

PENENTUAN POSISI LUBANG KORONA PENYEBAB BADAI MAGNET KUAT

Clara Y. Yatini

Peneliti Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa, LAPAN
email: clara@bdg.lapan.go.id

ABSTRACT

Coronal holes are regions of low density plasma on the Sun that have magnetic fields opening freely into the heliosphere. Coronal holes and their associated high speed wind stream are also responsible for major geomagnetic storms on Earth. Ninety one major geomagnetic storms (minimum Dst < -100 nT) were observed between 1996 – 2006. In twelve cases, the storm driver appeared to be a purely corotating interaction region (CIR) without any contribution of Coronal Mass Ejection (CME). These CIRs were actually related to coronal hole on the Sun. In this paper we determine the position of those coronal holes. We found that the coronal holes related to major geomagnetic storm were located around the center of the solar disk, between 30° North and 40° South in solar latitude, and between 30° East and 40° West in longitude.

Keywords: *Coronal holes, Corotating interaction region, Wind stream*

ABSTRAK

Lubang korona adalah daerah di matahari yang mempunyai kerapatan yang rendah dan medan magnet terbuka menuju heliosfer. Lubang korona dapat menyebabkan naiknya kecepatan angin surya, dan dapat mengakibatkan munculnya badai geomagnet kuat di bumi. Dalam rentang waktu tahun 1996 – 2006 terdapat 91 badai geomagnet kuat dengan indeks Dst < -100 nT, dan 12 di antaranya disebabkan oleh peristiwa *corotating interaction region* (CIR) tanpa adanya lontaran masa korona (*Coronal Mass Ejection/CME*). CIR ini sesungguhnya sangat erat kaitannya dengan adanya lubang korona di matahari. Dalam penelitian ini ditentukan posisi kedua belas lubang korona tersebut. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa letak lubang korona umumnya ada di sekitar pusat piringan matahari, yaitu antara 30° lintang utara dan 40° lintang selatan, serta 30° bujur timur dan 40° bujur barat.

Kata kunci: *Lubang korona, Corotating interaction region, Angin surya*

1 PENDAHULUAN

Lubang korona (*coronal hole*) adalah daerah di matahari yang mempunyai kerapatan plasma yang rendah, umumnya 100 kali lebih rendah dari bagian korona yang lain. Karena kerapatannya yang rendah, maka plasma yang ada di dalamnya tidak saling bertumbukan. Lubang korona ini mempunyai medan magnet terbuka ke heliosfer, artinya garis-garis medan magnet yang berasal dari lubang korona mengarah keluar atau menjauh dari matahari, dan tidak

kembali lagi ke fotosfer. Atom dan elektron terionisasi akan mengalir sepanjang medan magnet terbuka ini dan merupakan komponen angin surya yang kecepatannya tinggi.

Pada saat matahari aktif, medan magnet matahari akan didominasi oleh komponen *dipole* yang mengikuti gerak rotasi matahari, sehingga lubang korona akan banyak terdapat di kutub-kutub matahari. Untuk periode matahari yang lebih aktif, lubang korona dapat tersebar di semua lintang matahari, dan dapat

bertahan sampai beberapa kali rotasi (Cranmer, 2009). Lubang korona ini ternyata juga dapat mengakibatkan munculnya badai geomagnet (Tsurutani dan Gonzales, 1997).

