

PENGEMBANGAN MODEL PREDIKSI INDEKS K GEOMAGNET

Hablrun, Titiak Setiawati, Yaya Karyanto
Peneliti Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa, LAPAN

ABSTRACT

Prediction model of daily K geomagnetic index was reconstructed based on K index pattern of 3-hourly data from Biak geomagnetic station during 1992 to 1996. K index was observed according time sequence so that it is very complex, fluctuated, and without any pattern, due to stochastic properties. With such data, K index prediction model was analyzed based on the smoothing result by using a moving average of four data in time series analysis method through ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average) model- The obtained prediction model of K index, from moving average of four data from the first 3 hours to the next eighth 3 hour, generally follow the ARIMA(2.0.0), ARIMA(2.0.1) and ARIMA(2.0.2) with very small error, less than 1 ($\text{amor} < 1$) and the efficiency of 68.27 %, 94.10 % and 95.16 %, respectively, during year 1996.

ABSTRAK

Model prediksi indeks K harian geomagnet direkonstruksi kembali berdasarkan pola indeks K 3 jam-an, data dari stasiun pengamat geomagnet Biak tahun 1992 sampai dengan tahun 1996. Indeks K diamati sesuai urutan waktu sehingga sangat kompleks, berfluktuasi, dan tidak berpola, akibat mengikuti sifat stokastik. Dengan kondisi datayang demikian model prediksi indeks K dianalisis berdasarkan hasil pemulusan dengan rata-rata bergerak empat data menggunakan metode analisis deret waktu melalui model ARIMA (*Auto Regressive Integrated Moving Average*). Model prediksi indeks K yang diperoleh, dari rata-rata bergerak empat data 3 jam pertama hingga 3 jam kedelapan umumnya mengikuti model ARIMA (2.0.0), ARIMA (2.0.1), dan ARIMA (2.0.2) dengan masing-masing galat sangat kecil kurang dari 1 ($\text{agiat} < 1$) dengan efisiensi secara berurutan sebesar 68.27 %, 94.10 % dan 95.16 % selama tahun 1996.

Kata kunci : *Prediksi, Indeks K, Model, Rataan. Time series, ARIMA*

1 PENDAHULUAN

Karakteristik indeks K geomagnet cukup kompleks dan berfluktuasi karena dipengaruhi berbagai aktivitas gangguan jangka pendek, seperti dampak angin matahari akibat peristiwa badai magnet yang disebabkan oleh aktivitas *flare* dan CME [*Coronal Mass Ejection*). Akibat peristiwa *flare* di

matahari sehingga arus partikel-partikel dari energetik yang timbul selama *flare*, dapat memecah medan magnetik bumi secara kuat untuk selang waktu yang sangat singkat, sehingga timbul gangguan yang dikenal sebagai badai magnetik (*Magnetic Storms*) dan memicu timbulnya badai ionosfer (*ionospheric 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 matahari (*Solar Wind disturbance*), seperti awan magnetik, *interplanetary shock* dan diskonunitas. Demikian pula akibat peristiwa gangguan CME mempengaruhi medan magnet bumi (geomagnet) 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 variasi medan magnet bumi sehingga terjadi fluktuasi berulang yang cukup tinggi. Tetapi lain halnya yang ditinjau dari kontribusi indeks K geomagnet daerah ekuator geomagnet seperti tersebut di atas. Pada daerah ekuator geomagnet memperlihatkan suatu kelainan fenomena sehingga mengakibatkan beberapa penelitian tentang aktivitas matahari dan pengaruhnya terhadap magnetosfer bumi menjadi sangat menarik untuk diteliti modelnya.

Pada kondisi kelainan fenomena magnetosfer yang telah diungkapkan sebelumnya model indeks K cukup berperan untuk menunjukkan tingkat aktivitas gangguan pada aktivitas matahari menurun dan minimum serta dapat digunakan sebagai model prediksi tingkat aktivitas gangguan. Dengan model indeks K ini sehingga diharapkan dapat memprediksi peristiwa-peristiwa gangguan yang akan terjadi beberapa waktu kedepan. Sehubungan keluaran dari model, dapat dimanfaatkan untuk kepentingan militer maupun komersial seperti penggunaan frekuensi komunikasi dan team surveyor geologi untuk meningkatkan kualitas/akurasi data hasil survey geologi. Oleh karena itu dari dahulu hingga sekarang telah banyak prakiraan-prakiraan saintifik (ilmuwan) dengan tujuan pelayanan, tetapi hingga sekarang belum juga menunjukkan hasil yang memuaskan. Dengan kondisi yang demikian maka para ilmuwan di Lembaga-Lembaga Penelitian dan universitas-universitas berusaha keras melakukan penelitian setiap waktu meningkatkan penelitian untuk memenuhi pelayanan tersebut (Joselyn, 1986; Marubashi, 1989).

Teknik beberapa metode prediksi yang telah dikemukakan dalam penelitian di atas antara lain hasilnya menyimpulkan bahwa teknik prediksi seperti simulasi numerik (Aksofu and Fry, 1986) *don filtering* (Iyemori et. al., 1979; Clauer et. al., 1983; Mcpherron et al., 1984) telah lama dikembangkan. Pengembangan metode tersebut terutama dilakukan berdasarkan respon magnetosfer akibat dampak pengaruh dari angin matahari mempengaruhi magnetosfer bumi. Dari hasil beberapa penelitian itu menunjukkan bahwa

pengaruh gangguan yang cukup dominan mempengaruhi aktivitas geomagnet dapat dikelompokkan menjadi dua kategori, yakni peristiwa *transient* {*transient event*} akibat angin matahari (*Solar Wind Disturbance*) yang terjadi cukup kuat dengan waktu singkat dan peristiwa berulang {*recurrent event*} yang telah disinggung di atas.

Akibat gangguan aktivitas geomagnet *transient*, sesuai hasil penelitian (Zhou and wei., 1998); demikian pula akibat aktivitas matahari menimbulkan angin matahari, berupa awan aktivitas magnet matahari (Gosling et al., 1975; Schwenn, 1986; Wilson and Hildner, 1986; Tang et al., 1989 and Eselevich, 1990) dapat berperan penting terhadap gangguan aktivitas geomagnet *transient* (Chao and Lepping, 1974; Smith et al., 1986; Wilson, 1987; Gosling et al., 1990; Tsurutani et al., 1990 and Jacobsen et al., 1991). Peristiwa itu terlihat pada penyebaran awal dari variasi gangguan di matahari menuju permukaan bumi melalui ruang antar planet.

