2.2. Metode Konstruksi Model Variasi Harian Komponen H Jangka Pendek

Analisis konstruksi model variasi harian komponen H jangka pendek pada pasal ini difokuskan pada periode variasi harian (*diumal variation*) setiap 24 jam, periode variasi semi diurnal (*semi diurnal variation*) berperiode 12 jam dan *quater variation* berperiode 6 jam. Menggunakan metode analisis Fourier (Zolesi, 1989) dengan  $\hat{c} = \text{rcnt}/T$ ,  $n =$  banyak konstanta model,  $t =$  waktu serta  $T =$  periode dan dijabarkan (Habirun dan Koeswadi, 1992; Habirun, 2003)

$$X_t = \mu + R \cos(\omega_t + \phi) + \varepsilon_t \quad (2-1)$$

kemudian persamaan (2-1) disederhanakan dalam persamaan (2-2)

$$X_t = \bar{X} + A \cos \omega_t + B \sin \omega_t + \varepsilon_t \quad (2-2)$$

dengan  $X_t$  fungsi variasi harian komponen H geomagnet jangka pendek yang ke-t dan konstanta-konstanta model persamaan (2-2) dihitung menggunakan metode kuadrat terkecil. Berarti konstanta, amplitudo dan sudut fasa model dapat dihitung sebagai berikut

## HABIRUN

$$\left. \begin{aligned} \bar{X} &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i, & R_m &= \sqrt{A_m^2 + B_m^2} \\ A_m &= \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X}) \cos \omega_i, & \phi_m &= \arctan\left(\frac{-B_m}{A_m}\right), A_m > 0 \\ B_m &= \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X}) \sin \omega_i, \end{aligned} \right\} \quad (2-3)$$

Sedangkan galat model ditentukan berdasarkan selisih antara data pengamatan terhadap model, dengan dinyatakan oleh

$$X_{t(\text{data})} - X_{t(\text{model})} = \varepsilon_t \quad (2-4)$$

Barisan simpangan yang diperoleh dari persamaan (2-4), kemudian galat model dapat dihitung menggunakan persamaan (2-5) adalah

$$S_{\text{galat}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\varepsilon_i - \bar{\varepsilon})^2}{N}} \quad (2-5)$$

Dengan nilai galat yang diperoleh dari persamaan (2-5) maka nilai batas fluktuasi perubahan data variasi harian komponen H geomagnet jangka pendek ( $X_i$ ), yang memenuhi fluktuasi model sekitar

$$X_t = X_{t(\text{model})} \pm z_\alpha S_{\text{galat}} \quad (2-6)$$

dengan  $\alpha$  adalah suatu toleransi perubahan model komponen H jangka pendek dan harga  $z_\alpha$  diperoleh dari kurva distribusi Gauss pada  $\alpha$  diambil 5 % sehingga diperoleh harga  $z_\alpha = 1,96$ . Dengan demikian persamaan (2-6) dapat dinyatakan sebagai;

