

ANALISIS DAERAH AKTIF NOAA 11429 (0053, LAPAN PASURUAN) YANG MEMBANGKITKAN FLARE

Nanang Widodo¹, Eko Ribut Supriyanto²

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional^{1,2}

nangwidodo@gmail.com

Abstrak. Fenomena badai Matahari yang merambat ke ruang antar-planet dapat menjadi masalah negatif terhadap kestabilan dan keseimbangan makhluk hidup di Bumi. Potensi badai Matahari biasanya dibangkitkan dari daerah aktif yang mempunyai formasi image grup sunspot kompleks. Pada penelitian ini akan menganalisis bagaimana, mengapa, dimana dan kapan daerah aktif mampu membangkitkan badai Matahari. Badai Matahari yang terjadi berulang kali dalam interval evolusi tanggal 4-15 Maret 2012 dibangkitkan dari daerah aktif (grup sunspot) NOAA 11429 (0053, LAPAN Pasuruan). Beberapa parameter antara lain; evolusi grup sunspot LAPAN, klasifikasi Zurich, citra flare H-Alpha, flare soft X-Ray. saling berkorelasi dalam peristiwa badai Matahari.

Kata Kunci: badai matahari, sunspot, flare H-Alpha, flare SXR.

PENDAHULUAN

Badai Matahari umumnya diawali oleh perkembangan signifikan dalam waktu singkat dari citra daerah aktif (grup sunspot). Konsekuensi dari perkembangan signifikan grup sunspot ini berdampak pada ketidakstabilan tabung medan magnet di fotosfer (Bray Loughhead, 1979), hingga terjadi rekoneksi antar tabung medan magnet dan pecah di kromosfer Matahari. Pecahnya tabung medan magnet ini disebut peristiwa ledakan (*flare*) Matahari. Flare umumnya dibangkitkan di sekitar daerah aktif (grup sunspot), (Clara, 2006), (Nanang, 2006). Frekuensi flare meningkat dalam kuantitas dan kualitasnya pada saat permukaan Matahari memasuki puncak siklus aktivitas.

Pada saat awal siklus, umumnya kemunculan grup sunspot berada di lintang tinggi, ± 40 derajat di atas atau di bawah ekuator. Sedangkan pada saat mendekati puncak aktivitas Matahari, grup sunspot muncul pada lintang, ± 15 derajat di atas atau di bawah ekuator (Nanang, April 2013). Awal siklus aktifitas Matahari ke 24 terjadi pada 4 Januari 2008. Memasuki tahun ke 4, pada tahun 2012 di permukaan fotosfer Matahari diperkirakan sudah banyak bermunculan daerah aktif yang besar (grup sunspot D, E atau F). Grup sunspot pada kelas ini berpotensi besar membangkitkan flare H-Alpha) secara optik tampak citra sangat terang di kromosfer dan flare Soft X-Ray pada panjang gelombang 1 – 8 Angstrom. Intensitas fluks flare SXR pada interval 1×10^{-6} sampai 1×10^{-4} Watt/m², terbagi dalam 3 kelas (Nanang, Oktober 2013).

Dengan menyeragamkan waktu amatan, posisi grup sunspot dari LAPAN Pasuruan dengan amatan flare H-Alpha secara optik dari stasiun Kanzelhoehe serta amatan dari satelit Hinode SXR. Setelah diperoleh informasi awal tentang fenomena flare yang terjadi berulang-ulang dari grup sunspot sama, maka akan dilakukan penelusuran awal hingga akhir evolusi grup sunspot. Pada penelitian ini dilakukan analisis evolusi grup sunspot yang membangkitkan flare H-Alpha dan flare SXR pada tanggal 4 - 15 Maret 2012.

METODE PENELITIAN

Variasi data yang digunakan dalam analisis daerah aktif dan menghasilkan flare antara lain: citra sunspot (LAPAN Watukosek), citra H-Alpha, flare SXR dalam citra dan grafik intensitas (Watt/m²). Selain parameter-parameter di atas, pada kejadian flare juga mengemiskan solar proton event (Clara, 2011).

Langkah awal dalam mengidentifikasi daerah aktif yang dapat membangkitkan flare adalah mencari posisi grup sunspot di fotosfer yang berimpit dengan lokasi flare Matahari. Berdasarkan analisis evolusi grup sunspot sehari sebelum dan pada hari kejadian flare, maka

diduga bahwa grup sunspot nomer 11429 NOAA atau 0053 LAPAN Watukosek selama evolusi yaitu tanggal 4-15 maret 2012 mampu membangkitkan flare beberapa kali.

