

KETERKAITAN AWAN MAGNET DENGAN INTENSITAS SINAR KOSMIK PADA SAAT AKTIVITAS MATAHARI MAKSIMUM PADA SIKLUS KE 23

CLARA Y. YATINI

Bidang Matahari dan Antariksa
Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa LAPAN
e-mail: clara@bdg.lapan.go.id

ABSTRAK. Dalam makalah ini dianalisis intensitas sinar kosmik untuk mengetahui keterkaitan awan magnet dengan variasi intensitas sinar kosmik yang diamati dari stasiun pengamatan Calgary. Data yang dianalisis adalah data intensitas sinar kosmik disekitar waktu terjadinya awan magnet. Dari 13 peristiwa awan magnet tahun 2000 yang dianalisa menunjukkan bahwa awan magnet mempunyai kontribusi pada penurunan intensitas sinar kosmik yang diterima di bumi sebesar 1,61 sampai 12,11%. Akan tetapi tidak ada korelasi antara durasi awan magnet dengan perubahan intensitas yang ditimbulkan. Penurunan intensitas sinar kosmik ternyata mempunyai korelasi yang baik dengan besarnya gangguan geomagnet, dengan nilai korelasi sebesar $-0,71$.

ABSTRACT. The data of cosmic ray from Calgary has been analyzed to study the influence of the magnetic clouds to the galactic cosmic ray transient modulation. We analyzed the cosmic ray intensity around the occurrence of the magnetic cloud. From 13 magnetic clouds which occurred in year 2000, we found that the magnetic clouds were associated with the decrease in cosmic ray intensity from 1.61 to 12.11%. However we found no correlation between the duration of magnetic cloud and the decrease of associated cosmic ray intensity. The decrease of cosmic ray intensity has good correlation with the amplitude of geomagnetic disturbance, with correlation value -0.71 .

KATA KUNCI: sinar kosmik, awan magnet.

KEY WORDS: cosmic ray, magnetic cloud.

1. Pendahuluan

Sinar kosmik adalah partikel berenergi yang berasal dari angkasa luar, yang sebagian besar terdiri dari proton dan elektron. Fluks sinar kosmik yang sampai di bumi bervariasi salah satunya karena adanya pengaruh dari angin surya. Angin surya yang membawa plasma akan menghalangi partikel sinar kosmik yang akan memasuki bumi. Angin surya itu sendiri bervariasi karena adanya aktifitas matahari. Makin kuat medan magnet yang terbawa oleh angin surya, maka partikel sinar kosmik yang terhalang akan makin besar, demikian juga sebaliknya. Banyak penelitian (misalnya Svensmark, 1998, Mishra, 2005) yang memperoleh adanya korelasi terbalik antara sinar kosmik dan aktivitas matahari, yaitu apabila aktivitas matahari meningkat, maka intensitas sinar kosmik yang mencapai bumi akan makin sedikit, demikian pula sebaliknya.

Salah satu variasi yang ada dalam medan magnet antarplanet adalah awan magnet. Awan magnet adalah suatu struktur dalam ruang antarplanet yang mempunyai medan magnet kuat (Burlaga *et al.*, 1981) dan terkait dengan lontaran masa korona (*Coronal Mass Ejection/CME*) dari matahari (Badruddin, 2001). Awan magnet dapat mengakibatkan perubahan signifikan pada parameter antarplanet, yaitu pada intensitas sinar kosmik, kecepatan dan kerapatan angin surya, serta medan magnet antarplanet. (Mishra *et al.*, 2005, Yatini, 2009). Wu dan Lepping (2002) memperoleh bahwa awan magnet merupakan fenomena penting yang menyebabkan medan magnet antarplanet yang kuat dan dapat mengakibatkan munculnya gangguan geomagnet kuat.

Berdasarkan hal tersebut, maka dalam makalah ini dipaparkan bagaimana keterkaitan antara awan magnet dengan intensitas sinar kosmik, dan juga bagaimana keterkaitan antara penurunan intensitas sinar kosmik dengan badai geomagnet yang terjadi.

