

Keterkaitan Awan Magnetik dengan Aktivitas Matahari dan Geomagnet

Clara Y. Yatini

Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa LAPAN

email: clara@bdg.lapan.go.id

Abstrak

Dalam siklus ke 23 (tahun 1996 – 2006) telah teridentifikasi 92 awan magnetik. Rata-rata kejadian awan magnetik ini adalah kira-kira 9,1 awan magnetik per tahun. Frekuensi awan magnetik ternyata tidak sesuai dengan aktivitas matahari. Pada saat aktivitas minimum frekuensi awan magnetik lebih besar dari pada frekuensinya pada saat aktivitas maksimum. Dalam keterkaitannya dengan badai geomagnet, tidak semua awan magnetik yang terjadi terkait dengan badai geomagnet. Hanya 57,6% awan magnetik mengakibatkan badai geomagnet kuat dengan $Dst \leq -100$ nT.

Kata kunci: awan magnetik, frekuensi awan magnetik, badai geomagnet

Abstract

During solar cycle 23 (year 1996 – 2006), 92 magnetic clouds were identified. The average occurrence rate is 9.1 magnetic clouds per year. The frequency of occurrence is not similar with that of solar activity cycle. It more frequent when the solar activity is in minimum level than when it reach the maximum level. According the relationship of magnetic cloud with geomagnetic storm, we found that only 57.6% of them cause major storm with $Dst \leq -100$ nT.

Key words: magnetic clouds, frequency of magnetic clouds, geomagnetic strom

1. PENDAHULUAN

Awan magnetik (*magnetic cloud*) didefinisikan sebagai suatu struktur di angin matahari yang diikuti oleh gelombang antar planet dan menunjukkan rotasi medan magnet secara perlahan-lahan (Burlaga et al., 1981). Awan magnetik juga mempunyai temperatur yang rendah dan medan magnet yang sangat kuat. Akhir-akhir in analisis yang dilakukan terhadap data yang diperoleh menunjukkan bahwa awan magnetik ini biasa terdapat dalam angin matahari. Sekitar sepertiga dari lontaran massa korona (*Coronal Mass Ejection, CME*) yang teramati dalam angin matahari menunjukkan rotasi medan magnet internal yang merupakan karakteristik dari fluks magnetik. Awan magnetik ini tidak selalu berasosiasi dengan gelombang kejut antar planet. Identifikasi awan magnetik masih sulit dilakukan (misalnya dalam Cid et al., 1999), akan tetapi Zhang dan Burlaga (1988) mengatakan bahwa awan magnetik ini merupakan suatu bagian dari struktur transien yang lebih besar. Perkembangan terkini mengidentifikasi awan magnetik dengan memperhatikan perubahan sifat-sifat termodinamika dari plasma. Studi ini menunjukkan adanya deviasi dari sifat-sifat proton di daerah dekat awanmagnetik dibandingkan dengan sekitarnya. Akan tetapi masih belum terjawab bagaimana keterkaitan munculnya fluks magnetik dengan awan magnetik ini.

Saat ini makin banyak peneliti menyatakan bahwa banyak awan magnetik yang berasosiasi dengan CME antar planet (*Interplanetary CME/ICME*) (misalnya Bothmer dan Schwenn, 1996). Akan tetapi keterkaitan antara awan magnetik dengan aktivitas matahari dan CME masih merupakan hal yang menarik yang masih banyak dibicarakan.

Pada makalah ini akan dibahas pola yang terlihat pada frekuensi kejadian awan magnetik. Pola ini akan dibandingkan dengan aktivitas matahari, yaitu bilangan sunspot dan CME, untuk melihat apakah awan magnetik dapat digunakan sebagai indikator aktivitas

matahari. Apabila dilihat keterkaitannya dengan badai geomagnet, akan dianalisis apakah awan magnetik ini terkait dengan badai geomagnet.

