

# **FLARE BESAR PADA TANGGAL 15-17 JANUARI 2005 DAN PENGARUHNYA PADA LINGKUNGAN ANTARIKSA**

Clara Y. Yatini  
Peneliti Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa, LAPAN

## **ABSTRACT**

Three Long Duration Event (LDE) flares erupted from solar surface in the period of 15 - 17 January 2005. They have similar characteristics, which are gradual flares and reach maximum intensity longer than their decay. These LDE flares were accompanied by CME and proton event which led to the increase of 10.7 cm flux and to the local geomagnetic storms at middle and high latitudes.

## **ABSTRAK**

Tiga *flare* yang merupakan *Long Duration Event* (LDE) *flare* yang terjadi di permukaan matahari pada rentang waktu antara 15 sampai 17 Januari 2005 mempunyai karakteristik yang sama, yaitu mempunyai waktu naik yang lebih lama dari pada waktu meiuurnya. Kemunculan *flare* LDE ini kemudian diikuti oleh Lontaran Massa Korona (*Coronal Mass Ejection* - CME) dan kenaikan partikel proton yang besar. Munculnya LDE yang diikuti oleh CME dan *proton event* antara lain mengakibatkan naiknya *fluks* 10.7 cm dan timbulnya gangguan (badai) geomagnet lokal pada lintang menengah dan tinggi.

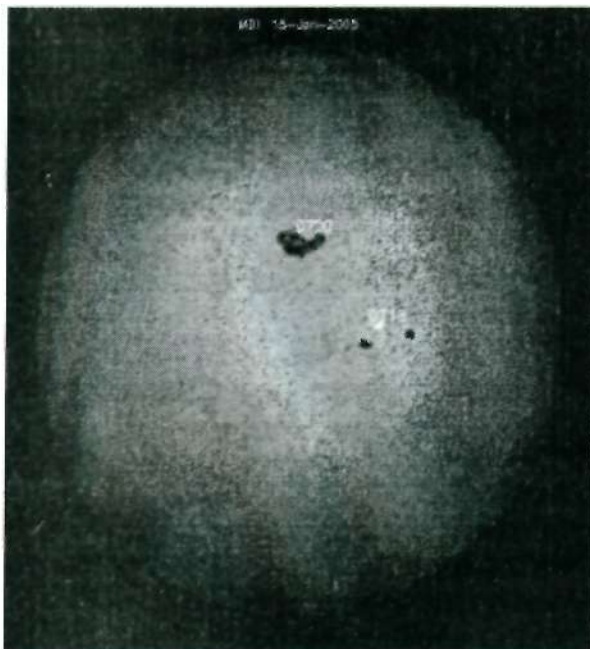
## **1 PENDAHULUAN**

*Flare* adalah ledakan yang terjadi di permukaan matahari. Pada saat terjadi *flare* akan dipancarkan radiasi elektromagnetik dalam panjang gelombang dari 0.002 Å sampai  $10^6$  cm, dan dengan energi kinetik antara 1 eV sampai lebih dari 10 GeV. Aktivitas matahari umumnya diamati melalui panjang gelombang H $\alpha$  (6563 Å), sinar X lunak (*SoftX-Ray*) pada panjang gelombang 0.5-4 Å dan 1-8 Å, *fluks* radio pada panjang gelombang 10.7 cm, pada panjang gelombang tampak, dan dengan berbagai panjang gelombang lainnya.

Sejak dilakukannya pengamatan terhadap *flare* baik secara optik maupun sejak diluncurkannya satelit untuk memonitor sinar X yang berasal dari matahari, maka diketahui pula bahwa *flare* mempunyai durasi (waktu) yang sangat bervariasi, dari beberapa menit sampai dengan beberapa jam (Smith dan

Smith, 1963). Penelitian-penelitian berikutnya menunjukkan bahwa pada umumnya *flare* dengan durasi yang singkat berasosiasi dengan *flare* yang kecil, sedangkan *flare* dengan durasi yang lama berkaitan dengan *flare* yang kuat dan besar (misalnya Kahler, 1977 dan Pallavicini *et. al.*, 1977).