2. Data dan Metode

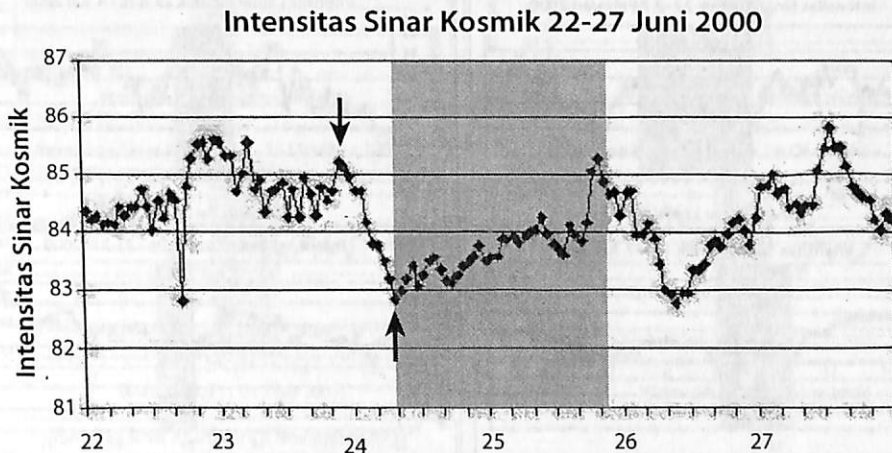
Dalam tulisan ini diteliti keterkaitan antara awan magnet dan intensitas sinar kosmik. Peristiwa awan magnet yang dianalisis adalah awan magnet yang terjadi pada tahun 2000, yaitu pada tahun puncak aktivitas matahari ke 23. Data awan magnet ini diperoleh dari *Magnetic Field Investigation* (MFI) yang ada di satelit WIND. Selama tahun 2000, ada 13 awan yang digunakan dalam penelitian ini, seperti diperlihatkan dalam Tabel 2.1. Dalam tabel ini tertulis waktu mulai dan waktu berakhirnya awan magnet. Adapun data sinar kosmik diambil dari stasiun pengamatan Calgary (*Calgary Neutron Monitor*), berupa intensitas sinar kosmik setiap jam.

Analisis dilakukan dengan membandingkan penurunan intensitas sinar kosmik yang diakibatkan oleh awan magnet. Badruddin *et al.* (1986) mendapatkan bahwa penurunan intensitas sinar kosmik karena awan magnet terjadi sebelum awan magnet teramati. Pola penurunan ini bisa berbeda-beda, akan tetapi Badruddin *et al.* (1986) dan Mishra *et al.* (2005) berpedoman bahwa penurunan intensitas sinar kosmik dimulai pada nilai tertinggi sebelum terjadinya awan magnet, yang menandai sampainya gelombang kejut antarplanet. Penurunan ini terjadi dua hari sampai tepat saat teramatinya awan magnet. Nilai minimum akan terjadi pada saat awan magnet masih berlangsung, dan akan pulih kembali sampai seminggu kemudian. Berdasarkan hal tersebut, maka

besarnya penurunan intensitas sinar kosmik adalah selisih nilai tertinggi sebelum terjadinya penurunan intensitas (maksimal dua hari sebelumnya) dan nilai terendah selama terjadinya awan magnet. Persentase diambil berdasarkan nilai yang tertinggi ini. Pengambilan nilai tertinggi dan terendah diperlihatkan pada Gambar 2.1.

Tabel 2.1. Kejadian Awan Magnet Selama Tahun 2000.
Pada tabel ditunjukkan waktu mulai dan berakhirnya awan magnet.

No	Mulai		Akhir	
	Tanggal	Jam (UT)	Tanggal	Jam (UT)
1	12 Februari	17,1	13 Februari	0,6
2	21 Februari	9,8	22 Februari	13,3
3	24 Juni	8,3	25 Juni	20,3
4	1 Juli	8,8	2 Juli	3,3
5	15 Juli	21,1	16 Juli	9,9
6	28 Juli	21,1	29 Juli	10,1
7	1 Agustus	0,1	1 Agustus	15,9
8	12 Agustus	6,1	13 Agustus	5,1
9	18 September	1,9	18 September	15,1
10	3 Oktober	17,1	4 Oktober	14,1
11	13 Oktober	18,4	14 Oktober	16,9
12	28 Oktober	23,3	30 Oktober	0,3
13	6 November	23,1	6 November	18,1