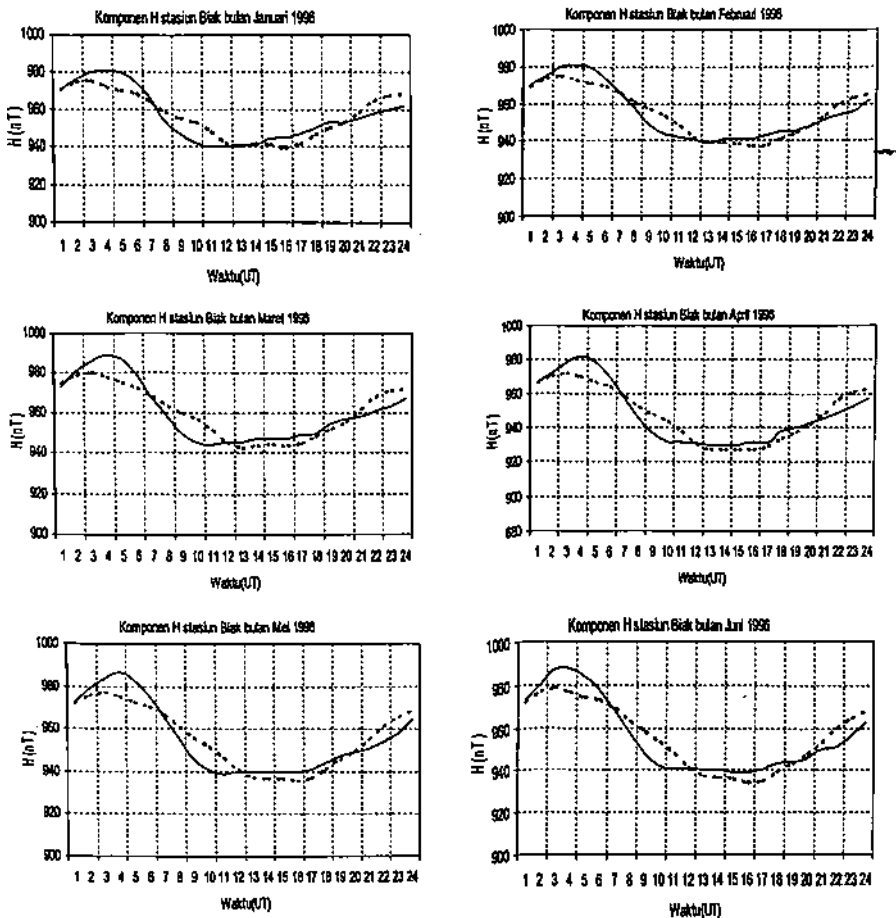
$$X_t = X_{t(\text{model})} \pm 1,96 S_{\text{galat}} \quad (2-7)$$

Penyebaran data pengamatan yang telah diseleksi dibandingkan terhadap model variasi harian komponen H jangka pendek dan harus masuk dalam interval persamaan (2-7). Persamaan (2-7) merupakan salah satu cara untuk menguji atau memvalidasi model variasi harian komponen H jangka pendek yang diperoleh.

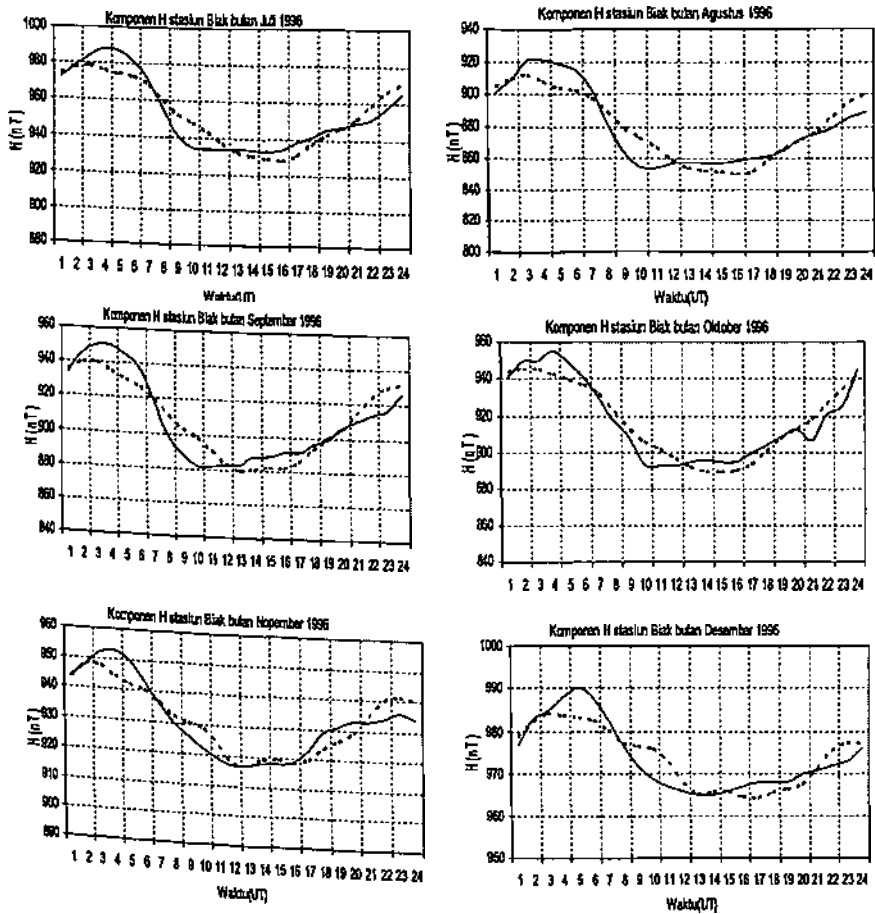
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berkaitan ungkapan yang diuraikan pada bagian sebelumnya maka pada bagian ini ditunjukkan hasil-hasil konstruksi model variasi harian komponen H jangka pendek sesuai dampak gangguan-gangguan reguler yang berperiode tetap. Dengan menggunakan periode-periode variasi harian yang disebut periode variasi harian (*diurnal variation*) setiap 24 jam, periode variasi semi diurnal (*semi diurnal variation*) berperiode 12 jam dan *quater variation* berperiode 6 jam. Menggunakan data variasi harian komponen H geomagnet dari stasiun-pengamat geomagnet wilayah Indonesia khususnya stasiun pengamat geomagnet Biak sebagai ilustrasi. Hasil-hasil ilustrasi konstruksi model variasi harian komponen H jangka pendek yang diperoleh (lihat Gambar 3-1 dan 3-2).

