

# PENENTUAN POLA HARI TENANG UNTUK MENDAPATKAN TINGKAT GANGGUAN GEOMAGNET DI TANGERANG

Hablrun, Sity Rachyany, Anwar Santoso, Visca Wellyanita  
Peneliti Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa, LAPAN

## ABSTRACT

Geomagnetic disturbance level which is the indicator of the geomagnetic activity is influenced by various disturbance activities such as the disturbance effect from solar surface directly toward the earth influencing geomagnetic field. Before geomagnetic disturbance level is obtained, quiet day pattern model must be determined by using the double Fourier series. By using this model, geomagnetic disturbance level can be determine based on deviation between H component geomagnetic data from Tangerang station and model's result. Analysis result showed that deviation at maximum solar activity (in the 2000s) was lower than that of minimum solar activity (in the 1996s). Deviation value at maximum solar activity is about of 6.36 - 31.26 nT, while at minimum solar activity is about of 2.25-50.56 nT.

## ABSTRAK

Tingkat gangguan geomagnet (medan magnet bumi) merupakan indikator dari aktivitas geomagnet akibat pengaruh berbagai aktivitas gangguan, seperti aktivitas gangguan dari permukaan matahari secara tegak lurus terhadap bumi hingga mempengaruhi medan magnet bumi. Untuk mendapatkan tingkat gangguan geomagnet maka terlebih dahulu ditentukan model pola hari tenang dari masing-masing bulan sesuai kondisi aktivitas matahari. Penentuan model pola hari tenang menggunakan deret Fourier ganda dan model ini melukiskan kondisi aktivitas geomagnet tenang. Dengan demikian melalui model ini maka tingkat gangguan geomagnet dapat ditentukan, berdasarkan deviasi antara data pengamatan terhadap model pola hari tenang. Hasil analisis model pola hari tenang dengan menggunakan data pengamatan komponen H dari stasiun pengamat geomagnet Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) Tangerang diperoleh. Akurasi model pada aktivitas matahari tinggi tahun 2000 dan pada aktivitas matahari rendah tahun 1997. Pada aktivitas matahari tinggi fluktuasi galat model lebih rendah dibandingkan terhadap galat model pada aktivitas matahari rendah. Kuantitas galat pada aktivitas matahari tinggi dari 6.36 sampai dengan 31.26 nT, sedangkan kuantitas galat pada aktivitas matahari rendah dari 2.25 sampai dengan 50.56 nT.

## 1 PENDAHULUAN

Tingkat gangguan geomagnet (medan magnet bumi) merupakan ukuran/ besaran, akibat dampak pengaruh gangguan dari berbagai sumber. Di antaranya pengaruh gangguan dari matahari, permukaan bumi, dan dari aktivitas geomagnet itu sendiri. Dari matahari seperti akibat aktivitas *flare*, sedangkan dari permukaan bumi seperti aktivitas gempa

bumi dan letusan gunung berapi serta dari geomagnet akibat aktivitas badai magnet (Suhartini, 1999). Kondisi yang demikian menyebabkan karakteristik medan magnet bumi menjadi sangat kompleks dan berfluktuasi terhadap waktu. Walaupun demikian ukuran tingkat gangguan pada medan magnet bumi ini dari waktu ke waktu masih diperlukan oleh pengguna di antaranya

team *surveyor* geologi dan eksplorasi geofisika untuk akurasi data hasil survey dari lapangan.

Berkaitan dengan itu maka informasi tingkat gangguan geomagnet regional dari waktu ke waktu perlu ditentukan. Sedangkan penentuan tingkat gangguan geomagnet setiap saat cukup rumit, karena melibatkan berbagai pengaruh gangguan yang sifatnya temporal hingga pengaruh gangguan yang berperiodik Zhou dan Wei., (1998). Gangguan temporal yang sifatnya sementara merupakan tingkat gangguan yang berpengaruh pada medan magnet bumi pada saat tertentu. Sedangkan gangguan yang berperiodik juga bersifat periodik dan terjadi secara terus-menerus tanpa batas yang disebut gangguan reguler. Untuk mengetahui tingkat gangguan geomagnet, maka gangguan-gangguan yang sifatnya periodik atau reguler perlu dipisahkan atau dihilangkan yang terkandung dalam data komponen geomagnet. Dengan menghilangkan data yang berperiodik ini sehingga yang tertinggal hanya tingkat gangguannya.

Teknik penentuan tingkat gangguan geomagnet regional dari data komponen geomagnet, dari setiap stasiun pengamat geomagnet diawali dengan penentuan pola hari tenang dari barisan data komponen geomagnet harian. Kemudian dari data pengamatan komponen geomagnet harian yang diperoleh variasi sekuler (*long term*) dan variasi harian (*short term*) yang terkandung dalam data komponen geomagnet juga dipisahkan. Selain itu tentukan pola hari tenang, pada saat medan magnet bumi tidak terganggu dari masing-masing bulan. Dalam satu bulan diambil 5 hari yang paling tenang, untuk mendapatkan pola hari tenang pada bulan tertentu, kemudian dilakukan perata-rataan 5 hari yang paling tenang sehingga terbentuk pola hari tenang. Penentuan pola hari tenang dari masing-masing bulan dilakukan menggunakan deret Fourier ganda, jelasnya diuraikan pada bagian berikutnya.

