

# ANALISIS BADAI MAGNET BUMI PERIODIK

Visca Wollyanita, Sity Rachyany, Mamat Ruhimat  
Peneliti Bidang Aplikasi Geomagnet dan Magnet Antariksa, LAPAN

## ABSTRACT

Periodic magnetic storms are those related to recurrent coronal hole events within a period of one solar rotation. There are still few studies on successive periodic magnetic storm. In this paper, we discuss the nature of the amplitude of the periodic magnetic storms within the solar cycle 20, 21, 22, and 23. The periodic nature of solar wind (27 days) occurred on descending phase of solar cycle 22 also caused a recurrent geomagnetic disturbance. The disturbance developed into a geomagnetic storm in the first (27 days) and the ninth rotation. The geomagnetic disturbances with period 27 and 13.5 days are both significant at the low latitude while the period of 30 days are more dominant at the high latitude. That mean, from two flows of high velocity plasmas, only one that higher contribution on the occurrence of geomagnetic disturbance accompanied by high intensity southern  $B_z$  field.

## ABSTRAK

Badai magnetik periodik adalah badai magnetik yang berkaitan dengan peristiwa *recurrent coronal hole* dalam rentang waktu satu periode rotasi matahari. Kajian tentang badai magnetik periodik yang berturut-turut masih sangat jarang dilakukan. Dalam makalah ini akan dibahas sifat amplitudo badai magnetik periodik pada siklus matahari ke-20, 21, 22, dan 23. Sifat periodik (27 hari) angin surya terjadi pada fasa menurun siklus matahari ke-22 menyebabkan gangguan geomagnet yang juga mengalami perulangan. Gangguan tersebut berkembang menjadi badai geomagnet dalam rotasi pertama (27 hari pertama) dan rotasi ke sembilan. Gangguan geomagnet dengan periode 27 hari dan 13.5 hari sama-sama signifikan di lintang rendah, sedangkan untuk lintang tinggi periode 30 hari yang lebih dominan. Ini berarti bahwa dari dua aliran plasma berkecepatan tinggi hanya satu yang memberikan kontribusi lebih besar terhadap timbulnya gangguan geomagnet yang disertai medan  $B_z$  arah selatan dengan intensitas besar.

## 1 PENDAHULUAN

Aktivitas geomagnet dibangkitkan oleh interaksi angin surya dengan magnetosfer dalam kaitannya dengan alih energi dan alih massa. Sejak observasi angin surya secara in-situ berhasil dilakukan, berbagai macam studi untuk mengetahui hubungan kuantitatif antara parameter angin surya dengan variabilitas indeks geomagnet mulai intensif dilakukan. Komponen utara-selatan medan magnet antar-planet  $B_z$  dan kecepatan angin surya memegang peranan penting yang menyebabkan aktivitas geomagnet menjadi dinamis. Aktivitas akan mengalami peningkatan bahkan berkembang menjadi badai magnet apabila gangguan angin

surya cukup signifikan. Sumber angin surya kecepatan tinggi dan berkaitan dengan medan  $B_z$  arah selatan berasal dari pelontaran massa korona (CME), lubang korona (CH) dan daerah yang berinteraksi antara angin surya kecepatan rendah dengan angin surya kecepatan tinggi.

Identifikasi badai magnet salah satunya dapat dilakukan menggunakan indeks Dst. Indeks Dst yang lebih kecil dari -30 nT, -50 nT dan -100 nT masing-masing menunjukkan badai magnet kecil, badai magnet menengah, dan badai magnet besar. Ada dua jenis badai magnet yaitu badai magnet *non-periodik* dan badai magnet *periodik*. Badai magnet non-periodik pada umumnya disebabkan oleh

CME sedangkan badai magnet periodik ditimbulkan oleh CH saja atau lubang korona yang disertai dengan CME. Pada umumnya kemunculan CME dengan tingkat energi yang cukup tinggi memicu terjadinya badai magnet non-periodik dengan kategori besar atau badai hebat dengan indeks Dst lebih kecil dari -300 nT. Akan tetapi untuk badai magnet periodik dengan periode sekitar 27 hari beserta semi harmoniknya biasanya didominasi oleh badai magnet besar meskipun indeks Dst berkisar -110 nT, badai magnet dengan kelas sedang bahkan kelas kecil. Badai magnet periodik lebih sering terjadi selama fasa turun dari siklus matahari.

Badai magnet non-periodik dan sangat besar bahkan dahsyat relatif kurang sering terjadi dan penelitian tentang badai tersebut cukup banyak dilakukan. Berbeda dengan badai magnet periodik yang dapat terjadi secara berurutan dan masih sedikit kajian yang dilakukan berkenaan dengannya. Amplitudo badai magnet dengan periode 27 hari pada fasa menurun siklus matahari ke-20 (tahun 1974) lebih dominan terjadi di lintang rendah [Rangarajan and Iyemori, 1998], dimana gangguan angin surya hanya berasal dari lubang korona saja. Ekspansi lubang korona yang besar ke daerah ekuator matahari akan melepaskan plasma kecepatan tinggi disertai pelepasan masa korona di daerah super aktif menimbulkan badai magnet periodik pada pertengahan tahun 1993 [Knipp, et. al., 1998]. Badai magnet periodik pada kurun waktu tersebut juga menimbulkan badai ionosfer global dengan fasa negatif maupun fasa positif, sementara pada daerah ekuator magnet di Afrika terdeteksi iregularitas ionosfer mengalami peningkatan selama fasa utama badai magnet dan iregularitas tereduksi pada saat fasa pulih badai magnet bumi. Fenomena atmosfer seperti QBO dan El-Nino juga merupakan sumber aktivitas geomagnet dengan periode antara 2 tahun hingga 3 tahun.

Aktivitas matahari selama fasa turun dan fasa naik dari satu siklus ke

siklus lainnya tentu berbeda. Oleh karena itu penelitian mengenai badai magnet (yang bersumber dari matahari) yang berulang setiap 27 hari maupun semi harmoniknya (13.5 hari) dan relevansinya terhadap parameter angin matahari yang dominan sebagai penyebab timbulnya badai tersebut merupakan fenomena yang perlu untuk dikaji, dari lintang tinggi hingga lintang pada siklus matahari ke-20 sampai ke-23.

## 2 DATA DAN METODE

Untuk mengetahui variabilitas amplitudo badai magnet periodik dan variabilitas amplitudo parameter angin surya yang menjadi sumber penyebab pada fasa turun dari siklus matahari ke-20 sampai ke-23, dilakukan analisis data geomagnet dari Biak dan Tangerang, dan data angin matahari dari 17 Agustus 1993 sampai dengan 9 juni 1994 yang meliputi : plasma (kecepatan, kerapatan, temperatur) beserta medan magnetnya ( $B_x$ ,  $B_y$  dan  $B_z$ ). Untuk parameter geomagnet antara lain : indeks magnet AE, indeks Kp dan indeks Dst, data harian tersebut dapat diperoleh dari situs internet dengan alamat <http://www.wdc.rl.ac.uk>. Setelah data angin matahari dan indeks geomagnet global terkumpul, dilakukan konversi data variasi medan magnet Biak dari format biner ke format ascii untuk memperoleh medan H. Dari data yang diperoleh tersebut ditentukan indeks K di Biak dan dikonversikan ke dalam indeks ak di Tangerang dan Biak. Kemudian dilakukan pencarian periodisitas dari data medan magnet dan dari data parameter angin surya dengan menggunakan metoda FFT dan WWZ.

Melakukan fungsi autokorelasi dan cross correlasi untuk mengukur kecepatan plasma terhadap parameter plasma lainnya dan atau data indeks magnet global. Dan melakukan band-pass filter terhadap data geomagnet dan data angin surya sekitar periode 27 hari dan 13,5 hari. Serta melakukan pembuatan peta amplitudo medan magnet

dan amplitudo parameter angin surya.