Sehubungan uraian di atas pada makalah ini akan dibahas pengembangan model prediksi indeks K geomagnet pada fase aktivitas matahari menurun dan aktivitas matahari minimum sesuai kondisi *transient event* dan *recurrent event* mengguriakan metode *Time Series Analysis*. Identifikasi pola data indeks K menggunakan model ARIMA (p,d,q) p, d, dan q orde diferensial. Penentuan model indeks K pada uraian ini merupakan pengembangan model indeks K harian dari data stasiun pengamat geomagnet Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) Tangerang. Dikembangkan menjadi model indeks K 3 jam-an menggunakan data indeks K 3 jam-an pada fase siklus matahari menurun dan minimum berdasarkan data dari stasiun pengamat geomagnet LAPAN Biak dari tahun 1992 sampai dengan tahun 1996. Perhitungan identifikasi model prediksi indeks K ini dibuat software untuk mempermudah mendapatkan informasi tingkat aktivitas gangguan pada medan magnet bumi.

2 MODEL PREDIKSI INDEKS K GEOMAGNET

Barisan data (deret berkala) indeks K geomagnet merupakan tingkat aktivitas gangguan geomagnet yang teramati pada kondisi lokal wilayah tertentu, juga didalamnya terkandung pola akibat dampak *transient event* dan *recurrent event*. Dengan pengaxnatan antara titik masing-masing saling terkait sesuai urutan waktu dan diamati panjang interval yang sama. Kondisi data yang demikian pada umumnya mengikuti sifat stokastik yang udak stasioner kemudian diubah menjadi stasioner dan analisis data seperti itu merupakan realisasi khusus proses stokastik. Analisis data seperti peristiwa yang demikian dirumuskan melalui model-model *time series* dengan berdasarkan realisasi model ARIMA.

2.1 Deret Berkala Memori Jangka Panjang

Berdasarkan sifat kovariansi antara Z_t dan Z_{t+k} yang turun sangat cepat untuk $k \rightarrow \infty$ maka kebanyakan model deret berkala stasioner termasuk proses ARMA $\{Z_t\}$ dinyatakan sebagai proses memori jangka pendek. Untuk beberapa autokorelasi turun menuju nol dengan sangat lambat, menunjukkan bahwa data pengamatan yang jauh terpisah masih saling berhubungan. Bagi deret semacam ini dikatakan mempunyai proses "memori jangka panjang". Suatu proses stasioner dengan fungsi autokorelasi $\rho(k)$ dikatakan proses memori jangka panjang jika jumlah $|\rho(k)|$ dari $k = 0$ hingga ∞ tidak konvergen (Chatfield, 1998). Memori jangka panjang dapat dilihat dan diperiksa melalui fungsi autokorelasi yang turun secara hiperbolik untuk lag yang semakin besar.

Beberapa dasawarsa terakhir, penelitian-penelitian tentang pemodelan secara statistik banyak terfokus pada memori jangka panjang dalam data deret berkala yang dibangkitkan oleh sistem yang kompleks seperti data geofisika, hidrologi, dan ekonomi. Teori tentang model fraksional yang dimulai oleh Granger dan Joyeux pada tahun 1930 dirancang untuk mengatasi kelemahan dari model ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) dalam memodelkan tingkat gangguan dan jenis *persistence* deret berkala memori jangka panjang.

2.2 Model *Autoregressive Integrated Moving Average*

Suatu deret $\{Z_t\}$ dikatakan mengikuti model ARIMA jika deret tidak stasioner maka deret itu harus diubah kedalam bentuk stasioner. Berarti dilakukan transformasi dengan pembeda ke-d yakni $W_t = V^d Z_t$ 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. dan Reinsel, G.C. (1994), bentuk umum transformasi dari model ARIMA adalah

$$V(P)Z_t = \langle MP \rangle V^d W_t - B f f l m \quad (2-1)$$

dengan $\langle P \rangle = (1 - c_1 P - c_2 P^2 - \dots - c_p P^p)$ mempunyai orde kurang dari atau sama dengan p, $\langle Q \rangle = (1 - G_1 P - G_2 P^2 - \dots - Q_q P^q)$ mempunyai orde kurang dari atau sama dengan q, dan $a_t \sim \text{IIDN}(0, a_a^2)$, dengan iidn adalah distribusi normal identik dan independent.

Suatu proses dikatakan mengikuti model ARIMA oleh Box-Jenking (1975) dan ARFIMA (Fatati, 2001) jika operator pembeda dalam model adalah real. Filter pembeda V^d dalam model yang disebut sebagai *Long Memory Filter* (LMF), menggambarkan adanya ketergantungan jangka panjang dalam deret. Filter ini dapat dinyatakan dalam deret binomial:

$$V^d = (1 - B)^d = \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k \binom{d-1}{k} B^k \quad (2-2)$$

dengan $\binom{d}{k} = \frac{d!}{k!(d-k)!} = \frac{\Gamma(d+1)}{\Gamma(k+1)\Gamma(d-k+1)}$, $\Gamma(x)$ merupakan fungsi Gamma

sehingga $\nabla^d = \binom{d}{0}(-1)^0 B^0 + \binom{d}{1}(-1)^1 B^1 + \binom{d}{2}(-1)^2 B^2 + \binom{d}{3}(-1)^3 B^3 + \dots$

Jika k membesar maka fungsi autokorelasi akan lamban menuju nol atau merupakan fungsi konstan pada $d \neq 0$. Apabila hal itu terjadi maka dilakukan transformasi $W_t = Z_t - Z_{t+1} = (1-\beta)^d Z_t$ dengan Z_t data pengamatan waktu ke-t dan $d=1$. Jika harga d diambil lebih besar dari dua maka variasi data pengamatan terhadap waktu, W_t hasil transformasi semakin besar hal ini berakibat ketidak telitian hasil prediksi. Demikian pula sebaliknya, menurut sifat kovariansi antara Z_t dan Z_{t+k} yang turun sangat cepat untuk $k \rightarrow \infty$ maka deret berkala stasioner berarti $d = 0$ dan transpormasinya $W_t = Z_t - \bar{Z}$, \bar{Z} adalah rata-rata Dengan demikian persamaan (2-1) dapat *dinyatakan sebagai persamaan (2-3)*

$$a_t = \theta a_{t-1} + \theta a_{t-2} + \dots + \theta a_{t-q} - w_t - \phi_1 w_{t-1} - \phi_2 w_{t-2} - \dots - \phi_p w_{t-p} \tag{2-3}$$

dengan galat $a_t \sim N(0, \sigma_a^2)$, rata-rata nol dan variansi σ_a^2 . Konstanta-konstanta ϕ dan θ persamaan (2-3) dihitung dengan prosedur yang sama menggunakan matriks korelasi melalui persamaan Yule-Walker adalah

$$\rho_{q+j} = \sum_{i=1}^p \phi_i \rho_{q+j-i}, \quad i = 1, 2, \dots, p \tag{2-4}$$