## 2 DATA DAN METODE

### 2.1 Penentuan Model Pola Hari Tenang

Berdasarkan data pengamatan komponen H geomagnet dari stasiun pengamat geomagnet Tangerang dari tahun 1997 sampai dengan tahun 2004 maka variasi geomagnet hari tenang dapat dihitung. Penentuan pola hari tenang dari 5 hari paling tenang dalam satu bulan ditentukan berdasarkan aturan internasional, kemudian rata-ratakan 5 hari tenang dari masing-masing bulan melalui data variasi geomagnet sehingga diperoleh 12 pola hari tenang dalam setahun. Pola hari tenang ( $S_q$ ) melukiskan kondisi variasi harian geomagnet yang tidak mengalami gangguan setiap bulan. Pola hari tenang dari data harian, dengan menggunakan metode statistik dan model  $S_q$  dinyatakan sebagai deret Fourier ganda dalam waktu jam  $T$  dan bulan  $M$  (McPherron, 2005) yang dinyatakan oleh

$$\langle S_q(t) \rangle_{est} = \sum_{n=1}^6 \sum_{m=1}^6 A_n^m \cos(mT + \alpha_m) \cos(nM + \beta_n) \quad (2-1)$$

Pada persamaan (2-1) ruas kiri barisan data rata-rata 5 hari tenang dalam satu bulan dan modelnya pada ruas kanan terhadap perubahan waktu  $t$  ( $t = 1, 2, \dots, T$ ),  $m$  dan  $n$  adalah banyaknya konstanta model yang dihitung,  $a$  dan  $\beta$  adalah sudut fase, dan  $A$  adalah amplitudo serta  $M$  adalah bulan. Perhitungan model pola hari tenang  $S_q(t)$  persamaan (2-1) hanya memperhitungkan dampak akibat variasi diurnal dan semi diurnal, masing-masing berperiode 24 dan 12 jam.

Perhitungan model pola hari tenang  $S_q(t)_{est}$  persamaan (2-1) dihitung menggunakan algoritma sebagai berikut:

- Data pengamatan komponen H yang diamati setiap menit, dalam rentang waktu satu jam dilakukan perata-rataan sehingga dalam sehari diperoleh 24 data rata-rata.
- Rata-rata 5 hari tenang dalam satu bulan disebut pola hari tenang, kemudian tentukan model rata-rata 5 hari tenang dari masing-masing bulan menggunakan persamaan (2-1). Selisih

antara data rata-rata 5 hari tenang terhadap model rata-rata 5 hari tenang ( $Sq_{est}$ ) disebut variasi hari tenang.

- Kemudian ambil selisih data pengamatan komponen H terhadap model  $Sq$ , sehingga diperoleh deret berkala tingkat gangguan yang bebas dari pola standar harian akibat bulan dan matahari.
- Dari deret berkala tingkat gangguan nomor 3 masih terkandung berbagai pola standar di antaranya pola standar bulanan yang perlu dibebaskan dari data tingkat gangguan. Pembebasan pola standar bulanan tersebut menggunakan model polinom orde  $k = 3$  (Thomopaulas, 1980). Tingkat gangguan diperoleh dari deviasi antara deret berkala tingkat gangguan terhadap model polinom orde tiga.
- Tingkat gangguan geomagnet secara umum ditentukan melalui definisi  $H(T) = AH(T) - Sq_{est} - C$  sehingga diperoleh tingkat gangguan jam-an dari masing-masing stasiun. Dan C adalah pola standar yang konstan terkandung pada  $AH(T)$  (variasi komponen H) seperti *base-line* dan *trend secular*, dengan jangka waktu yang cukup panjang sekitar 40 hingga 100 tahun.

## 2.2 Perhitungan Tingkat Gangguan Geomagnet

Tingkat gangguan geomagnet dihitung dari komponen geomagnet horizontal dan perhitungannya berdasarkan prosentasi McPerron (2005) dengan digambarkan secara matematik sebagai berikut :

$$D(T) = H(T) - Ho(T) - Sq(T,M) \quad (2-2)$$

$H(T)$  = medan magnet komponen horizontal,  
 $Ho(T)$  = base line komponen horizontal dan  
 $Sq(T,M)$  = variasi hari tenang pada jam T dan bulan M persamaan (2-1). Persamaan (2-2) dapat disederhanakan dengan menetapkan titik acuan yang diambil pada jam 00 waktu lokal sebagai titik nol atau  $H(T) - Ho(T) = AH(T)$ , hal ini dilakukan untuk menghilangkan pengaruh variasi

sekular yang terkandung dalam  $Ho(T)$ . Sehingga tingkat gangguan geomagnet regional untuk wilayah Indonesia dapat dihitung melalui persamaan (2-3)

$$D(T) = \Delta H(T) - Sq(T,M) / \text{Cos}(\lambda) \quad (2-3)$$

dengan  $AH(T)$  = variasi medan magnet komponen horizontal dan  $X$  = lintang geomagnet dari masing-masing stasiun geomagnet.