Karakteristik variasi harian komponen H geomagnet jangka pendek pada aktivitas matahari minimum dinyatakan pada Gambar 3-1 dan Gambar 3-2. Gambar-gambar ini terlihat menunjukkan pola yang stabil selama tahun 1996. Pola stabil itu terjadi akibat bintang matahari yang terdapat pada permukaan matahari selama bulan Januari hingga bulan Desember hampir tidak berubah. Dengan pola variasi harian komponen H yang lebih stabil sehingga meningkatkan akurasi penggunaan model untuk digunakan memprediksi variasi harian komponen H jangka pendek beberapa waktu kedepan. Kalau model variasi harian komponen H digunakan untuk memprediksi beberapa waktu ke depan maka masih diperlukan syarat lain selain pola yang stabil. Syarat lain model yang digunakan untuk memprediksi beberapa waktu ke depan adalah harus mempunyai galat minimum atau terkecil dan nilai korelasi pola antara model terhadap data pengamatan harus cukup besar, minimal mempunyai nilai korelasi 0,85.



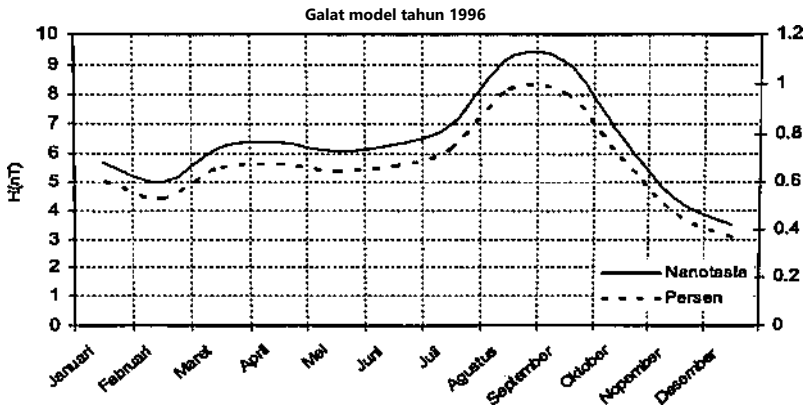
Gambar 3-1 Hasil analisis karakteristik data variasi harian komponen H jangka pendek (gans) dibandingkan terhadap model (garis putus-putus) pada aktivitas matahari minimum sesuai



