

HUBUNGAN ANTARA MEDAN MAGNET ANTARPLANET DENGAN KECEPATAN ANGIN SURYA

Sity Rachyany

Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)

e-mail: rachyan_mei@yahoo.com, rachyany@bdg.lapan.gd.id

Abstrak - Gangguan geomagnet yang dikenal dengan badai geomagnet dipengaruhi oleh berbagai faktor baik dari aktivitas matahari, maupun lingkungan antariksa di sekitarnya. Kecepatan angin surya dan medan magnet antarplanet memegang peranan penting yang menyebabkan terjadinya gangguan geomagnet. Dengan mengolah dan menganalisis data medan magnet antarplanet (*Interplanetary Magnetic Field, IMF*) dan kecepatan angin surya yang ditunjukkan oleh B_z dan V_{sw} , diperoleh hubungan non linear, polinomial pangkat dua yang dinyatakan dalam persamaan $B_z = 1177.2 + 54.74 V + 1.42 V^2$ untuk angin surya dengan kecepatan lebih besar dari 400 km/detik.

Kata kunci: gangguan geomagnet, kecepatan angin surya, medan magnet antarplanet

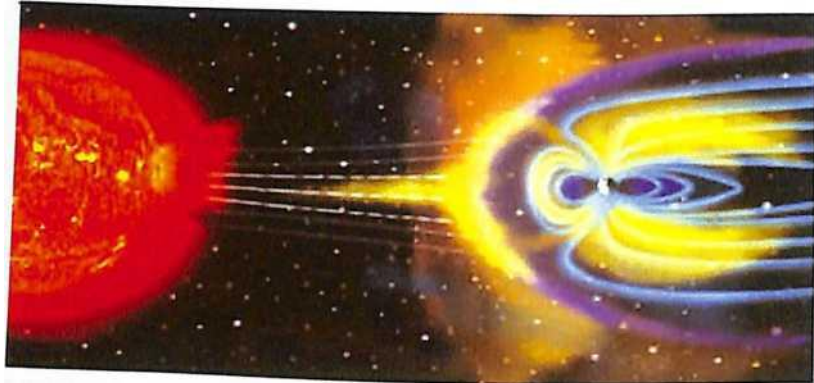
Abstract - Geomagnetic disturbance that known as geomagnetic storm is affected by various factors either from solar activity, and also space environment around it. Solar wind speed and interplanetary magnetic field play role that causing the occurrence of geomagnetic disturbance. By analyzing the interplanetary magnetic field (IMF) and solar wind speed represented by B_z and V_{sw} , we obtained the non linear relationship, 2nd orde polinomial which is expressed by $B_z = 1177.2 + 54.74 V + 1.42 V^2$ for solar wind speed higher than 400 km/second.

Keywords: geomagnetic disturbance, solar wind speed, interplanetary magnetic field

1. PENDAHULUAN

Gangguan geomagnet yang dikenal dengan badai geomagnet dipengaruhi oleh berbagai faktor baik dari aktivitas matahari maupun lingkungan antariksa di sekitarnya. Terjadinya gangguan geomagnet ini diawali dengan aktivitas geomagnet yang dibangkitkan oleh interaksi angin surya dengan magnetosfer dalam kaitannya dengan alih energi dan alih massa. Komponen utara selatan medan magnet antarplanet dan kecepatan angin surya memegang peranan penting yang menyebabkan aktivitas geomagnet menjadi dinamis. Aktivitas geomagnet akan mengalami peningkatan bahkan berkembang menjadi badai geomagnet apabila gangguan angin surya cukup signifikan. Sumbernya berasal dari angin surya dengan kecepatan tinggi dan didukung oleh medan magnet antarplanet arah selatan. Gangguan angin surya ini dapat diakibatkan oleh lontaran massa korona (*Coronal Mass Ejection, CME*), lubang korona (*coronal hole/CH*) dan daerah interaksi antara angin surya kecepatan rendah dengan angin surya kecepatan tinggi.