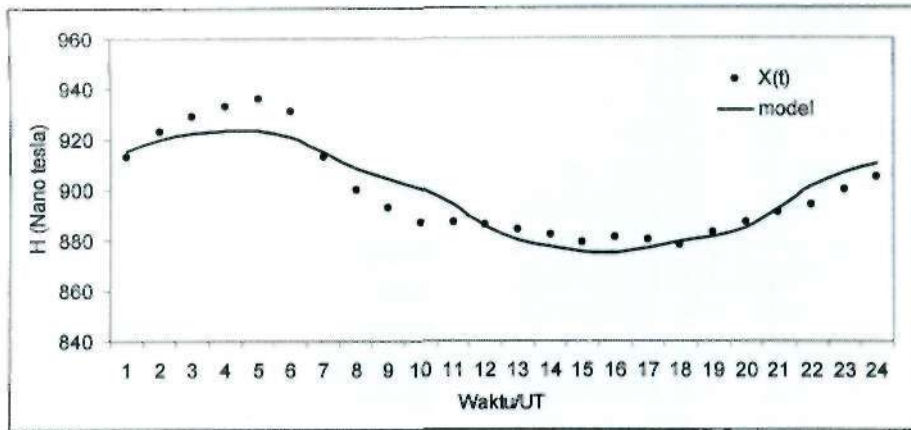
## 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis yang diungkapkan dalam pembahasan ini difokuskan pada gangguan yang mempengaruhi medan magnet bumi, komponen H pada aktivitas matahari meningkat tahun 2000 dan aktivitas matahari rendah atau melemah tahun 1997.

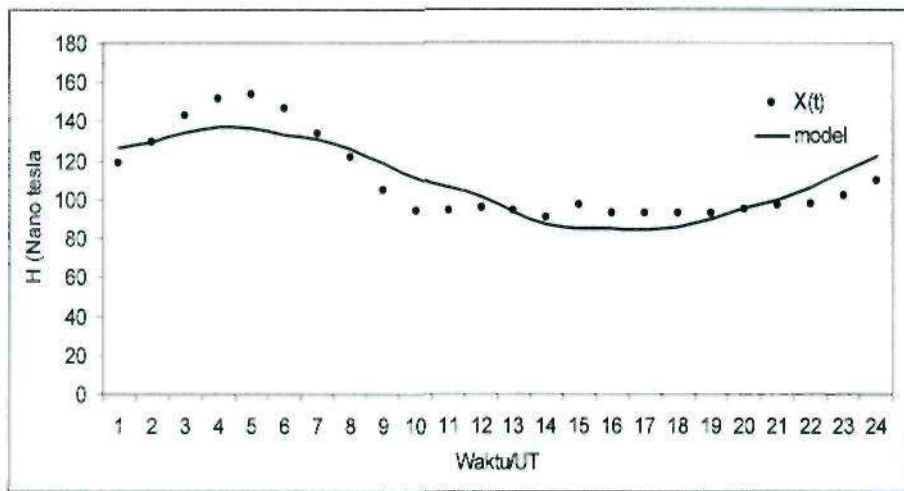
### 3.1 Model Empiris Pola Hari Tenang $Sq(t),t$

Dengan algoritma pada bab 2.1 maka model pola hari tenang  $Sq(t)$  dapat ditentukan untuk semua stasiun pengamat geomagnet, dengan berdasarkan data komponen H rata-rata 5 hari tenang. Model pola hari tenang yang dihitung dari data variasi komponen H pada bulan Agustus 1997 dan 2000 dapat dilihat pada Gambar 3-1 dan 3-2.

Gambar 3-1 dan Gambar 3-2 menyatakan perbandingan antara data pengamatan komponen H terhadap model pola hari tenang, dengan berdasarkan rata-rata 5 hari tenang pada bulan Agustus tahun 1997 dan 2000. Sumbu x menyatakan waktu dalam UT (Universal Time) dan sumbu y komponen H dalam satuan nano tesla (nT). Deviasi antara data pengamatan terhadap model pola hari tenang dari setiap bulan disebut variasi hari tenang. Sedangkan akurasi model pola hari tenang terhadap data rata-rata 5 hari tenang disebut galat model pola hari tenang dan hasilnya dari tahun 1997 sampai dengan 2004 dapat dilihat pada Tabel 3-1.



