

# IDENTIFIKASI MODEL VARIASI HARIAN KOMPONEN H DAN Z MENGGUNAKAN METODE TIME SERIES ANALISIS

Habirun dan Sity Rachyany

*Bidang Aplikasi Geomagnet dan Magnet Antariksa  
Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa LAPAN-Bandung*

## ABSTRAK

Karakteristik variasi harian komponen geomagnet sangat berfluktuasi dan kompleks akibat dipengaruhi berbagai aktivitas gangguan antara lain pengaruh aktivitas matahari mempengaruhi variasi harian komponen H dan Z. Dengan hal itu pada uraian ini dibahas identifikasi model variasi harian komponen H dan Z pola hari tenang menggunakan metode *time series analysis* berdasarkan model *Auto Regression-AR(2)* orde 2 dan model *Auto Regression Moving Average-ARMA(2,2)* orde 2 dan 2. Menggunakan data variasi harian komponen H dan Z pola hari tenang tahun 2004 dari stasiun pengamat geomagnet Tangerang. Hasil identifikasi model variasi harian komponen H dan Z pola hari tenang dengan masing-masing galat sebesar 0,48 nT untuk model AR(2) menggunakan data variasi harian komponen H dengan efisiensi 98 %. Demikian pula untuk data variasi harian komponen Z pola hari tenang dengan galat 1,41 nT menggunakan model AR (2) dengan efisiensi 94 %.

**Kata kunci :** Variasi komponen H dan Z, identifikasi model, AR dan ARMA

## ABSTRACT

Characteristics of geomagnetic daily variation very fluctuate and complex caused by many disturbances activities influence especial from solar activities such at H and Z component daily variation. This condition will discuss about identification of daily variation model of H and Z component in quiet day by using time series analysis based on auto regression-AR(2) 2 order model and auto regression moving average-ARM(2,2) 2 and 2 order model. Data used in this paper are H and Z component daily variation data year 2004 from the Tangerang geomagnetic station observatory. The result quiet day pattern H and Z component daily variation identification model by error is 0.48 nT for AR(2) model to user H component daily variation and efficient 98 %. By the procedure of the some be user quiet day pattern Z component daily variation by the error is 1.41 nT to user AR(2) model and efficient 94 %.

**Keywords:** variation of H and Z component, model identification, AR and ARMA

## 1. PENDAHULUAN

Karakteristik variasi harian komponen geomagnet sangat kompleks, berfluktuasi dan dinamis akibat dipengaruhi berbagai aktivitas gangguan antara lain dari aktivitas matahari bersifat jangka panjang dan jangka pendek. Gangguan jangka panjang diakibatkan aktivitas matahari sesuai siklus bilangan *sunspot* berperiode sekitar 11 tahun. Demikian pula gangguan aktivitas matahari jangka pendek yang bersifat temporal seperti dampak aktivitas *flare*, CME (*Coronal Mass Ejection*) dan *coronal hole* mempengaruhi variasi harian komponen geomagnet dengan durasi sekitar jam hingga hari. Indikasi gangguan akibat dari matahari maupun dari permukaan bumi secara umum telah diketahui dengan baik. Oleh karena itu indikasi dampak gangguan yang berpengaruh pada medan magnet bumi sejak dulu hingga

## IDENTIFIKASI MODEL VARIASI HARIAN KOMPONEN H DAN Z...

sekarang telah diketahui dari masing-masing tempat seperti indeks K menyatakan tingkat gangguan geomagnet lokal, indeks Dst untuk daerah ekuator dan seterusnya.

Berkaitan dengan itu pada uraian ini dibahas identifikasi model variasi harian komponen H dan Z menggunakan metode *time series analisis* yang difokuskan pada model AR (*Auto Regression*) dan model ARMA (*Auto Regression Moving Average*). Menggunakan data variasi harian komponen H dan Z dari stasiun pengamat geomagnet Tangerang. Dengan tujuan yang ingin dicapai adalah model variasi harian komponen H dan Z pola hari tenang. Selain itu model tersebut dapat pula digunakan sebagai sarana untuk mendeteksi dampak akibat gangguan dari aktivitas matahari dan dari permukaan bumi. Indikasi aktivitas matahari khususnya dianalisis menggunakan variasi harian komponen H. Sedangkan dampak gangguan dari aktivitas matahari dan permukaan bumi seperti gempa bumi dianalisis menggunakan model variasi harian komponen Z. Masing-masing dianalisis dengan cara membandingkan dampak gangguan dari kedua model parameter itu, kemudian dilakukan analisis indikasi sumber gangguan. Sedikit kajian informasi ini diberikan hasil analisis sebagai contoh untuk analisis lebih lanjut, tetapi pada topik pembahasan dalam uraian ini hanya terfokus pada identifikasi model kedua parameter geomagnet itu.

