

# ANALISIS PENURUNAN INTENSITAS SINAR KOSMIK

**Clara Y. Yatini**

Peneliti Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa LAPAN

email: clara@bdg.lapan.go.id

## RINGKASAN

Penyebab penurunan intensitas sinar kosmik dapat dianalisis dari pola penurunan intensitasnya. Dengan menggunakan data intensitas sinar kosmik dari Calgary, data awan magnet dari *Magnetic Field Investigation* (MFI), dan data *Sudden Storm Commencement* (SSC) dari National Geophysical Data Center, diperoleh bahwa penurunan dapat disebabkan oleh *interplanetary shock*, awan magnet, gabungan *shock* dan awan magnet, serta penurunan yang bukan karena *shock* atau awan magnet. Analisis dilakukan dengan membandingkan waktu mulainya penurunan intensitas sinar kosmik dengan waktu tibanya awan magnet dan waktu terjadinya SSC.

Kata kunci : *Sinar kosmik, Interplanetary shock, Awan magnet*

## 1 PENDAHULUAN

Bumi setiap saat dihujani oleh atom-atom yang terionisasi dan partikel subatomik lain yang disebut sebagai sinar kosmik. Sinar kosmik terdiri dari partikel-partikel yang berenergi tinggi dan dibagi menjadi dua komponen yaitu partikel-partikel yang berasal dari luar heliosfer (yang disebut sebagai sinar kosmik galaksi) dan yang berasal dari Matahari (disebut sebagai partikel energetik). Energi yang dibawa oleh sinar kosmik umumnya berkisar antara 100 MeV sampai 10 GeV (Crosby, 2007).

Sinar kosmik mempunyai peran yang cukup penting pada lingkungan Bumi. Sinar kosmik dapat mengakibatkan ionisasi pada lapisan D di ionosfer, yaitu pada ketinggian 50 km – 90 km di atas permukaan Bumi. Di samping itu sinar kosmik juga berpengaruh terhadap variabilitas iklim di Bumi karena sinar kosmik ini dapat berinteraksi dengan atmosfer Bumi dan membentuk aerosol yang membantu pembentukan awan. Jumlah awan yang terbentuk di atmosfer akan berpengaruh pada jumlah sinar Matahari yang sampai ke permukaan Bumi.

Banyaknya sinar kosmik yang sampai di permukaan Bumi dipengaruhi oleh dua fenomena, yaitu angin surya dan medan magnet Bumi. Angin surya merupakan plasma yang termagnetisasi yang berasal dari Matahari, dan dapat menyapu partikel-partikel dengan energi di bawah 1 GeV. Angin surya mempunyai variasi yang sesuai dengan aktivitas Matahari. Oleh sebab itu jumlah sinar kosmik yang masuk ke atmosfer Bumi berbanding terbalik dengan aktivitas Matahari. Medan magnet Bumi juga dapat mengurangi jumlah sinar kosmik yang sampai di Bumi. Intensitas sinar kosmik di ekuator lebih rendah dari pada di kutub, karena partikel bermuatan bergerak mengikuti garis medan magnet.

Penurunan intensitas sinar kosmik yang terjadi secara cepat disebut sebagai *Forbush Decrease*. Istilah ini menunjukkan penurunan sinar kosmik yang terjadi dalam satu hari dan akan pulih kembali ke tingkat intensitas sebelumnya atau ke tingkat intensitas yang baru beberapa hari kemudian (Venkatesan dan Ananth, 1991). Sanderson et al. (1990) menunjukkan

bahwa penurunan sinar kosmik dapat disebabkan oleh awan magnet. Awan magnet adalah suatu struktur dalam ruang antarplanet yang mempunyai medan magnet kuat (Burlaga *et al.*, 1981) dan terkait dengan lontaran massa korona (*Coronal Mass Ejection/CME*) dari Matahari (Badruddin, 2001). Awan magnet dapat mengakibatkan perubahan signifikan pada sinar kosmik (Mishra *et al.*, 2005) karena medan magnet yang kuat dapat menyapu sinar kosmik yang menuju ke permukaan Bumi. Adanya gelombang kejut di ruang antarplanet (*interplanetary shock*) juga berpengaruh pada penurunan intensitas sinar kosmik (Webb dan Wright, 1990), karena adanya shock dapat mempertinggi kecepatan angin surya yang dapat mengurangi intensitas sinar kosmik.

