

## Rekonstruksi Model Variasi Komponen H Pola Hari Tenang Stasiun Geomagnet Tangerang

Habirun

Peneliti Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa, LAPAN  
Jl. Dr. Junjunan No 133 Bandung 40173

### Abstrak.

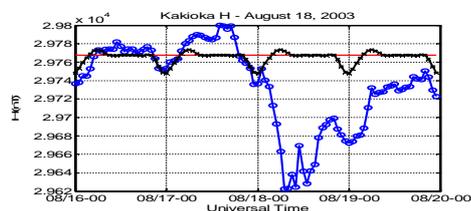
Model variasi komponen H pola hari tenang dengan dibangun menggunakan analisis Harmonik, hasilnya kurang begitu akurat. Oleh karena itu dilakukan rekonstruksi yang dikaitkan dengan periode variasi diurnal dan secara numerik, guna meningkatkan akurasi model pola hari tenang. Sehubungan disekitar stasiun-stasiun pengamat geomagnet wilayah Indonesia pada umumnya dipengaruhi berbagai aktivitas gangguan. Antara lain pengaruh gangguan dari internal seperti drau akibat aktivitas manusia didaerah sekitar stasiun dan aktivitas geomagnet itu sendiri seperti badai magnet. Aktivitas gangguan eksternal terutama dari matahari seperti akibat aktivitas *flare*, CME (*Coronal Massa Ejection*) dan *coronal hole*. Oleh karena itu variasi komponen H geomagnet sangat kompleks, berfluktuasi dan dinamis. Berdasarkan data variasi komponen H stasiun pengamat geomagnet BMG Tangerang ditentukan model variasi komponen H pola hari tenang dikaitkan dampak *diurnal variation* (variasi diurnal), hasilnya dibandingkan terhadap rata-rata variasi komponen H 5 hari tenang dengan koefisien korelasi 0,87. Demikian pula galat model 10,516 nT serta efisiensi model 73 %. Akurasi model rekonstruksi secara numerik lebih baik dibandingkan terhadap model variasi komponen H pola hari tenang dengan koefisien korelasi 0,99 dan galat model 1,815 nT serta efisiensi model 98 %.

**Kata kunci:** rekonstruksi model, variasi komponen H, Harmonik analisis, dampak variasi diurnal

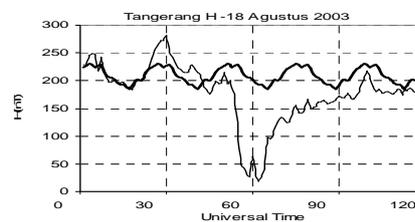
### 1. Pendahuluan

Variasi komponen H geomagnet dapat diuraikan dalam berbagai kondisi atau pola yang terbentuk sesuai dampak gangguan yang berpengaruh pada saat tertentu. Sehubungan sumber gangguan yang mempengaruhi medan magnet bumi (geomagnet) secara umum dapat digolongkan dalam dua katagori yakni gangguan internal dan gangguan eksternal. Gangguan internal adalah gangguan yang mempengaruhi medan magnet bumi berasal dari dalam bumi itu sendiri, diantaranya akibat dampak dari pergeseran batuan dalam bumi. Dampak seperti itu biasanya baru terlihat dengan jelas sekitar 40 hingga 100 tahun kemudian yang disebut trend variasi sekuler yang disampaikan McPherron (2005).

Demikian pula gangguan eksternal adalah gangguan yang mempengaruhi medan magnet bumi cukup banyak terutama dari aktivitas matahari. Sedangkan gangguan dari aktivitas matahari terdiri dari gangguan aktivitas matahari jangka panjang yang dinyatakan dengan siklus bintik matahari berperiode sekitar 11 tahun dan gangguan jangka pendek yang disebut gangguan yang bersifat temporal (Habirun., 2007). Gangguan yang bersifat temporal ini umumnya terjadi akibat badai magnet yang disebabkan aktivitas CME (*Coronal Mass Ejection*), *coronal hole* dan *flare*, sebagai contoh dampak badai magnet yang dinyatakan perbandingan antara variasi komponen H pola hari tenang dan saat badai magnet dari data stasiun pengamat geomagnet Kakioka Jepang dan BMG Tangerang Indonesia 18 -8 - 2003 (lihat gambar 1.1 dan 1.2).