Metoda *Date-Compensated Discrete Fourier Transform* disingkat DCDFT merupakan pendekatan melalui kurva cocok menggunakan model sinusoida ditambah dengan konstanta. Melalui proses normalisasi terhadap fungsi sinusoidal menggunakan perumusan Gram-Schmidt, dan dengan uji coba terhadap frekuensi  $\omega$  maka diperoleh koefisien spektral P berikut,

$$a_0^2 = N \tag{2-1}$$

$$a_1^2 = \sum_i \cos^2 X_i - a_0^2 \left( \sum_i \cos X_i \right)^2 \tag{2-2}$$

$$a_2^2 = \sum_i \sin^2 X_i - a_0^2 \left( \sum_i \sin X_i \right)^2 - a_1^2 M^2 \tag{2-3}$$

dengan

$$M = \sum_i \cos X_i \sin X_i - a_0^2 \left( \sum_i \sin X_i \right) \left( \sum_i \cos X_i \right) \tag{2-4}$$

Koefisien regresi dinyatakan dalam rumus berikut,

$$c_1 = a_1 \sum_i f_i \cos X_i \tag{2-5}$$

$$c_2 = a_2 \sum_i f_i \sin X_i - a_1 a_2 c_1 M \tag{2-6}$$

peubah  $X_i = 2 \pi \omega t_i$  serta indeks  $i = 1$  sampai  $N$ .  $N$  menyatakan banyaknya pengamatan,  $f_i$  menyatakan simpangan data terhadap rerata, sedemikian rupa sehingga  $\sum f_i = 0$ . Power spektrum  $P$  pada frekuensi  $\omega$  merupakan fungsi dua koefisien regresi di atas,

$$P(\omega) = c_1^2 + c_2^2 \tag{2-7}$$

Normalisasi power spektrum terhadap variansinya dapat dinyatakan dalam persamaan,

$$S(\omega) = \frac{P(\omega)}{\sum_i f_i^2} \tag{2-8}$$

Signifikansi puncak spektrum dapat diketahui menggunakan perumusan yang diturunkan oleh Quast et. al. [1983],

$$G = -\frac{N-3}{2 \log(1-S)} \tag{2-9}$$

$$H = \frac{N-4}{N-3} (G + e^{-G} - 1) \tag{2-10}$$

Peluang  $Pr = \log(N/\alpha)$ , dengan  $\alpha$  adalah tingkat kepercayaan.

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivitas matahari yang dinyatakan dengan bilangan rata-rata (27 hari) bilangan *sunspot* mengalami fluktuasi antara satu siklus dengan siklus lainnya. Pada siklus ke-21 dan ke-22 menunjukkan aktivitas lebih tinggi dibandingkan dua siklus lainnya (Gambar 3-1). Variasi indeks magnet global, yaitu indeks AE untuk lintang tinggi, indeks Ap untuk lintang menengah dan indeks Dst untuk lintang rendah. Data yang dikaji mulai dari 18 Desember 1973 hingga 13 September 1974 yang mewakili siklus matahari ke 20 pada fasa menurun. Dalam kurun waktu tersebut ketiga indeks menunjukkan nilai yang fluktuatif artinya aktivitas medan magnet bumi dalam kurun waktu tersebut cukup aktif (Gambar 3-2a). Dari hasil perhitungan analisis spektrum dalam kurun waktu 18 Desember 1973 hingga 13 September 1974 (Gambar 3-2b), indeks AE memiliki periodisitas yang cukup dominan sekitar 13.5 hari dan sekitar 30 hari, hal ini menunjukkan aktivitas medan magnet bumi di lintang tinggi yang digambarkan oleh indeks AE memiliki aktivitas medan magnet bumi yang periodik. Demikian juga aktivitas yang digambarkan oleh indeks Ap memiliki periodisitas lebih dominan sekitar 13.5 hari. Akan tetapi aktivitas yang digambarkan oleh indeks Dst memiliki periodisitas lebih dominan sekitar 26.8 hari. Dari analisis amplitudo gelombang (Gambar 3-2c). menggambarkan bahwa amplitudo dari indeks AE dan Ap memiliki pola yang sama berupa paket gelombang dimana amplitudo indeks AE lebih tinggi dari amplitudo indeks Ap, sedangkan amplitudo indeks Dst memiliki pola yang lain dan

paket gelombangnya masih belum nampak.

Tanggal 18 Desember 1973 sampai 13 September 1974, 17 Agustus 1993 hingga 9 Juni 1994 dan 23 Desember 2003 sampai 15 Oktober 2004 merupakan interval waktu yang bertepatan dengan siklus matahari menurun dan berlangsung peningkatan aktivitas magnet yang beberapa diantaranya berkembang menjadi badai besar. Corona holes yang muncul pada siklus ke-20 menyebabkan peningkatan kecepatan angin surya hampir mencapai 800 km per-detik dengan kecepatan minimum 370 km per-detik tepatnya pada tanggal 28 Desember 1973 sampai 13 September 1974. Demikian pula kerapatan dan temperatur plasma juga mengalami kenaikan pada waktu-waktu tertentu. Akan tetapi komponen medan magnet antar-planet arah selatan  $B_z$  sangat berperan sehingga kopling dengan magnetosfer semakin kuat. Intensitas  $B_z$  (negatif) mencapai 7.5 nT dan kurang dari 5 nT mengakibatkan badai magnet periodik dengan satu kategori besar ( $Dst < -100$  nT) dan satu kategori sedang ( $Dst \leq -50$  nT) serta yang lainnya badai kecil ( $Dst > -50$  nT).

Fluktuasi aktivitas medan magnet bumi global yang digambarkan oleh indeks AE, Ap dan Dst dalam kurun waktu 17 Agustus 1993 hingga 9 Juni 1994 yang berada dalam fasa menurun siklus matahari ke 22 (Gambar 3-3a). Bila dibandingkan dengan kurun waktu 18 Desember 1973 hingga 13 September 1974, pada siklus ke-22 ini memiliki aktivitas yang lebih tinggi. Hasil analisis spektrum dalam kurun waktu 17 Agustus 1993 hingga 9 Juni 1994 dari ketiga indeks global medan magnet bumi AE, Ap dan Dst (Gambar 3-3b) memiliki periodisitas dominan sekitar 13.5 hari dan sekitar 29.6 hari. Dan hasil analisis amplitudo dalam siklus matahari ke-22 (Gambar 3-3c) hampir sama dengan siklus matahari ke-20 hanya dalam siklus ke-22 ini memiliki amplitudo lebih besar dari siklus ke-20.

Fluktuasi aktivitas medan magnet bumi dalam kurun waktu 1 Januari 2004 hingga 14 Oktober 2004 yang berada

dalam fasa menurun siklus matahari ke-23 diperlihatkan pada Gambar 3-4a. Dalam kurun waktu ini fluktuasinya relatif lebih kecil bila dibandingkan dengan fasa menurun siklus matahari ke-22. Dari hasil analisis spektrum diperoleh periodisitas dominan sekitar 13.5 hari dan 26.9 hari (Gambar 3-4b). Dari analisis amplitudo dalam kurun waktu ini memiliki amplitudo relatif lebih kecil dibandingkan dengan amplitudo pada fasa menurun siklus matahari ke-22 (Gambar 3-4c).

Kemunculan fenomena Lubang korona yang cukup luas disertai CME di matahari menimbulkan gangguan angin surya pada tanggal 17 Agustus 1993 sampai 9 Juni 1994 selama sebelas kali rotasi matahari (satu rotasi yaitu 27 hari). Indikasi gangguan teramati dari parameter plasma (normal 200-300 km per-detik) dan komponen medan magnet angin surya. Kecepatan mengalami peningkatan hingga 600 km per-detik yang disertai oleh kenaikan kerapatan (densitas) mencapai 30 partikel per- $\text{cm}^3$ , sementara temperatur masih relatif rendah hingga rotasi ke tiga (Gambar 3-5 kiri). Hal ini merupakan ciri dari *Corotating Interaction Region* (CIR). High Speed Region (HSR) dimulai setelah rotasi ke tiga yang ditandai dengan kenaikan kecepatan mendekati 800 km per-detik, temperatur yang tinggi yaitu 600.000 derajat Kelvin (rotasi ke lima sampai rotasi ke tujuh) dengan kerapatan yang relatif rendah. Komponen  $B_x$  dan  $B_y$  bervariasi memberikan gambaran *away sector* yaitu sektor menjauhi matahari ( $B_x < 0$  &  $B_y > 0$ ) dan toward sector merupakan sektor menuju matahari ( $B_x > 0$  &  $B_y < 0$ ). Intensitas  $B_z$  arah selatan (negatif) mencapai -11 nT (rotasi ke satu) dan -7 nT (rotasi ke enam) menunjukkan bahwa kopling angin surya-magnetosfer cukup kuat (Gambar 3-6 kiri). Interaksi tersebut berdampak pada gangguan geomagnet bahkan menjadi badai magnet besar (indeks  $Dst < -100$  nT) terutama pada rotasi ke satu dan badai kategori sedang ( $-100$  nT  $< Dst < -50$  nT) (Gambar 3-7 kiri). Pada rotasi ke sembilan terjadi juga badai magnet besar ( $Dst =$

-104 nT) meskipun intensitas medan  $B_z$  arah selatan cukup kecil, kemungkinan disebabkan oleh parameter angin surya lainnya. Gangguan magnet juga teramati dari peningkatan indeks Kp dan indeks AE.