Jika k membesar maka fungsi autokorelasi akan lamban menuju nol atau merupakan fungsi konstan pada $d * 0$. Apabila hal itu terjadi maka dilakukan transformasi $W_t = Z_t - Z_{t+i} = (1-P)^d Z_t$ dengan Z_t data pengamatan waktu ke-t dan $d=1$. Jika harga d diambil lebih besar dari dua maka variasi data pengamatan terhadap waktu, W_t hasil transformasi semakin besar hal ini berakibat ketidak telitian hasil prediksi. Demikian pula sebaliknya, menurut sifat kovariansi antara Z_t dan Z_{t+k} yang turun sangat cepat untuk $k \rightarrow \infty$ maka deret berkala stasioner berarti $d = 0$ dan transpormasinya $W_t = Z_t - Z$, Z adalah rata-rata Dengan demikian persamaan (2-1) dapat *dinyatakan sebagai persamaan (2-3)*

$$q = \%_-, +6\#_{-2} + \dots + 0fa -w, -0w_A -fav_{t-2} - \dots - (/>_p w_{t-p} \tag{2-3}$$

dengan galat $a_t \sim N(0, \sigma_a^2)$, rata-rata nol dan variansi σ_a^2 . Konstanta-konstanta ϕ dan G persamaan (2-3) dihitung dengan prosedur yang sama menggunakan matriks korelasi melalui persamaan Yule-Walker adalah *dinyatakan dengan $Z_n(t)$ dari Z_{n+1} untuk prediksi atau ramalan berdasarkan*

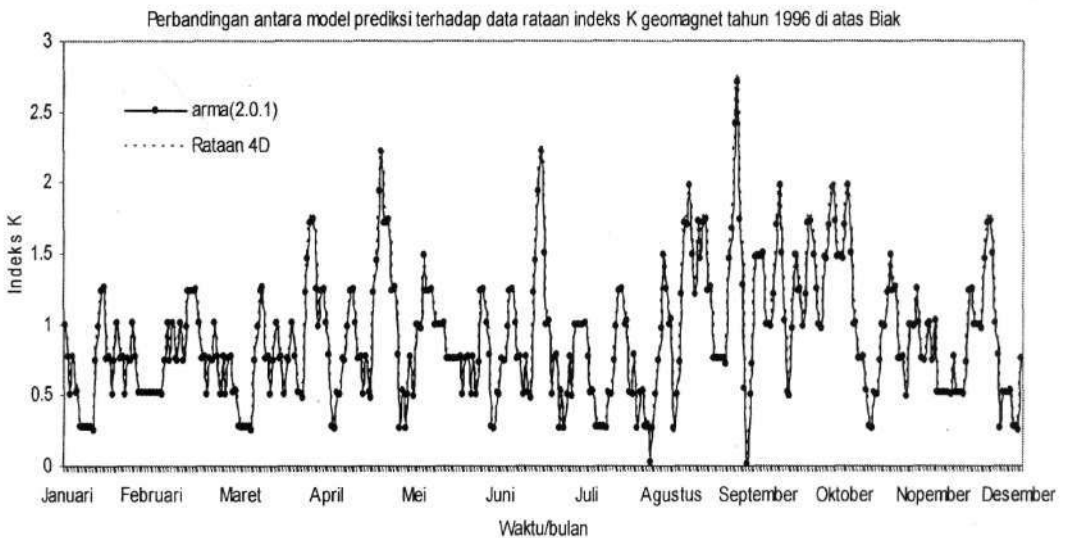
Ekspektasi bersyarat $\hat{Z}_n(t) = E(Z_{n+1} | Z_n, Z_{n-1}, \dots)$, dapat diperoleh dengan mudah (2-4)
 p adalah nilai korelasi data pengamatan waktu t terhadap data pada waktu prediksi/ramalan dengan menggunakan persamaan beda dari model (Wei, W, t-1, t-2, dan seterusnya. Apabila hasil perhitungan konstanta yang diperoleh dari persamaan (2-4) masih kasar maka dilakukan penghalusan secara numerik melalui iterasi-iterasi (Habirun, 2005).

2.3 Prediksi Indeks K Geomagnet

Berdasarkan hasil analisis data indeks K geomagnet setiap 3 jam melalui fungsi autokorelasi dan parsial autokorelasi pada umumnya menunjukkan proses memori jangka panjang dengan data sebelumnya, artinya walaupun telah jauh dengan titik pengamatan sebelumnya tetapi masih dapat dipengaruhi. Kondisi barisan data indeks K yang demikian polanya diperjelas dengan dilakukan pemulusan yang telah disinggung di atas. Setelah dilakukan pemulusan dengan menghilangkan pengaruh acak maka perilaku fungsi autokorelasi dan parsial autokorelasi berubah mengikuti proses memori jangka pendek, berarti faktor pembeda $d = 0$ akan dibahas dalam uraian ini.

Tabel3-1: DEVIASI STANDAR ATAU GALAT MODEL PREDIKSI INDEKS K GEOMAGNET DARI TAHUN 1992 SAMPAI DENGAN TAHUN 1996 BERDASARKAN DATA 3 JAM KE-2 DARI STASIUN PENGAMAT GEOMAGNET LAPAN BIAK

No.	Tahun		1992	1993	1994	1995	1996
	Model						
1.	ARIMA(2.0.0)		0.1089	0.1251	0.1006	0.0920	0.1065
2.	ARIMA(2.0.1)		0.0203	0.0224	0.0165	0.0144	0.0176
3.	ARIMA(2.0.2)		0.0217	0.0286	0.0175	0.0156	0.0240



Gambar 3-1: Data pengamatan indeks K rata-rata 4 data 3 jam ke-2 (titik-titik) dibandingkan terhadap model prediksi ARIMA(2.0.1) (garis) pada aktivitas matahari minimum tahun 1996 dari stasiun pengamat geomagnet LAPAN di Biak Irian Jaya

Pada proses deret berkala memori jangka pendek ada hal yang sangat menarik dari perilaku autokorelasi dan parsial autokorelasi pada fase siklus aktivitas matahari menurun yakni menunjukkan fluktuasi masing-masing data indeks K terhadap waktu mempunyai fluktuasi yang berbeda, tetapi mempunyai amplitudo autokorelasi dan parsial autokorelasi yang hampir sama atau sama dari data indeks K tahun 1992 sampai dengan tahun 1996. Perlu diketahui bahwa data indeks K ini dalam sehari dilakukan pengamatan setiap tiga jam sekali sehingga satu hari ada delapan data. Oleh karena itu dalam analisis ini diambil sebagai ilustrasi dari akurasi model-model yang diperoleh ditunjukkan perilaku model prediksi indeks K geomagnet di atas Biak dibandingkan terhadap data pengamatan rata-rata 4 data 3 jam ke-2 pada tahun 1996 (Gambar 3-1) pada saat aktivitas matahari minimum. Karena pada aktivitas matahari maksimum hingga aktivitas matahari moderate fluktuasi aktivitas geomagnet teredam oleh aktivitas matahari (Habirun, 2004). Menurut hasil analisis data model prediksi yang diperoleh berdasarkan data indeks K geomagnet tahun 1992 hingga tahun 1996 mengikuti model ARIMA (2.0.0), ARIMA (2.0.1) dan ARIMA (2.0.2) orde diferensial $p = 2$, $q = 2,1,0$ dan $d = 0$. Akurasi masing-masing model prediksi di atas ditinjau dari galat model yang dilukiskan data indeks K geomagnet pada 3 jam ke-2 dapat dilihat pada Tabel 3-1. Demikian pula koefisien korelasi pola antara data pengamatan terhadap model dinyatakan pada Tabel 3-2 dan efisiensi model juga masing-masing ditunjukkan pada Tabel 3-3.