Gambar 3-1: Model pola hari tenang (garis) dibandingkan terhadap rata-rata 5 hari tenang (titik-titik) dari data komponen H stasiun pengamat geomagnet BMG Tangerang bulan Agustus tahun 1997



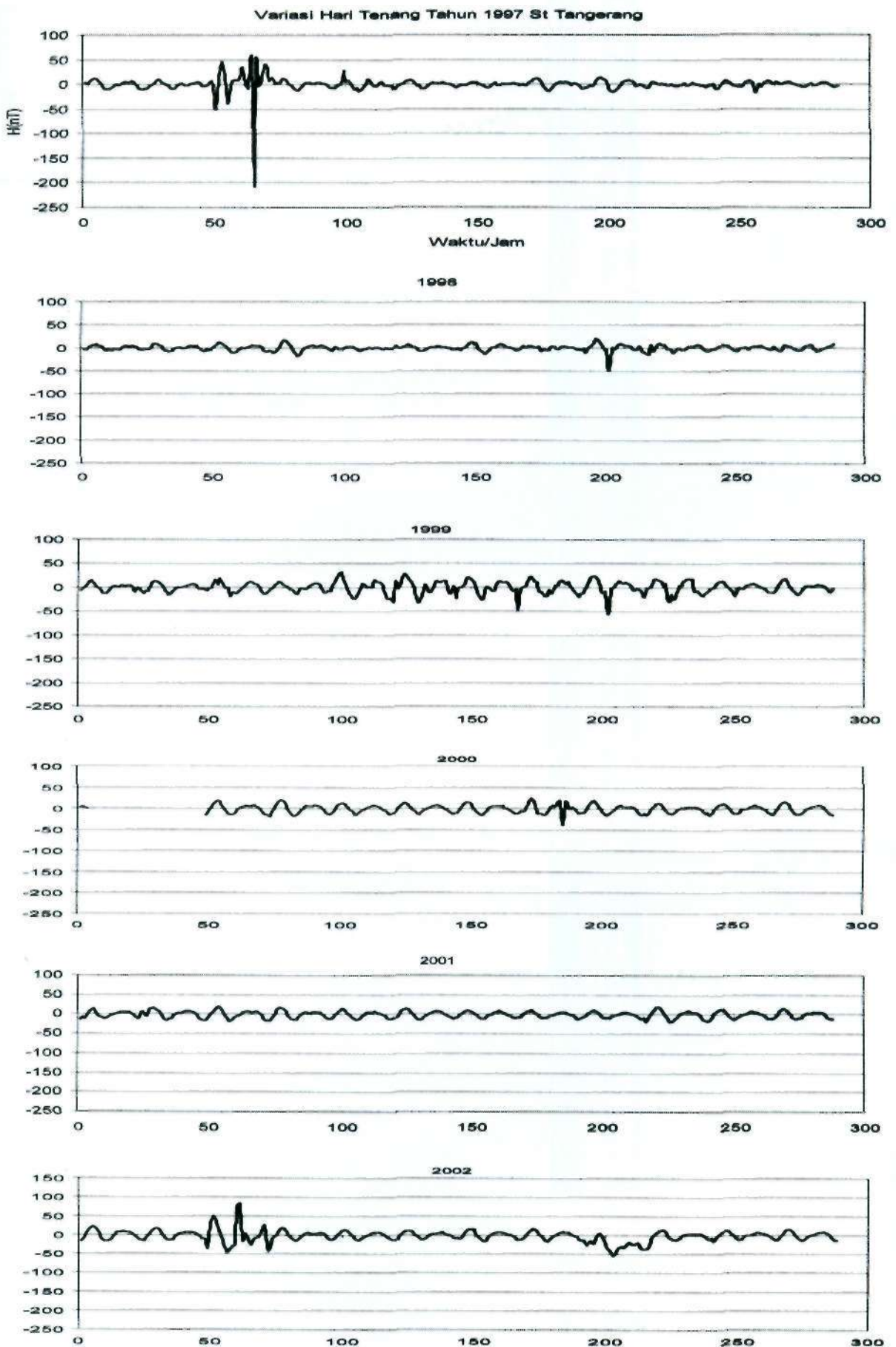
Gambar 3-2: Model pola hari tenang (garis) dibandingkan terhadap rata-rata 5 hari tenang (titik-titik) dari data komponen H stasiun pengamat geomagnet BMG Tangerang pada bulan Agustus 2000

Akurasi model pada aktivitas matahari tinggi berdasarkan data komponen H tahun 2000 dan pada aktivitas matahari rendah tahun 1997. Pada aktivitas matahari tinggi fluktuasi galat model lebih rendah dibandingkan terhadap galat model pada aktivitas matahari rendah. Kuantitas galat Tabel 3-1, menyatakan bahwa aktivitas matahari tinggi dari 6.36 sampai dengan 13.26 nT (kolom 6), sedangkan kuantitas galat pada aktivitas matahari rendah dari 2.25 sampai dengan 50.56 nT (kolom 3).