2. DATA

Data yang digunakan untuk melihat keterkaitan antara awan magnetik dengan aktivitas matahari adalah sebagai berikut :

- a. Data awan magnetik dari *Wind-Magnetic Field Investigation*.
- b. Data CME dari SOHO LASCO CME catalog.
- c. Data bilangan sunspot dari National Geophysical Data Center.
- d. Data gangguan geomagnet (Dst index) dari World Data Center for Geomagnetism Kyoto

Rentang waktu data yang digunakan adalah selama kira-kira satu siklus aktivitas matahari (siklus ke 23), yaitu dari tahun 1996 sampai dengan tahun 2003. Yang dianalisis dari data awan magnetik, CME, dan bilangan sunspot adalah frekuensi (jumlah) kejadian tersebut per tahunnya. Sedangkan untuk indeks geomagnet dipilih indeks geomagnet (Dst) yang mewakili badai geomagnet yang kuat, yaitu dengan $Dst \leq -100$ nT.

3. HASIL DAN ANALISIS

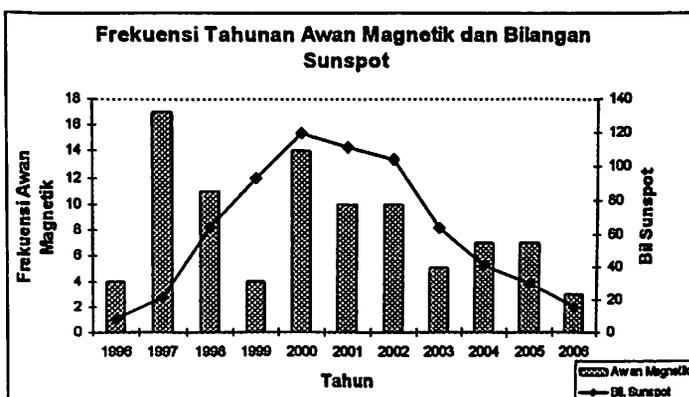
3.1. Awan Magnetik dan Siklus Aktivitas Matahari

Untuk melihat apakah ada keterkaitan antara frekuensi munculnya awan magnetik dengan siklus aktivitas matahari maka frekuensi ini dibandingkan dengan fenomena aktivitas matahari. Menurut Wu et al. (2006) frekuensi kejadian rata-rata awan magnetik yaitu sebanyak 9.5 awan magnetik per tahun. Rata-rata ini diperoleh dari data awan magnetik yang dianalisis selama 9 tahun, yaitu tahun 1995 sampai dengan 2003. Dengan memperbanyak jumlah data, yaitu dari tahun 1995 sampai dengan 2006 diperoleh rata-rata sebesar 9.1 awan magnetik per tahun. Ini sesuai dengan frekuensi awan magnetik yang makin sedikit saat aktivitas menuju minimum (tahun 2003 – 2006). Akan tetapi dari tabel 3-1 terlihat bahwa frekuensi munculnya awan magnetik ini tidak sesuai dengan aktivitas matahari. Pada saat aktivitas minimum, yaitu tahun 1996 dan 2006, masing-masing terjadi 4 awan magnetik, yang sesuai dengan kondisi aktivitas matahari. Akan tetapi pada tahun 1999, yaitu pada saat aktivitas mendekati maksimum awan magnetik yang terjadi hanya 4, sedangkan pada tahun 1997, saat aktivitas naik menuju maksimum terjadi 17 awan magnetik.