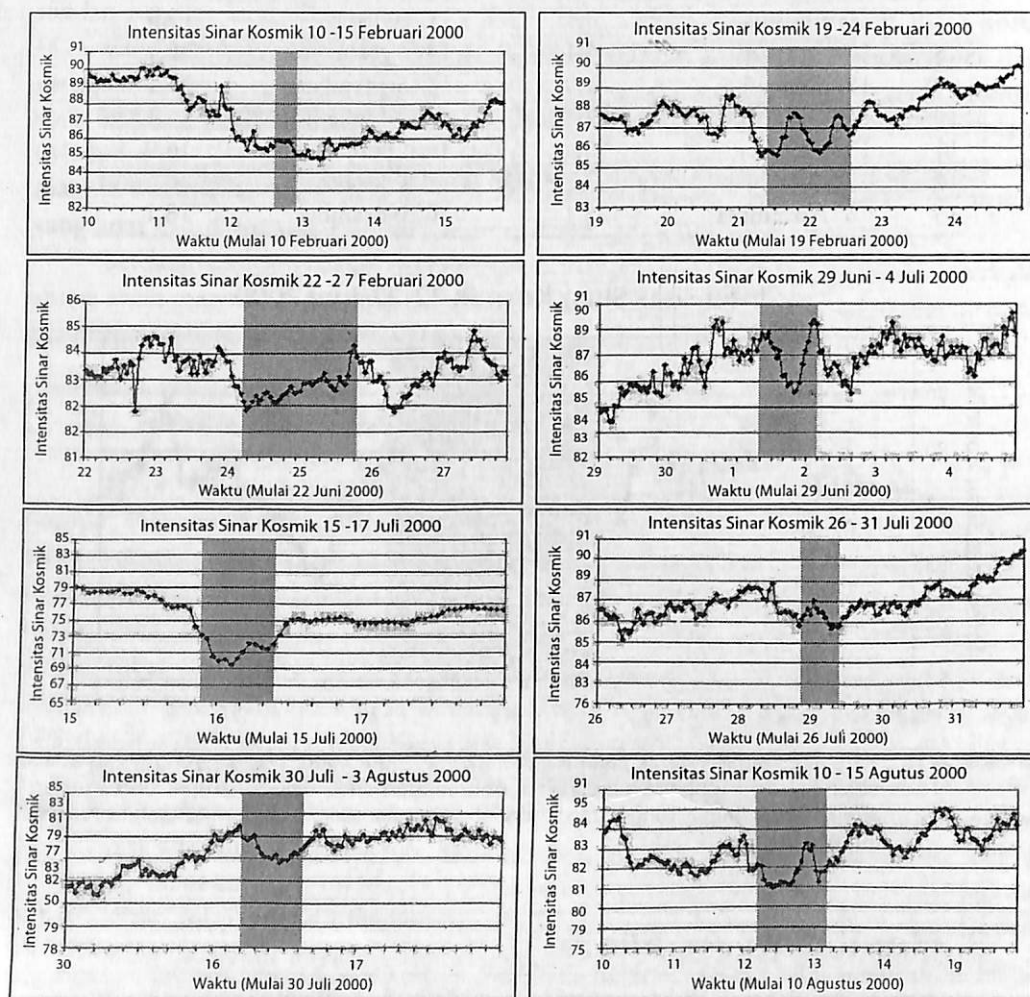


Gambar 2.1. Intensitas sinar kosmik pada tanggal 22 – 27 Juni 2000. Daerah yang gelap adalah selang waktu terjadinya awan magnet. Tanda panah dalam gambar berturut-turut adalah intensitas tertinggi dan terendah yang diambil untuk perhitungan penurunan intensitas.