**Gambar 1.1:** Variasi komponen H geomagnet dari 16 Agustus sampai dengan 20 Agustus 2003 (McPherron, 2005) pada saat terjadi badai magnet 18-8-2003 (garis titik) dibandingkan terhadap pola hari tenang (garis bintang) dari data stasiun pengamat geomagnet Kakioka Jepang

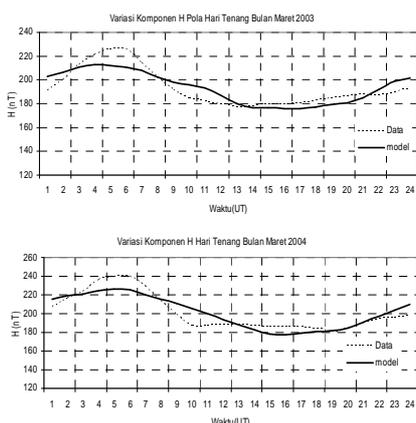


**Gambar 1.2:** Variasi komponen H pada saat badai Magnet tanggal 18 Agustus 2003 (garis halus) dan (garis tebal) variasi komponen H pola hari tenang dari data stasiun pengamat geomagnet BMG Tangeang (Habirun, 2007)

Pada gambar 1.1 dan gambar 1.2 menunjukkan perbandingan antara variasi komponen H geomagnet pada saat terjadi badai magnet dan dibandingkan terhadap variasi komponen H pola hari tenang. Perlu diketahui bahwa dampak badai

magnet pada variasi komponen H dari lintang tinggi hingga lintang rendah pada umumnya mempunyai pola yang sama. Sedangkan pola hari tenang ditentukan berdasarkan ketentuan Internasional, yang ditentukan dalam sebulan 5 hari yang paling tenang. Dalam 5 hari tenang itu kemudian setiap jam dilakukan perata-rataan sehingga diperoleh pola hari tenang pada bulan tertentu. Dengan barisan pola hari tenang itu setiap bulan ditentukan modelnya dengan menggunakan analisis Harmonik, sehingga masing-masing bulan dalam satu tahun diperoleh 12 barisan pola hari tenang. Sedangkan contoh variasi komponen H pola hari tenang bulan Maret 2003 dan 2004 dari stasiun pengamat geomagnet BMG Tangerang dapat dilihat pada gambar 1.3.

Pada gambar 1.3 merupakan salah satu contoh perbandingan antara model pola hari tenang dibandingkan terhadap data pola hari tenang dan akurasi model masih terlihat adanya bias atau perbedaan. Dengan adanya bias yang terlihat itu maka perlu dilakukan perbaikan atau rekonstruksi model variasi komponen H pola hari tenang supaya hasil yang diperoleh lebih baik. Untuk meningkatkan akurasi model variasi komponen H pola hari tenang yang ungkapan di atas maka pada uraian ini dibahas rekonstruksi model variasi komponen H pola hari tenang menggunakan metode analisis Harmonik yang dikaitkan terhadap periode variasi harian (*diurnal variation*) berperiode 24 jam, variasi semi diurnal berperiode 12 jam dan variasi quartal periode 6 jam. Dengan menggunakan data variasi komponen H pola hari tenang dari stasiun pengamat geomagnet Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) Tangerang.



**Gambar 1.3:** Data variasi komponen H geomagnet pola hari tenang (titik-titik) dibandingkan terhadap model pola hari tenang (garis), masing-masing digunakan data variasi komponen H pola hari tenang pada bulan Maret 2003 atas dan bulan Maret 2004 bawah dari data stasiun pengamat geomagnet BMG Tangerang