Belakangan ini peristiwa-peristiwa *flare* yang mempunyai durasi yang lama (*Long Duration Event*, selanjutnya disingkat dengan LDE) mulai banyak ditelaah. Antalova (1995) memberikan batasan bahwa yang termasuk dalam LDE adalah *flare* dengan durasi lebih lama dari 2 jam. Akan tetapi sebenarnya batasan durasi untuk suatu *flare* sehingga dapat disebut sebagai LDE masih belum jelas benar. Beberapa sumber, diantaranya *Solar Geophysical Data*, mengklasifikasikan *flare* dengan durasi lebih dari 1 jam sebagai LDE. Berdasarkan klasifikasi dari *Solar Geophysical Data* ini, maka dalam tulisan ini ditentukan bahwa yang dimaksud



Gambar 2-1: Gambar permukaan matahari pada tanggal 15 (kiri) dan 17 Januari 2005 (kanan). Utara ke arah atas dan Barat ke kanan. Daerah aktif yang melontarkan LDE flare adalah NOAA 0720 (sumber: *Solar and Heliospheric Observatory*)

dengan LDE adalah *flare* dengan durasi lebih lama dari 1 jam.

LDE ini sangat menarik karena cenderung berkaitan erat dengan lontaran massa korona (*Coronal Mass Ejection-CME*), *proton event*, dan *interplanetary shocks* (Koomen *et. al.*, 1985). Selain itu dengan makin panjangnya durasi *flare*, maka energi total yang dilontarkannya pun akan makin besar. Sebagai konsekuensinya, pengaruhnya pada lingkungan Bumi akan makin besar. Dalam tulisan ini akan dibahas tiga kire yang mempunyai durasi yang lama (LDE) yang terjadi antara tanggal 15 sampai dengan 17 Januari 2005 dan mengetahui seberapa besar dampak LDE ini pada lingkungan antariksa. Untuk itu akan dilihat seberapa besar partikel berenergi yang dilontarkannya, yaitu seberapa besar kenaikan energi (partikel) yang dipancarkan dibandingkan dengan tingkat yang 'tenang' (tanpa adanya *flare*).

## 2 DATA DAN ANALISIS

Dari data aktivitas matahari yang diperoleh dari *Space Environment Center*, pada tanggal 15 sampai dengan 17 Januari

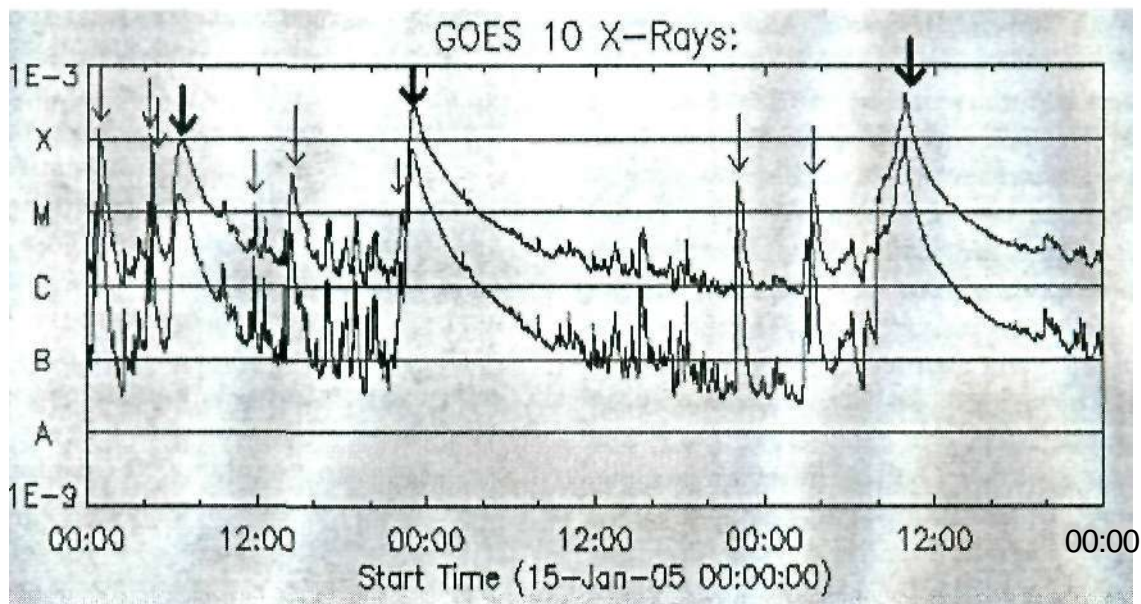
2005 terjadi beberapa *flare* yang sangat besar di permukaan matahari, dengan energi sinar X maksimumnya mencapai orde  $10^{-5}$  dan  $10^4$  Watt/m<sup>2</sup> (atau disebut masing-masing sebagai kelas M dan X). Yang sangat berperan dalam menghasilkan *flare-flare* ini adalah daerah aktif di matahari, yang oleh badan *National Oceanic and Atmospheric Administration* diberi nomor NOAA 0720 seperti terlihat pada Gambar 2-1. Beberapa *flare* besar yang dihasilkan bahkan diikuti pula oleh adanya lontaran massa korona (CME) yang cukup besar dan kenaikan *fluks proton* dan *fluks* pada panjang gelombang 10.7 cm (F 10.7) yang cukup besar. *Fluks* pada panjang gelombang 10.7 cm ini dapat digunakan untuk mengetahui tingkat aktivitas matahari dari pengamatan di Bumi.