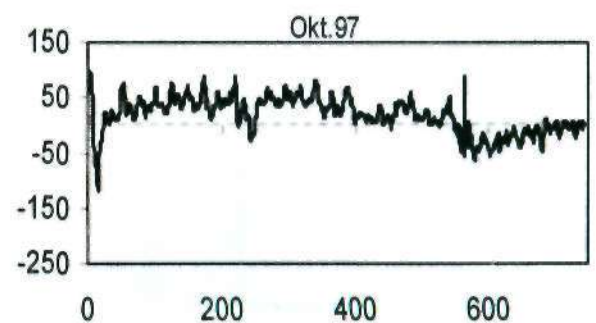
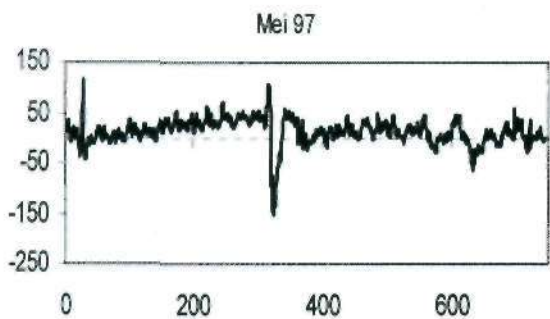
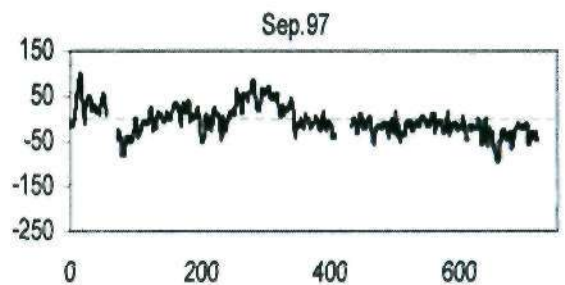
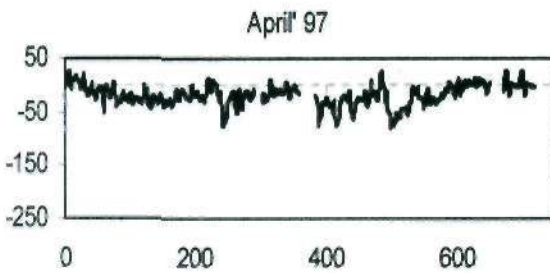
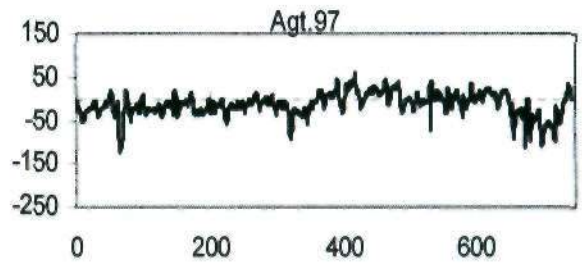
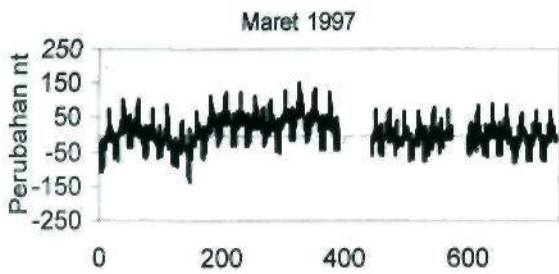
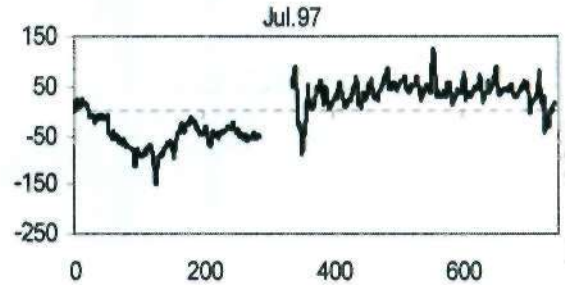
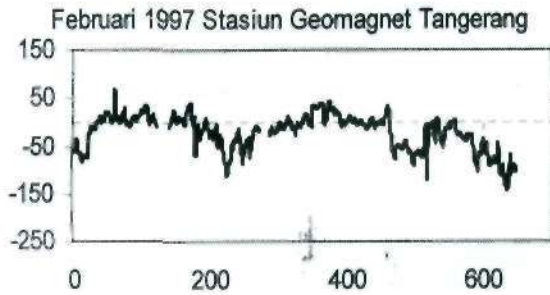
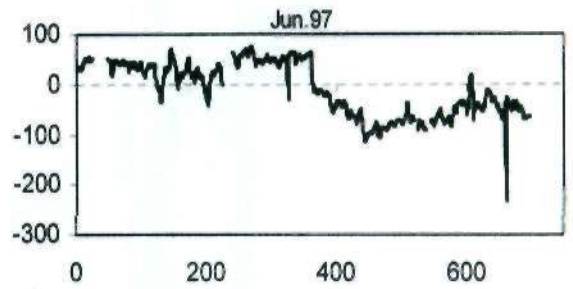
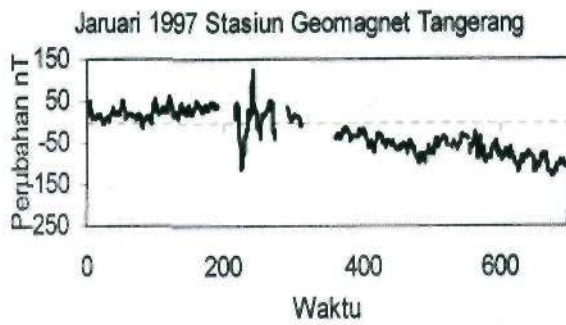
### 3.2 Variasi Hari Tenang