3. Hasil dan Analisis

Gambar 3.1a dan 3.1b memperlihatkan intensitas sinar kosmik terhadap waktu. Waktu yang diambil adalah dua hari sebelum dan dua hari setelah terjadinya

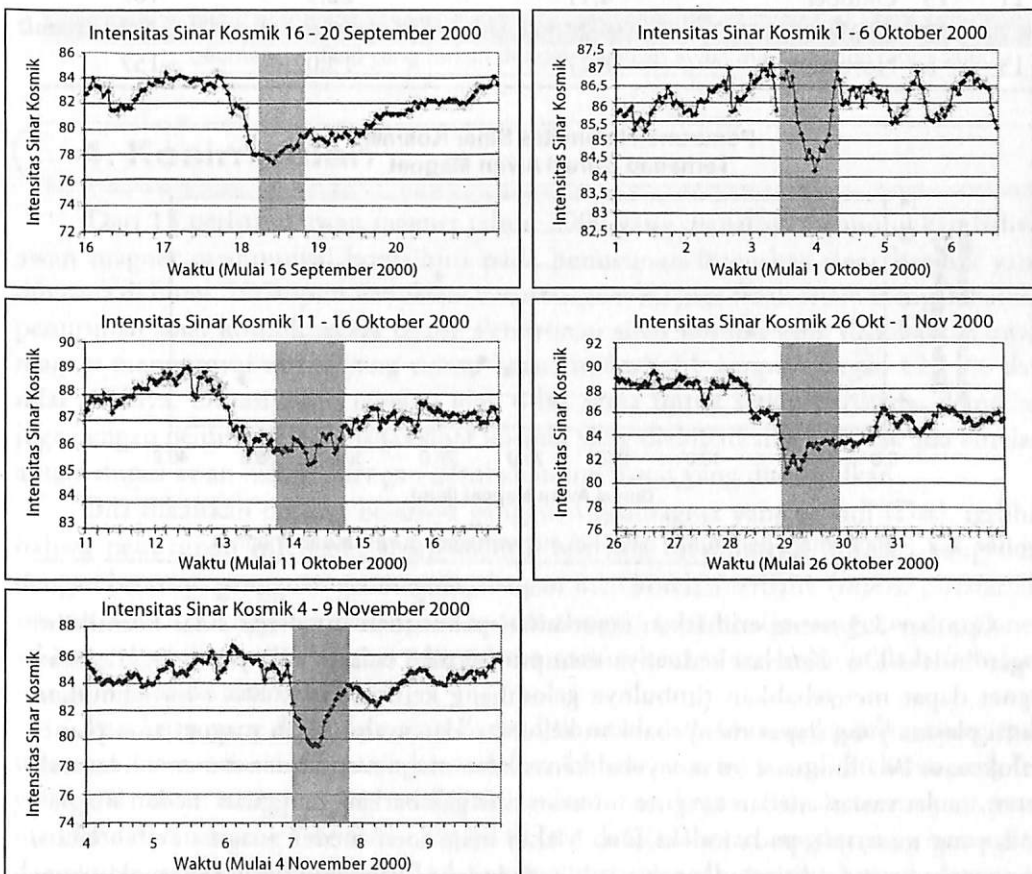
awan magnet, sedangkan intensitas sinar kosmik adalah intensitas untuk setiap jam. Pada gambar-gambar tersebut nampak bahwa intensitas sinar kosmik mengalami penurunan di sekitar terjadinya awan magnet. Besarnya penurunan, yang dihitung berdasarkan cara yang telah disampaikan pada bab 2, diperlihatkan pada Tabel 3.1. Penurunan intensitas ini bervariasi cukup besar, antara 1,61% sampai dengan 12,11%. Dari tabel ini tampak bahwa besarnya persentase penurunan sinar kosmik tidak terkait dengan durasi atau lama berlangsungnya awan magnet. Demikian juga yang bisa dilihat pada Gambar 3.2, plot antara kedua parameter ini sangat acak. Durasi awan magnet yang singkat dapat mengakibatkan penurunan yang cukup besar. Contohnya awan magnet yang terjadi pada tanggal 15 Juli 2000. Awan magnet hanya berlangsung selama 12,8 jam, akan tetapi penurunan intensitas mencapai 12,11%, yang merupakan persentase penurunan intensitas sinar kosmik tertinggi dibandingkan yang lain. Demikian juga ada awan magnet yang berlangsung cukup lama (contohnya awan magnet tanggal 24 Juni yang berlangsung selama 36 jam) tetapi penurunan intensitasnya hanya 2,84%.