Sebenarnya pada tanggal 15-17 Januari 2005 tersebut terjadi banyak sekali *flare*. Aktivitas matahari pada rentang waktu ini diamati salah satunya dalam panjang gelombang sinar X melalui satelit GOES. *Fluks* sinar X yang diamati oleh GOES adalah seperti pada Gambar 2-2. Pada hari tersebut ada beberapa *flare* sinar X yang lebih besar dari kelas M

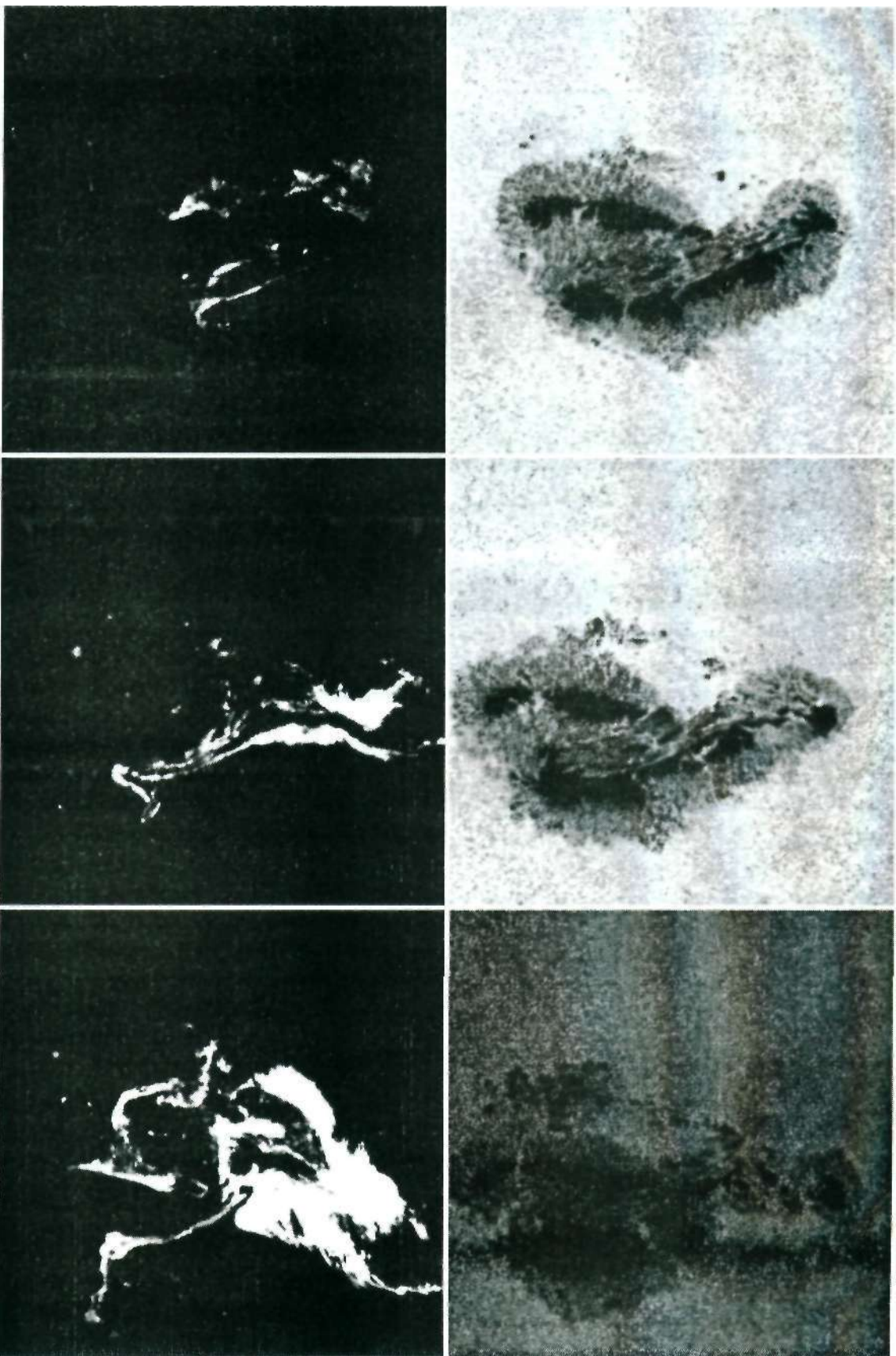
yang terjadi di matahari, seperti yang ditunjukkan oleh tanda panah pada Gambar 2-2, dan tertulis dalam Tabel 2-1. Sebagian besar flare ini terjadi di daerah aktif yang sama, yaitu NOAA 0720, sedangkan yang lain di daerah aktif NOAA 0718. Kelas flare C, M, dan X menunjukkan tingkat energi maksimumnya, yaitu berturut-turut dalam orde  $10^6$ ,  $10^5$ , dan  $10^4$  Watt/m<sup>2</sup>.

Daerah aktif yang diberi nomor NOAA 0720 ini mulai tampak di tepi Timur Matahari pada tanggal 10 Januari 2005. Kemudian daerah ini berkembang dengan cepat menjadi besar dan kompleks, dan melontarkan beberapa flare tetapi dengan kelas flare yang masih kecil (lemah). Akan tetapi mulai tanggal 15 Januari 2005 daerah ini mulai menampilkan tingkat aktivitas yang tinggi, dengan mulai melontarkan flare kelas X 1.2. Selanjutnya beberapa flare yang kuat mulai mengikuti. Daerah ini menghilang di tepi Barat Matahari pada tanggal 23 Januari 2005.

Flare LDE yang disinggung di sini adalah flare yang terdapat pada Tabel 2-1 nomor 4, 8, dan 11, yang kelas sinar X nya berturut-turut adalah kelas M 8.6, X 2.6, dan X 3.8 (untuk selanjutnya disebut sebagai flare A, B, dan C). Ketiga gambar flare ini dan daerah aktifnya diperlihatkan pada Gambar 2-3. Dilihat dari waktu pemunculannya, saat maksimum, dan saat berakhirnya, maka ketiga flare ini termasuk kelas yang gradual artinya naik atau mencapai maksimum secara perlahan-lahan. Akan tetapi, flare-flare ini tidak seperti flare pada umumnya yang mempunyai waktu naik (*rise time*, sejak muncul sampai maksimum) lebih singkat dari pada waktu meluruhnya (*decay time*, dari maksimum sampai kembali ke intensitas awalnya) (Smith dan Smith, 1963; Yatini 1995). Ketiga LDE flare ini mempunyai *rise time* yang lebih besar dari pada *decay time*-nya. Pada Tabel 2-2 dapat dilihat *life time* (kala hidup), *rise time* (waktu naik), *decay time* (waktu turun), dan *rise ratio* (perbandingan antara waktu naik dan kala hidupnya).