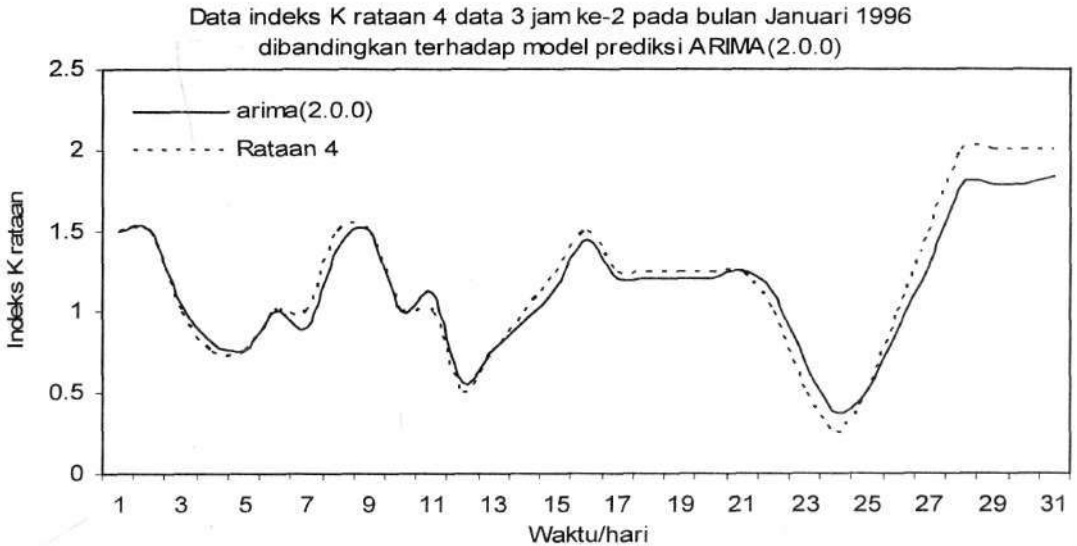
Pada Tabel 3-1 nilai galat antara aktivitas matahari meningkat hingga aktivitas matahari tenang masing-masing model menunjukkan fluktuasi yang tidak sama, demikian pula untuk variasi galat pada aktivitas matahari tenang lebih meningkat dari pada aktivitas matahari meningkat. Kondisi dari masing-masing model prediksi akurasinya dapat dibedakan sebagai berikut

3.1 Model ARIMA (2.0.0)

Akurasi model ARIMA (2.0.0) dengan dinyatakan galat model yang ditunjukkan pada Tabel 3-1, terkecil 0.0920 dan terbesar 0.1089. Demikian pula yang dinyatakan koefisien korelasi pola yang ditunjukkan pada Tabel 3-2 dari 0.9878 sampai dengan 0.9955 dan efisiensi model antara 65.76 % sampai dengan 74.38 %. Lebih lanjut akurasi model ini disajikan secara visual dalam bentuk grafis dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3-2. Pada Gambar 3-2 dengan didukung data pada bulan Januari 1996 saat aktivitas matahari minimum. Dari grafik terlihat bahwa model prediksi mengikuti perubahan data rata-rata dari pengamatan. Model ini boleh dikatakan cukup dinamis, karena dapat mengikuti perilaku indeks K dari aktivitas matahari meningkat hingga aktivitas matahari minimum. Berarti setiap kondisi aktivitas matahari yang berbeda tetap dapat digunakan untuk memprediksi tingkat aktivitas gangguan geomagnet yang dinyatakan indeks K.

Tabel 3-2: KOEFISIEN KORELASI MODEL PREDIKSI TERHADAP DATA INDEKS K GEOMAGNET DARI TAHUN 1992 SAMPAI DENGAN TAHUN 1996 BERDASARKAN DATA 3 JAM KE-2 DARI STASIUN PENGAMAT GEOMAGNET LAPAN BIAK

No.	Tahun		1992	1993	1994	1995	1996
	Model						
1.	ARIMA(2.0.0)		0.9904	0.9878	0.9955	0.9944	0.9897
2.	ARIMA(2.0.1)		0.9997	0.9997	1.0000	0.9999	0.9998
3.	ARIMA(2.0.2)		0.9996	0.9990	0.9999	0.9998	0.9991



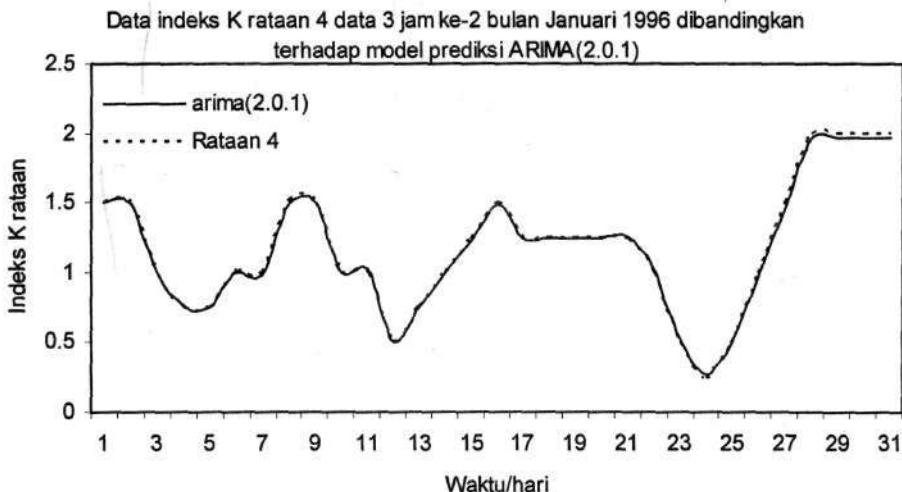
Gambar 3-2: Data pengamatan indeks K geomagnet rataan 4 data 3 jam ke-2 (titik-titik) dibandingkan terhadap model prediksi ARIMA (2.0.0) (garis) pada aktivitas matahari tenang bulan Januari tahun 1996 dari stasiun pengamat geomagnet LAPAN di Biak Irian Jaya