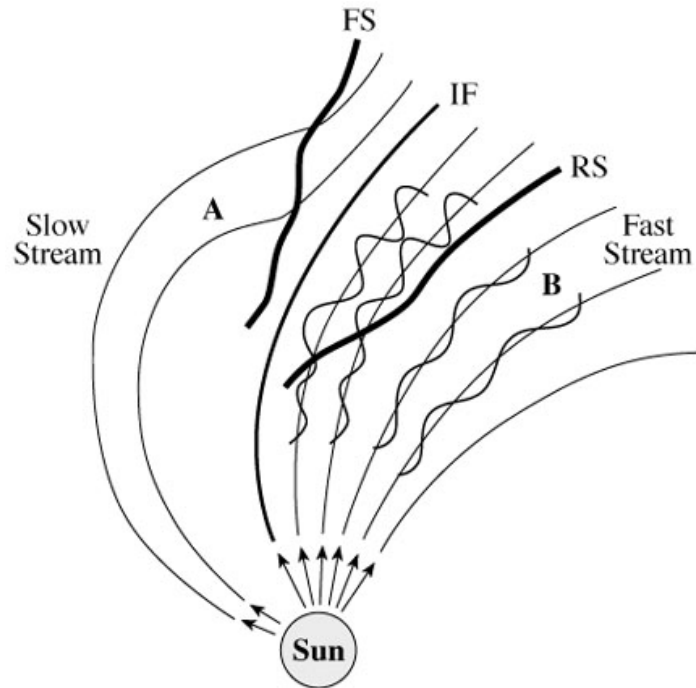
Intensitas badai geomagnet ditunjukkan dengan indeks badai geomagnet Dst. Badai geomagnet dapat dikelompokkan berdasarkan indeks badai Dst (*Disturbance Storm Time index*) menjadi: i) badai kuat dengan Dst minimum ≤ -100 nT, ii) badai sedang dengan Dst antara -50 sampai -100 nT, dan iii) badai lemah dengan Dst antara -30 sampai -50 nT (Gonzalez *et al.*, 1994). Dalam rentang waktu tahun 1996 – 2006 (siklus matahari ke 23), Yatini *et al.* (2008) mendapati adanya badai geomagnet kuat dengan Dst < -100 nT sebanyak 91 peristiwa. Berdasarkan proses identifikasinya diketahui bahwa ada 55 badai yang diakibatkan oleh CME. Di samping CME, ternyata ada 12 peristiwa badai kuat yang diakibatkan oleh fenomena *Corotating Interaction Region* (CIR) yang terkait dengan lubang korona, sedangkan sisanya belum diketahui penyebabnya. Dalam penelitian ini akan ditentukan posisi lubang korona yang terkait dengan badai kuat dalam rentang 1996 – 2006.

2 LANDASAN TEORI

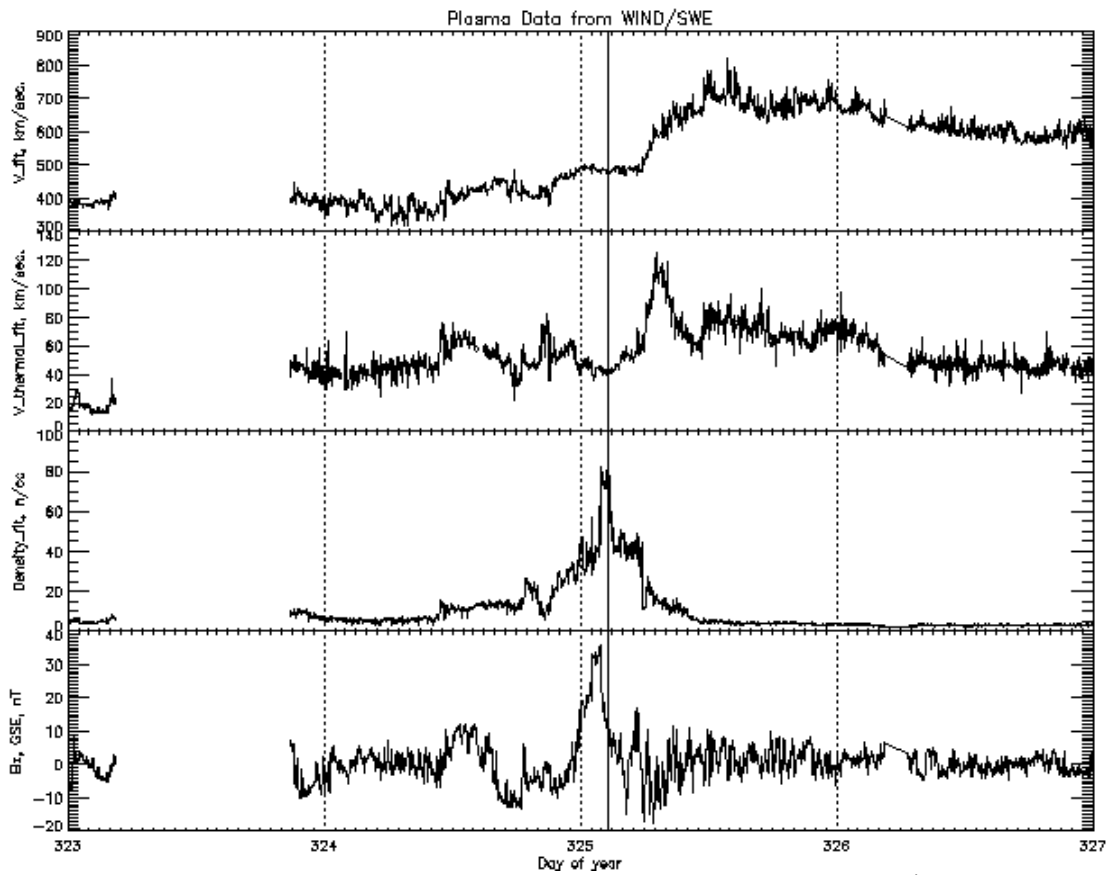
CIR adalah suatu daerah yang merupakan bagian dari angin surya. CIR di ruang antar planet terbentuk karena angin surya yang berkecepatan tinggi berinteraksi (bertumbukan) dengan aliran partikel yang berkecepatan rendah (Hundhausen, 1973; Hundhausen dan Gosling, 1976). Kecepatannya bervariasi antara 300 sampai 800 km/detik, bergantung pada kondisi korona yang merupakan sumber angin surya ini.