**Gambar 3-2** Hasil analisis karakteristik data variasi harian komponen H jangka pendek (garis) dibandingkan terhadap model (garis putus-putus) pada aktivitas matahari minimum sesuai data dari stasiun pengamat geomagnet Biak bulan Juli hingga Desember 1996

Selanjutnya, untuk mengetahui akurasi model variasi harian komponen H jangka pendek yang dinyatakan pada Gambar 3-1 dan Gambar 3-2 galat model dapat dihitung menggunakan persamaan (2-5) dan toleransi perubahan variasi harian komponen H jangka pendek dibatasi persamaan (2-6). Hasil perhitungan galat model variasi harian komponen H jangka pendek dari bulan Januari sampai dengan bulan Desember 1996 dapat dilihat pada Gambar 3-3

Nilai-nilai kuantitas galat model variasi harian komponen H mulai bulan Januari sampai dengan bulan Desember tahun 1996 yang ditunjukkan Gambar 3-3 dapat dilihat pada Tabel 3-1. Hasil-hasil galat model pada Tabel 3-1 menunjukkan akurasi model variasi harian komponen H geomagnet jangka pendek pada kondisi aktivitas matahari minimum. Dengan galat model terbesar sekitar 9.21 nT dan nilai dalam persen sebesar 0.98 % dengan berdasarkan data bulan Agustus 1996



**Gambar 3-3** Perbandingan galat model variasi harian komponen H geomagnet jangka pendek dalam satuan Nanotesla(skala kiri) dan persen atau % (skala kanan) dari stasiun pengamat

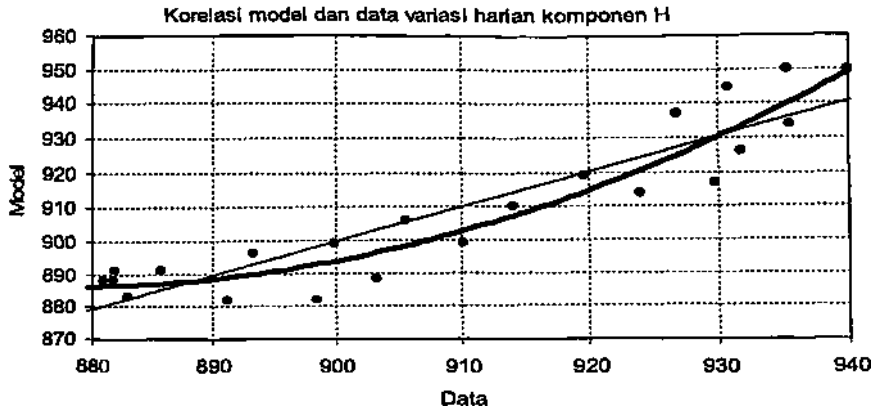
**Tabel 3-1** Galat model variasi harian komponen H geomagnet jangka pendek dalam satuan Nanotesla nT dan persen % dari data stasiun pengamat geomagnet Biak pada aktivitas matahari minimum tahun 1996

No	Bulan	Galat model	
		Nanotesla nT	Persen %
1	2	3	4
1	Januari	5.69	0.60
2	Februari	4.99	0.53
3	Maret	6.25	0.66
4	April	6.41	0.68
5	Mei	6.09	0.67
6	Juni	6.30	0.65
7	Juli	7.01	0.74
8	Agustus	9.21	0.98
9	September	9.07	0.96
10	Oktober	6.64	0.71
11	Nopember	4.38	0.46
12	Desember	3.49	0.37