Perhitungan *power* spektrum parameter angin surya dan parameter geomagnet beserta peluangnya digunakan persamaan 2.8, 2.9 dan 2.10. Untuk mendapatkan periode yang tersembunyi diambil frekuensi  $\omega$  dengan interval 0.0001, dan satu dibagi frekuensi menyatakan periode. Ditentukan tingkat kepercayaan yaitu : 1%, 3% dan 5%. Bagian kanan dari Gambar 3-1 sampai Gambar 3-3 memperlihatkan grafik *power* spektrum vs periode untuk parameter angin surya dan indeks global geomagnet. Garis mendatar pada grafik menyatakan prosentase peluang keberhasilan estimasi *power* spektrum.

Puncak *power* spektrum kecepatan plasma menunjukkan bahwa periode 27 hari relatif dominan dibandingkan periode 13.5 hari (peluang > 99%), sedangkan periode 13.5 (peluang > 99%) untuk kerapatan dan temperatur lebih signifikan daripada periode utama 27 hari. Medan magnet angin surya komponen  $B_y$  mempunyai puncak spektrum tertinggi, dan periode 27 hari sangat mendominasi, sama halnya seperti komponen medan  $B_y$ . Peluang keberhasilan estimasi spektrum dari dua komponen tersebut berada di atas 99%. Periodisitas komponen  $B_z$  sedikit lebih besar yaitu 30 hari, dengan tingkat peluang tepat 99%. Periode pada harmonik yang kedua tidak dijumpai sama sekali dalam komponen medan angin surya. Sifat periodik juga terlihat pada indeks magnet global di permukaan bumi dengan peluang puncak spektrum di atas 99%. Puncak spektrum indeks yang sama dari indeks magnet Dst bertepatan dengan periode 13.5 hari dan 27 hari, sedangkan periode 13.5 hari lebih signifikan pada indeks magnet Kp. Dua indeks tersebut juga memperlihatkan periode 30 hari. Untuk indeks magnet AE puncak spektrum relatif signifikan pada periode 30 hari dibandingkan periode 27

hari. Puncak spektrum dengan periode 30 hari hanya teramati pada medan magnet angin surya  $B_z$  dan indeks geomagnet di tiga lintang bumi yaitu lintang tinggi, lintang menengah, dan lintang rendah. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Coleman dan Smith [1966] menunjukkan bahwa sub-puncak tersebut merupakan hasil dari modulasi amplitudo periode sekitar 27 hari oleh periode 1 tahun. Periode yang sama pada waktu yang sama juga dijumpai pada indeks magnet Ap (sub-lintang tinggi) oleh Apostolov et. al. [2004].

Dari kesamaan periodisitas antara indeks geomagnet dan parameter angin surya memberikan indikasi kemungkinan medan magnet angin surya  $B_x$ ,  $B_y$  dan  $B_z$  serta kecepatan plasma sebagai kontributor terhadap gangguan geomagnet dengan periode 27 dan 30 hari di lintang rendah, lintang tengah sampai lintang tinggi. Kecepatan yang juga merupakan faktor pencetus gangguan geomagnet periodik 27 hari, diduga parameter ini sebagai penyebab badai geomagnet pada rotasi ke sembilan, karena pada waktu tersebut medan  $B_z$  (selatan) sebagai indikator koping tidak lengkap datanya. Kecepatan, kerapatan, dan temperatur berperan terhadap gangguan geomagnet yang berulang setiap 13.5 hari terutama untuk daerah lintang tengah dan lintang rendah dengan puncak spektrum yang tinggi. Dominasi periodisitas 13.5 hari disebabkan oleh dua aliran plasma dengan kecepatan tinggi yaitu CIR dan HSR secara simultan berperan sebagai pemicu gangguan aktivitas geomagnet. Bila salah satu dari aliran plasma tersebut lebih signifikan maka periodisitas 27 hari akan mendominasi. Kondisi semacam ini tidak mudah teramati dari grafik data asli [Rangarajan and Iyemori, 1998]. Perlu kajian lebih lanjut mengenai faktor penyebab periodisitas 13.5 hari dan 27 hari yang muncul secara simultan pada puncak spektrum yang sama seperti halnya indeks magnet Dst.

Variasi dan periodisitas dari aktivitas medan magnet bumi global lintang

utara dinyatakan dengan indeks An dan aktivitas medan magnet bumi global lintang selatan dinyatakan dengan indeks As, masing-masing dalam kurun waktu fasa turun siklus matahari ke 20, 21 dan 22 (Gambar 3-8a, 3-8b, dan 3-8c). Dari hasil analisis periodisitas untuk indeks An maupun As memiliki periodisitas dominan sekitar 9 hari, 13.3 hari dan 28.6 hari.

Dari hasil analisis di atas mulai dari fasa turun siklus matahari ke 20, 21, 22 dan 23 memiliki periodisitas dominan yang bersesuaian dengan rotasi matahari sekitar 27 hari, hal ini menunjukkan adanya hubungan yang erat antara badai magnet bumi dengan aktivitas yang terjadi di matahari.

#### 4 KESIMPULAN

Ada sedikit pergeseran periode dari 27 hari yaitu 25 hari dan 29.5 hari masing-masing untuk periodisitas medan H Tangerang serta medan magnet  $B_z$  pada Desember 1973 sampai dengan September 1974, indeks Dst selama Agustus 1993 hingga Juni 1994. Badai magnet dengan periodisitas sekitar 27 hari dialami oleh daerah lintang rendah (indeks Dst) sedangkan untuk lintang tinggi (indeks AE dan Ap) harmonik kedua yaitu 13.5 hari tampak lebih mendominasi khususnya dalam interval Desember 1973 sampai dengan September 1974 dan Desember 2003 sampai dengan Oktober 2004. Dari persamaan periodisitas menunjukkan bahwa komponen medan magnet antarplanet  $B_z$  mempunyai kontribusi lebih besar sebagai penyebab timbulnya badai magnet di lintang rendah. Sementara badai magnet di lintang tinggi dan lintang menengah, kecepatan dan kerapatan plasma angin surya memegang peranan yang sangat signifikan.

Amplitudo gelombang 27 harian dari indeks Dst lebih besar dalam selang Desember 2003 sampai dengan Oktober 2004, sebaliknya indeks Ap dengan osilasi 13.5 hari memiliki amplitudo lebih besar

diantara Desember 1973 sampai dengan September 1974.

Sifat periodik (27 hari) angin surya terjadi pada fasa menurun siklus matahari ke-22 menyebabkan gangguan geomagnet yang juga mengalami perulangan. Gangguan tersebut berkembang menjadi badai geomagnet dalam rotasi pertama (27 hari pertama) dan rotasi ke sembilan. Gangguan geomagnet dengan periode 27 hari dan 13.5 hari sama-sama signifikan di lintang rendah, sedangkan untuk lintang tinggi periode 30 hari yang lebih dominan. Ini berarti bahwa dari dua aliran plasma berkecepatan tinggi hanya satu yang memberikan kontribusi lebih besar terhadap timbulnya gangguan geomagnet yang disertai medan  $B_z$  arah selatan dengan intensitas besar.