3.2 Model ARIMA (2.0.1)

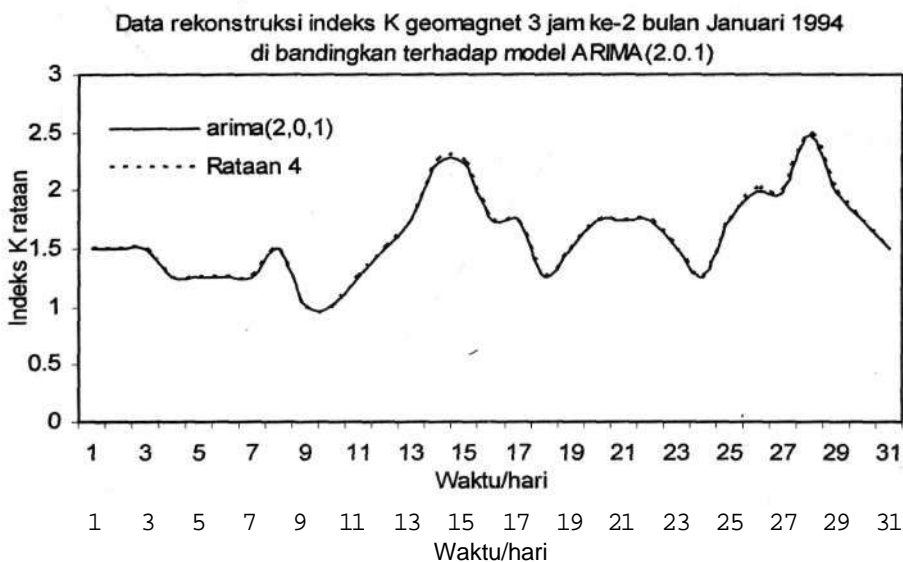
Pada model ARIMA (2.0.1) terlihat dari ordenya bahwa model merupakan gabungan dari dua model yakni Auto Regresi dan Moving Average dengan orde secara berurutan 2 dan 1. Dengan prosedur yang sama terhadap uraian dari model ARIMA (2.0.0) sehingga diperoleh galat model 0.0144 terkecil dan terbesar 0.0224. Sedangkan koefisien korelasi dan efisiensi model secara berurutan 0.9997 terkecil dan 1.000 terbesar, serta efisiensi model 94.01 % hingga 95.62 %. Demikian pula akurasi model yang ditunjukkan melalui grafis dapat dilihat pada Gambar 3-3.

Pada Gambar 3-3 didukung dengan data yang sama terhadap model ARIMA (2.0.0) dan terlihat akurasi model ini semakin meningkat. Karena perubahan pola indeks K dari model mendekati dan mengikuti perubahan data pengamatan rataan. Apabila dibandingkan dengan hasil pada titik 3.1 maka model ini jelas lebih akurat, dari galat maupun grafis melalui Gambar 3-3.

Selanjutnya, model ini akan diuji pula dengan data indeks K rataan pada aktivitas matahari moderate menggunakan data tahun 1994 dan hasil analisis yang diperoleh ditunjukkan pada Gambar 3-4. Pada Gambar 3-4 menunjukkan hasil yang lebih memuaskan, dan hasil ini boleh dikatakan sama dengan hasil yang dinyatakan pada Gambar 3-3.



Gambar 3-3: Data pengamatan indeks K geomagnet rataan 4 data 3 jam ke-2 (titik-titik) dibandingkan terhadap model prediksi ARIMA (2.0.1) (garis) pada aktivitas matahari tenang bulan Januari tahun 1996 dari stasiun pengamat geomagnet LAPAN di Biak Irian Jaya



Gambar 3-4: Data pengamatan indeks K geomagnet rataan 4 data 3 jam ke-2 (titik-titik) dibandingkan terhadap ARIMA (2.0.1) (garis) pada aktivitas matahari moderate bulan Januari tahun 1994 dari stasiun pengamat geomagnet LAPAN di Biak Irian Jaya

Tabel 3-3: EFISIENSI MODEL PREDIKSI INDEKS K GEOMAGNET DALAM PERSEN (%) DARI TAHUN 1992 SAMPAI DENGAN TAHUN 1996 BERDASARKAN DATA 3 JAM KE-2 DARI STASIUN PENGAMAT GEOMAGNET LAPAN BIAK

No.	Tahun	1992	1993	1994	1995	1996
	Model					
1.	ARIMA(2.0.0)	70.89	67.82	65.76	74.38	68.27
2.	ARIMA(2.0.1)	94.15	93.49	93.90	95.62	94.01
3.	ARIMA(2.0.2)	94.39	94.51	94.01	95.78	95.16

Efisiensi model pada Tabel 3-3 dihitung berdasarkan data jumlah kuadrat dari deviasi model terhadap data pengamatan dibagi dengan jumlah kuadrat dari deviasi rata-rata terhadap data pengamatan dikalikan 100 % (Zhou and Wei, 1998).

3.3 Model ARIMA (2.0.2)

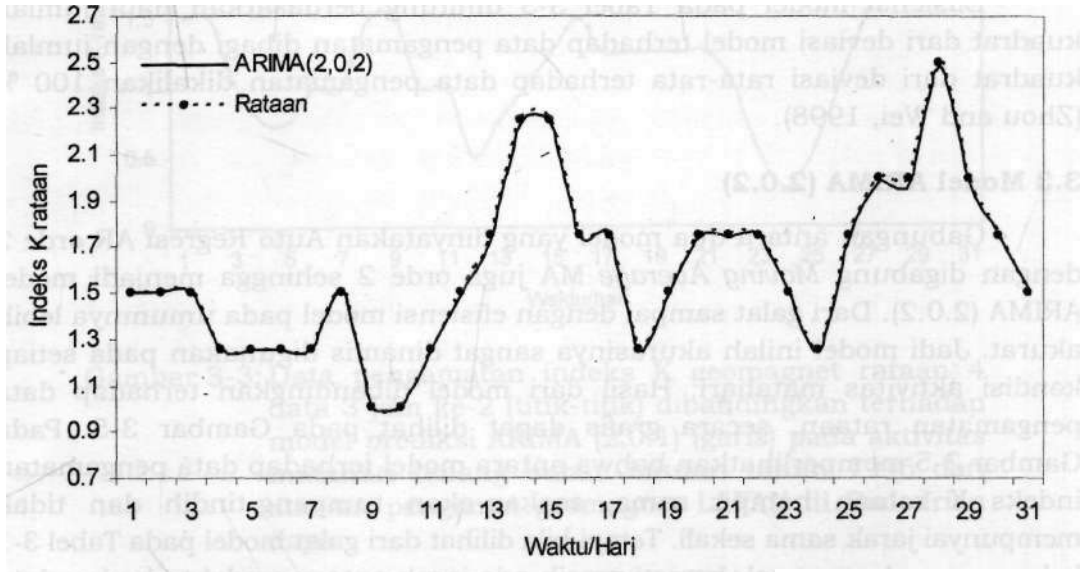
Gabungan antara dua model yang dinyatakan Auto Regresi AR orde 2 dengan digabung *Moving Average* MA juga orde 2 sehingga menjadi model ARIMA (2.0.2). Dari galat sampai dengan efisiensi model pada umumnya lebih akurat. Jadi model inilah akurasi sangat dinamis digunakan pada setiap kondisi aktivitas matahari. Hasil dari model dibandingkan terhadap data pengamatan rata-rata, secara grafis dapat dilihat pada Gambar 3-5. Pada Gambar 3-5 memperlihatkan bahwa antara model terhadap data pengamatan indeks K rata-rata hampir sama, seakan-akan tumpang-tindih dan tidak mempunyai jarak sama sekali. Tetapi bila dilihat dari galat model pada Tabel 3-1 belum sama dengan nol, berarti masih ada jarak antara model terhadap data pengamatan rata-rata. Demikian pula bila akurasi model ditinjau dari koefisien korelasi belum mencapai nilai satu dan efisiensi model baru 95.78 %. Apabila model sama dengan data pengamatan maka galat model sama dengan nol, koefisien korelasi pola berharga satu dan efisiensi model mencapai 100 %. Oleh karena itu model yang digunakan untuk memprediksi indeks K beberapa langkah kedepan digunakan model ARIMA (2.0.2) dan lebih jelasnya akan diuraikan pada titik 3.4.