Variasi hari tenang dihitung melalui selisih antara data rata-rata 5 hari

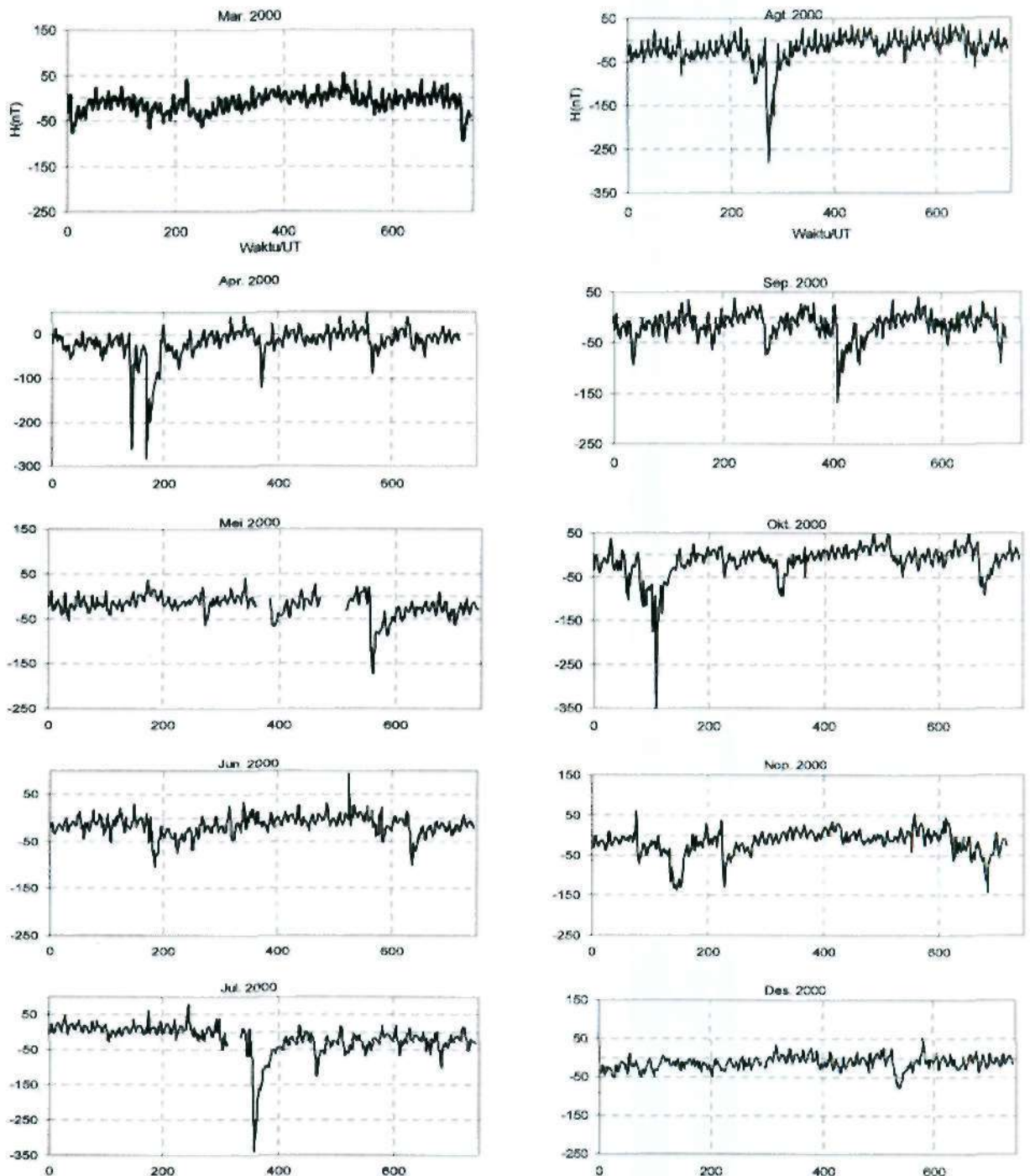
tenang (titik-titik) terhadap model rata-rata pola hari tenang (garis) pada Gambar 3-1 dan 3-2 serta hasilnya dinyatakan pada Gambar 3-3. Pada Gambar 3-3 menunjukkan variasi hari tenang sekitar setengah siklus aktivitas matahari dari tahun 1997 sampai dengan tahun 2002. Variasi hari tenang tersebut pada bulan Maret tahun 1997 terlihat fluktuasi yang cukup besar pada hari tenang sekitar lebih dari 200 nT dan Maret 2002 sekitar 80 nT akibat pengaruh gangguan eksternal, diduga badai magnet matahari yang tegak lurus terhadap permukaan bumi. Sedangkan galat model antara data pola hari tenang terhadap model pola hari tenang ditunjukkan pada Tabel 3-1.