Akurasi model variasi harian komponen H geomagnet jangka pendek dari bulan Januari hingga bulan Desember 1996 yang dinyatakan Gambar 3-1 dan Gambar 3-2 ditunjukkan nilai galat model Tabel 3-1. Kemudian akurasi model diperkuat pula dengan kesamaan pola antara data pengamatan variasi harian komponen H dan model berdasarkan nilai korelasi pola yang ditunjukkan keterkaitan linear dan polinom orde 2 pada bulan September 1996 masing-masing 0.92 dan 0.95. Dengan ditunjukkan model empiris dan grafisnya dari ke dua nilai korelasi pada Gambar 3-4 adalah

$$Y = -22.85 + 1.025 x$$

$$Y = 137.94 - 29.382 x + 0.0167 x^2$$



Gambar 3-4 Akurasi model melalui korelasi pola (kesamaan pola) antara data pengamatan variasi harian komponen H geomagnet jangka pendek dibandingkan terhadap model sesuai nilai korelasi linear (garis halus) dan polinom (garis tebal), menggunakan data variasi harian komponen H geomagnet stasiun pengamat geomagnet Biak tahun 1996

Berdasarkan nilai korelasi yang dinyatakan data pengamatan variasi harian komponen H terhadap model pada Gambar 3-4 maka variasi harian komponen H jangka pendek dapat diprediksi dengan menggunakan model variasi harian komponen H jangka pendek untuk beberapa waktu ke depan.

#### 4. PREDIKSI VARIASI HARIAN KOMPONEN H JANGKA PENDEK

Prediksi variasi harian komponen H berbasis model analisis Fourier, secara umum dinyatakan dengan persamaan (2-2). Kemudian persamaan (2-2) diturunkan dengan meminimumkan galat sehingga diperoleh konstanta Fourier. Konstanta Fourier yang digunakan memprediksi variasi harian komponen H jangka pendek oleh Habirun *et al.*, (2004), dihitung melalui persamaan berikut;

$$A_n(\text{baru}) = A_n(\text{lama}) + \delta \frac{2}{T} [H(t) - \bar{H}(t)] \text{Cos} \left( \frac{2\pi n t}{T} \right) \quad (4-1)$$

dengan  $\delta$  adalah nilai perubahan konstanta Harmonik cosinus yang mengikuti perubahan karakteristik data variasi harian komponen H jangka pendek. Nilai itu merupakan pendekatan konstanta data variasi harian komponen H dalam interval waktu 11 hari.

Dari barisan data pengamatan variasi harian komponen H geomagnet jangka pendek  $X(t)$  dengan  $t = 1, 2, 3, \dots, N$  kemudian dihitung konstanta-konstanta model persamaan (2-2) melalui persamaan (2-3). Setelah dihitung konstanta model, kemudian hasil perhitungan konstanta model itu digunakan sebagai dasar untuk menghitung konstanta model prediksi variasi harian komponen H jangka pendek persamaan (4-1) sebagai berikut:



$$\begin{aligned}
 \tilde{A}_{1 \text{ prediksi}} &= \hat{A}_{1 \text{ mod el}} + \delta_1 \frac{2}{24} [X(t) - \bar{X}(t)] \text{Cos} \left( \frac{2\pi t}{24} \right) \\
 \tilde{B}_{1 \text{ prediksi}} &= \hat{B}_{1 \text{ mod el}} + \chi_1 \frac{2}{24} [X(t) - \bar{X}(t)] \text{Sin} \left( \frac{2\pi t}{24} \right) \\
 \tilde{A}_{2 \text{ prediksi}} &= \hat{A}_{2 \text{ mod el}} + \delta_2 \frac{2}{24} [X(t) - \bar{X}(t)] \text{Cos} \left( \frac{2\pi t}{12} \right) \\
 \tilde{B}_{2 \text{ prediksi}} &= \hat{B}_{2 \text{ mod el}} + \chi_2 \frac{2}{24} [X(t) - \bar{X}(t)] \text{Sin} \left( \frac{2\pi t}{12} \right)
 \end{aligned}
 \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{variasi diurnal} \\ \\ \text{variasi semi diurnal} \end{array} \quad (4-2)$$