Matahari dinyatakan aktif apabila terdapat peningkatan kualitas dan kuantitas yang signifikan dari kemunculan beberapa daerah aktif di fotosfer Matahari, (Nanang, 2013). Selama evolusi daerah aktif (grup sunspot) mengalami tiga fasa yaitu fasa pertumbuhan, fasa puncak aktivitas dan fasa penyusutan. Pada fasa puncak aktivitas, biasanya grup sunspot mempunyai daerah aktif paling luas selama evolusinya dan formasi beberapa penumbra dan spot-spotnya yang kompleks. Pada fasa ini, grup sunspot berpeluang besar membangkitkan flare secara berulang-ulang. (Nanang, 2006)

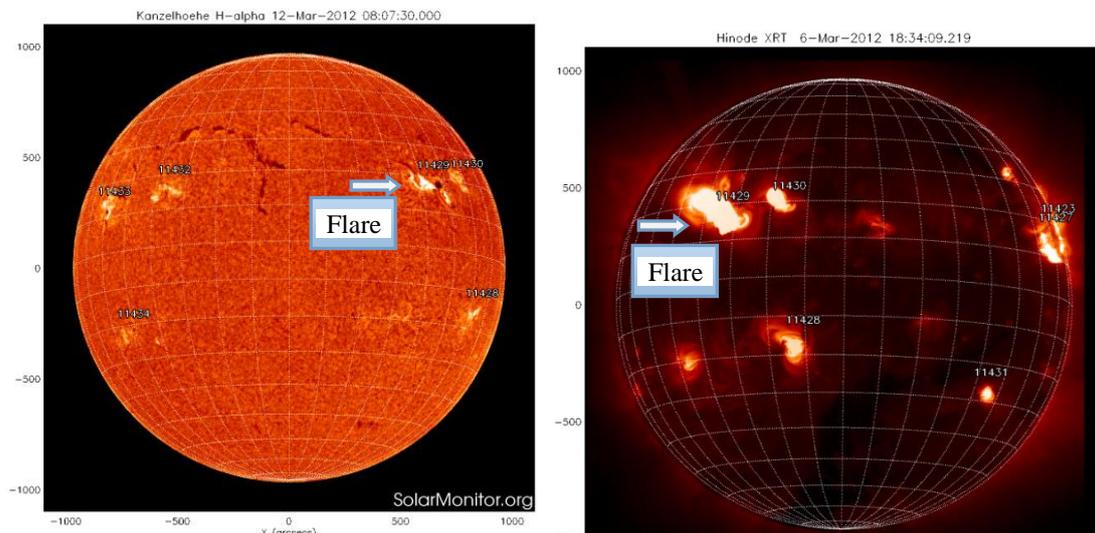
Ciri-Ciri grup sunspot yang berpeluang membangkitkan flare dapat dibedakan dalam dua cara analisis yaitu analisis kuantitatif dan kualitatif (Nanang, 2013). Analisis kuantitatif yaitu mengamati kenaikan jumlah spot atau penumbra yang signifikan pada kedua polarisasi bagian yang mendahului (*preceding*) dan menyertai (*following*). Sedangkan analisis kualitatif antara lain area grup sunspot bertambah luas, ukuran penumbra bertambah besar dan formasi citra spot atau penumbra mendadak kompleks (William, 1978).

Beberapa tahapan dalam metode penelitian ini dinyatakan sebagai berikut:

1. Mempelajari evolusi daerah aktif yang berpotensi flare.
2. Melacak posisi bujur dan lintang grup sunspot dengan menggunakan referensi kecepatan rotasi grup sunspot di permukaan Matahari (Nanang, 2006).
3. Identifikasi parameter-parameter yang berkorelasi dengan fenomena badai Matahari, antara lain: posisi flare optik, citra sunspot, flare soft X-Ray.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada gambar 1, kiri. Citra H-Alpha dari kromosfer Matahari ini dapat dilihat pada panjang gelombang 6563 Angstrom. Pada tanggal 12 Maret 2012 merupakan amatan hari ke 8 dari awal evolusi (tanggal 4 Maret 2012, di posisi 67 °BT, 15 °LU), tampak flare dari daerah aktif nomer grup 11429 (NOAA) sudah bergeser sejauh +/- 103 derajat bujur ke arah barat. Gambar 1, kanan adalah rekaman citra flare SXR (cahaya sangat terang) hari ke 3 setelah evolusi grup 11429 (NOAA). Sisi timur cakram Matahari berada di sebelah kiri, sedangkan barat cakram Matahari berada di sebelah kanan. Grup sunspot berotasi dari timur ke barat cakram Matahari.