Gambar 2-2: Plot GOES untuk sinar X yang diterima dari matahari pada tanggal 15 - 17 Januari 2005. Tanda panah menunjukkan flare-flare yang lebih besar dari kelas M1. Tanda panah tebal menunjukkan flare sinar X berdurasi lebih dari 1 jam (LDE) yang terjadi pada hari-hari tersebut. Plot bagian atas adalah pada panjang gelombang 1 - 8 Å, bagian bawah pada 0.5 - 4 Å (sumber: *Yohkoh Solar Observatory*).



Gambar 2-3: LDE flare tanggal 15-17 Januari 2005. GamLar atas adalah flare A, gambar tengah adalah flare B, dan gambar bawah adalah flare C yang diamati oleh TRACE pada panjang gelombang 1600 Å. Bagian sebelah kanan adalah daerah aktif yang melontarkan flare-flare tersebut yang juga diamati oleh TRACE dalam white light (sumber: Transition Region and Coronal Explorer)

Tabel 2-1: FLARE SINAR X DENGAN KELAS LEBIH BESAR DARI KELAS MI YANG TERJADI PADA TANGGAL 15-17 JANUARI 2005, SEPERTI YANG DITUNJUKKAN PADA GAMBAR 2-1

No.	Tgl.	Mulai (UT)	Maks. (UT)	Akhir (UT)	Kelas X-ray	Kelas optik	Radio	Daerah aktif	Keterangan
1.	15	00:22	00:43	01:02	X 1.2	1B		0720	
2.	15	04:09	04:16	04:22	M 1.3	2N	III	0720	
3.	15	04:26	04:31	04:36	M 8.4	2N		0720	
4.	15	05:54	06:38	07:17	M 8.6	SF	II, IV	0720	LDE, CME
5.	15	11:41	11:48	11:50	M 1.2	SF		0720	
6.	15	14:08	14:23	14:39	M 3.2	SF	III	0718	
7.	15	22:01	22:08	22:16	M 1.0	SF		0720	
8.	15	22:25	23:02	23:31	X 2.6	3B	II	0720	LDE, CME
9.	16	21:55	22:03	22:22	M 2.4	1N	III	0720	
10.	17	03:10	03:21	03:32	M 2.6			0720	
11.	17	06:59	09:52	10:07	X 3.8		II, III, IV	0720	LDE, CME

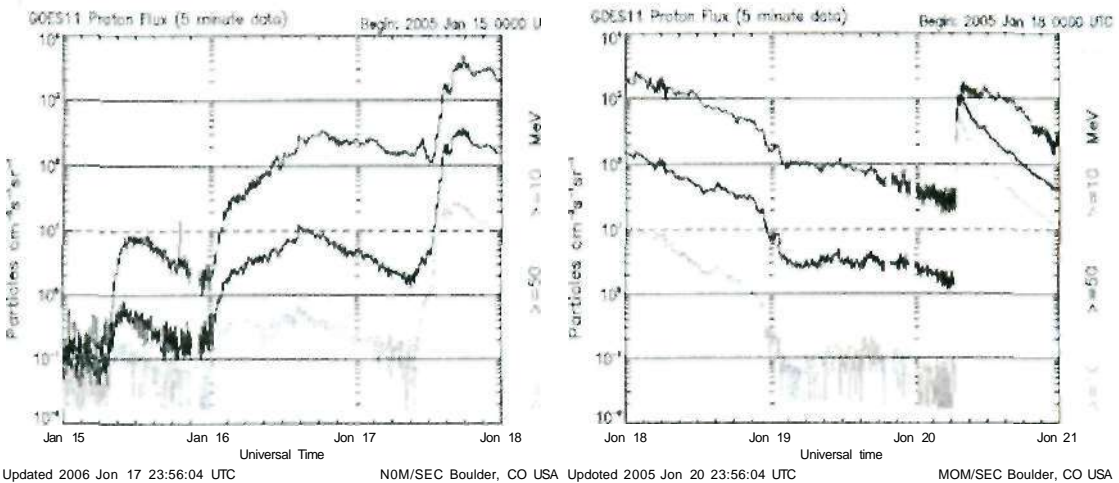
Tabel 2-2: KARAKTERISTIK WAKTU DARI LDE FLARE SINAR X TANGGAL 15-17 JANUARI 2005