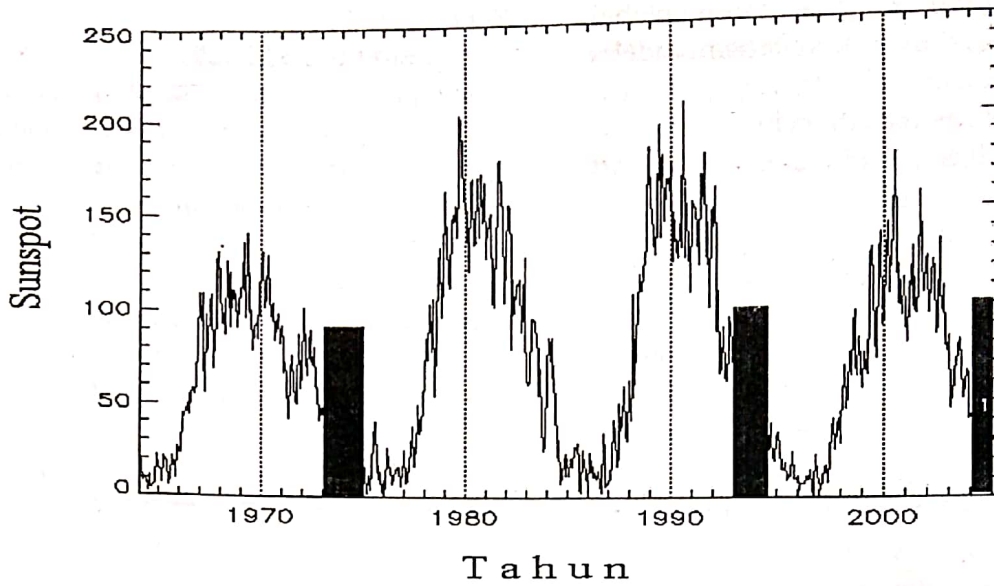
#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Hj. Titiek Setiawati, M.Si (almh) yang telah mengawali pekerjaan ini sehingga karya tulis ilmiah ini dapat dibuat.

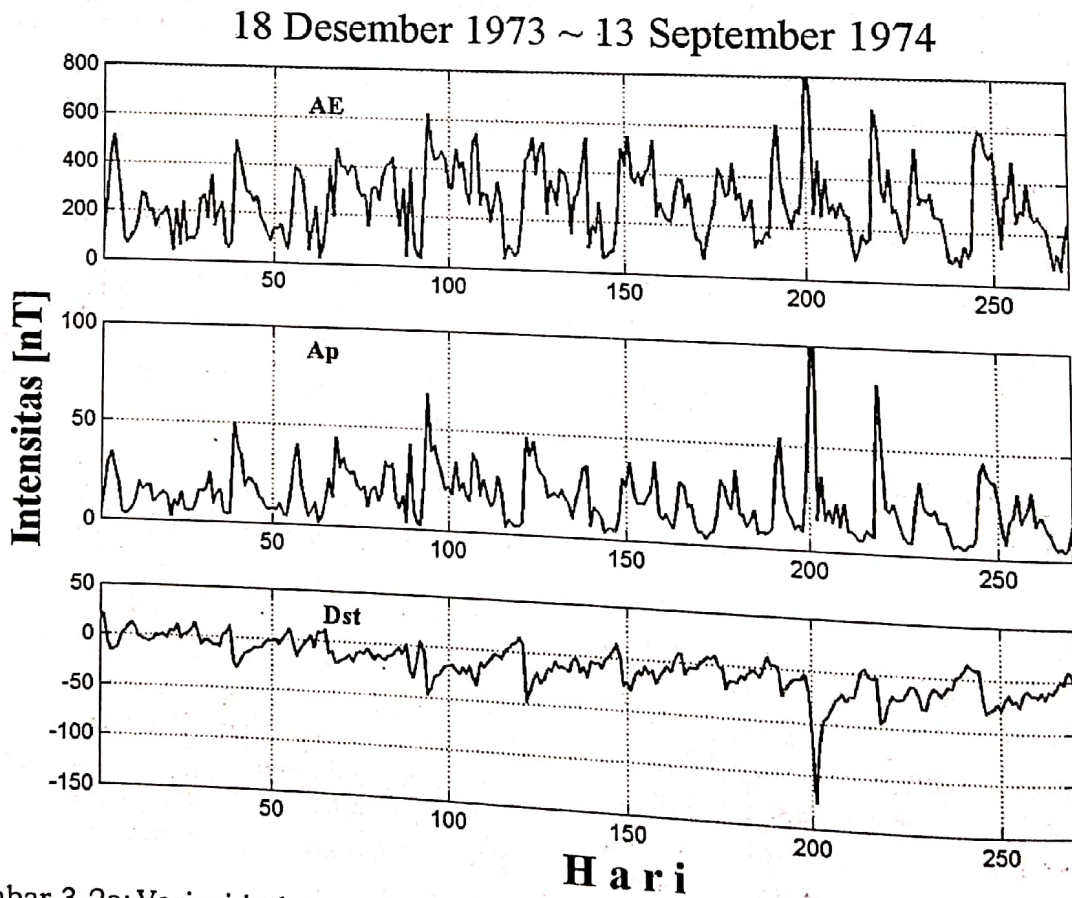
#### DAFTAR RUJUKAN

- Apostolov, E.M., Altadill, D., and Todorova, M., 2004. *The 22 Year Cycle in Geomagnetic 27-days Recurrences Reflecting on the F2-layer Ionization*, *Annales Geophysical Journal*.
- Coleman, Jr. P.J., and E.J. Smith, 1966. *An Interpretation of the Subsidiary Peaks at Periods Near 27 Days in the Power Spectra of Ci and Kp*, *J. Geophys. Res.*, 71.
- Knipp, D.J., Emery, B.A., Engebretson, M., X. Li, McAllister, A.H., and Mukai, T., 1998. *An Overview of the Early November 1993 Geomagnetic Storm*, *J. Geophys. Res.*, 103.
- Rangarajan, G.K., and T. Iyemori, 1998. *Hemispherical and Latitudinal Differences in the Response of Geomagnetic Activity to Recurrent Solar Wind Streams*, *J. Atmos.- Sol. Terr. Phys.*, 60.