Gambar 3-3: Variasi hari tenang dari tahun 1997 sampai dengan tahun 2002, data pengamatan komponen H dari stasiun pengamat geomagnet BMG Tangerang



Gambar 3-4: Fluktuasi tingkat gangguan geomagnet stasiun pengamat geomagnet BMG Tangerang dari bulan Januari - Oktober tahun 1997



Gambar 3-5: Fluktuasi tingkat gangguan geomagnet stasiun pengamat geomagnet BMG Tangerang dari bulan Maret-Desember tahun 2000

Pada aktivitas matahari sekitar maksimum variasi rata-rata komponen H geomagnet dalam keadaan teredam oleh aktivitas matahari. Dinyatakan galat model komponen H rata-rata hari tenang lebih besar pada aktivitas matahari minimum dari pada maksimum dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 3-1 kolom 6 dan 7. Fluktuasi galat model

komponen H rata-rata hari tenang, terutama pada tahun 1999 hingga 2000 dari 6.36 sampai dengan 16.31 nT. Sedangkan pada aktivitas matahari sekitar moderate hingga minimum fluktuasi galat model komponen H rata-rata hari tenang mengalami fluktuasi yang tidak stabil dari 2.20 sampai dengan 50.56 nT.

Tabel 3-1: VARIASI GALAT MODEL POLA HARI TENANG  $S_{q,ss}$ , TERHADAP DATA POLA HARI TENANG DARI TAHUN 1996 SAMPAI DENGAN TAHUN 2004 DARI STASIUN PENGAMAT GEOMAGNET BMG TANGERANG (nT)

No.	Tahun/Bulan	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Januari	6.23	4.18	6.59		7.94	11.35	5.26	6.64
2.	Februari	4.33	4.41	7.26		9.54	9.70	7.64	6.19
3.	Maret	50.56	6.00	9.60	10.01	10.29	34.2	7.99	8.73
4.	April	5.75	8.81	6.51	10.77	9.19	9.80	7.31	8.10
5.	Mei	8.74	2.20	16.31	8.05	8.31	8.23	7.25	4.73
6.	Juni	4.24	3.41	15.16	8.05	8.47	6.78	6.99	6.59
7.	Juli	2.43	6.49	14.81	8.57	6.57	9.21	6.87	6.26
8.	Agustus	6.75	3.32	11.67	13.26	6.51	9.75	15.8	6.64
9.	September	7.41	12.74	11.67	6.36	6.51	28.78	26.38	8.01
10.	Oktober	2.25	6.41	16.14	7.61	11.03	7.76	4.70	
11.	November	5.80	3.39	14.24	7.84	8.20	8.01	5.73	
12.	Desember	3.22	4.52	7.55	9.30	7.93	9.50	34.55	

Tabel 3-2: FLUKTUASI TINGKAT GANGGUAN GEOMAGNET YANG DINYATAKAN DENGAN DEVIASI STANDAR (MEAN SQUARE ERROR) DALAM nT TAHUN 1997 SAMPAI DENGAN TAHUN 2004 DARI DATA KOMPONEN H STASIUN PENGAMAT GEOMAGNET BMG TANGERANG

No.	Tahun/Bulan	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Januari	22,10	16.69	18.79		17.98	14.81	21.31	18.01
2.	Februari	35.76	14.04	19.06		15.52	15.39	24.67	17.00
3.	Maret	34.51	24.17	28.89	22.08	86.42	41.79	18.12	13.63
4.	April	13.29	15.72	17.88	19.30	15.61	13.45	9.27	13.38
5.	Mei	20.63	16.71	22.98	29.19	16.09	29.21	15.75	11.94
6.	Juni	23.66	19.75	29.90	19.82	10.40	20.21	19.54	31.95
7.	Juli	24.42	22.44	22.75	18.50	15.83	18.40	15.32	30.21
8.	Agustus	34.48	37.76	25.14	18.22	17.83	16.59	17.67	15.27
9.	September	20.33	59.45	23.85	21.00	22.52	21.00	76.81	
10.	Oktober	18.75	16.97	33.12	26.62	35.22	26.46	12.35	
11.	November	52.66	60.77	15.35	34.46	52.78	34.37	12.14	
12.	Desember	35.60	35.79	35.68	13.60	26.65	13.62	23.93	

### 3.3 Penentuan Tingkat Gangguan Geomagnet

Sehubungan uraian model empiris pola hari tenang pada bab 3.1 dan bab 3.2 maka tingkat gangguan geomagnet ditentukan sesuai algoritma pada bab 2.1 dan bab 2.2 yakni data pengamatan komponen H dikurangi model rata-rata 5 hari tenang dan hasilnya dinyatakan pada Gambar 3-4 dan 3-5. Fluktuasi tingkat gangguan geomagnet akibat dampak aktivitas gangguan yang mempengaruhi medan magnet bumi, dari tahun 1997 sampai dengan tahun 2004 sebesar 86.42 nT dapat dilihat pada Tabel 3-2 kolom 7.