LDE Flare	Life Time (menit)	Rise Time (menit)	Decay Time (menit)	Rise Ratio
A	83	44	39	0.53
B	66	37	29	0.56
C	188	173	15	0.92

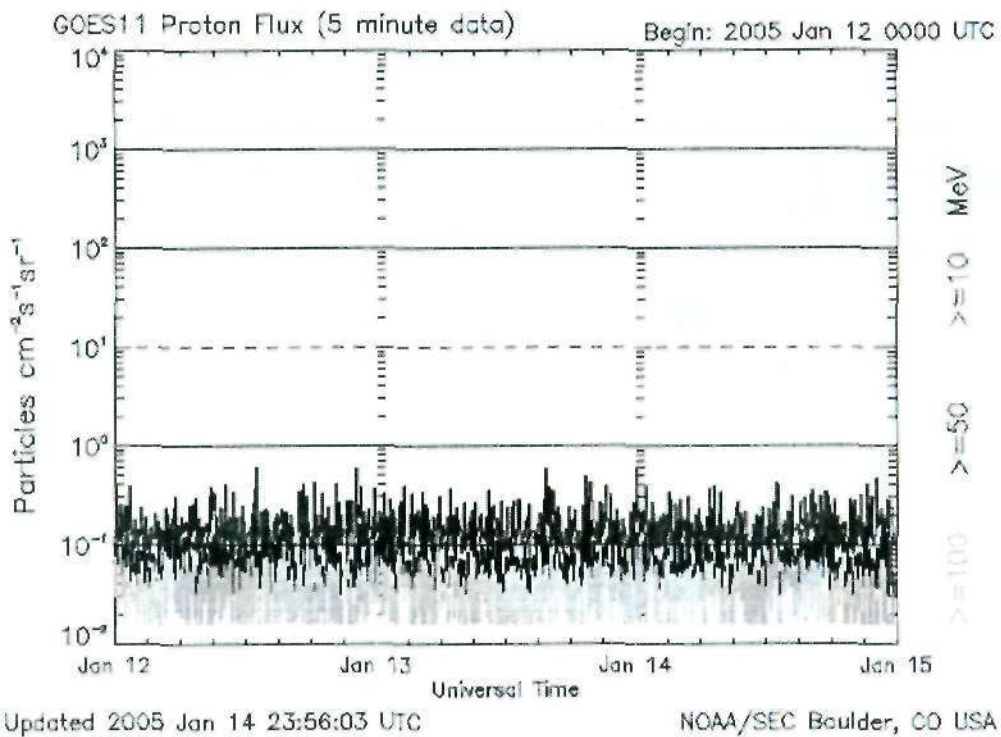
### 3 PEMBAHASAN

Flare yang pertama pada tanggal 15 Januari 2005, yaitu flare kelas X 1.2 yang terjadi pada jam 00:22 UT tampaknya tidak diikuti oleh kenaikan jumlah proton, seperti yang terlihat pada Gambar 3-1. Kenaikan fluks proton yang tampak disebabkan oleh flare M 8.6 yang mulai pada jam 05:54 UT dan disertai dengan adanya CME. Walaupun proton untuk

energi >10, >50, dan >100 MeV tampak bertambah, tapi tidak cukup besar, dan tampak akan kembali normal kira-kira setelah jam 20 UT. Akan tetapi CME kembali terjadi yang menyertai flare yang mulai pada jam 22:25 UT. Kenaikan fluks proton mencapai 200 kali dari pada saat tenang (normal) dan fluks proton yang tinggi ini berlangsung cukup lama.