## 2. Rekonstruksi Model Variasi Komponen H

Variasi harian komponen H geomagnet telah disinggung sebelumnya bahwa sangat kompleks

dan berfluktuasi akibat dipengaruhi berbagai aktivitas gangguan yakni gangguan internal dan gangguan eksternal. Sehingga variasi komponen H terkelompok dalam keadaan terganggu akibat badai magnet, terganggu bukan akibat badai magnet dan tidak terganggu akibat aktivitas matahari tenang atau tidak terjadi ledakan di matahari dengan notasi Sq. Data Sq ini selama satu bulan tertentu dianggap hanya kontribusi dampak arus cincin akibat tekanan angin matahari sehingga variasi hari tenang dilakukan perata-rataan dan diperoleh variasi komponen H pola hari tenang dan contoh variasi komponen H pola hari tenang dapat dilihat pada gambar 1.3. Pada gambar 1.3 menunjukkan suatu kondisi variasi komponen H pola hari tenang dalam keadaan tenang dari data stasiun pengamat geomagnet Tangerang. Dan kondisi data seperti itu variasi komponen H pola hari tenang dari stasiun pengamat geomagnet BMG Tangerang ditentukan. Berdasarkan hasil-hasil analisis model variasi komponen H pola hari tenang dengan analisis Harmonik tunggal (Habirun., 2007 dan 2008) dan analisis Harmonik ganda (Mamat., 2006) telah diuraikan secara detail. Konstruksi model pola hari tenang pada uraian ini berdasarkan analisis Harmonik dan dinyatakan dengan persamaan (2.1) untuk digunakan pada lokasi dan area stasiun pengamat geomagnet tunggal, seperti stasiun pengamat geomagnet BMG Tangerang dan Biak sehingga analisis Harmonik ganda disederhanakan kemudian dijabarkan menjadi analisis Harmonik tunggal, dan dinyatakan oleh

$$Y(t) = \mu + \sum_{n=1}^{\infty} \left( \alpha_n \cos \frac{2n\pi t}{\lambda} + \beta_n \sin \frac{2n\pi t}{\lambda} \right) + \varepsilon(t) \quad \dots (2.1)$$

dengan  $\mu$  rata-rata dan  $\varepsilon(t)$  galat model. Untuk menghitung konstanta-konstanta persamaan di atas digunakan metode kuadrat terkecil dan hasil penurunannya adalah

$$\alpha_n = \frac{2}{N} \sum_{t=1}^N Y(t) \cos \frac{2n\pi t}{\lambda} \quad \beta_n = \frac{2}{N} \sum_{t=1}^N Y(t) \sin \frac{2n\pi t}{\lambda}$$

$$R_n = \left( \frac{1}{2} \right) \sqrt{\alpha_n^2 + \beta_n^2} \quad \phi_n = \tan^{-1} \frac{-\beta_n}{\alpha_n}, \quad \alpha_n > 0$$

Dari model persamaan (2.1) perumusan konstanta-konstanta model rekonstruksi variasi harian komponen H pola hari tenang dengan dikaitkan periode  $n = 24, 12$  dan  $6$  jam masing-masing secara berurutan dapat dihitung dengan

$$A_n(\text{baru}) = \alpha_n(\text{lama}) + \delta \frac{2}{T} [H(t) - \bar{H}(t)] \cos \left( \frac{2\pi n t}{T} \right) \quad \dots (2.2)$$

$$B_n(\text{baru}) = \beta_n(\text{lama}) + \lambda \frac{2}{T} [H(t) - \bar{H}(t)] \sin \left( \frac{2\pi n t}{T} \right)$$

$\delta$  dan  $\lambda$  adalah perubahan konstanta Harmonik yang mengikuti perubahan karakteristik variasi komponen H jangka panjang. Nilai  $\delta$  dan  $\lambda$  merupakan pendekatan konstanta data variasi komponen H dalam interval waktu 11 hari (Ames, 1967). Melalui persamaan (2.2) kemudian disubstitusikan kedalam persamaan (2.1) sehingga diperoleh model rekonstruksi

variasi komponen H pola hari tenang dengan notasi ( $Y^*$ ) yang dinyatakan dalam persamaan (2.3) adalah

$$Y^*(t) = \mu + \sum_{n=1}^{\infty} \left( A_n \cos \frac{2\pi nt}{T} + B_n \sin \frac{2\pi nt}{T} \right) + v(t) \quad \dots (2.3)$$