Perhitungan perubahan konstanta-konstanta model prediksi persamaan (4-2) dengan notasi  $\delta$  dan  $\chi$  masing-masing ditentukan melalui persamaan (4-3) adalah

$$\begin{aligned}
 \hat{\delta}_1 &= \frac{-\hat{A}_{1 \text{ mod el}}}{\frac{2}{24} [X(t) - \bar{X}(t)] \text{Cos} \left( \frac{2\pi t}{24} \right)} \\
 \hat{\chi}_1 &= \frac{-\hat{B}_{1 \text{ mod el}}}{\frac{2}{24} [X(t) - \bar{X}(t)] \text{Sin} \left( \frac{2\pi t}{24} \right)}
 \end{aligned}
 \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \quad (4-3)$$

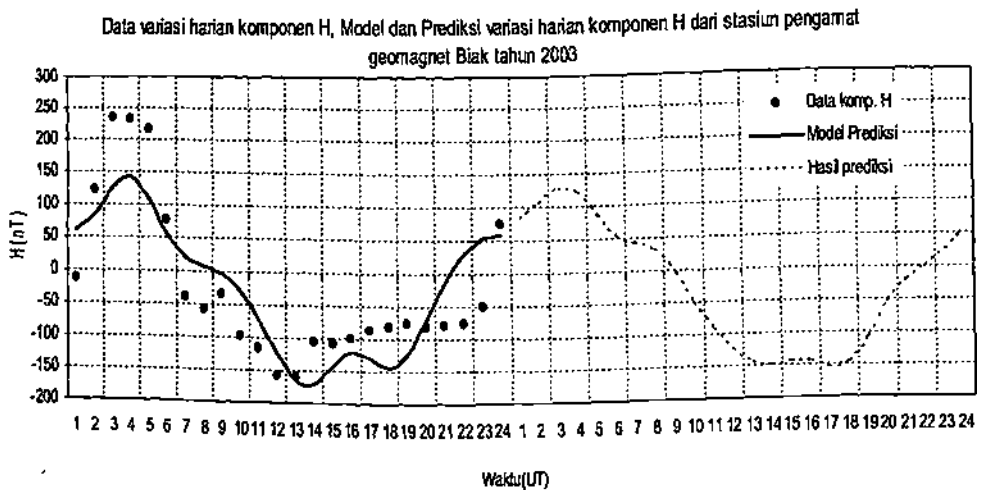
Dengan hasil perhitungan persamaan (4-3), kemudian disubstitusikan pada persamaan (4-2) sehingga diperoleh konstanta-konstanta model prediksi variasi harian komponen H jangka pendek persamaan (4-4)

$$X(t) = \hat{A}_0 + \tilde{A}_n \text{Cos} \left( \frac{2\pi n t}{T} \right) + \tilde{B}_n \text{Sin} \left( \frac{2\pi n t}{T} \right) + E(t) \quad (4-4)$$

Melalui model empiris persamaan (4-4) diprediksi variasi harian komponen H jangka pendek dalam interval waktu selama 24 jam dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4-1.

Perlu diketahui bahwa model prediksi variasi harian komponen H jangka pendek yang dibangun berdasarkan data pada aktivitas matahari minimum, diuji untuk memprediksi variasi harian komponen H jangka pendek pada saat aktivitas matahari maksimum. Dengan memprediksi data variasi harian komponen H saat terjadi badai magnet 2 Desember 2003 dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4-1. Pada Gambar 4-1 menunjukkan perbandingan antara data pengamatan variasi harian komponen H geomagnet jangka pendek dibandingkan terhadap model dan hasil prediksinya. Dari hasil-hasil penentuan model variasi harian komponen H yang diperoleh, kemudian model itu dilakukan pengujian untuk digunakan memprediksi variasi harian komponen H pada saat badai magnet. Dan hasilnya terlihat cukup baik digunakan memprediksi berbagai kondisi fluktuasi variasi harian komponen H jangka pendek. Dengan hasil-hasil yang ditunjukkan melalui visualisasi model dan hasil prediksinya dapat disimpulkan bahwa model variasi harian komponen H geomagnet jangka pendek yang dibangun berdasarkan data variasi harian komponen H pada aktivitas matahari minimum, ternyata dapat digunakan memprediksi variasi harian komponen H pada saat badai magnet.