Gambar 3-1: Plot fluks proton pada tanggal 15 sampai dengan 20 Januari 2005, masing-masing untuk proton dengan energi > 10 MeV (atas), > 50 MeV (tengah), dan > 100 MeV (bawah) (sumber: Space Environment Center)



Gambar 3-2: Plot fluks proton pada tanggal 12 sampai dengan 14 Januari 2005, masing-masing untuk proton dengan energi  $\geq 10$  MeV (atas),  $\geq 50$  MeV (tengah), dan  $\geq 100$  MeV (bawah) (sumber: *Space Environment Center*)

Proton berenergi tinggi ini dapat mencapai bumi dalam waktu 30 menit setelah puncak semburan terjadi. Selama peristiwa proton (*proton event*) ini bumi dihujani partikel-partikel dari matahari (terutama proton) yang dilepaskan dari *flare*. Ada diantaranya yang dapat menembus medan magnet bumi dan memasuki atmosfer bumi dan mengakibatkan naiknya radiasi. Selama *proton event* ini, lebih banyak lagi partikel energetik yang dapat mencapai atmosfer bumi dan merusak ozon. Fluks proton dalam satu hari pada hari-hari di sekitar peristiwa LDE ini diperlihatkan pada Tabel 3-1. Proton yang diamati pada ketinggian satelit GOES terbagi menjadi 3 rentang energi, yaitu  $> 1$  MeV,  $> 10$  MeV, dan  $> 100$  MeV. Fluks yang tinggi terjadi setelah tanggal 15 Januari, yaitu dimulai setelah terjadinya LDE yang diikuti oleh *proton event* pada tanggal 15 Januari.

Pada Tabel 3-1 ini juga terlihat adanya kenaikan pada  $\text{Zufcs}$  10.7 cm. Fluks 10.7 cm ini adalah fluks pada panjang gelombang 10.7 cm yang diterima pada

jarak 1 AU (*Astronomical Unity*, yaitu jarak Bumi-Matahari). Fluks ini dihitung dalam satuan *sfu* (*solar flux unit*) yang besarnya sama dengan  $10^{-22} \text{ W nr}^2 \text{ Hz}^1$ . Kenaikan fluks 10.7 cm ini terjadi sejak tanggal 12 Januari, karena pada saat tersebut sudah terjadi *flare*. Akan tetapi kenaikan yang besar terjadi sejak tanggal 15-17 Januari. Hal ini disebabkan oleh adanya *flare* besar (*LDE flare*) pada ketiga hari tersebut.

Demikian juga, *planetary index A* pada hari-hari setelah terjadinya LDE yang dibarengi oleh CME ini naik cukup besar. Pada Tabel 3-1 terlihat bahwa indeks A ini mempunyai harga yang besar pada tanggal 17 - 19 Januari 2005. Pada lintang menengah, terjadi *minor storm* ( $30 < A < 50$ ), sedangkan pada lintang tinggi terjadi badai geomagnetik lokal yang sangat besar (*severe storm*) yaitu dengan  $A > 100$ . Dilihat dari waktu terjadinya badai, tampaknya selang waktu yang diperlukan oleh badai dari matahari adalah sekitar 2 hari.

Tabel 3-1: INFORMASI FLUKS 10.7 CM, PROTON FLUENCE (JUMLAH PROTON), DAN PLANETARY INDEX A PADA HARI-HARI DI SEKITAR TERJADINYA PERISTIWA LDE (SUMBER: SPACE ENVIRONMENT CENTER)