Pada tulisan ini akan dibahas beberapa pola yang tampak pada penurunan intensitas sinar kosmik. Perbedaan pola ini dikaitkan dengan adanya *interplanetary shock* dan awan magnet, untuk mengetahui dan membedakan penyebab utama dari penurunan intensitas tersebut. Perbandingan dilakukan dengan melihat waktu datangnya *shock*, waktu datangnya awan magnet, serta waktu mulainya penurunan intensitas dan waktu intensitas minimum dari sinar kosmik.

## 2 DATA DAN METODE

Data sinar kosmik diambil dari stasiun pengamatan Calgary (*Calgary Neutron Monitor*), berupa intensitas sinar kosmik setiap jam. Intensitas sinar kosmik dinyatakan dalam persen (%). Intensitas 100% menunjukkan jumlah sinar kosmik yang sudah terkoreksi sebesar 1212160 counts/jam. Plot data sinar kosmik terhadap waktu ini kemudian dilihat perbandingannya dengan datangnya gelombang kejut antarplanet (*Interplanetary Shock*) dan waktu datangnya awan magnet. *Interplanetary shock* (selanjutnya disebut sebagai *shock* saja) ditandai dengan munculnya *Sudden Storm Commencement* (SSC) pada medan geomagnet (Badruddin *et al.*, 1991). Data SSC diperoleh dari National Geophysical Data Center (NGDC). Adapun data awan magnet diperoleh dari *Magnetic Filed Investigation* (MFI) yang ada di satelit WIND. Sinar kosmik yang dipilih adalah data sinar kosmik di sekitar waktu datangnya awan magnet yang diikuti oleh *shock*. Data yang akan dilihat adalah data seperti yang tertulis pada Tabel 2-1. Pada tabel ini diperlihatkan waktu datangnya *shock* dan awan magnet, yang akan disuperposisikan dengan plot intensitas sinar kosmik. Sedangkan intensitas sinar kosmik yang diambil adalah dua hari sebelum dan sesudah datangnya awan magnet.

Tabel 2-1: WAKTU DATANGNYA AWAN MAGNET, *SHOCK*, DAN SINAR KOSMIK YANG BERKAITAN

No.	Waktu datangnya awan magnet		Waktu datangnya <i>shock</i>		Periode sinar kosmik
	Tanggal	Jam (UT)	Tanggal	Jam (UT)	
1.	22 Nov1997	15:48	22 Nov 1997	9:49	20–25 November 1997
2.	6 Nov 2000	23:06	6 Nov 2000	9:47	4-9 November 2000
3.	12 April 2001	7:54	11 April 2001	15:19	10-14 April 2001
4.	24 Maret 2002	3:48	23 Maret 2002	11:37	22-27 Maret 2002

### 3 HASIL DAN ANALISIS

Dengan menggunakan data pada bab 2, terdapat perbedaan waktu mulainya penurunan intensitas sinar kosmik, terutama bila dikaitkan dengan waktu datangnya *shock* dan awan magnet. Ananth dan Venkatesan (1993) menyatakan beberapa kategori penurunan sinar kosmik, seperti yang diuraikan berikut ini.

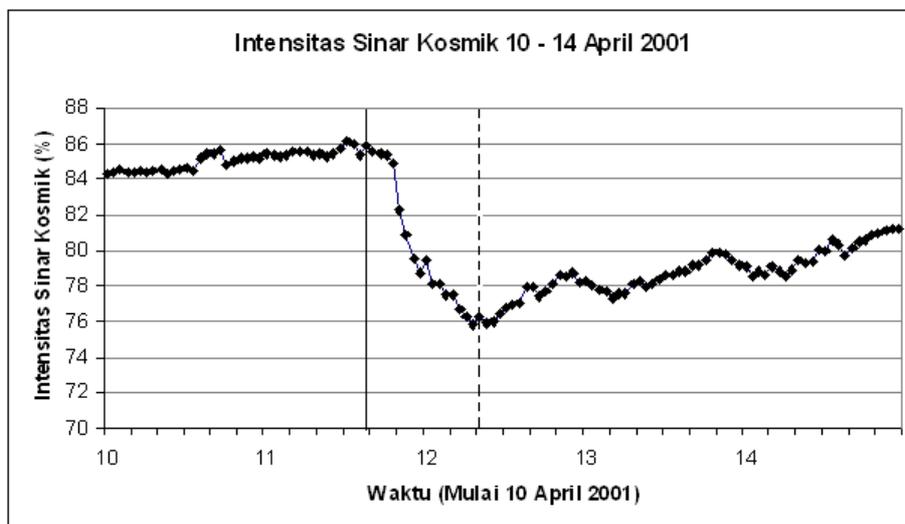
#### 3.1 Penurunan Sinar Kosmik karena Interplanetary Shock