Selanjutnya, dalam analisis identifikasi model tersebut perlu ditinjau dampak gangguan jangka pendek yang menyebabkan badai magnet merupakan sebuah fenomena multi bentuk yang memperlihatkan proses-proses fisik transfer energi dari *solar wind* ke magnetosfer bumi yang terdistribusi dalam sistem kopling magnetosfer-ionosfer dalam bentuk arus listrik. Ada dua katagori berkenaan dengan badai magnet (Zhou and Wei., (1998), yaitu (i) *recurrent storms* yang berkaitan dengan periode 27 harian rotasi matahari dan (ii) *nonrecurent 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).

## 2. METODE ANALISIS TIME SERIES

Suatu deret  $\{Z_t\}$  waktu ke  $t$  dikatakan mengikuti model ARIMA(p,d,q) order  $p$ ,  $d$ , dan  $q$  jika deret tidak stasioner maka deret itu harus diubah kedalam bentuk stasioner. Berarti dilakukan transformasi dengan pembeda ke- $d$  yakni  $W_t = \nabla^d Z_t$  adalah proses ARMA stasioner. Jika  $W_t$  adalah ARMA (p,q), maka  $Z_t$  adalah ARIMA(p,d,q). Menurut Box G.E.P., Jenking, G. M. (1976), bentuk umum transformasi dari model ARIMA adalah

$$\Psi(\beta)Z_t = \phi(\beta)\nabla^d W_t = \theta(\beta)a_t, \quad \dots (2-1)$$

dengan  $\phi(\beta) = (1 - \phi_1\beta - \phi_2\beta^2 - \dots - \phi_p\beta^p)$  mempunyai orde kurang dari atau sama dengan  $p$ ,  $\theta(\beta) = (1 - \theta_1\beta - \theta_2\beta^2 - \dots - \theta_q\beta^q)$  mempunyai orde kurang dari atau sama dengan  $q$ , dan  $a_t \sim \text{IIDN}(0, \sigma_a^2)$ , dengan iidn adalah distribusi normal identik dan independent.

Jika berbicara model ARMA(p,q) maka model ini merupakan gabungan antara dua model *time series analisis* yakni model AR(p) dan model MA(q) yang stasioner. Model inilah yang digunakan untuk identifikasi variasi harian komponen H dan Z, masing-masing parameter dinyatakan barisan data pengamatan dengan notasi  $Z_t$  dan  $X_t$ . Untuk kedua parameter itu hanya satu parameter  $X_t$  yang dijabarkan secara

IDENTIFIKASI MODEL VARIASI HARIAN KOMPONEN H DAN Z...

matematis dan  $Z_t$  dengan proses yang sama untuk analisis model identifikasi dinyatakan dengan

$$X_t + \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} + U_t + \theta_1 U_{t-1} + \theta_2 U_{t-2} + \dots + \theta_q U_{t-q} + a_t \quad \dots (2-2)$$

Pada persamaan (2-2) perubah-perubah  $X$  menyatakan model AR dan konstantanya adalah  $\phi$  serta perubah-perubah  $U$  menyatakan model MA dan konstantanya adalah  $\theta$  dan  $a_t$  adalah galat. Perhitungan konstanta model persamaan (2-2) khususnya perubah AR dilakukan transformasi sebagai persamaan (2-3) adalah

$$X_t - \bar{X} = W_t \quad \dots (2-3)$$

Berdasarkan perubah  $W_t$  merupakan deviasi terhadap rata-rata dari persamaan (2-3) maka persamaan (2-2) dapat dinyatakan sebagai

$$W_t + \phi_1 W_{t-1} + \phi_2 W_{t-2} + \dots + \phi_p W_{t-p} + U_t + \theta_1 U_{t-1} + \theta_2 U_{t-2} + \dots + \theta_q U_{t-q} + a_t \quad \dots (2-4)$$

Untuk menghitung konstanta-konstanta model AR(2) orde 2 dan model MA(2) orde 2 persamaan (2-4) digunakan metode kuadrat terkecil sehingga nilai konstanta  $\phi$  dan  $\theta$  kedua model dapat dihitung (Thomopoulos, N.T., 1980) melalui persamaan (2-5)

$$\hat{\phi}_2 = \frac{\sum w_t w_{t-1} \sum w_{t-1} w_{t-2} - \sum w_t w_{t-2} \sum (w_{t-1})^2}{(\sum w_{t-1} w_{t-2})^2 - \sum w_{t-1}^2 \sum w_{t-2}^2}$$

$$\hat{\phi}_1 = \frac{\sum w_t w_{t-1} - \hat{\phi}_2 \sum w_{t-1} w_{t-2}}{\sum w_{t-1}^2} \quad \dots (2-5)$$

Galat dan efisiensi model dari kedua parameter variasi harian komponen H dan Z dapat dihitung melalui persamaan (2-6) dan (2-7), demikian pula konstanta  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  dapat dihitung dengan prosedur yang sama.