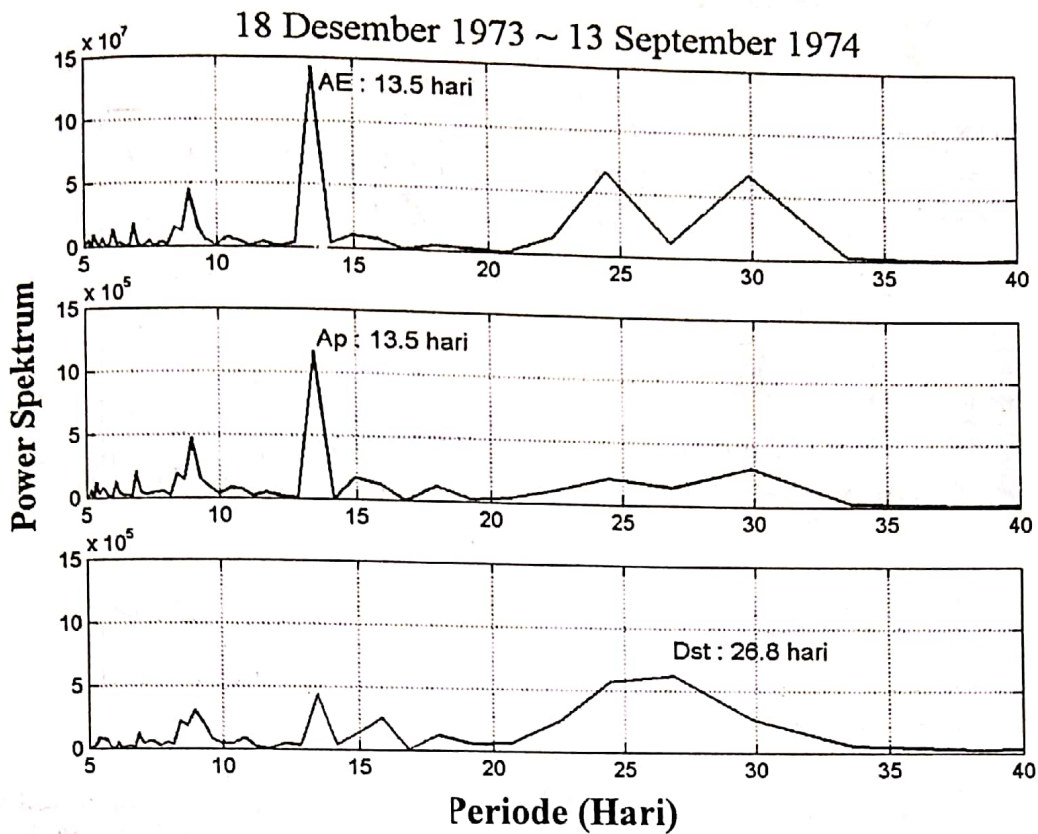
Lampiran



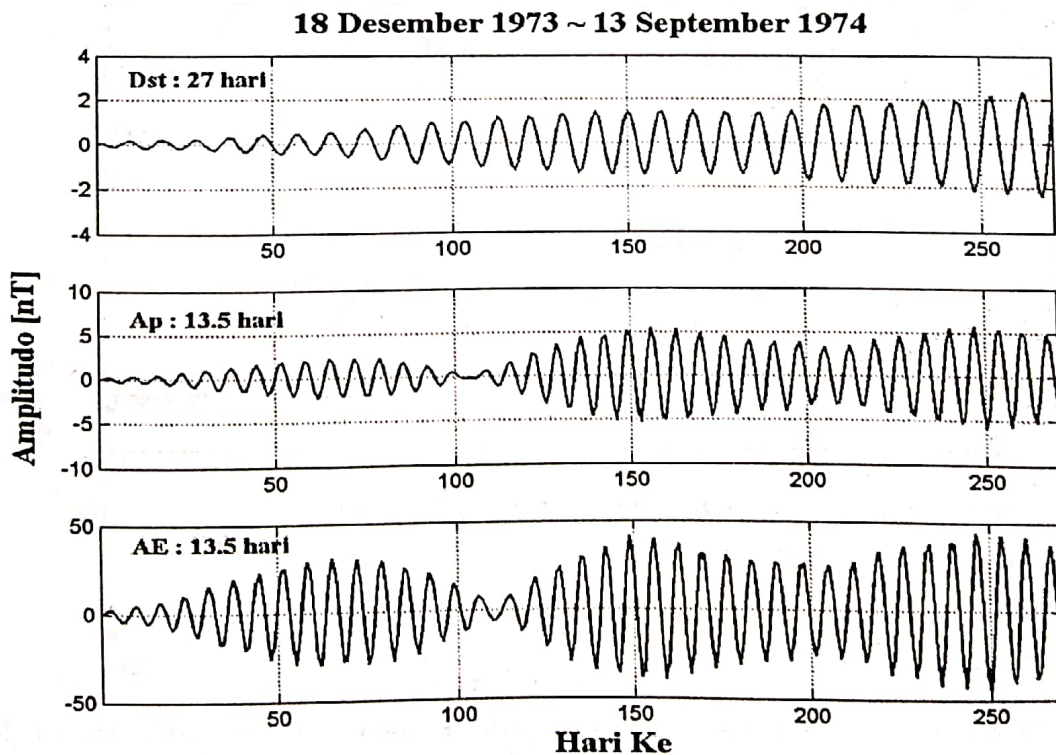
Gambar 3-1: Grafik bilangan sunspot perataan 27 hari pada siklus matahari ke-20 sampai siklus matahari ke-23. interval pada fasa menurun (blok hitam) akan dijadikan kajian pada penelitian badai magnetik periodik



Gambar 3-2a: Variasi indeks magnet global Dst, AE, dan Ap bertepatan dengan aktivitas magnet periodik pada tanggal 18 Desember 1973 sampai 13 September 1974



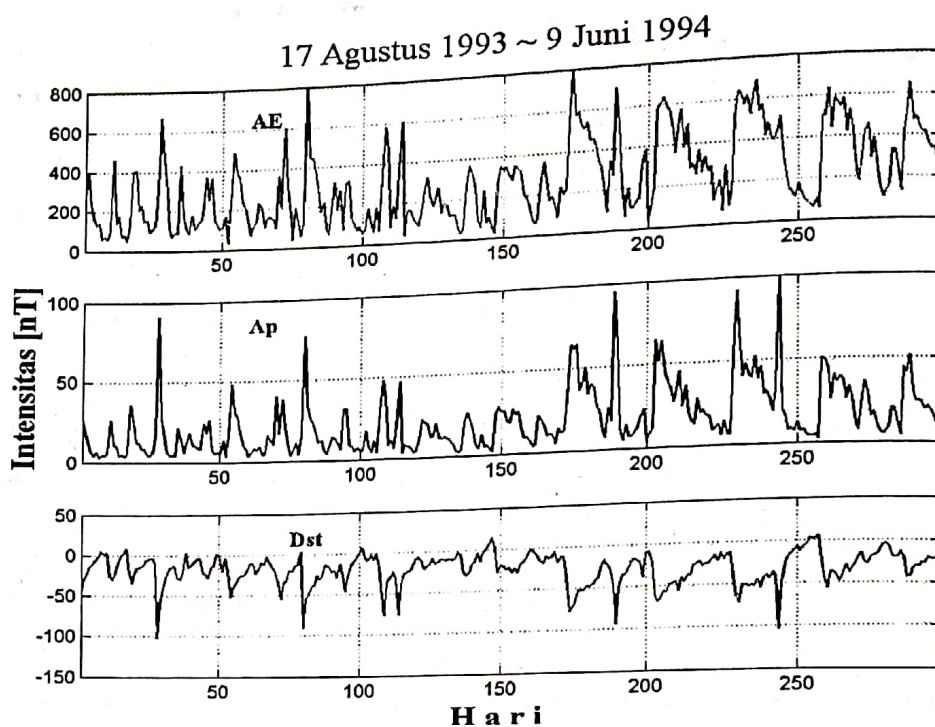
Gambar 3-2b: Menunjukkan power spektrum indeks magnet global Dst, AE, Ap pada tanggal 18 Desember 1973 sampai dengan tanggal 13 September 1974



Gambar 3-2c: Menunjukkan variasi osilasi indeks magnet pada tanggal 18 Desember 1973 sampai dengan tanggal 13 September 1974