Gambar 3.1a. Plot intensitas sinar kosmik di sekitar waktu terjadinya awan magnet. Daerah gelap menunjukkan selang waktu terjadinya awan magnet.

Wu dan Lepping (2002) memperoleh bahwa awan magnet merupakan fenomena penting yang dapat mengakibatkan munculnya gangguan geomagnet dengan indeks $Dst < -50$ nT. Indeks Dst ini menunjukkan intensitas badai geomagnet. Indeks $Dst \leq -100$ nT menunjukkan badai kuat, Dst antara -50 sampai -100 nT menunjukkan intensitas badai sedang, dan Dst antara -30 sampai -50 nT menunjukkan intensitas badai geomagnet yang lemah (Gonzalez *et al.*, 1994). Data Dst ini diperoleh dari *World Data Center for Geomagnetism* Kyoto University. Akan tetapi telah diketahui bahwa tidak semua awan magnet akan menyebabkan badai geomagnet kuat, meskipun dengan adanya awan magnet badai geomagnet yang terjadi makin kuat (Yatini, 2007).

Pada Tabel 3.1 terlihat bahwa indeks Dst yang terkait dengan peristiwa awan magnet dan penurunan sinar kosmik juga bervariasi cukup besar, antara -11 sampai dengan -301 nT. Akan tetapi terlihat bahwa indeks Dst yang negatif besar (kurang dari -100 nT, yaitu yang dikategorikan sebagai badai geomagnet kuat) terkait dengan rata-rata penurunan intensitas sinar kosmik sebesar 6,82%, sedangkan indeks $Dst > -100$ nT mempunyai rata-rata penurunan sebesar 2,5%. Indeks gangguan geomagnet terbesar mempunyai indeks Dst sebesar -301 nT, dan terkait dengan penurunan intensitas sinar kosmik yang terbesar juga, yaitu sebesar 12,11%, berasosiasi dengan awan magnet



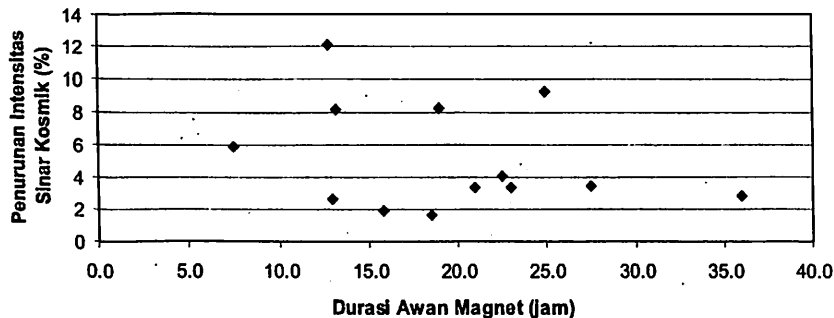
Gambar 3.1b. Plot intensitas sinar kosmik di sekitar waktu terjadinya awan magnet. Daerah gelap menunjukkan selang waktu terjadinya awan magnet.

tanggal 15 Juli. Demikian juga indeks Dst terkecil (-11 nT) berasosiasi dengan penurunan intensitas terkecil dengan nilai 1,61% yang terjadi pada 1 Juli.

Tabel 3.1. Awan magnet dan perubahan intensitas sinar kosmik dan gangguan geomagnet yang diakibatkannya.

No	Tanggal	Penurunan Intensitas Sinar Kosmik (%)	Durasi awan magnet (jam)	Dst (nT)
1	12 Februari	5,87	7,5	-133
2	21 Februari	3,48	27,5	-26
3	24 Juni	2,84	36,0	-34
4	1 Juli	1,61	18,5	-11
5	15 Juli	12,11	12,8	-301
6	28 Juli	2,64	13,0	-58
7	1 Agustus	1,94	15,8	-38
8	12 Agustus	3,36	23,0	-235
9	18 September	8,17	13,2	-201
10	3 Oktober	3,36	21,0	-182
11	13 Oktober	4,11	22,5	-107
12	28 Oktober	9,27	25,0	-127
13	6 November	8,27	19,0	-157