Karena matahari berotasi maka aliran materi ikut berotasi dan akan menghasilkan pola angin surya yang menyerupai spiral. Bila aliran materi dengan kecepatan rendah diikuti oleh materi dengan kecepatan tinggi, maka aliran materi yang lebih cepat akan menumbuk materi yang lebih lambat. Interaksi ini akan menghasilkan gelombang kejut yang akan membuat gerakan partikel menjadi sangat cepat, yang kemudian dapat menimbulkan badai geomagnet. Pada Gambar 2-1 diperlihatkan skema dari CIR. Medan magnet dari aliran materi yang lebih lambat akan lebih melengkung dari pada yang lebih cepat. Medan magnet yang kuat akan dihasilkan pada *interface* (IF) antara angin surya yang lambat dan cepat. CIR terletak di antara *forward shock* (FS) dan *reverse shock* (RS). Gosling *et al.* (1995) memodelkan konfigurasi CIR ini dengan pola angin surya yang cepat, dengan temperatur tinggi dan kerapatan plasma yang rendah yang mengikuti pola angin surya yang lambat, temperatur rendah, dan kerapatan yang tinggi.

Karakteristik angin surya yang ditunjukkan dengan adanya fenomena CIR ini adalah adanya plasma dengan kerapatan tinggi dan kecepatan rendah yang kemudian diikuti oleh plasma dengan kerapatan rendah dan kecepatan tinggi. Ciri lain dari CIR ini adalah temperatur plasma yang naik dengan tiba-tiba. Karakteristik ini diperlihatkan pada Gambar 2-2. Pada gambar tersebut pola CIR ditunjukkan dengan garis vertikal utuh. Pola pada tanggal tersebut mengakibatkan badai geomagnet kuat pada tanggal 21 November 2002 dengan Dst sebesar -128 nT.



Gambar 2-1: Skema *Corotating Interaction Region* (sumber: NASA's Cosmos). Medan magnet plasma yang berkecepatan rendah tampak lebih melengkung dari pada medan magnet plasma yang lebih cepat



Gambar 2-2: Profil angin surya pada tanggal 19 – 22 November 2002 (DOY 323 – 326). Dari atas ke bawah: kecepatan, temperatur ion, kerapatan, dan indeks selatan medan magnet antar planet (B_z). Garis vertikal utuh menunjukkan pola CIR

3 DATA DAN METODE

Dalam analisis ini dipergunakan beberapa jenis data, yaitu

- Data indeks gangguan geomagnet (Dst) diperoleh dari *World Data Center for Geomagnetism, Kyoto University* (<http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/>).
- Data angin surya dan medan magnet antar planet dari *Solar Wind Experiment (SWE)* (<http://we.mit.edu/>).
- Data peta lubang korona dari *National Solar Observatory (NSO)* (<http://nso.noao.edu/>)
- Data citra matahari dari *Solar and Heliospheric Observatory (SOHO)* (<http://sohowww.nascom.nasa.gov>)