3.4 Prediksi Menggunakan Model ARIMA (2.0.2)

Sesuai hasil-hasil analisis model yang diperoleh maka model yang digunakan untuk memprediksi indeks K geomagnet rata-rata beberapa waktu kedepan digunakan model ARIMA (2.0.2). Hasil-hasil prediksi indeks K rata-rata yang diperoleh dalam uraian ini dapat dilihat pada Gambar 3-6, dengan didukung data pada aktivitas matahari meningkat tahun 1992. Pada Gambar 3-6 terlihat bahwa hasil prediksi tidak mengikuti pola data pengamatan rata-rata, karena identifikasi model prediksi ditentukan menggunakan deret berkala indeks K rata-rata hasil transformasi. Sehubungan pola deret indeks K

rataan yang tidak stasioner diubah menjadi pola deret yang stasioner. Oleh karena itu hasil prediksi indeks K rataan yang diperoleh membentuk pola deret yang stasioner. Hasil prediksi indeks K rataan yang diperoleh itu masing-masing dikontrol oleh interval konfidensi (keyakinan) dari kemiringan kurva distribusi Gauss dengan kesalahan 5 %. Jika hasil prediksi yang diperoleh naik atau turun melampaui batas maksimum atau batas minimum persamaan (2-9) maka hasil prediksi itu dapat dikatakan telah gagal dan perhitungan langsung dihentikan.

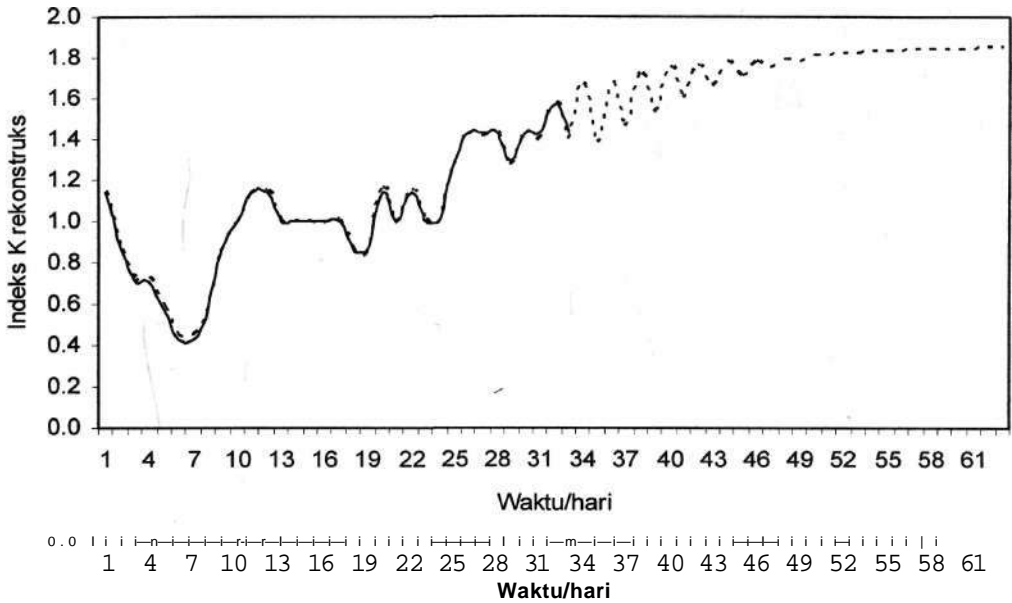
Data Indeks K rataan 4 data 3 jam ke-2 pada bulan Januari 1992 dibandingkan terhadap model prediksi ARIMA(2,0,2)



Gambar 3-5: Data pengamatan indeks K geomagnet rataan 4 data 3 jam ke-2 (titik-titik) dibandingkan terhadap ARIMA (2.0.2) (garis) pada aktivitas matahari meningkat bulan Januari tahun 1992 dari stasiun pengamat geomagnet LAPAN di Biak Irian Jaya

Dari hasil prediksi indeks K rataan yang diperoleh hanya mampu mencapai kurang dari sepuluh langkah, karena memprediksi indeks K tidak mempunyai pola tertentu atau acak maka menghasilkan keluaran yang tidak mempunyai pola pula. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3-6, pada langkah pertama hingga langkah kurang dari sepuluh masih mempunyai pola. Setelah mencapai langkah kesepuluh sudah mulai mengecil hingga membentuk suatu garis lengkung yang konstan dan tidak ada perubahan lagi. Kondisi yang diungkapkan di atas merupakan kelemahan dari metode ini. Sedangkan keunggulan dari metode ini dapat digunakan pada deret berkala yang mempunyai pola tertentu.

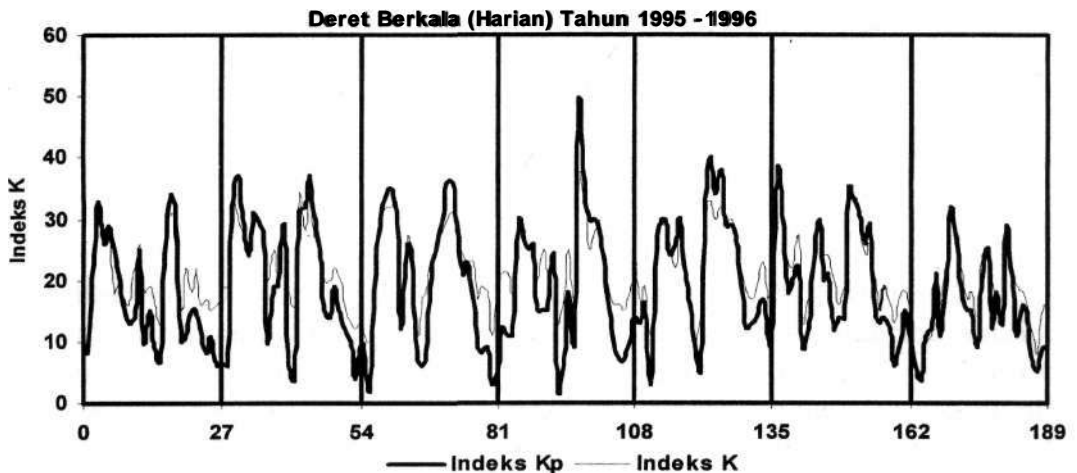
Prediksi indeks Kgeomagnet menggunakan ARIM(2.0.2) dalam 25 langkah