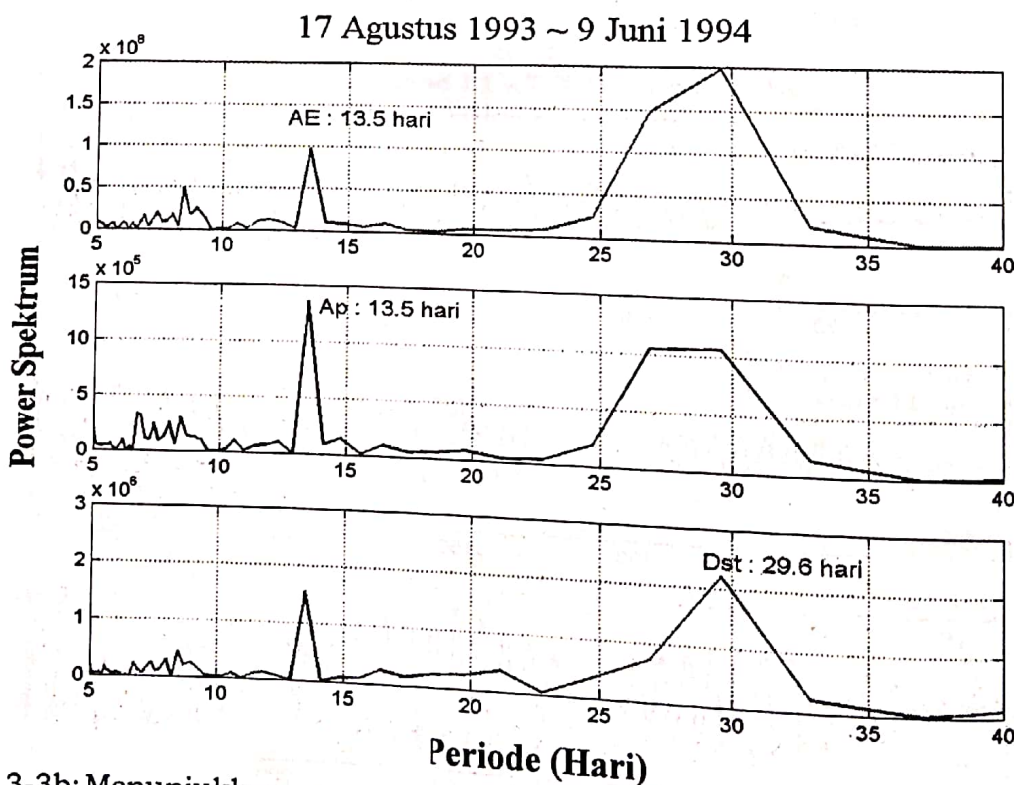


# Indeks Magnet Global



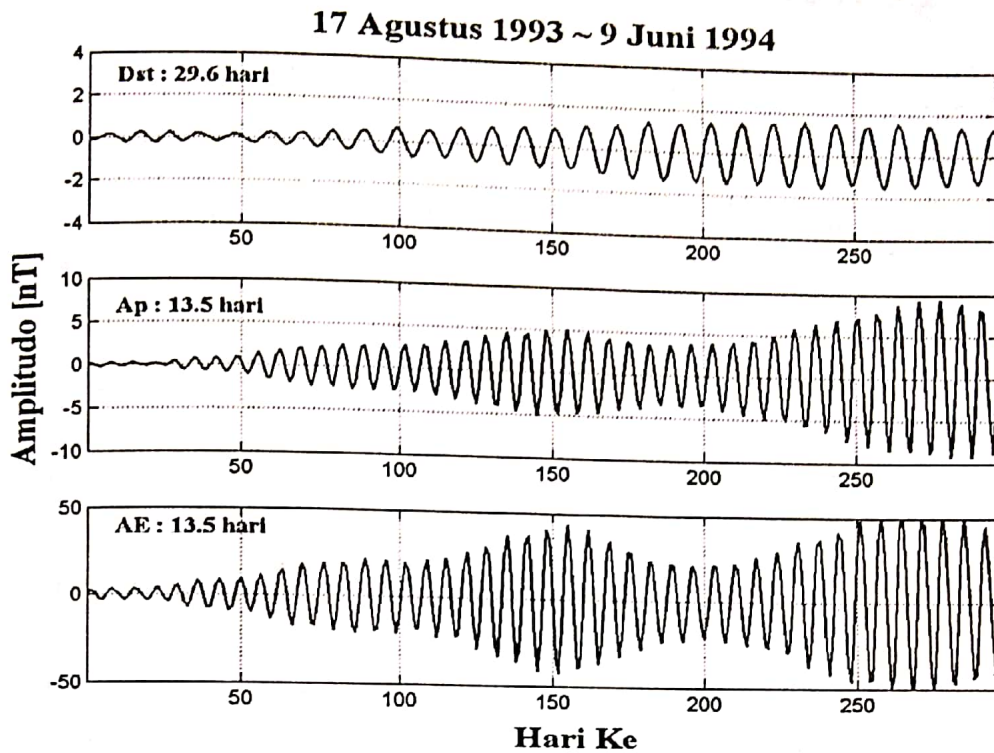
Gambar 3-3a: Variasi indeks magnet global Dst, AE, dan Ap bertepatan dengan aktivitas magnet periodik pada tanggal 17 Agustus 1993 sampai 9 Juni 1994

## Power Spektrum



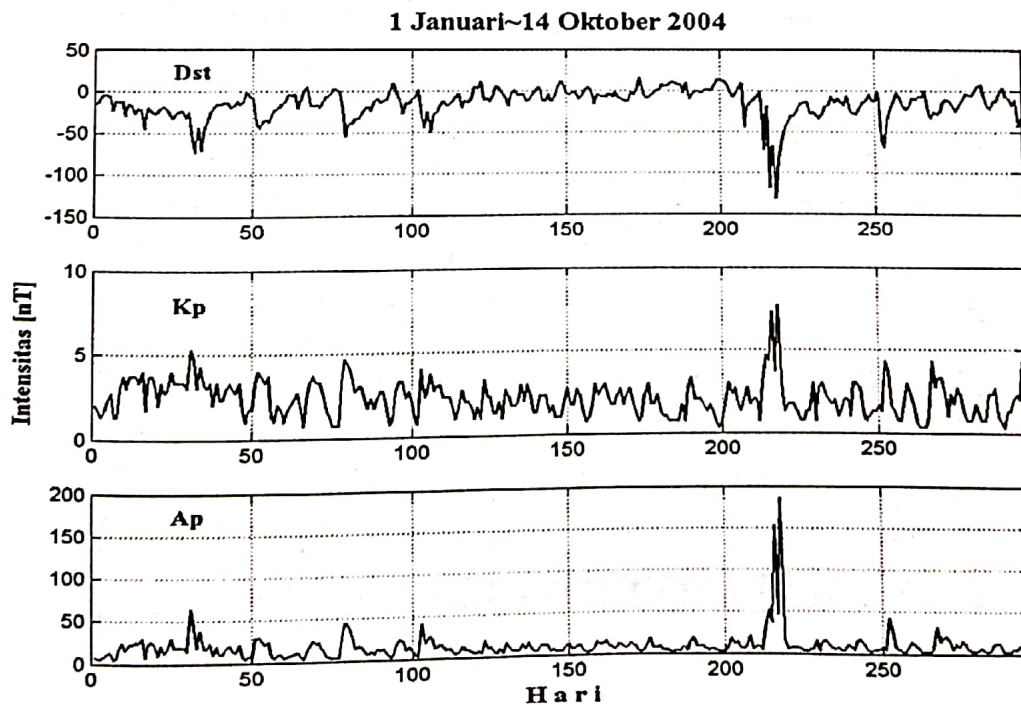
Gambar 3-3b: Menunjukkan power spectrum indeks magnet global Dst, AE, Ap pada tanggal 17 Agustus 1993 sampai dengan tanggal 9 Juni 1994

## Variasi Osilasi Indeks Magnet



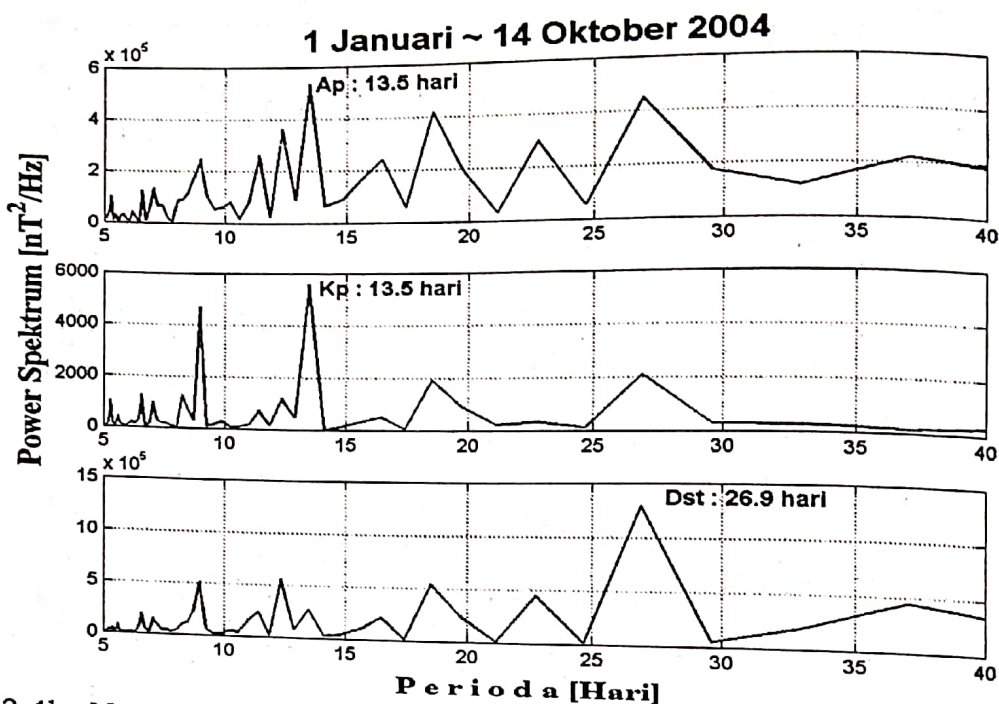
Gambar 3-3c: Menunjukkan variasi osilasi indeks magnet pada tanggal 17 Agustus 1993 sampai dengan tanggal 9 Juni 1994