Sebagai gambaran interaksi aktivitas matahari dengan magnetosfer bumi, seperti yang terlihat pada Gambar 1-1.



Gambar 1-1. Interaksi antara aktivitas matahari dengan magnetosfer bumi
(Sumber: Geomagnetic storm-Wikipedia, the free encyclopedia)

Dari hasil penelitian Rachyany (2009a) tentang badai geomagnet yang dipengaruhi oleh kecepatan angin surya dan medan magnet antarplanet dengan menggunakan metode regresi berganda, diperoleh hubungan linear yang dinyatakan sebagai

$$Dst = -18.643 + 5A \sqrt{Bz} - 0.056K \quad (1-1)$$

dengan korelasi sebesar 0,76. Indeks Dst adalah suatu ukuran geomagnet yang merupakan indikator badai geomagnet sedangkan Bz menunjukkan kuat medan magnet antarplanet (Interplanetary Magnetic Field) dan V adalah kecepatan angin surya. Selanjutnya, telah dilakukan juga pengujian dengan menggunakan uji multikolinearitas antara medan magnet antarplanet dengan kecepatan angin surya yang hasilnya menunjukkan bahwa antara kedua parameter tersebut tidak terdapat hubungan linear yang ditunjukkan dengan nilai toleransi dan VIF (*Variance Inflation Factor*) sekitar 1 (Rachyany, 2009b). Untuk itu, dalam tulisan ini akan dibahas bagaimana hubungan antara medan magnet antarplanet dengan kecepatan angin surya saat terjadinya badai geomagnet.

2. DATA DAN METODE

2.1. Data

Data yang digunakan untuk mendukung penelitian ini adalah data medan magnet antarplanet IMF, Bz dan data kecepatan angin surya, Vsw yang diperoleh dari hasil pengamatan wahana antariksa Advanced Composition Explorer ACE (Watari *et al* 2004) dari tahun 1998 hingga 2000 atau dapat juga diperoleh dari situs internet dengan alamat <http://www.wdc.rl.ac.uk>.

2.2. Metodologi

Metode yang digunakan untuk keperluan ini adalah metode non linear, polinomial seperti yang dinyatakan dalam formulasi berikut:

$$W = B_0 + B_1X + B_2X^2 \quad (2-1)$$

Persamaan (2-1) adalah persamaan polinomial pangkat 2 (dua) atau disebut juga regresi kuadratik (Sudjana, 1982). Dengan menggunakan metode kuadrat terkecil, maka koefisien B_0 , B_1 dan B_2 dapat dihitung dari sistem persamaan (2-2):

$$\begin{aligned} \sum W &= nB_0 + B_1 \sum X + B_2 \sum X^2 \\ \sum XW &= B_0 \sum X + B_1 \sum X^2 + B_2 \sum X^3 \\ \sum X^2W &= B_0 \sum X^2 + B_1 \sum X^3 + B_2 \sum X^4 \end{aligned} \quad (2-2)$$

Untuk mendapatkan koefisien-koefisien dalam persamaan (2-1), diperlukan nilai-nilai X dan W , dalam hal ini X sebagai kecepatan angin surya dan W sebagai parameter medan magnet antarplanet, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 1:

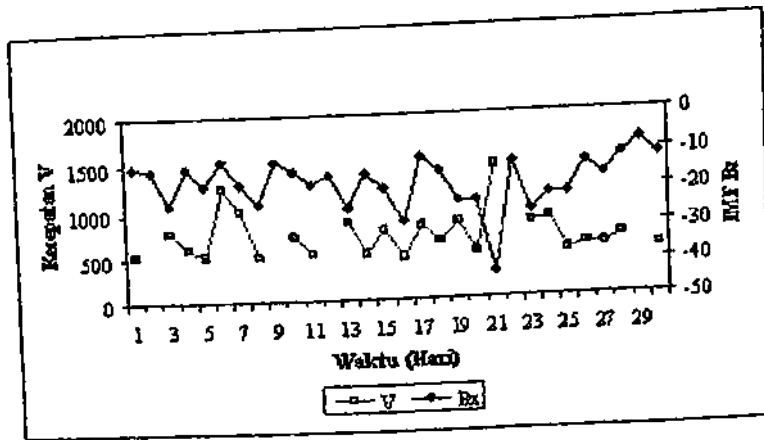
Tabel 2-1
Nilai-nilai yang diperlukan untuk menentukan koefisien persamaan kuadratik