Gambar 3-1 menunjukkan intensitas sinar kosmik pada tanggal 10-14 April 2001. Pada gambar tersebut, garis vertikal utuh menunjukkan waktu sampainya *shock* (yang diperoleh dari waktu munculnya SSC), sedangkan garis vertikal putus-putus menunjukkan waktu datangnya awan magnet. Pada plot intensitas sinar kosmik terlihat bahwa penurunan intensitas terjadi setelah sampainya *shock*. *Shock* terdeteksi pada tanggal 11 April 2001 jam 15 UT, sedangkan awan magnet terdeteksi hampir 17 jam kemudian. Pada saat awan magnet tiba, penurunan intensitas sudah selesai dan intensitas sinar kosmik mulai mengalami pemulihan. Peristiwa penurunan sinar kosmik yang masuk dalam kategori ini menunjukkan bahwa turunnya sinar kosmik mulai terjadi hampir bersamaan dengan datangnya muka gelombang

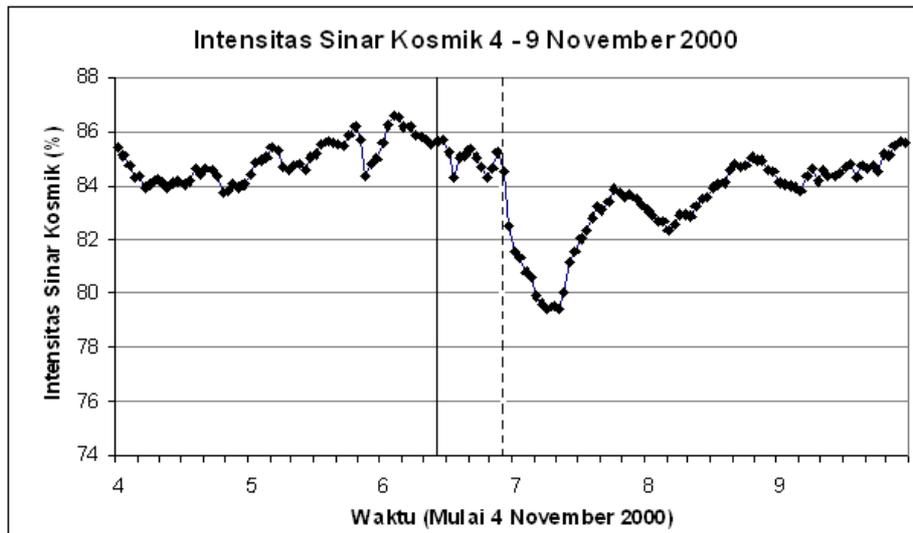
kejut (*shock front*), sedangkan waktu datangnya awan magnet terjadi setelah intensitas sinar kosmik mencapai minimum. Bisa dikatakan bahwa yang berperan pada penurunan intensitas sinar kosmik pada peristiwa semacam ini adalah *interplanetary shock*, bukan awan magnet. Lockwood et al. (1991) juga menyimpulkan bahwa adanya daerah turbulensi di antara *shock* dan awan magnet cukup efektif untuk menahan sinar kosmik.

#### 3.2 Penurunan Sinar Kosmik karena Awan Magnet

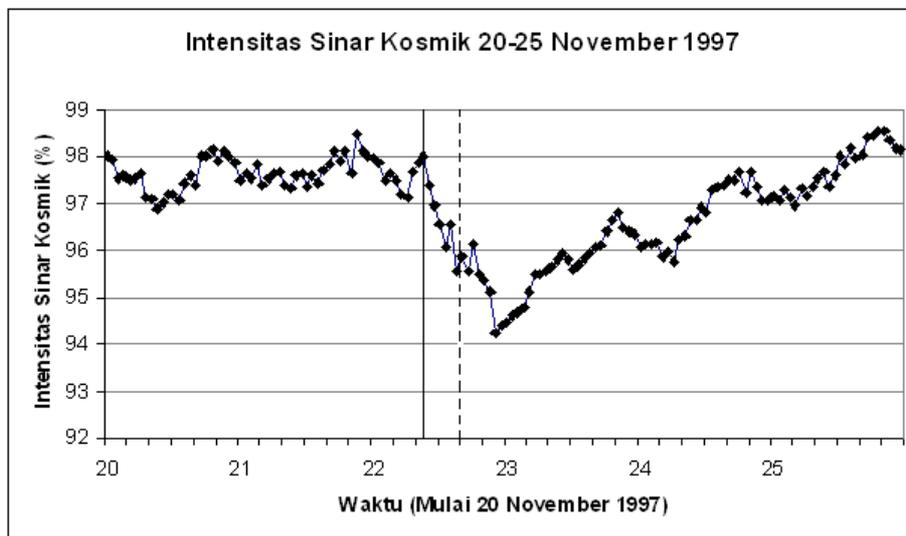
Pada Gambar 3-2 terlihat bahwa penurunan sinar kosmik terjadi setelah datangnya awan magnet, walaupun sebelum itu terdapat *shock*. Intensitas sinar kosmik ini mencapai minimum 7 jam setelah datangnya awan magnet dan kemudian pulih setelah 2 hari kemudian. Pada kategori ini terlihat bahwa penurunan sinar kosmik dipicu oleh lewatnya awan magnet. Awan magnet mempunyai medan magnet yang cukup kuat. Jadi dalam peristiwa ini penurunan intensitas sinar kosmik disebabkan oleh kenaikan kuat medan magnet, seperti yang diperoleh Sanderson et al. (1990) yang menyatakan bahwa awan magnet mempunyai pengaruh yang tinggi terkait dengan turunnya intensitas sinar kosmik.