## Variasi Medan Magnet



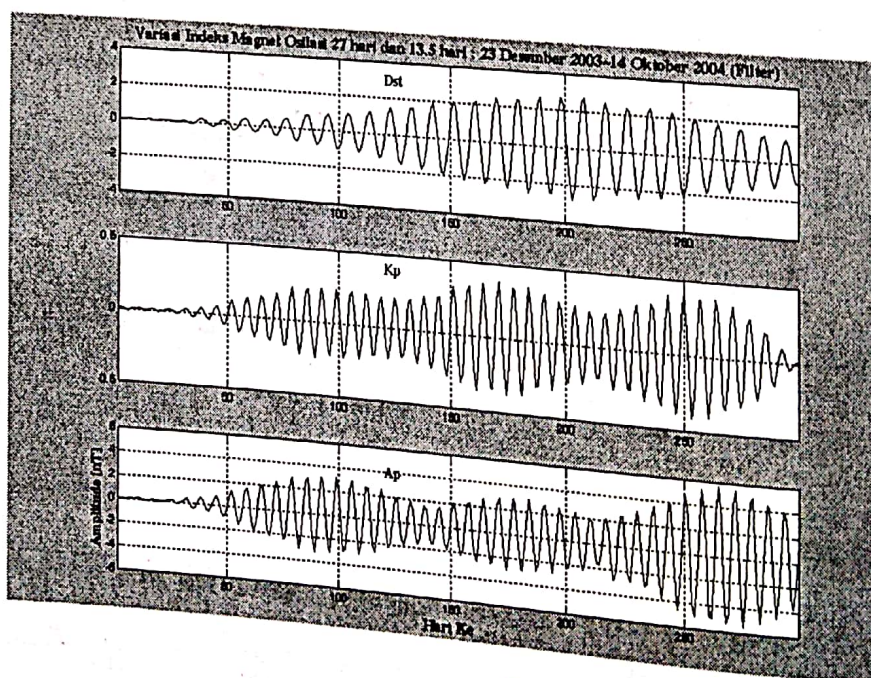
Gambar 3-4a: Variasi indeks magnet global Dst, AE, dan Ap bertepatan dengan aktivitas magnet periodik pada tanggal 1 Januari 2004 sampai 14 Oktober 2004

# Power Spektum Indeks Magnet

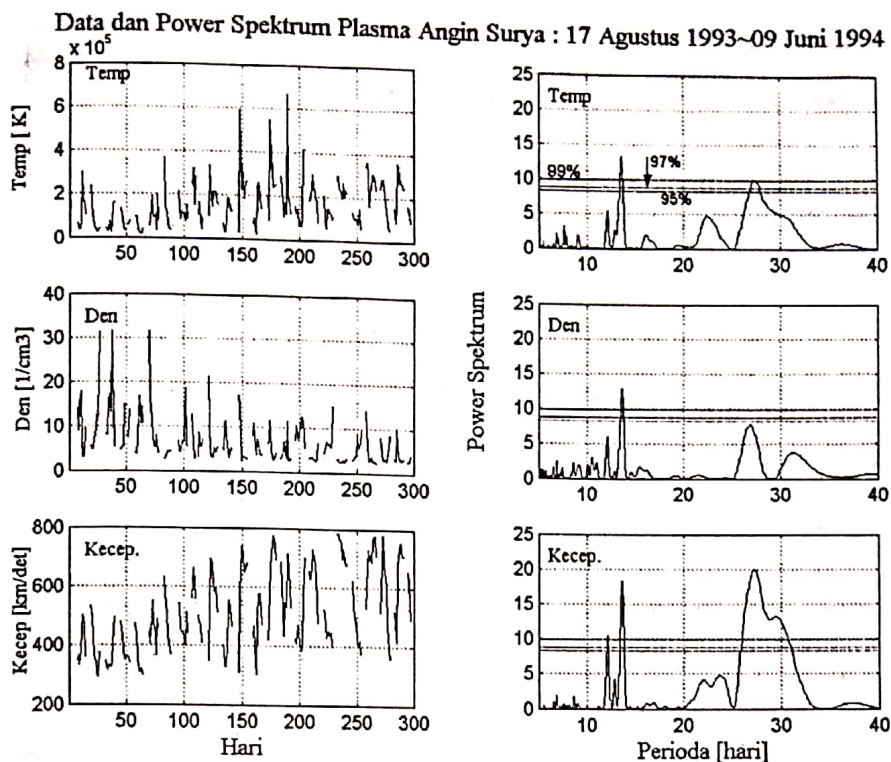


Gambar 3-4b: Menunjukkan power spectrum indeks magnet global Dst, AE, Ap pada tanggal 1 Januari 2004 sampai dengan tanggal 14 Oktober 2004

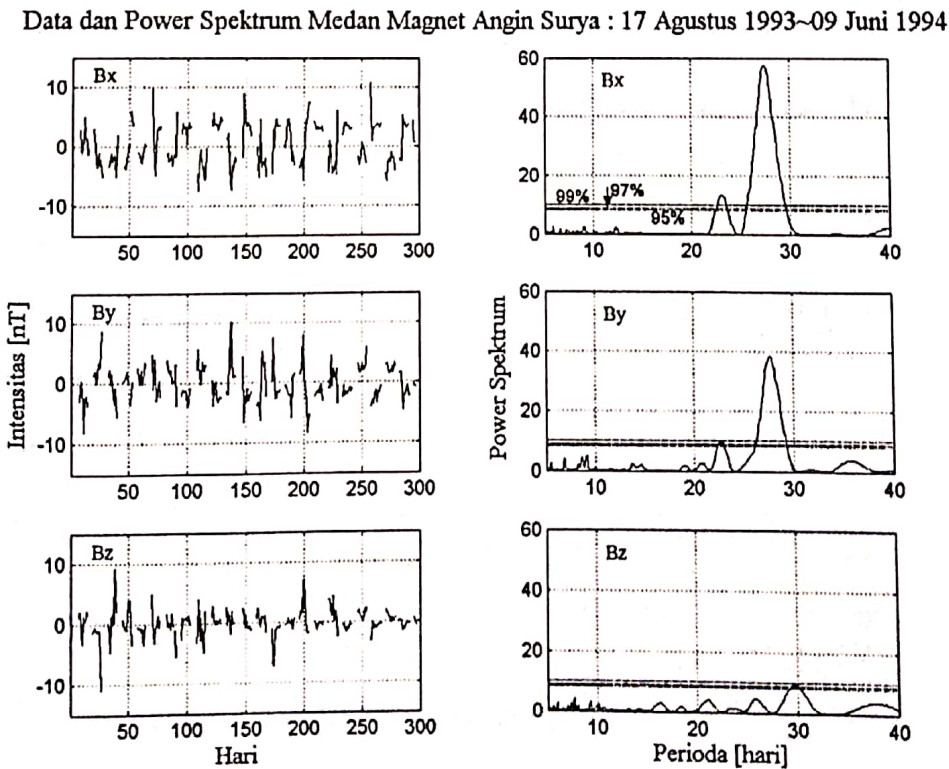
# Variasi Osilasi Indeks Magnet



Gambar 3-4c: Menunjukkan variasi osilasi indeks magnet pada tanggal 23 Desember 2003 sampai dengan tanggal 14 Oktober 2004

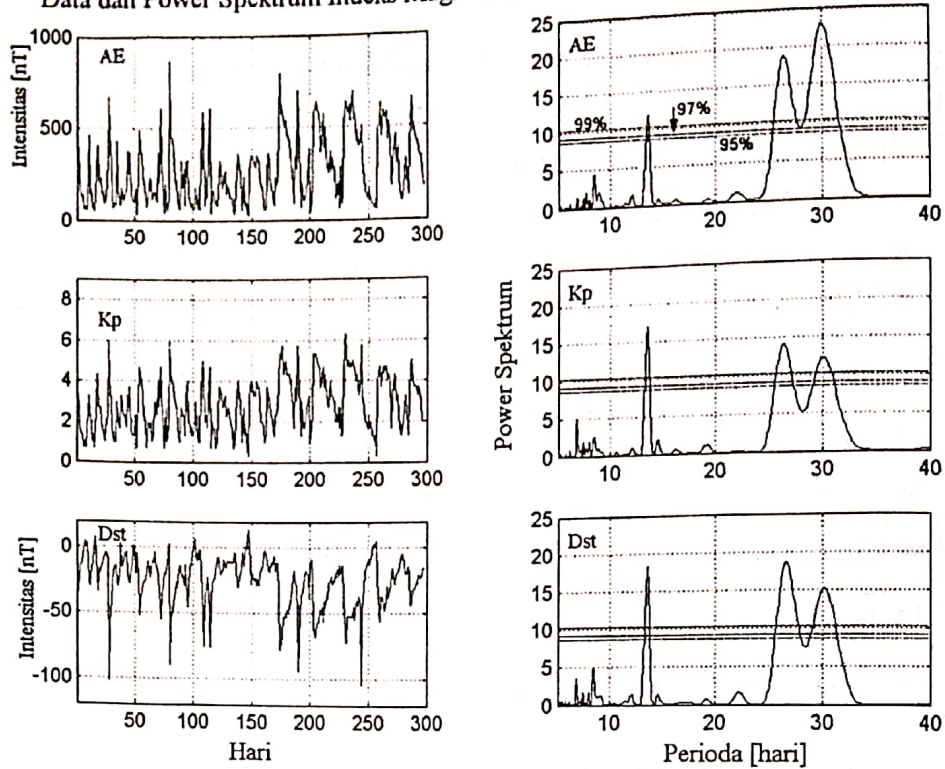


Gambar 3-5: Variasi parameter plasma angin surya: temperatur, densitas dan Kecepatan (kiri) dan fluktuasi power spektrum terhadap periode (kanan) tanggal 17 Agustus 1993 sampai 09 Juni 1994. Garis mendatar menunjukkan tingkat signifikansi puncak spektrum dengan masing-masing peluang adalah 99%, 97% dan 95%