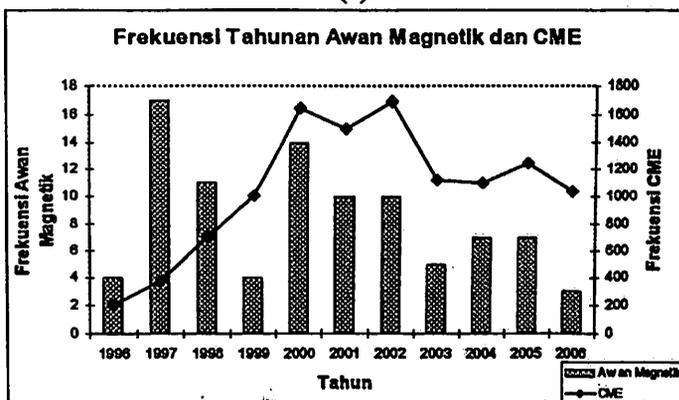
Pada Gambar 3-1 dibuat plot antara frekuensi tahunan awan magnetik dengan bilangan sunspot dan CME untuk tahun 1996 sampai dengan 2006. Pada gambar ini histogram menunjukkan frekuensi awan magnetik. Terlihat bahwa jumlah kejadian awan magnetik sangat acak dan tidak mempunyai pola yang jelas. Pada saat aktivitas matahari menuju fasa naik (tahun 1997) muncul frekuensi yang tinggi, sedangkan pada saat aktivitas maksimum, frekuensinya lebih rendah. Pada saat matahari menuju minimum frekuensinya juga menurun. Demikian juga bila dibandingkan dengan jumlah kejadian CME per tahunnya. Tidak terlihat adanya kesamaan pola antara keduanya. Sehingga dapat dikatakan bahwa tidak ada korelasi yang baik antara frekuensi awan magnetik dengan frekuensi CME ataupun bilangan sunspot. Hal ini juga telah dikemukakan oleh Wu et al. (2003) dengan menggunakan data awan magnetik dan CME dari tahun 1994 sampai dengan 2002. Sampai saat ini hubungan antara CME dengan awan magnetik masih belum jelas, walaupun dikatakan bahwa CME merupakan penyebab dari munculnya awan magnetik (Cid et al., 1999).

Tabel 3-1 : Frekuensi kejadian awan magnetik per tahun

Tahun	Frekuensi Awan Magnetik
1996	4
1997	17
1998	11
1999	4
2000	14
2001	10
2002	10
2003	5
2004	7
2005	7
2006	3



(a)



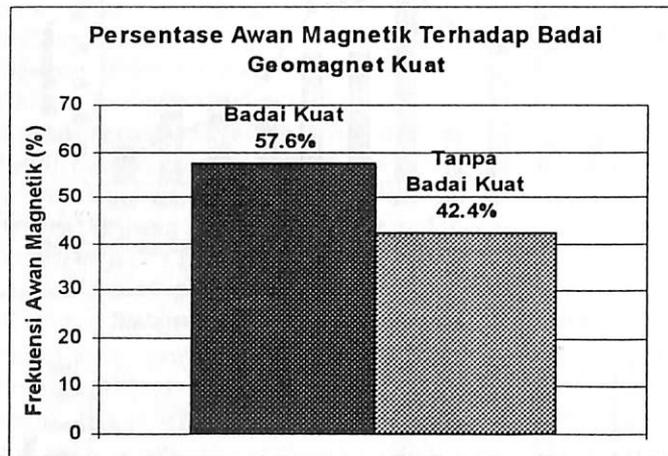
(b)

Gambar 3-1. Plot frekuensi antara awan magnetik dengan aktivitas matahari, yaitu bilangan sunspot (a) dan CME (b)

3.2. Awan Magnetik dan Badai Geomagnet

Georgieva dan Kirov (2005) menunjukkan bahwa fenomena yang diakibatkan oleh aktivitas matahari yang mempunyai pengaruh terhadap bumi secara umum bukanlah CME, melainkan awan magnetik, yang merupakan bagian dari CME. Dalam penelitian yang dilakukan terhadap data dari tahun 1997 sampai dengan 2002, diperoleh bahwa badai geomagnet yang muncul intensitas rata-ratanya akan lebih besar bila diakibatkan oleh awan magnetik. Dengan membuat pembatasan badai geomagnet yang kuat (*severe storms*) ternyata hasilnya menjadi berbeda.