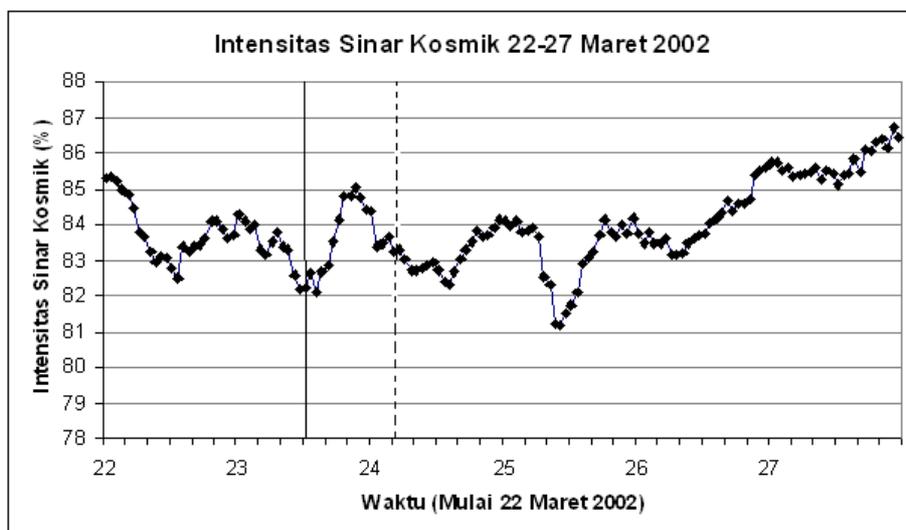
Gambar 3-1: Plot intensitas sinar kosmik terhadap waktu tanggal 10 – 14 April 2001. Garis vertikal utuh menunjukkan waktu datangnya *shock*, sedangkan garis vertikal putus-putus menunjukkan waktu datangnya awan magnet



Gambar 3-2: Intensitas sinar kosmik tanggal 4 – 9 November 2000. Garis vertikal utuh menunjukkan waktu datangnya *shock*, dan garis putus-putus adalah waktu datangnya awan magnet



Gambar 3-3: Intensitas sinar kosmik pada tanggal 20 – 25 November 1997. Garis utuh menunjukkan waktu sampainya *shock*, garis putus-putus menunjukkan waktu datangnya awan magnet



Gambar 3-4: Plot intensitas sinar kosmik pada tanggal 22 – 27 Maret 2002. Garis utuh adalah waktu datangnya *shock*, garis putus-putus adalah waktu datangnya awan magnet

### 3.3 Penurunan Sinar Kosmik karena Interplanetary Shock dan Awan Magnet

Penurunan intensitas sinar kosmik terjadi segera setelah sampainya *shock* dan terus berlanjut setelah datangnya awan magnet. Awan magnet tiba enam jam setelah datangnya *shock*. Sedangkan intensitas sinar kosmik terus turun sampai mencapai minimum menjelang jam 00 UT tanggal 23 November 1997. Tampak bahwa penurunan intensitas ini bisa saja disebabkan karena *shock* dan awan magnet.