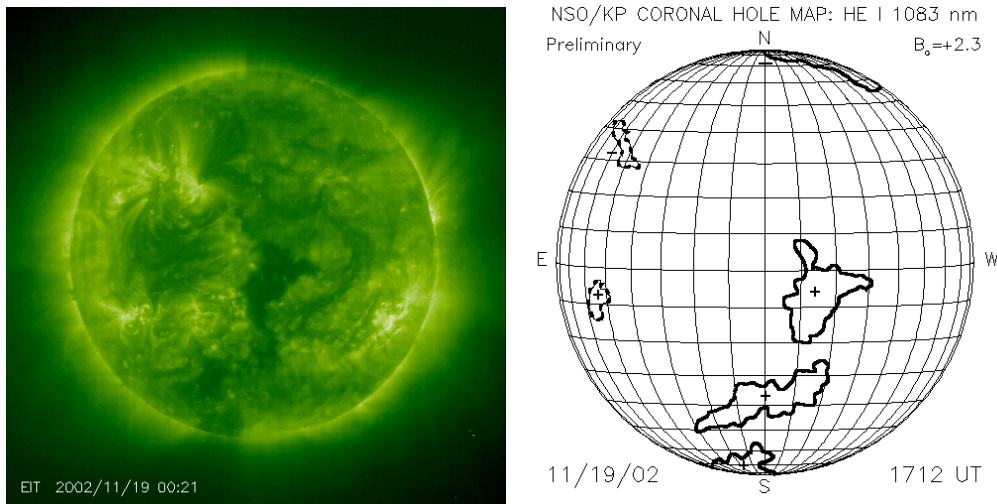
Data Dst digunakan untuk mengetahui intensitas badai geomagnet. Bila $Dst_{\text{minimum}} \leq -100$ nT, maka badai ini dikategorikan badai kuat. Badai dengan intensitas sedang mempunyai Dst antara -50 sampai -100 nT, dan badai lemah dengan Dst antara -30 sampai -50 nT. Data angin surya diperlukan untuk melihat adanya karakteristik CIR seperti yang telah dijelaskan pada Bab 2, sedangkan untuk melihat adanya lubang korona di matahari dan mengetahui posisinya diperlukan data citra SOHO dan NSO.

Tabel 3-1 menunjukkan badai geomagnet kuat dengan $Dst < -100$ nT yang disebabkan oleh fenomena CIR yang terkait lubang korona. Dengan memperhitungkan kecepatan angin surya diperoleh waktu mulainya gangguan, yang kemudian dikonfirmasi dengan citra matahari dan peta lubang korona pada tanggal tersebut.

Gambar 3-1 sebelah kiri memperlihatkan citra matahari dalam Ekstrim Ultra Violet pada tanggal 19 November 2002. Pada citra ini terlihat adanya lubang korona, yang terlihat sebagai bagian yang lebih gelap. Sedangkan pada gambar sebelah kanan diperlihatkan peta lubang korona pada hari yang sama. Dengan peta ini perkiraan posisi lubang korona dapat diketahui posisinya di matahari dan juga medan magnetnya. Posisi lubang korona diperkirakan dengan menentukan titik tengah pada bujur dan lintangnya. Sebagai contoh, pada Gambar 3-1 terdapat 2 lubang korona yang besar, dengan posisinya adalah 05S 15W dan 35S 0W. Dengan menganalisa semua lubang korona yang terkait dengan badai geomagnet kuat, bisa diperkirakan karakteristik lubang korona yang menyebabkannya.

Tabel 3-1: BADAI GEOMAGNET KUAT YANG TERKAIT DENGAN LUBANG KORONA

No.	Tanggal	Dst (nT)	Kecepatan angin surya (km/s)
1	23-Oct-96	-105	500
2	10-Mar-98	-116	460
3	7-Aug-98	-108	500
4	13-Jan-99	-112	600
5	4-Sep-02	-109	500
6	7-Oct-02	-115	400
7	14-Oct-02	-100	400
8	21-Nov-02	-128	780
9	12-Jul-03	-105	750
10	11-Feb-04	-109	737
11	8-May-05	-127	817
12	31-Aug-05	-128	490



Gambar 3-1: Sebelah kiri adalah citra SOHO dalam ekstrim ultra violet, daerah yang gelap adalah lubang korona. Gambar kanan adalah peta lubang korona pada hari yang sama. Dalam gambar Utara (N) ke arah atas, Selatan (S) ke bawah, Barat (W) ke arah kanan, dan Timur (E) ke kiri

4 HASIL DAN ANALISIS

Dengan mengetahui posisi lubang korona pada hari yang diperkirakan terjadinya fenomena di matahari, maka dapat diketahui posisi lubang korona penyebab badai geomagnet kuat. Sayangnya, peta lubang korona yang diperoleh hanya sampai dengan bulan Juli 2003, sehingga untuk posisi lubang korona setelah itu tidak dapat ditentukan.