Akurasi model variasi komponen H pola hari tenang persamaan (2.1) dan model rekonstruksi variasi komponen H pola hari tenang persamaan (2.3) dapat dihitung melalui persamaan (2.4), (2.5) dan (2.6). Penggunaan korelasi R, deviasi standar St dan efisiensi prediksi PE untuk melukiskan ketelitian dari suatu hasil model atau prediksi. Koefisien korelasi didefinisikan sebagai

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n [(X_i - \bar{X}_i)(\hat{X}_i - \bar{\hat{X}}_i)]}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}_i)^2 \sum_{i=1}^n (\hat{X}_i - \bar{\hat{X}}_i)^2}} \quad \dots (2.4)$$

maka deviasi standar adalah

$$St = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \hat{X}_i)^2} \quad \dots (2.5)$$

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

$$ARV = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \hat{X}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}_i)^2} \quad \dots (2.6)$$

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

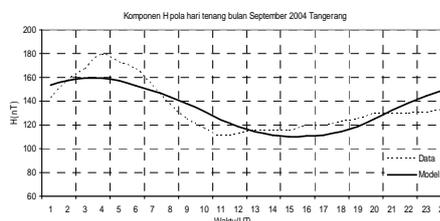
### 3. Hasil Dan Pembahasan

Dalam hasil-hasil konstruksi model variasi komponen H geomagnet yang diungkapkan pada bagian ini dikelompokkan atas dua kelompok yakni konstruksi model dengan dikaitkan terhadap

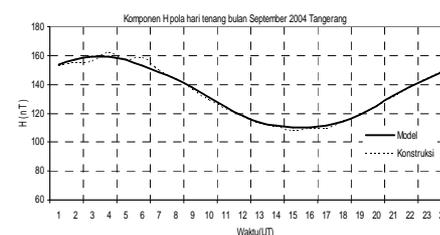
hanya periode variasi diurnal 24 jam. Kemudian analisis konstruksi model variasi komponen H pola hari tenang dilakukan dengan dikaitkan terhadap periode variasi diurnal 24 jam, variasi semi diurnal berperiode 12 jam dan variasi quartal periode 6 jam. Hasil analisis selengkapnya dari konstruksi model variasi komponen H pola hari tenang diuraikan pada bab 3.1 dan 3.2.

#### 3.1. Konstruksi Model Variasi Komponen H Dengan Periode 24 jam

Berdasarkan data variasi komponen H pola hari tenang dari stasiun pengamat geomagnet BMG Tangerang yang diambil sebagai contoh bulan September 2004. Dari data itu model variasi komponen H pola hari tenang dihitung menggunakan metode analisis Harmonik dengan dikaitkan periode variasi diurnal dan hasilnya dinyatakan pada gambar 3.1a. Akurasi model variasi komponen H pola hari tenang dibandingkan terhadap data rata-rata 5 hari tenang dengan koefisien korelasi 0,87. Demikian pula untuk galat model sebesar 10,516 nT serta efisiensi model yang dinyatakan dengan PE sekitar 73 %. Perlu diketahui bahwa akurasi model variasi komponen H pola hari tenang ini tergantung dari kondisi fluktuasi data yang diperoleh, bila data yang dianalisis cukup stabil maka akurasi model semakin tinggi dan sebaliknya semakin rendah.



a



b

**Gambar 3.1:** Data variasi komponen H pola hari tenang dibandingkan terhadap model variasi komponen H pola hari tenang (a) dan model variasi komponen H pola hari tenang dibandingkan terhadap model konstruksi variasi komponen H pola hari tenang (b) September 2004 dari data stasiun pengamat geomagnet BMG Tangerang

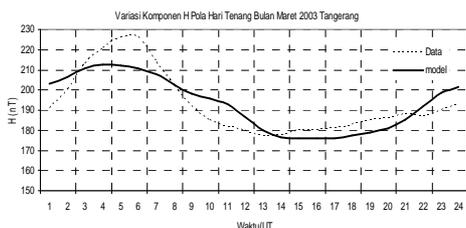
Selanjutnya, dari model variasi komponen H pola hari tenang yang diperoleh di atas kemudian dilakukan konstruksi model menggunakan persamaan (2.2) sehingga diperoleh koefisien korelasi anantara model konstruksi terhadap model variasi komponen H pola hari tenang sebesar 0,99. Demikian pula untuk galat model

konstruksi yang diperoleh sebesar 1,815 nT dengan efisiensi model konstruksi 98 %. Akurasi model konstruksi variasi komponen H pola hari tenang dibandingkan terhadap model variasi komponen H pola hari tenang dapat dilihat pada gambar 3.1b.