### 3.4 Penurunan Sinar Kosmik yang Bukan Disebabkan oleh Interplanetary Shock maupun Awan Magnet

Untuk pola intensitas yang tidak sesuai dengan pola yang diakibatkan oleh *shock* maupun awan magnet termasuk dalam kategori ini. Penurunan intensitas sinar kosmik terjadi setelah datangnya *shock* maupun awan magnet. Penurunan intensitas yang terbesar, yaitu pada tanggal 25 Maret 2002 tampaknya tidak disebabkan oleh awan magnet yang datang pada tanggal 24 Maret maupun *shock* yang datang pada tanggal 23 Maret. Selain karena *shock* dan awan magnet penurunan intensitas sinar kosmik juga dapat disebabkan oleh *Corotating Interaction Region* (CIR) (Klein dan Burlaga, 1982 ; Badruddin et al., 1986). CIR disebabkan oleh angin surya yang berkecepatan tinggi menumbuk angin surya dengan kecepatan rendah yang berada di depannya. Medan magnet dalam CIR ini cukup tinggi (Tsurutani et al., 2006) sehingga dapat mengurangi intensitas sinar kosmik.

## 4 PENUTUP

Sinar kosmik terdiri dari partikel-partikel yang berenergi tinggi, umumnya berkisar antara 100 MeV sampai 10 GeV. Intensitas sinar kosmik yang diterima di Bumi mengalami modulasi

(variasi) yang disebabkan oleh fenomena antarplanet, di antaranya *interplanetary shock* dan awan magnet. Analisis terhadap penyebab penurunan intensitas dilakukan dengan membandingkan data sinar kosmik dengan data awan magnet dan data *interplanetary shock* yang diwakili oleh data SSC. Dengan melakukan superposisi pada waktu mulainya penurunan intensitas sinar kosmik, waktu datangnya awan magnet dan waktu datangnya *shock*, dapat diketahui penyebab penurunan intensitas tersebut. Penurunan ini dapat dikelompokkan dalam 4 kategori, yaitu yang disebabkan oleh *interplanetary shock*, awan magnet, *interplanetary shock* dan awan magnet, serta oleh CIR.

## DAFTAR RUJUKAN

- Ananth, A.G., Venkatesan, D., 1993. *Effect of Interplanetary Shocks and Magnetic Clouds on Onset of Cosmic Ray Decreases*, Solar Phys. 143, 373.
- Badruddin, 2001. *Magnetic Clouds, Interplanetary Shocks and Forbush Decrease*, *Proceeding of International Cosmic Ray Conference*, 3557.
- Badruddin, Venkatesan, D., Zhu, B.Y., 1991. *Study and Effect of Magnetic Clouds on the Transient Modulation of Cosmic Ray Intensity*, Solar Phys. 134, 203.
- Badruddin, Yadav, R.S., Yadav, N.R., 1986. *Influence of Magnetic Clouds on Cosmic Ray Intensity Variation*, Solar Phys. 105, 413.
- 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/](ftp://ftp.pjl.ucalgary.ca/calgary_neutron_monitor/).
- Crosby, N.B., 2007. *Major Radiation Environments in the Heliosphere and Their Implications for Interplanetary Travel, in Space*

- Weather Physics and Effects* (V. Bothmer and I.A. Daglis), Springer and Praxis Publishing, UK.
- Klein, L.W., Burlaga, L.F., 1982. *Interplanetary Magnetic Cloud at 1 AU*, *J. Geophys. Res.* 87, 613.
- Lockwood, J.A., Webber, W.R., Debrunner, H., 1991. *Forbush Decreases and Interplanetary Magnetic Field Disturbances: Association with Magnetic Clouds*, *J. Geophys. Res.* 96, 11587.
- Magnetic Field Investigation MFI, [http://lepmfi.gsfc.nasa.gov/mfi/mag\\_cloud\\_S1.html](http://lepmfi.gsfc.nasa.gov/mfi/mag_cloud_S1.html).
- Mishra, M.P., 2005. *Solar Activity and Cosmic Ray Intensity Variation*, 29<sup>th</sup> International Cosmic Ray Conference Pune 2, 159.
- National Geophysical Data Center, <http://www.ngdc.noaa.gov/>.
- Sanderson, T.R., Beek, J., et al., 1990. *Cosmic Ray, Energetic Ion and Magnetic Field Characteristics of a Magnetic Cloud*, 21<sup>st</sup> Int. Cosmic Ray Conf. Adelaide 6, 225.
- Tsurutani, B.T., Gonzalez, W. D., et al., *Corotating Solar Wind Streams and Recurrent Geomagnetic Activity: A Review*, 2006, *J. Geophys. Res.* 111, 11273.
- Venkatesan, D., Ananth, A.G., 1991. *Forbush Decrease in Cosmic Rays*, *Bull. Astr. Soc. India* 19, 1.
- Webb, D.F., Wright, C.S., 1990. *The Effect of Disappearing Solar Filaments on Cosmic Ray Modulation at the Earth*, 21<sup>st</sup> Int. Cosmic Ray Conf. Adelaide 6, 213.