Tabel 4-1 menunjukkan hasil penentuan posisi lubang korona yang menyebabkan badai geomagnet kuat. Pada beberapa tanggal tertentu diperoleh beberapa lubang korona, dan posisi seluruh lubang korona yang terdapat di matahari pada saat itu ditentukan. Dari

Tabel 4-1 diketahui bahwa untuk posisi utara-selatan, lubang korona yang terkait dengan badai geomagnet kuat terletak di posisi 30 derajat lintang utara dan 40 derajat lintang selatan matahari, atau tidak jauh dari ekuator matahari. Sedangkan untuk posisi timur-barat terletak dalam rentang 30 derajat timur sampai 40 derajat barat, atau sekitar bujur meridian matahari. Sehingga dapat dikatakan bahwa lubang korona yang terkait dengan badai magnet kuat terletak di bagian tengah piringan matahari. Lubang korona ini akan menyebabkan kecepatan angin surya yang lebih tinggi daripada kecepatan normalnya (300 km/jam), seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 3-1.

Tabel 4-1: POSISI LUBANG KORONA YANG DIPERKIRAKAN TERKAIT DENGAN BADAI GEOMAGNET KUAT

No	Tanggal	Utara (°)	Selatan (°)	Barat (°)	Timur(°)
1	23-Oct-96		15	15	
			5		30
2	10-Mar-98		25	5	
4	13-Jan-99	30		0	
			35		30
5	4-Sep-02		20	20	
6	7-Oct-02	20			25
				0	20
			15		10
		5		40	
7	14-Oct-02		40	40	
8	21-Nov-02		5	15	
			35	0	
9	12-Jul-03	0		20	

Yang agak sulit dilakukan adalah menentukan lubang korona mana yang menyebabkan badai tersebut apabila ada beberapa lubang korona tampak di matahari. Oleh sebab itu hasil yang diperoleh disini masih perkiraan secara global. Perlu dilakukan analisis yang lebih teliti untuk menentukan dengan pasti lubang korona tersebut. Di samping itu perlu juga diingat bahwa posisi yang diambil adalah titik tengah dari lubang korona tersebut, karena lubang korona yang ada di matahari melingkupi daerah yang cukup luas, sehingga posisi yang diambil adalah posisi rata-ratanya.

5 KESIMPULAN

Badai geomagnet kuat yang disebabkan oleh fenomena CIR terkait dengan posisi lubang korona yang terletak di sekitar pusat matahari, yaitu antara lintang 20 derajat utara dan 40 derajat selatan serta bujur 30 derajat timur dan 40 derajat barat. Fenomena CIR ini ditandai dengan tingginya kerapatan angin surya yang kecepatannya tinggi, yang kemudian diikuti oleh plasma dengan kerapatan rendah dan kecepatan tinggi, serta naiknya temperatur

dengan tiba-tiba. Dengan mengetahui posisi lubang korona yang terkait badai geomagnet kuat, maka dapat diprakirakan apakah lubang korona yang muncul di matahari akan mengakibatkan badai geomagnet kuat atau tidak.

DAFTAR RUJUKAN

- Cranmer, S.R., 2009. *Living Rev. Solar Phys.* 6, 3.
- Gonzalez, W.D., Joselyn, J.A., Kamide, Y., Kroehl, H.W., Rostoker, G., Tsurutani, B.T., Vasyliunas, V.M., 1994. *J. Geophys. Res.* 99, 5571.
- Gosling, J.T., Bame, S.J., McComas, D.J., Phillips, J.J., Pizzo, V.J., Goldstein, B.E., Neugebauer, M., 1995. *Space Sci. Rev.* 72, 99.
- Hundhausen, A.J., 1973. *J. Geophys. Res.* 78, 1528.
- Hundhausen, A.J., Gosling, J.T., 1976. *J. Geophys. Res.* 81, 1436.
- Tsurutani, B.T. Gonzalez, W.D., 1997. *Geophysical Monograph* 98, 77.
- Yatini, C.Y., Suratno, Admiranto, A.G., Suryana, N., 2008, *Jurnal Sains Dirgantara* Vol 6 No 1, 47.