Badai geomagnet yang kuat adalah badai geomagnet dengan $Dst \leq -100$ nT. Dari data semua awan magnetik dari tahun 1995 sampai dengan 2006, dan kemudian membandingkannya dengan indeks geomagnet untuk badai geomagnet yang kuat, diperoleh bahwa tidak semua awan magnetik akan mengakibatkan badai geomagnet yang kuat. Pada Gambar 3-2 terlihat perbandingan persentase antara awan magnetik yang mengakibatkan dan tidak mengakibatkan badai kuat. Sejumlah 57,6% awan magnetik menghasilkan badai magnetik yang kuat, sementara sisanya (42,4%) tidak. Walaupun presentase awan magnetik yang tidak mengakibatkan badai kuat lebih rendah, akan tetapi awan magnetik ini bisa juga mengakibatkan badai geomagnet dengan intensitas yang lebih rendah. Wu et al. (2003) memperoleh bahwa jumlah awan magnetik yang menyebabkan badai geomagnet dengan $Dst \leq -30$ nT adalah sekitar 91% dengan menggunakan data selama rentang waktu dari tahun 1995 sampai dengan 2002. Artinya tidak semua awan magnetik dapat menimbulkan badai geomagnet, dan persentasenya makin kecil apabila dikaitkan dengan badai geomagnet yang kuat dengan $Dst \leq -100$ nT.



Gambar 3-2. Distribusi persentase awan magnetik yang mengakibatkan munculnya badai geomagnet kuat ($Dst \leq -100$ nT) dan yang tidak menyebabkan badai geomagnet yang kuat.

3. KESIMPULAN

Dari hasil yang diperoleh dapat diketahui bahwa jumlah munculnya awan magnetik setiap tahunnya tidak sama. Dari tahun 1996 sampai dengan 2006 berkisar antara 3 – 17 per tahunnya. Pola yang ditunjukkan oleh awan magnetik juga tidak sejalan dengan aktivitas matahari, baik bilangan sunspot maupun CME, bahkan dari data tersebut diperoleh bahwa jumlah awan magnetik yang terbesar terjadi pada saat aktivitas matahari pada tingkat yang rendah. Mengenai keterkaitan awan magnetik dengan badai geomagnet, ternyata tidak semua awan magnetik mengakibatkan badai geomagnet yang kuat dengan intensitas $Dst \leq -100$ nT.

Hanya 57,6% dari jumlah total awan magnetik yang terkait dengan badai geomagnet yang kuat ini, walaupun persentase ini makin besar bila dikaitkan dengan badai geomagnet dengan intensitas yang lebih kecil.

DAFTAR RUJUKAN

- Bothmer, V., Schwenn, R., 1996, *Adv. Space Res.* 17, 319
- Burlaga, L.F., Hundhausen, A.J., Zhao, X.P., 1981, *J. Geophys. Res.* 86, 6673
- Cid, C., Hidalgo, A., Rodríguez-Pacheco, J., Medina, J., Sequeiros, J., 1999, *Proceeding of the 26th International Cosmic Ray Conference* 6, 464
- Georgieva, K., Kirov, B., 2005, in *Coronal and Stellar Mass Ejection*, *Proceeding of IAU Symposium 226*, Cambridge University Press, 470
- National Geophysical Data Center, <http://www.ngdc.noaa.gov/>
- SOHO LASCO CME catalog, http://cdaw.gsfc.nasa.gov/CME_list/
- Wind Magnetic Field Investigation, http://leprmf.gsfc.nasa.gov/mfi/mag_cloud_publ.html
- World Data Center for Geomagnetism, <http://swdcwww.kugi.kyoto-u.ac.jp/>
- Wu, C.C., Lepping, R.P., Gopalswamy, N., 2003, *Proc. International Solar Cycle Studies Symposium 2003 Symposium*, Tatranská Lomnica, Slovakia, 429
- Wu, C.C., Lepping, R.P., Gopalswamy, N., 2006, *Solar Physics* 239, 449
- Zhang, G., Burlaga, L.F., 1988, *J. Geophys. Res.* 93, 2511