Penggunaan R, St dan PE untuk melukiskan ketelitian dari suatu hasil estimasi model. Koefisien korelasi didefinisikan X.-Y. Zhou and F.-S. Wei., (1998) sebagai;

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n [(X_i - \bar{X})(\hat{X}_i - \bar{\hat{X}})]}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (\hat{X}_i - \bar{\hat{X}})^2}} \quad \dots (2-6)$$

maka galat yang disebut deviasi standar adalah

$$St = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \hat{X}_i)^2} \quad \dots (2-7)$$

Efisiensi estimasi PE = 1 - ARV, ARV variasi rata-rata relatif dan didefinisikan (Clauer et al., 1983) sebagai:

$$ARV = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \hat{X}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}_i)^2} \quad \dots (2-8)$$

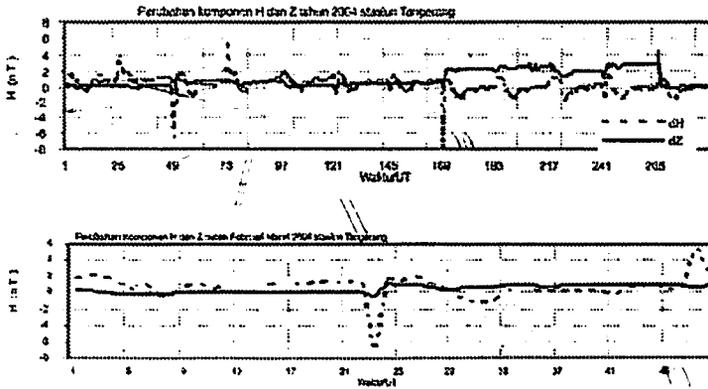
dengan  $X_i$  dan  $\bar{X}_i$  pengamatan dan rata-rata,  $\hat{X}_i$  dan  $\bar{\hat{X}}_i$  model estimasi dan rata-rata.

Tiga parameter ini merupakan suatu pelengkap yang melukiskan ketelitian secara keseluruhan dari hasil estimasi model. R adalah koefisien korelasi antara pengamatan dan model. Tetapi peristiwa dari sebuah model dikorelasikan sempurna, apabila  $R = 1$ , disitu yang menjadi kekhawatiran adalah ketika terjadi ketidak sesuaian antara pengamatan terhadap model estimasi. Untuk contoh, dengan dua kurva variasi sama ( $R = 1$ ) dapat dinyatakan tumpang tindih, jika tidak mempunyai jarak antara maka  $St = 0$ . Bila keduanya (pengamatan dan estimasi) pada suatu waktu diratakan maka kondisi itu akan mempunyai jarak antara ( $St > 0$ ).  $St$  lebih kecil berarti model estimasi lebih baik. PE memperlihatkan kemampuan prakiraan terhadap perubahan data pengamatan. Estimasi model terbaik mempunyai dan mendekati nilai PE = 100%.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