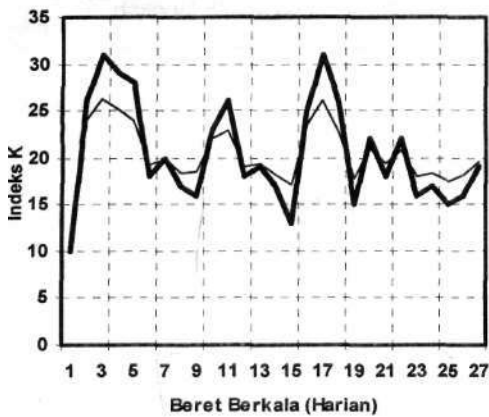
Gambar 3-6: Hasil prediksi indeks K geomagnet dari hari pertama hingga hari ke dua puluh lima menggunakan model ARIMA (2.0.2). dan prediksinya (titik-titik) dengan efisiensi 95.16 % dibandingkan terhadap data pengamatan (garis)

3.5 Prediksi Indeks K Dengan Periode Berulang

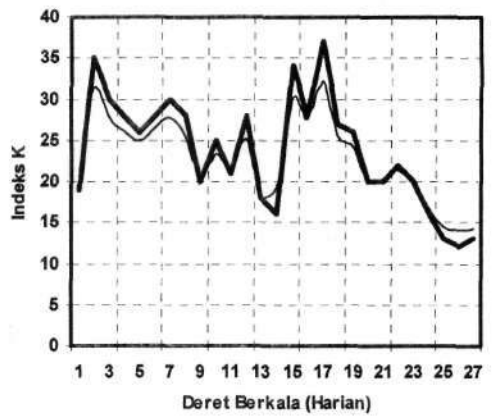
Keunggulan metode ini digunakan pada deret berkala yang berulang, beresilasi dan berperiodik antara lain dinyatakan perbandingan antara deret berkala indeks Kp global lintang menengah dan indeks K lokal dari stasiun pengamat geomagnet Tangerang. Dijumpai periode berulang yang muncul sekitar 7 periode pada saat aktivitas matahari menurun dan minimum tahun 1995 hingga 1996, ditunjukkan pada Gambar 3-7.



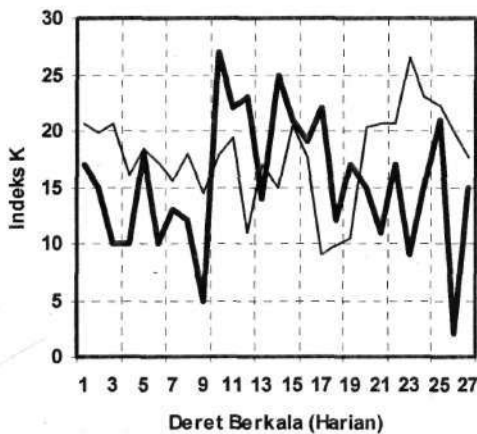
Gambar 3-7: Perbandingan antara jumlah harian dari indeks Kp dan K



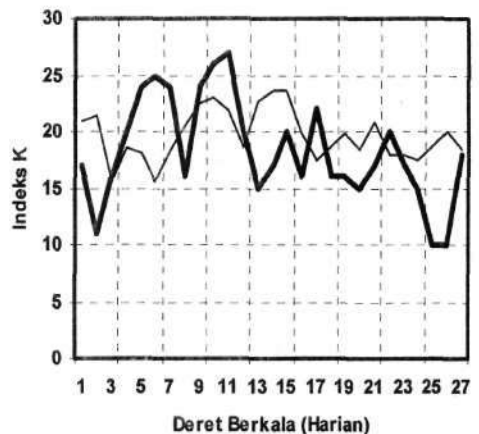
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 3-8: Perbandingan antara prediksi (garis tipis) terhadap pengamatan (garis tebal); (a) Prediksi dengan periode berulang ($R = 0.9605$, $St = 2.463$ dan $PE = 80\%$), (b) Prediksi dengan periode berulang ($R = 0.9893$, $St = 2.092$ dan $PE = 90\%$), (c) Prediksi tidak dengan periode berulang ($R = 0.1892$, $St = 8.055$ dan $PE < 0$) dan (d) prediksi tidak dengan periode berulang ($R = 0.014$, $St = 5.214$ dan $PE = 14\%$)

Deret berkala indeks K_p dan K pada Gambar 3-7 menunjukkan periode berulang akibat dampak dari pengaruh gangguan rotasi matahari berperiode 27 hari. Dengan tendensi indeks K yang berulang tersebut digunakan sebagai dasar memprediksi perilaku indeks K pada periode rotasi berikutnya menggunakan model ARIMA (2.0.2). Akurasi dari hasil prediksi perilaku indeks K yang dinyatakan koefisien korelasi (R), galat prediksi (ST) dan efisiensi prediksi (PE) terhadap data pengamatan pada periode rotasi berikutnya dapat dilihat pada Tabel 3-4. Pada Tabel 3-4 menunjukkan bahwa

hasil prediksi indeks K menggunakan periode rotasi matahari yang paling mendekati pola data pengamatan adalah Gambar 3-8b dengan koefisien korelasi 0.9893 pada kolom 2, deviasi standar 2.092 kolom 3 dan efisiensi prediksi 90 % juga pada kolom 4. Sedangkan hasil prediksi indeks K dengan tidak menggunakan periode rotasi matahari cukup jauh dari yang diharapkan, karena koefisien korelasi sangat kecil, deviasi standar yang cukup besar dan efisiensi prediksi juga amat kecil.

Hasil prediksi indeks K menggunakan model ARIMA (2.0.2) yang diperoleh dibandingkan terhadap data pengamatan dapat dilihat pada Gambar 3-8. Dari hasil prediksi indeks K melalui periode berulang yang dinyatakan Gambar 3-8 pada bagian (a) dan (b) lebih baik dibandingkan terhadap hasil prediksi pada Gambar 3-6 karena hasil itu diprediksi tidak menggunakan periode tertentu. Sehubungan pola berulang pada indeks K 3 jam tidak muncul, juga melalui perata-rataan mempunyai hal yang sama.

Tabel3-4:AKURASI PREDIKSI DINYATAKAN KOEFISIEN KORELASI, DEVIASI STANDAR DAN EFISIENSI PREDIKSI

Kejadian	R	ST	PE
1	2	3	4
Recurrent even a.	0.9605	2.463	80 %
b.	0.9893	2.092	90 %
Transient even c.	0.1892	8.055	PE<0
d.	0.014	5.214	14 %

Pada Gambar 3-8 untuk (a) dan (b) hasil prediksi menggunakan *recurrent event* lebih baik sesuai periode 27 hari yakni rotasi matahari, sedangkan pada Gambar 3-8c dan Gambar 3-8d prediksi tidak menggunakan *recurrent event* atau periode rotasi matahari hasilnya kurang baik. Dengan demikian deret berkala indeks K dapat diprediksi jika model yang digunakan berdasarkan periode atau pola tertentu. Jika memprediksi tidak menggunakan suatu pola tertentu maka hasil prediksi yang diperoleh kurang memuaskan seperti yang dinyatakan pada Gambar 3-8 pada (c) dan (d).