Keunggulan model variasi harian komponen H jangka pendek yang dibangun berdasarkan data pada aktivitas matahari minimum ini dapat digunakan untuk memprediksi berbagai kondisi fluktuasi variasi harian komponen H dengan syarat mempunyai pola. Apabila variasi harian komponen H jangka pendek berfluktuasi tidak mempunyai pola atau acak maka merupakan suatu kelemahan dari model ini.



**Gambar 4-1** Perbandingan antara model (garis) dibandingkan terhadap data pengamatan variasi harian komponen H jangka pendek (titik) saat terjadi badai magnet 2 Desember 2003 dari stasiun pengamat geomagnet Biak dan hasil prediksi variasi harian komponen H jangka pendek (titik-titik halus) pada saat terjadi badai satu hari kedepan

## 5. KESIMPULAN

Model variasi harian komponen H geomagnet jangka pendek yang dibangun berdasarkan data variasi harian komponen H jangka pendek pada saat aktivitas matahari minimum tahun 1996. Dengan akurasi model variasi harian komponen H geomagnet jangka pendek yang dinyatakan galat model sebesar 9,07 nT atau dengan persen 0,96 % untuk data bulan September 1996. Sedangkan untuk kondisi data variasi harian komponen H bulan Agustus 1996 galat model sebesar 9,21 nT atau dengan persen 0,98 %. Kemudian model variasi harian komponen H geomagnet jangka pendek ini digunakan untuk memprediksi dan hasilnya cukup baik dan kondisi variasi harian komponen H stabil hingga berfluktuasi. Syarat utama yang mendukung penggunaan model variasi harian komponen H geomagnet jangka pendek ini adalah data variasi harian komponen H harus mempunyai pola. Bila fluktuasi variasi harian komponen H tidak mempunyai pola atau acak maka merupakan kelemahan dari model ini

## DAFTAR RUJUKAN

Habirun dan Koeswadi, 1992 : Estimasi model MUF dan LUF lapisan Ionosfer pada sunspot minimum, *Proceedings Seminar Astronomi Sehari, Planetarium dan Observatorium Jakarta 14 Desember* hal. 137- 148.

- Habirun, 2004. Model Komponen Medan Magnet Bumi Teoritis Diturunkan Melalui Titik Potensial Magnet, *Jurnal Teori Dan Terapan Matematik*, Vol. 4 No.1 Edisi khusus Nopember Unisba Bandung.
- Habirun, 2003, Model Variasi H Medan Magnet Bumi Menggunakan Analisis Deret Fourier, *Proceedings Forum Teori dan Aplikasi Statistika*, Jurusan Statistika FMIPA UNISBA, Vol 3,
- Meloni A., De Michelis P., and Tozzi R., (2005), Geomagnetic storms, dependence on solar and interplanetary phenomena : a review, *Mem., S. A., Lt.*, Vol. 76, 882 © Salt 2005
- Okeke F. N. dan Hamano T., 2000. Daily variation of geomagnetic component H, D and Z field at Equatorial Latitudes, *EPS*, 52, 237 - p. 243
- Rachyany, S., 1985, Analisis data ionosonde drif Pameungpeuk, *Proceedings program penelitian Pusat Riset Dirgantara LAPAN Bandung*, hal. 66
- Zilesi B., Lj. R. Cander and G. De Franceschi, 1989, A Simple Model for A global Distribution of Some Ionospheric Characteristics in Restricted Area, *Solar-Terrestrial Prediction, Proceedings of a workshop at Laura, Australia* October 16 – 20 vol.2 p. 418-427
- Zhou X. Y and Wei F. S., 1998. Prediction of recurrent geomagnetic disturbance by using adaptive filtering. *Earth Planets Space* 50, 839 – 845