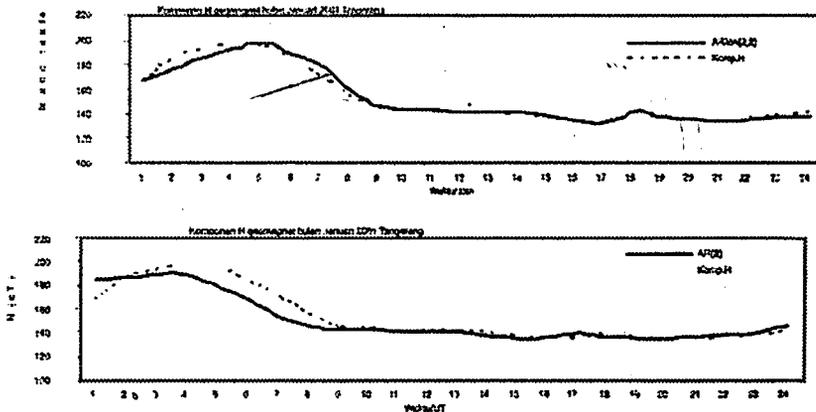
Dua parameter komponen geomagnet yang sangat dominan dipengaruhi gangguan yakni komponen H dan komponen Z. Pada komponen H sangat dominan dengan pengaruh gangguan dari atas karena dibentuk komponen X timur barat dan komponen Y utara selatan, terutama akibat gangguan dari aktivitas matahari. Sedangkan komponen Z melukiskan pengaruh dari atas bawah juga mempunyai dampak pengaruh yang sama terhadap komponen H. Akhirnya perubahan kedua parameter komponen geomagnet ini akan menunjukkan indikasi dampak gangguan yang sama pada saat terjadi gangguan seperti yang dinyatakan pada gambar 3.1. Pada gambar 3.1 indikasi gangguan yang diperoleh dari hasil selisih antara data pengamatan terhadap model, sedangkan identifikasi model melalui prosedur yang dibahas dalam uraian makalah ini. Lebih jelasnya indikasi dampak gangguan pada variasi harian komponen H dan Z apabila terjadi gangguan seperti dampak badai magnet dan akan terlihat indikasi gangguan yang sama dari kedua komponen (lihat tanda panah). Jika variasi harian komponen H dan Z tidak dipengaruhi gangguan maka kedua parameter komponen geomagnet itu tidak berkorelasi atau anti korelasi.

## IDENTIFIKASI MODEL VARIASI HARIAN KOMPONEN H DAN Z...



**Gambar 3.1.** Perbandingan antara perubahan variasi harian komponen  $\Delta H$  (titik) dan komponen  $\Delta Z$  (garis) pola hari tenang pada saat badai magnet bulan Pebruari Maret 2004 dari data stasiun pengamat geomagnet Tangerang

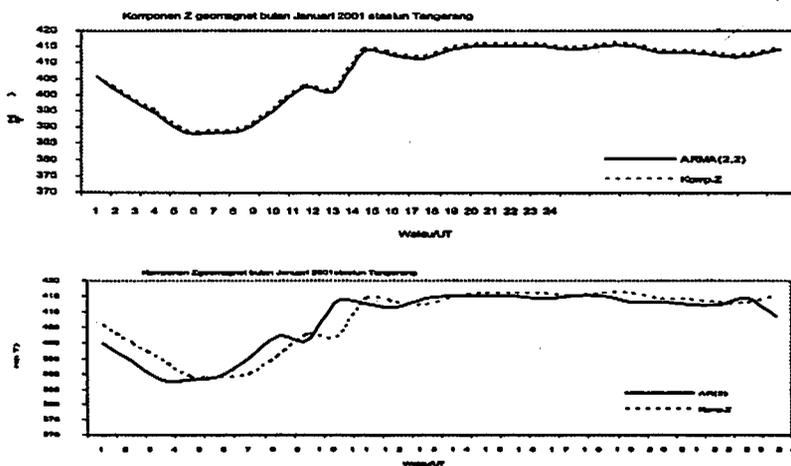
Pada Gambar 3.1 adalah perubahan variasi harian komponen  $\Delta H$  dan  $\Delta Z$  dengan identifikasi model variasi harian komponen H dan Z pola hari tenang sesuai pembahasan dalam makalah ini. Sedangkan pembahasan identifikasi model variasi harian komponen geomagnet menggunakan metode *time series* analisis. Dengan berdasarkan model AR(2) orde 2 dan Model ARMA(2,2) orde 2 dan 2 untuk mengidentifikasi model variasi harian komponen H dan Z pola hari tenang. Menggunakan data variasi harian komponen H dan komponen Z pola hari tenang dari stasiun pengamat geomagnet Tangerang tahun 2000 sampai dengan tahun 2004, sebagai contoh visualisasi penggunaan data di atas hanya digunakan data variasi harian komponen H dan komponen Z pola hari tenang tahun 2001 dan 2004.



**Gambar 3.2.** Hasil identifikasi model variasi harian komponen H) pola hari tenang dari stasiun pengamat geomagnet Tangerang bulan Januari 2001 menggunakan model ARMA(2,2) atas dan model AR(2) bawah

Selanjutnya, hasil analisis identifikasi dengan model AR(2) menggunakan data variasi harian komponen H pola hari tenang tahun 2004 dari stasiun pengamat geomagnet Tangerang diperoleh galat sebesar 0,48 nT dengan efisiensi model sebesar 98 %. Demikian pula hasil analisis identifikasi model AR(2) menggunakan data variasi harian komponen Z pola hari tenang juga tahun 2004 dari stasiun pengamat geomagnet yang sama dengan galat sebesar 1,41 nT dan efisiensi sebesar 94 %. Sedangkan menggunakan data variasi harian komponen H dan Z pola hari tenang pada tahun 2001, hasil analisis identifikasi model menggunakan model AR(2) dan ARMA(2,2) untuk komponen H dapat dilihat pada Gambar 3-2 dan untuk komponen Z dapat dilihat juga pada gambar 3-3.