4 KESIMPULAN

Pengembangan model prediksi indeks K harian yang dikembangkan menjadi setiap 3 jam-an, menggunakan metode *time series* analisis dengan direalisasikan melalui model ARIMA. Dengan menggunakan data indeks K stasiun pengamat geomagnet LAPAN Biak dari tahun 1992 sampai dengan tahun 1996 guna mengetahui perilaku model aktivitas geomagnet pada fase matahari menurun dan fase matahari minimum. Model prediksi yang diperoleh dari 3 jam pertama hingga 3 jam kedelapan mengikuti model ARIMA(2.0.0),

ARIMA (2.0.1) dan ARIMA (2.0.2) dengan masing-masing galat 0.1065, 0.0176 dan 0.0240 selama tahun 1996 sangat kecil kurang dari satu. Demikian pula untuk efisiensi model prediksi di atas secara berurutan 68.27 %, 94.10 % dan 95.16 %. Hasil prediksi indeks K yang tidak menggunakan pola tertentu atau acak maka menghasilkan keluaran yang tidak mempunyai pola pula. Kondisi data indeks K geomagnet yang demikian diprediksi hanya dapat dilakukan sekitar kurang dari sepuluh langkah. Dengan demikian keunggulan model ini digunakan untuk memprediksi pada saat deret mempunyai pola tertentu. Sedangkan memprediksi indeks K geomagnet yang tidak mempunyai pola menggunakan model ARIMA tidak lebih dari sepuluh langkah merupakan kelemahan dari model ini.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada DR. Sarmoko Saroso yang sudi memberikan sumbangan pemikiran dan saran-saran untuk kesempurnaan penulisan makalah ini, terutama analisis model prediksi yang dikaitkan terhadap peristiwa fisis. Ibu Hajah Dra. Titiek Setiawati M.Sc (almarhumah) selaku anggota dari program penelitian ini, beliau turut membantu segala keikhlasan hati tanpa pamrih dalam melakukan penelitian dari pengolahan hingga analisis data. Selain itu penulis tak lupa pula sampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak DR. Bachtiar Anwar dan Drs. John Maspup M.Sc telah banyak membantu memberikan saran-saran yang positif dan berharga pada penulis demi kesempurnaan hasil dalam penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Akasofu, S-I. and C. Fry, 1986. *A first generation numerical geomagnetic storm prediction scheme*, Planet Space Sci., 34 (1), 77-92.
- Box, G.E.P. and G. Jenkins, 1976. *Time Series Analysis Forecasting and Control*, Holden-Day, San Francisco.
- Chao, J.K. and R.P. Lepping, 1974. *A correlative study of SSC's, Interplanetary shocks, and Solar activity*, J. Geophys. Res., 79(3), 1799 - 1807.
- Chatfield, 1998. *The Analysis of Time Series : Introduction Edisi Kelima*. Chapman and Hall. London.
- 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.
- Eselevich, V.G., Solar flares, 1990. *Geoeffectiveness and the possibility of a new classification*, Planet Space Sci., 38 (2), 189-206.
- Gosling, J. T., E. Hildner, R. M. MacQueen, R. H. Munto, A.I. Poland, and C.L. Ross, 1975. *Direct observation of a flare related coronal and solar wind disturbance*, Solar Phys., 40 (2), 439-448.

- Gosling, J. T., S. J. Bame, D. J. McComas, and J. L. Phillips, 1990. *Coronal mass ejection (CME) and large geomagnetic storm*, Geophys. Res. Lett., 17 (7), 901-904.
- Habirun, 2004. *Analisis dampak aktivitas matahari pada variasi harian komponen H geomagnet*, Prosiding Seminar Nasional Antariksa II. Hal. 152-163 LAPAN Bandung.
- Habirun, 2005. *Identifikasi Model Fluktuasi Indeks K Harian Menggunakan Model ARIMA (2.0.1)*, JSD atau Journal of Aerospace Sciences. Vol. 2 No.2 Him. 100, LAPAN Jakarta.
- Iyemori, T., H. Maeda, and T. Kamei, 1979. *Impulse response of geomagnetic indices to interplanetary magnetic field*, J.Geomag. Geoelectr., 31(1) 1- 9.
- Jacobsen, B., P. E. Sandholt, B. Lybekk, and A. Egeland, 1991. *Transient auroral events near midday : Relationship with solar wind/magnetos heath*, J. Geophys. Res., 96 (A2), 1327-1336.
- Marubashi, K., 1989. *The space weather forecast program*, Space Sci. Rev., 51(1/2), 197-214.
- McPherron, R. L., R.A. Fay, C. R. Gamity, L. F. Bargatze, D. N. Baker, C. R. Clauer, and C. Searls, 1984. *Coupling of the solar wind to measures of magnetic activity*, in Proc. Conf. Achievement of the IMS, Graz. Austria, ESASP-217, pp. 161-170.
- Schwenn, R., 1986. *Relationship of coronal transients to interplanetary shocks 3D aspects*, Space Sci. Rev., 44 (1/2), 139-168.
- Smith, E. J., J. A. Slavin, R. D. Zwickl, and S.J. Bame, 1986. *Shocks and storm sudden commencements*, in Solar Wind-Magnetosphere Coupling, edited by Y. Kamide and J. A. Slavin pp. 345-357, Terra, Tokyo, Japan.
- Tang, F., B. T. Tsurutani, W.D. Gonzalez, S-l. Akasofu, and E.J. Smith, 1989. *Solar sources of interplanetary southward Bz events responsible for major magnetic storm (1978-1979)*, J. Geophys. Res., 94 (A4), 3535- 3541.
- Tsurutani, B.T., B.E. Glodstein, E. J. Smith, W. D. Gonzalez, F. Tang, S-l. Akasofu, and R. R. Anderson, 1990. *The interplanetary and solar causes of geomagnetic activity*, Planet. Space Sci. 38 (1), 109-126.
- Wilson, R. M., 1987. *Geomagnetic response to magnetic elauds*, Plant.Space Sci., 35 (3), 329-335.
- Wilson, R. M. and E. Hildner, 1986. *On the association of magnetic elouds with disappearing filaments*, J.Geophys. Res., 91 (A5), 5867-5872.
- Wei, W, W, S., 1994. *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods*. Wesley Company Inc. New York.
- Zhou X. Y and Wei F. S., 1998. *Prediction of recurrent geomagnetic distrurhance by using adaptive filtering*. Earth Planets Space 50, 839 - 845 Japan.