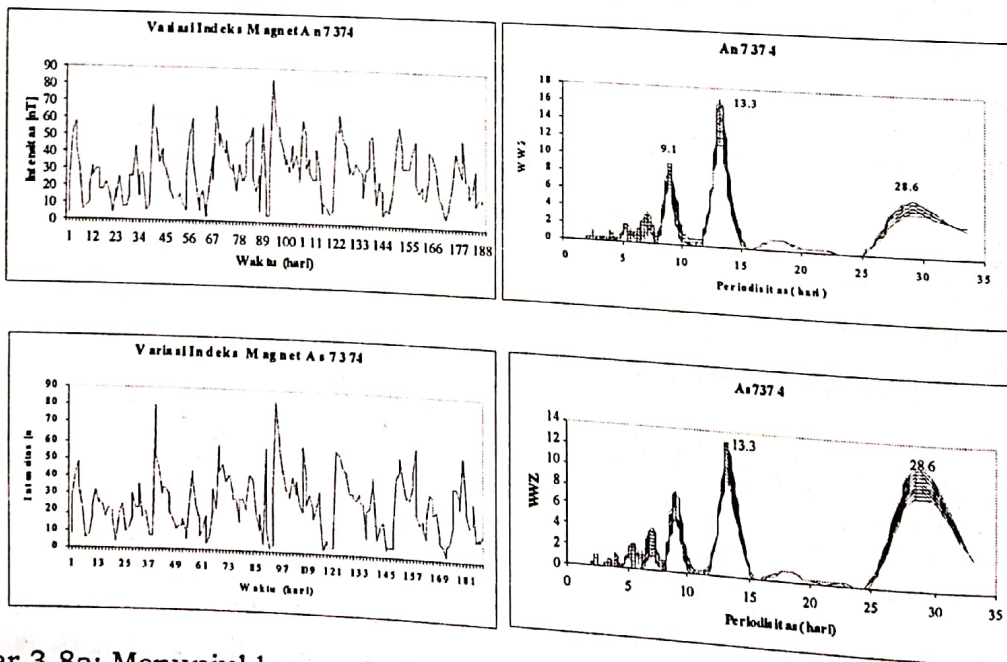
Gambar 3-6: Variasi komponen medan magnet angin surya :  $B_x$ ,  $B_y$  dan  $B_z$  (kiri) dan fluktuasi power spektrum terhadap periode (kanan) tanggal 17 Agustus 1993 sampai 09 Juni 1994. Garis mendatar menunjukkan tingkat signifikansi puncak spektrum dengan masing-masing peluang adalah 99%, 97% dan 95%

Data dan Power Spektrum Indeks Magnet Bumi : 17 Agustus 1993~09 Juni 1994



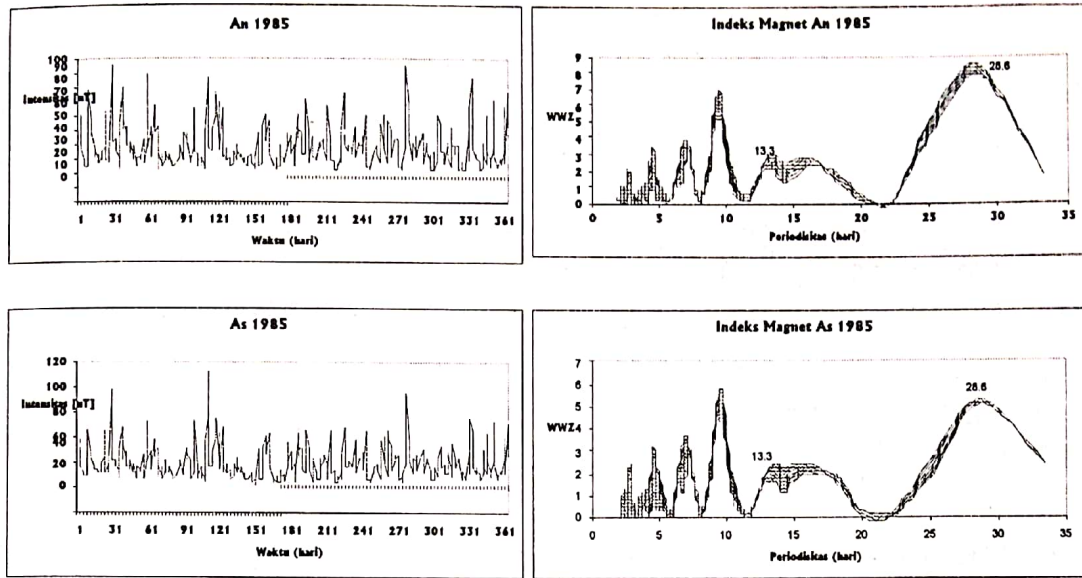
Gambar 3-7: Variasi indeks geomagnet global : AE (lintang tinggi), Kp (lintang tengah) dan Dst (lintang rendah) seperti terlihat pada sebelah kiri, serta fluktuasi power spektrum terhadap periode (kanan) tanggal 17 Agustus 1993 sampai 09 Juni 1994. Garis mendatar menunjukkan tingkat signifikansi puncak spektrum dengan masing-masing peluang adalah 99%, 97% dan 95%

Variasi dan periodisitas index An, As (1973-1974)



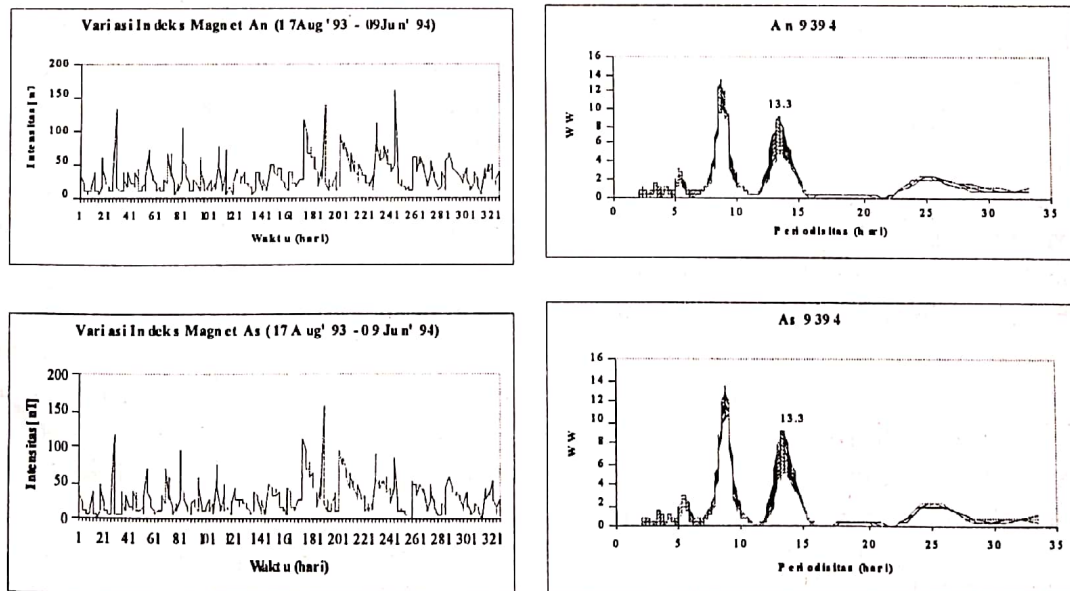
Gambar 3-8a: Menunjukkan variasi dan periodisitas indeks An dan As pada tahun 1973 sampai dengan tahun 1974

Variasi dan periodisitas An,As(1985)



Gambar 3-8b: Menunjukkan variasi dan periodisitas indeks An dan As pada tahun 1985

Variasi dan periodisitas An, As (17-08-1993 s.d 09-06-1994)



Gambar 3-8c: Menunjukkan variasi dan periodisitas indeks An dan As pada tanggal 17 Agustus 1993 sampai dengan 9 Juni 1994