Hasil analisis identifikasi model menggunakan data variasi harian komponen H dan Z khususnya data tahun 2001. Galat model masing-masing bulan untuk kedua komponen dapat dilihat pada tabel 3.1. Pada tabel 3-1 kolom 3 menyatakan galat model AR(2) untuk komponen H, sedangkan kolom 5 adalah galat model AR(2) untuk komponen Z. Interval kuantitas galat model variasi harian komponen H adalah dari 11,16 nT sampai dengan 12, 61 nT dan komponen Z dari 15,57 nT sampai dengan 20,07 nT. Demikian pula untuk kolom 4 komponen H dari 4,47 nT hingga 8,03 nT dan kolom 6 komponen Z dari 0,43 nT sampai dengan 1,22 nT masing-masing menunjukkan galat model ARMA(2,2) dengan menggunakan data variasi harian komponen H dan Z pola hari tenang yang sama.



**Gambar 3.3.** Hasil identifikasi model variasi harian komponen Z pola hari tenang dari stasiun pengamat geomagnet Tangerang bulan Januari 2001 menggunakan model ARMA(2,2) atas dan model AR(2) bawah

Dari Tabel 3.1 terlihat bahwa galat model komponen H dan Z akurasi model tergantung dari fluktuasi data variasi harian komponen H dan Z pola hari tenang. Dengan hal itu khususnya galat model ARMA(2,2) komponen H lebih bervariasi dari pada galat model ARMA(2,2) komponen Z. Sedangkan galat model AR(2) komponen H lebih kecil dari pada galat model AR(2) komponen Z.

**Tabel 3.1.** Galat model variasi harian komponen H dan Z satuan nT menggunakan metode time series analisis dengan model AR(2) dan model ARMA(2,2) dari data stasiun pengamat geomagnet Tangerang tahun 2001

No	Bulan	Komponen H		Komponen Z	
		AR(2)	ARMA(2,2)	AR(2)	ARMA(2,2)
1	2	3	4	5	6
1	Januari	12,61	5,62	20,07	0,61
2	Februari	12,42	4,47	19,96	0,63
3	Maret	11,90	6,81	15,57	0,93
4	April	11,16	7,81	18,10	1,22
5	Mei	11,93	5,74	19,89	0,58
6	Juni	11,93	7,11	19,72	0,58
7	Jul	12,41	7,35	19,44	0,56
8	Agustus	12,28	5,70	19,20	0,54
9	September	12,31	5,76	17,76	0,43
10	Oktober	12,34	8,03	19,03	0,65
11	Nopember	11,97	6,51	18,10	0,46
12	Desember	12,12	5,61	16,46	0,56

**4. KESIMPULAN**

Model karakteristik variasi harian komponen H dan Z akurasi bergantung pada fluktuasi dari masing-masing komponen geomagnet, apabila fluktuasi data yang diidentifikasi cukup besar maka akurasi semakin rendah. Demikian pula variasi harian komponen H dan Z fluktuasinya kecil maka akurasi model yang diperoleh juga semakin tinggi. Model variasi harian komponen H dan Z tahun 2004 secara umum mempunyai galat tahunan sebesar 0,48 nT menggunakan data variasi harian komponen H pola hari tenang berdasarkan model AR(2) dan efisiensi 98 %. Demikian pula untuk data variasi harian komponen Z pola hari tenang menggunakan model AR (2) dengan galat 1,41 nT dan efisiensi 94 %. Kondisi variasi harian komponen H dan Z pola hari tenang yang digunakan pada model *time series* analisis di atas tidak berlaku untuk setiap bulan.

**DAFTAR PUSTAKA**

Box, G.E.P. and G. Jenkins, 1976, *Time Series Analysis Forecasting and Control*, Holden-Day, San Francisco.

Clauer, R., R. I. McPherron, and C. Searls, 1983, Solar wind control of the low latitude asymmetric magnetic disturbance field, *J. Geophys Res.*, 88(A4), 2123 – 2130.

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.

Thomopoulos, N.T., 1980. *Applied forecasting methods. Harold leonsrd. School of Management and Finanve, Illinois Institute of technology*

X.-Y. Zhou and F.-S. Wei., 1998, Prediction of recurrent geomagnetic disturbance by using adaptive filtering. *Earth Planets Space*, 50. 839 – 845