Pada model variasi komponen H pola hari tenang yang direkonstruksi menggunakan dampak variasi diurnal berperiode 24 jam tidak mengikuti variasi komponen H pola hari tenang dari rata-rata 5 hari tenang, tetapi mengikuti model variasi komponen H pola hari tenang. Dengan hal itu model variasi komponen H pola hari tenang masih perlu dilakukan kembali rekonstruksi dengan menggunakan dampak variasi diurnal, variasi semi diurnal dan variasi quartal diurnal masing-masing berperiode 24, 12 dan 6 jam, diuraikan pada bab 3.2.

### 3.2. Konstruksi Model Variasi Komponen H Dengan Periode 24, 12 dan 6 jam

Dalam konstruksi model variasi komponen H pola hari tenang pada bagian ini digunakan data variasi komponen H pola hari tenang dari stasiun pengamat geomagnet BMG Tangerang bulan Maret 2003. Dari data itu dihitung model variasi komponen H pola hari tenang dan hasil yang diperoleh kemudian dibandingkan terhadap data variasi komponen H rata-rata 5 hari tenang (lihat gambar 3.2). Akurasi model variasi komponen H pola hari tenang pada bulan Maret 2003 dengan koefisien korelasi sebesar 0,86. Demikian pula untuk galat model dan efisiensi model masing-masing secara berurutan 13,158 nT dan 75 %. Model variasi komponen H pola hari tenang yang diperoleh berdasarkan data bulan Maret 2003 akurasi tidak jauh berbeda dengan model variasi komponen H pola hari tenang berdasarkan data pada bulan September 2004.



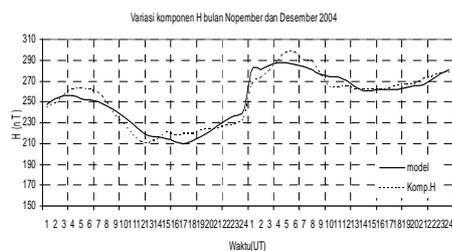
**Gambar 3.2:** Data variasi komponen H pola hari tenang dibandingkan terhadap model variasi komponen H pola hari tenang bulan Maret 2003 dari data stasiun pengamat geomagnet BMG Tangerang

Dari gambar 3.1 pada bab 3.1 demikian pula gambar 3.2 pada bab 3.2, akurasi model variasi komponen H yang diperoleh dari ketiga cara konstruksi model tersebut dan masing-masing hasilnya dapat dilihat pada tabel 3.1. Konstruksi model variasi komponen H dengan menggunakan dampak variasi harian yang berperiode 24 jam serta menggunakan dampak 3 periode yakni 24, 12 dan 6 jam. Hasil kedua model konstruksi variasi komponen H di atas pada umumnya mempunyai akurasi yang hampir sama. Sedangkan dibandingkan terhadap model

konstruksi variasi komponen H secara numerik melalui persamaan (2.3) akurasi cukup jauh lebih baik lihat tabel 3.1 kolom 5

**Tabel 3.1 :** Akurasi Model Konstruksi variasi Komponen H Pola hari tenang dari tiga macam Konstruksi yakni periode (24,12,6) jam, Periode hanya 24 jam dan Konstruksi secara Matematis dengan Periode 24 jam dari data Stasiun Pengamat Geomagnet BMG Tangerang

No	Kons. Par. Stat	Maret 2003	Septemb er 2004	Sept 2004
		Period (24,12,6) jam	Period 24 jam	Kons. Numerik
1	2	3	4	5
1	$\rho$	0,86	0,87	0,99
2	s.dev.	13,158 nT	10,516 nT	1,815 nT
3	PE	75 %	73 %	98 %