Tanggal	F 10.7 (sfu)	Jumlah Proton (proton cm <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> sr <sup>-1</sup> )			A indeks	
		> 1 MeV	> 10 MeV	> 100 MeV	Lintang menengah	Lintang tinggi
10 Jan	90	1.5e+06	1.4e+04	3.1e+03	4	5
11 Jan	94	1.7e+06	1.4e+04	3.2e+03	9	22
12 Jan	102	2.0e+06	1.4e+04	3.5e+03	18	47
13 Jan	116	2.0e+06	1.4e+04	3.4e+03	10	20
14 Jan	130	2.2e+06	1.5e+04	3.5e+03	11	9
15 Jan	145	5.8e+06	2.7e+05	6.3e+03	11	29
16 Jan	145	1.4e+08	1.3e+07	3.0e+04	10	16
17 Jan	138	6.2e+08	1.1e+08	6.7e+05	27	114
18 Jan	124	5.5e+08	9.4e+07	3.8e+05	35	136
19 Jan	133	1.1e+08	8.2e+06	8.8e+03	31	106
20 Jan	123	1.4e+08	5.2e+07	6.1e+06	10	24

#### 4 KESIMPULAN

Di antara banyak *flare* yang terjadi pada rentang waktu antara 15 sampai 17 Januari 2005 terdapat 3 buah *flare* yang mempunyai durasi yang lebih dari 1 jam (*Long Duration Event - LDE*). Ketiga *flare* ini mempunyai karakteristik pertumbuhan dan peluruhan yang sama, yaitu merupakan *flare* yang gradual (intensitasnya naik sampai maksimum secara perlahan) dan kemudian menurun dengan cepat. Dengan kata lain waktu naik (*rise time*) jauh lebih besar dari pada waktu meluruhnya [*decay time*]. Dengan demikian *rise rationnya*, yaitu perbandingan antara waktu naik dengan kala hidupnya lebih besar dari 0.5.

Kemunculan *flare* LDE ini kemudian diikuti oleh lontaran massa korona (*corona/mass ejection-CME*) dan kenaikan partikel proton yang besar yang disebut sebagai *proton event*. Setelah terjadi *flare* fluks proton naik bahkan sampai 200 kali keadaan normal (tenang). Hal ini seperti yang diperoleh oleh Sheeley *et. al.* (1975) yang menyatakan bahwa biasanya suatu *flare* sinar X yang merupakan LDE berasosiasi dengan CME. Selain CME biasanya peristiwa semacam ini juga diikuti oleh munculnya peristiwa lontaran proton yang sangat besar yang disebut sebagai

*proton event* (misalnya dalam Kahler (1978)).

Munculnya LDE yang dibarengi oleh CME dan proton event antara lain mengakibatkan naiknya fluks 10.7 cm dan timbulnya gangguan (badai) geomagnet lokal pada lintang menengah dan tinggi.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Antalova, A., 1995. *Contr. Astron. Obs. Skalnaté Pleso* 25, 121.
- Kahler, S.W., 1977. *Astrophys. J.* **214**, 891.
- Kahler, S.W., Hildner, E., van Hollebeke, M.A., 1978. *SolarPhys.* 57, 429.
- Koomen, M.J., Sheeley, N.R., Howard, R.A., Michels, D.J., 1985. *Solar Phys.* 97, 375.
- Pallavicini, R., Serio, S., Vaiana, G.S., 1977. *Astrophys. J.* 216, 108.
- Sheeley, Jr., N.R., Bohlin, J.D., Brueckner, G.E., Purcell, J.D., Scherrer, V.E., Tousey, R., Smith, Jr., J.B., Speich, D.M., Tandberg-Hanssen, E., Wilson, R.M., DeLoach, A.C., Hoover, R.B., McGuire, J.P., 1975. *Solar Phys.* 45, 377.
- Smith, H.J., Smith, E.V.P., 1963. in *Solar Flares*, The Macmillan Company, New York.

Solar Geophysical Data, <http://www.ngdc.noaa.gov/>.

Solar and Heliospheric Observatory, <http://sohowww.nascom.nasa.gov/>.

Space Environment Center, <http://www.sec.noaa.gov/>.

Transition Region and Coronal Explorer, <http://vestige.lmsal.com/TRACE/>.

Yatini, C.Y., 1995. *in Statistical Study of Solar Ha Brightening Events*, Master Thesis, Tohoku University.

Yohkoh Solar Observatory, <http://www.lmsal.com/SXT/>.