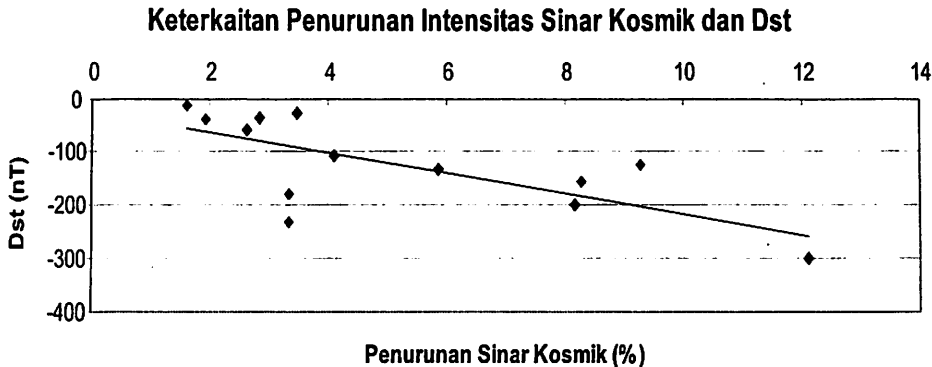
Penurunan Intensitas Sinar Kosmik Terhadap Durasi Awan Magnet



Gambar 3.2. Plot antara penurunan sinar kosmik terhadap durasi awan magnet.

Gambar 3.3 memperlihatkan keterkaitan penurunan intensitas sinar kosmik ini dengan indeks Dst. Korelasi keduanya mempunyai nilai cukup baik, yaitu $-0,71$. Awan magnet dapat menyebabkan timbulnya gelombang kejut (*shock*). *Shock* ini kemudian diikuti plasma yang dapat menyebabkan kekuatan dan arah medan magnet antarplanet berfluktuasi. Bila fluktuasi ini menyebabkan medan magnet antarplanet menjadi ke arah selatan, maka variasi medan magnet ini akan mengakibatkan gangguan medan magnet bumi, yang tercermin pada indeks Dst. Makin besar kuat medan magnet arah selatan, besar gangguan yang ditimbulkannya, sehingga indeks Dst makin kecil, atau makin kuat badai geomagnet yang terjadi (Farrugia *et al.*, 1993; Mishra *et al.*, 2005; Yatini *et al.*, 2008). Disisi lain *shock* yang mengakibatkan medan magnet antarplanet menjadi makin

kuat akan mengakibatkan sinar kosmik akan berkurang karena tersapu oleh medan magnet antarplanet yang kuat ini. Makin kuat medan magnet yang datang, makin besar pula pengurangan sinar kosmik yang terjadi. Bila awan magnet berpengaruh pada kuat medan magnet antarplanet, maka awan magnet juga akan terkait dengan penurunan intensitas sinar kosmik. Proses seperti inilah yang mengakibatkan adanya korelasi yang baik antara penurunan intensitas sinar kosmik dengan indeks Dst.



Gambar 3.3. Plot keterkaitan persentase penurunan intensitas sinar kosmik dan indeks gangguan geomagnet (Dst) yang terkait dengan kejadian awan magnet pada tahun 2000.

4. Kesimpulan

Dari 13 peristiwa awan magnet tahun 2000 yang dianalisis menunjukkan bahwa awan magnet mempunyai kontribusi pada penurunan intensitas sinar kosmik yang diterima di bumi. Walaupun demikian, awan magnet ini juga tidak selalu mengakibatkan penurunan sinar kosmik secara tajam. Penurunan sinar kosmik yang diakibatkan awan magnet mempunyai variasi yang cukup besar, antara 1,61 sampai dengan 12,11% dari nilai awalnya. Durasi awan magnet juga tidak sama untuk setiap peristiwa, demikian juga dengan penurunan intensitas sinar kosmik yang diakibatkannya. Tidak ada korelasi antara durasi awan magnet dengan perubahan intensitas yang ditimbulkan.