X_i	W_i	X_i^2	X_i^3	X_i^4	X_iW_i	$X_i^2W_i$
X_1	W_1	X_1^2	X_1^3	X_1^4	X_1W_1	$X_1^2W_1$
X_2	W_2	X_2^2	X_2^3	X_2^4	X_2W_2	$X_2^2W_2$
X_3	W_3	X_3^2	X_3^3	X_3^4	X_3W_3	$X_3^2W_3$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
X_{30}	W_{30}	X_{30}^2	X_{30}^3	X_{30}^4	$X_{30}W_{30}$	$X_{30}^2W_{30}$
$\sum X$	$\sum W$	$\sum X^2$	$\sum X^3$	$\sum X^4$	$\sum XW$	$\sum X^2W$

Dengan mensubstitusikan nilai-nilai medan magnet antarplanet dan kecepatan angin surya dalam Tabel 2-1 ke dalam sistim persamaan (2-2) maka 'diperoleh koefisien polinomial #0, B_x dan B_2 .

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

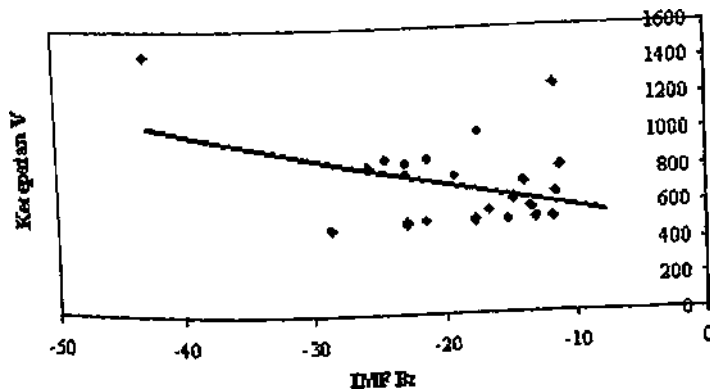
Sebelum melakukan perhitungan dan analisis data medan magnet antarplanet dan kecepatan angin matahari, perlu diketahui terlebih dahulu fluktuasi dari kedua parameter tersebut. Berdasarkan data medan magnet antarplanet B_z dan kecepatan angin surya V_{sw} yang diperoleh dari hasil pengamatan wahana ACE dapat ditunjukkan dalam Gambar 3-1.



Gambar 3-1 Perbandingan fluktuasi medan magnet antarplanet Bz dengan kecepatan angin surya dari tahun 1998 hingga 2000

Dari Gambar 3-1 terlihat bahwa fluktuasi medan magnet antarplanet ditunjukkan dalam koordinat dengan absis waktu (hari) dan ordinat (vertikal sebelah kanan) intensitas Bz. Sedangkan fluktuasi kecepatan angin surya ditunjukkan dalam koordinat dengan absis waktu (hari) dan ordinat (vertikal sebelah kiri) intensitas kecepatan angin surya.