**Gambar 3.3:** Data variasi komponen H pola hari tenang dibandingkan terhadap model variasi komponen H pola hari tenang yang secara numerik bulan Nopember dan Desember 2004 dari data stasiun pengamat geomagnet BMG Tangerang

Pada tabel 3.1 menunjukkan perbandingan antara tiga model rekonstruksi variasi komponen H pola hari tenang dari data stasiun pengamat geomagnet MBG Tangerang. Model rekonstruksi variasi komponen H pola hari tenang bulan Maret 2003 pada kolom 3 direkonstruksi menggunakan tiga periode yakni periode 24, 12, dan 6 jam dengan efisiensi model konstruksi 75 % dan galat model 13.158 nT. Kemudian pada kolom 4 model direkonstruksi menggunakan periode 24 jam dengan efisiensi model konstruksi 73 % dan mempunyai galat model 10.516 nT. Kedua model konstruksi yang diungkapkan di atas akurasi tidak jauh berbeda, berarti dampak periode 12 dan 6 jam mempengaruhi variasi komponen H pola hari tenang tidak begitu dominan. Lain halnya dengan model variasi komponen H pola hari tenang direkonstruksi secara numerik melalui persamaan (2.3) dan hasil analisis yang diperoleh dengan efisiensi model konstruksi 98 % dan galat model 1.815 nT. Dengan demikian konstruksi model variasi komponen H pola hari tenang direkonstruksi secara numerik yang lebih baik dari pada direkonstruksi menggunakan periode dampak variasi diurnal. Dan hasil rekonstruksi model variasi komponen H pola hari tenang secara numerik berdasarkan data bulan

Nopember dan Desember 2004 dapat dilihat pada gambar 3.3 dan menunjukkan hasil lebih baik karena model rekonstruksi mengikuti perubahan data variasi komponen H.

#### 4. Kesimpulan

Sehubungan uraian yang diungkapkan pada makalah ini tentang perbandingan antara model variasi komponen H pola hari tenang yang dikaitkan dengan dampak variasi harian berperiode 24, 12 dan 6 jam dibandingkan terhadap model variasi komponen H yang direkonstruksi secara numerik. Berdasarkan data variasi komponen H stasiun pengamat geomagnet BMG Tangerang ditentukan model variasi komponen H pola hari tenang, hasilnya dibandingkan terhadap rata-rata 5 hari tenang dengan koefisien korelasi 0,87. Demikian pula galat model 10,516 nT serta efisiensi model 73 %. Akurasi model konstruksi dibandingkan terhadap model variasi komponen H pola hari tenang dengan koefisien korelasi 0,99 dan galat model 1,815 nT serta efisiensi model konstruksi 98 %. Sesuai hasil konstruksi model variasi komponen H pola hari tenang yang diperoleh cukup akurat maka analisis model variasi komponen H pola hari tenang lebih baik menggunakan model variasi komponen H yang direkonstruksi secara numerik.

#### Daftar Pustaka

- Ames J. W., and Egan R. D., 1967 Digital recording and short-time prediction of oblique ionosphere Propagation, *IEEE Transaction on antennas and propagation*. Vol. **AP-15**, No. 3 May pp.382-389.
- 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.
- Habirun, S. Agung N., Anwar Santoso, Sity Rachyany, Hary Bangkit, 2008. *Model prediksi variasi harian geomagnet*, Program Penelitian pada tahun anggaran 2008.
- Habirun., 2007. Model simulasi variasi komponen H pada saat badai magnet, *Prodising Seminar Nasional Matematika* oleh UPI kerja sama dengan Pascasarjana Universitas Gajah Mada. 8 Desember 2007 di Bandung Hal. 303-307
- Mamat. R., Sity R., Habirun, Visca. W., 2006 Penentuan pola hari tenang untuk mendapatkan tingkat gangguan geomagnet di Biak, *Majalah sains teknologi dirgantara*, Vol. **1** No.2 Juni hal. 103 – 113 LAPAN Jakarta
- McPherron (2005). "Calculation of the Dst index," *Presentation at LWS CDAW Workshop Fairfax, Virginia*. Email: [rmpcpherron@igpp.ucla.edu](mailto:rmpcpherron@igpp.ucla.edu).