Bila dikaitkan dengan besarnya gangguan geomagnet yang terjadi (Dst), terlihat bahwa penurunan intensitas sinar kosmik ternyata mempunyai korelasi yang baik dengan besarnya gangguan geomagnet, dengan nilai korelasi terbalik (*inverse correlation*) sebesar $-0,71$. Gangguan geomagnet terkait dengan kuat medan magnet antarplanet, sehingga apabila medan magnet antarplanet makin kuat, sinar kosmik akan terhalang untuk memasuki atmosfer bumi.

Penelitian yang dilakukan oleh Badruddin et al. (1986) mengklasifikasi penyebab turunnya intensitas sinar kosmik berdasarkan fenomena yang mengikuti awan magnet, yaitu: (i) awan magnet yang mengikuti gelombang kejut, (ii) awan magnet yang mendahului *Corotating Interaction Region* (CIR), dan (iii) awan magnet yang berasosiasi dengan temperatur yang rendah. Untuk selanjutnya dengan memperbanyak data yang dianalisis dapat dilakukan penelitian mengenai pengaruh ketiga tipe awan magnet pada

penurunan intensitas sinar kosmik, sehingga pengaruh awan magnet pada penurunan intensitas sinar kosmik dapat diketahui dengan lebih jelas.

Daftar Pustaka

- Badruddin, Yadav, R.S., Yadav, N.R., 1986, *Influence of Magnetic Clouds on Cosmic Ray Intensity Variation*, Solar Phys. 105, 413
- Badruddin, 2001, *Magnetic Clouds, Interplanetary Shocks and Forbush Decrease*, Proceeding of International Cosmic Ray Conference, 3557
- Burlaga, L.F., Hundhausen, A.J., Zhao, X.P., 1981, The Coronal and Interplanetary Current Sheet in Early 1976, J. Geophys. Res. 86, 8893
- Calgary Neutron Monitor, ftp://ftp.pjl.ucalgary.ca/calgary_neutron_monitor/
- Farrugia, C.J., Burlaga, L.F., Osherovich, V.A., Richardson, I.G., Freeman, M.P., Lepping, R.P., Lazarus, A., 1993, *A study of an expanding interplanetary magnetic cloud and its interaction with the earth's magnetosphere - The interplanetary aspect*, J. Geophys. Res. 98, 7621
- Gonzalez, W.D., Joselyn, J.A., Kamide, Y., Kroehl, H.W., Rostoker, G., Tsurutani, B.T., Vasyliunas, V.M., 1994, *What is Geomagnetic Storm?*, J. Geophys. Res. 99, 5571
- Magnetic Field Investigation MFI, http://lep.mfi.gsfc.nasa.gov/mfi/mag_cloud_S1.html
- Mishra, M.P., Shrivastava, P.K., Tiwari, D.P., 2005, *Study of Magnetic Cloud events of 1996 in Association with Geomagnetic and Cosmic Ray Intensity Variation*, 29th International Cosmic Ray Conference Pune 1, 331
- Mishra, M.P., 2005, *Solar Activity and Cosmic Ray Intensity Variation*, 29th International Cosmic Ray Conference Pune 2, 159
- Svensmark, H., 1998, *Influence of Cosmic Rays on Earth's Climate*, Physical Review Letter 81, 5027
- World Data Center for Geomagnetism Kyoto, <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/>
- Wu, C.C., Lepping, R.P., 2002, *Effects of magnetic clouds on the occurrence of geomagnetic storms: The first 4 years of Wind*, J. Geophys. Res. 107, 1314
- Yatini, C.Y., 2007, *Keterkaitan Awan Magnetik dengan Aktivitas Matahari dan Geomagnet*, Publikasi Ilmiah LAPAN: Sains Atmosfer & Iklim, Sains Antariksa, Serta Pemanfaatannya, 103
- Yatini, C.Y., Suratno, Admiranto, G., Suryana, N., 2008, *Karakteristik Lontaran Masa Korona (CME) yang Menyebabkan Badai Geomagnet*, Jurnal Sains Dirgantara Vol. 6 No.1, 47
- Yatini, C.Y., 2009, *Awan Magnet Menjelang Akhir Siklus ke 23 dan Pengaruhnya pada Ruang Antarplanet*, Proceeding Seminar Nasional Antariksa IV, Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa LAPAN, 19.