Berdasarkan data pengamatan medan magnet antarplanet dengan kecepatan angin surya dapat dilihat hubungan antara ke dua parameter tersebut, seperti yang terlihat pada Gambar 3-2 berikut:



Gambar 3-2 Hubungan antara medan magnet antarplanet Bz dengan kecepatan angin surya tahun 1998 hingga 2000

Dari Gambar 3-2 terlihat bahwa hubungan antara kedua parameter tersebut, tidak mempunyai hubungan linear. Hal ini sesuai dengan hasil perhitungan menggunakan persamaan (2-4), diperoleh $r = 0,4$, yang menunjukkan bahwa

HUBUNGAN ANTARA MEDAN MAGNET ANTARPLANET

korelasinya tidak linear dan hasil ini diperkuat dengan hasil uji multikolinearitas (O'Brien, 2007) pada model badai geomagnet berdasarkan medan magnet antarplanet dan kecepatan angin matahari (Rachyany, 2009b) dengan nilai toleransi dan VIF sekitar 1, lebih tepatnya adalah nilai toleransi = 0,928 dan VIF = 1,077 yang artinya bahwa antara medan magnet antarplanet dengan kecepatan angin surya tidak mempunyai masalah multikolinearitas/ tidak berkorelasi, artinya tidak berkorelasi linear. Untuk itu perlu diteliti lebih jauh lagi, bagaimana keterkaitannya antara ke dua parameter tersebut.

Untuk mendapatkan koefisien-koefisien dalam persamaan (2-1), diperlukan nilai-nilai parameter medan magnet antarplanet dan kecepatan angin surya dengan menghitung parameter-parameter, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel berikut:

Tabel 3-1
 Nilai-nilai yang diperlukan untuk menentukan koefisien persamaan kuadratik

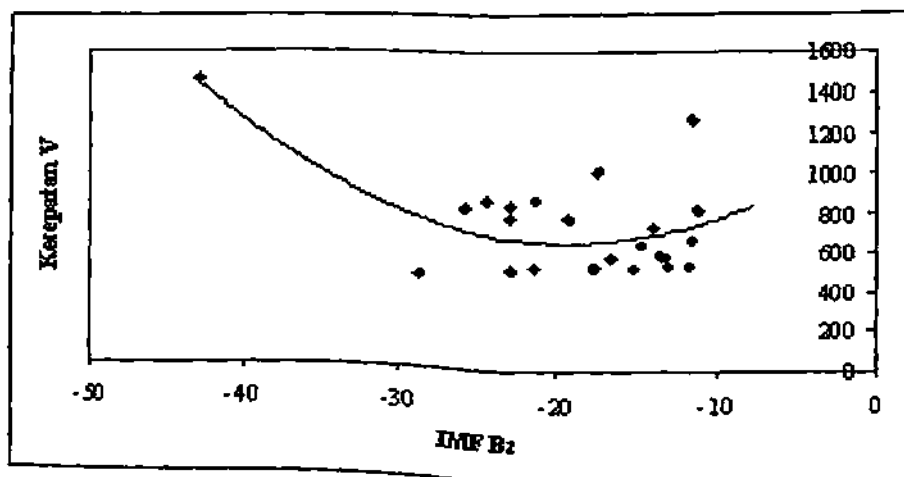
V	B_z	V^2	V^3	V^4	VB_z	V^2B_z
V_1	B_{z_1}	V_1^2	V_1^3	V_1^4	$V_1B_{z_1}$	$V_1^2B_{z_1}$
V_2	B_{z_2}	V_2^2	V_2^3	V_2^4	$V_2B_{z_2}$	$V_2^2B_{z_2}$
V_3	B_{z_3}	V_3^2	V_3^3	V_3^4	$V_3B_{z_3}$	$V_3^2B_{z_3}$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
V_{30}	$B_{z_{30}}$	V_{30}^2	V_{30}^3	V_{30}^4	$V_{30}B_{z_{30}}$	$V_{30}^2B_{z_{30}}$
$\sum V$	$\sum B_z$	$\sum V^2$	$\sum V^3$	$\sum V^4$	$\sum VB_z$	$\sum V^2B_z$

Keterangan: V = parameter medan magnet antarplanet
 B_z = kecepatan angin surya

Dengan mensubstitusikan nilai-nilai medan magnet antarplanet dan kecepatan angin surya dalam Tabel 3-1 ke dalam sistim persamaan (2-2) maka diperoleh koefisien polinomial $B_0 = 1177,2$; $B_x = 54,74$ dan $B_1 = 1,4201$ sehingga regresi kuadratik B_z terhadap V mempunyai persamaan sebagai:

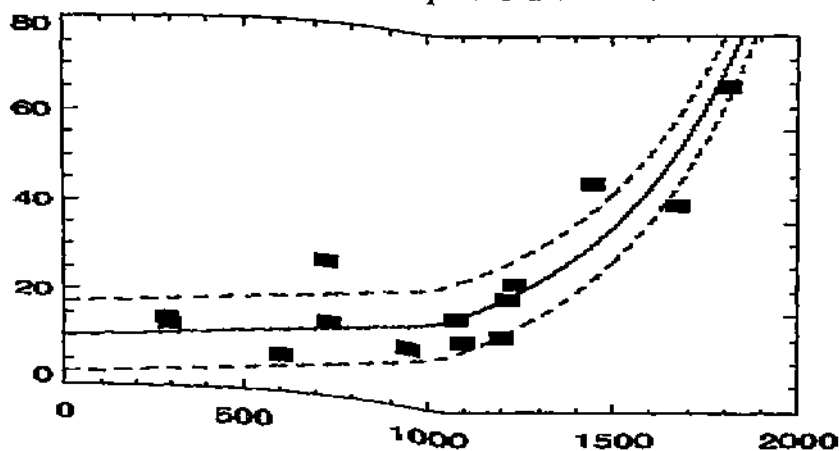
$$B_z = 1177,2 + 54,74K + 1,4201F^2 \tag{3-1}$$

Untuk menguji keberartian regresi kuadratik, dilakukan perhitungan korelasi dengan koefisien korelasi non linear = 0,62. Artinya, keeratan hubungan non linear antara medan magnet antarplanet dengan kecepatan angin surya adalah 0,62. Untuk lebih jelasnya, seperti yang terlihat dalam Gambar 3-3.



Gambar 3-3 Hubungan antara medan magnet antarplanet Bz dengan kecepatan angin surya tahun 1998 hingga 2000

Hasil ini tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Yurchyshyn et. al (2003). Hasilnya, seperti yang terlihat pada Gambar 3.4 berikut:



Gambar 3-4. Hubungan antara kecepatan angin surya dengan medan magnet antarplanet (Yurchyshyn et al., 2003)

KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan dan analisis data IMF, Bz dan Vsw yang diperoleh dari hasil pengamatan wahana ACE dapat disimpulkan bahwa medan magnet antarplane dengan kecepatan angin surya yang ditunjukkan oleh Bz dan Vsw mempunyai hubungan non linear, yaitu polinomial pangkat dua atau regresi kuadratik, khususnya untuk angin surya dengan kecepatan lebih besar dari 400 km/s. Dengan mengetahui regresi kuadratik ini, kita dapat meramalkan rata-rata W sebagai medan magne antarplanet untuk nilai X sebagai kecepatan angin surya.

DAFTAR RUJUKAN

- O'Brien, R. M., 2007, A Caution Regarding Rules of Thumb for Variance Inflation Factors, *Quality and Quantity* 41(5) 673-690.
- Rachyany, S., 2009a, Analisis Hubungan antara badai geomagnet dengan medan magnet antarplanet dengan kecepatan angin matahari, *Seminar Nasional Pasca Sarjana-IXTTS Surabaya*, ISBN: 978-979-96565-1-1.
- Rachyany, S., 2009b, Uji Multikolinearitas dari model badai geomagnet berdasarkan medan magnet antarplanet dan kecepatan angin surya, *Geomagnet dan Magnet Antariksa*, Massma Publishing, ISBN: 978-602-8564-08-3
- Sudjana, 1982, *Metoda Statistika Untuk Bidang: Biologi, Farmasi, Geologi, Industri, Kedokteran, Pendidikan Psikologi, Sosiologi, Teknik dUL Tarsito, Bandung.*
- Yurchyshyn, Hu, Abramenco, 2003, Correlation between speeds of CMEs and the intensity of geomagnetic storms, *Space Weather*.