Pada Tabel 3-2 ditunjukkan deviasi standar tingkat gangguan geomagnet di sekitar aktivitas matahari maksimum lebih stabil dari pada deviasi standar tingkat gangguan pada aktivitas matahari di sekitar minimum. Khususnya pada tahun 1999-2000 deviasi standar tingkat gangguan geomagnet berfluktuasi dari 13.60 sampai dengan 34.46 nT untuk tahun 2000 (Gambar 3-5). Sedangkan fluktuasi deviasi standar tingkat gangguan geomagnet pada aktivitas matahari sekitar minimum dari 12.14 nT sampai dengan 86.42 nT (Tabel 3-2), terutama pada tahun 1997 (Gambar 3-4). Dengan kondisi itu aktivitas geomagnet termodu-



lasi oleh aktivitas matahari sekitar maksimum sehingga teredam oleh dampak aktivitas matahari. Sebaliknya aktivitas matahari di sekitar minimum aktivitas geomagnet tidak dipengaruhi oleh dampak aktivitas matahari sehingga tingkat gangguan pada medan magnet bumi sangat berfluktuasi.

Pada Gambar 3-4 fluktuasi tingkat gangguan geomagnet jam-an dari bulan Januari hingga bulan Oktober 1997 tidak lebih dari  $-240 < nT < 140$ . Tingkat gangguan yang demikian melukiskan dampak akibat pengaruh aktivitas geomagnet pada saat aktivitas matahari sekitar minimum. Lain halnya yang dinyatakan Gambar 3-5 menunjukkan kondisi dampak gangguan mempengaruhi medan magnet bumi sekitar aktivitas matahari maksimum yang ditunjukkan data tingkat gangguan geomagnet tahun 2000. Fluktuasi tingkat gangguan geomagnet jam-an pada sekitar aktivitas matahari maksimum dinyatakan tingkat gangguan geomagnet bulan Januari-Oktober tahun 2000 berkisar kurang lebih  $-349 < nT < 94$ .

Dari Gambar 3-4 dan Gambar 3-5 terlihat dengan jelas bahwa variasi dampak gangguan pada medan magnet bumi cukup bervariasi dari aktivitas matahari minimum hingga aktivitas matahari maksimum. Variasi itu ditunjukkan dengan perubahan tingkat gangguan dari waktu ke waktu terutama dari tahun 1997 sampai dengan tahun 2004. Selain itu variasi ini dapat pula dilihat pada variasi komponen H rata-rata lima hari tenang, juga ada perbedaan pada saat aktivitas matahari minimum terhadap aktivitas matahari maksimum.

#### 4 KESIMPULAN

- Fluktuasi tingkat gangguan geomagnet jam-an pada aktivitas matahari sekitar maksimum yang dinyatakan tingkat gangguan geomagnet bulan Januari-Oktober tahun 2000 berkisar kurang lebih  $-349 < nT < 94$ . Demikian pula untuk aktivitas matahari minimum fluktuasi tingkat gangguan geomagnet

jam-an dari bulan Januari hingga Oktober 1997 tidak lebih dari  $-240 < nT < 140$ .

- Pada aktivitas matahari tinggi tahun 2000 akurasi model tinggi sedangkan pada aktivitas matahari rendah tahun 1997 akurasinya rendah. Pada aktivitas matahari tinggi fluktuasi galat model lebih rendah dibandingkan terhadap galat model pada aktivitas matahari rendah. Kuantitas galat pada aktivitas matahari tinggi dari 6.36 sampai dengan 13.26 nT, sedangkan kuantitas galat pada aktivitas matahari rendah dari 2.25 sampai dengan 50.56 nT.
- Variasi tingkat gangguan geomagnet rata-rata hari tenang yang dinyatakan deviasi standar tingkat gangguan geomagnet di sekitar aktivitas matahari maksimum lebih stabil dari pada deviasi standar tingkat gangguan pada aktivitas matahari di sekitar minimum. Khususnya pada tahun 1999-2000 deviasi standar tingkat gangguan geomagnet berfluktuasi dari 13.60 nT sampai dengan 34.46 nT tahun 2000. Sedangkan fluktuasi tingkat gangguan geomagnet pada aktivitas matahari sekitar minimum dari 12.14 nT sampai dengan 86.42 nT.

#### DAFTAR RUJUKAN

- McPherron R.L., 2005. *Calculation of the Dst index*, Presentation at LWS CDAW Workshop Fairfax, Virginia. Email: [rmcpherron@igpp.ucla.edu](mailto:rmcpherron@igpp.ucla.edu).
- Suhartini, S., 1999. *Dampak Flare Tanggal 21 dan 25 Agustus 1998 Pada Medan Magnet Bumi Dan Lapisan Ionosfer*, "Majalah LAPAN No. 2 Vol. 1 April, Hal. 34-43.
- Thomopoulas, N.T., 1980. *Applied forecasting methods*, Harold leonsrd. School of Management and Finance Illinois Institute of technology.
- Zhou X.-Y. and Wei F.-S., 1998. Prediction of recurrent geomagnetic disturbance by using adaptive filtering, *Earth Planets Space*, 50. 839 - 845.