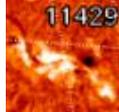
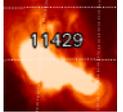
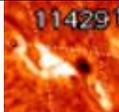


Gambar 1. Kiri. Citra H-Alpha, 12 Maret 2012 dari Kanzelhoehe,
Kanan. Citra XRT (soft X-ray), 6 Maret 2012 dari Hinode

Sumber: www.solarmonitor.org/full_disk?date=20120312, [11]

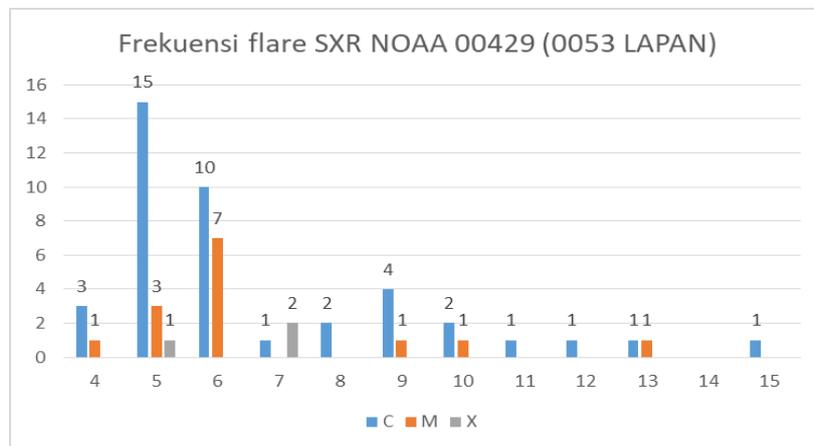
https://www.solarmonitor.org/full_disk.php?date=20120307&type=hxrt_filter®ion=&indexnum=1

Tabel 1. Evolusi grup sunspot no 0053, 04 - 15 Maret 2012

Tgl/bln Thn	LAPAN		St. Kanzelhoehe		SXR	
	Posisi sunspot (°B, °L)	Citra sunspot	Kelas sunspot/ Posisi	H- α	Kelas X-ray	Hinode, Image X-ray
4/3/2012	(H/8) E67.0:N15.5		No Data	No Data	No Data	
5/3/2012	(E/22) E53.5:N17.0		Dkc/ N18:E54		C 3 flare M 1 flare X 0 flare	
6/3/2012	(E/21) E39.5:N16.0		Dkc/ N18;E41		C 15 flare M 3 flare X 1 flare	
7/3/2012	(E/19) E26.5:N16,4		Dkc/ N17:E27		C 1 flare M 0 flare X 2 flare (X5.4;X1.3)	
8/3/2012	No Obs	No Obs	Dkc/ N17;E15		C 2 flare M 0 flare X 0 flare	
9/3/2012	(E/23) E2.0:N15.8		Dkc/ N17;E01		C 4 flare M 1 flare X 0 flare	
10/3/2012	(E/31) W11.0:N16.0		Ekc/ N17;W13		C 2 flare M 1 flare X 0 flare	No Data
11/3/2012	(E/23) W23,5:N16.5		Ekc/ N18;W27		C 1 flare M 0 flare X 0 flare	
12/3/2012	(E/38) W36.2:N15.2		Ekc/ N18;W40		C 1 flare M 0 flare X 0 flare	
13/3/2012	(E/19) W49,0:N16,5		Ekc/ N18;W52		C 1 flare M 1 flare X 0 flare	
14/3/2012	(E/11) W59,0:N15.5		Ekc/ N18;W64		C 0 flare M 0 flare X 0 flare	No Data
15/3/2012	(J/3) W73.0:N17.5		Ekc/ N18;W76		C 1 flare M 0 flare X 0 flare	No Data

Peristiwa flare yang terjadi pada interval 4 - 15 Maret 2012 berasal dari daerah aktif NOAA 11429. Sesuai dengan klasifikasi grup sunspot yang digunakan oleh NOAA yaitu Mc Intosh, daerah aktif NOAA 11429 ini termasuk kelas Dkc dan Ekc. Ciri-ciri dari kelas ini adalah mempunyai dua polarisasi dengan bentuk umbra dan penumbra yang luas. Kelas Ekc ini mempunyai luas grup $> 10^\circ$ bujur, wujud penumbra besar yang tidak simetris, ukuran penumbra $> 2.5^\circ$, banyak spot-spot yang terdistribusi kompak dalam satu grup (Mc Intosh, 1990), pada Tabel 1. Kondisi ini menunjukkan bahwa daerah aktif ini sangat berpotensi membangkitkan flare berulang kali.

Pada Tabel 1, tanggal 5-6 Maret 2012, munculnya spot-spot baru dan berkembangnya penumbra merupakan ciri-ciri fasa pertumbuhan daerah aktif. Pada fasa ini (15 Maret 2012) biasanya dibarengi oleh ledakan flare-flare SXR kelas C sebanyak 15 kali dan flare SXR sedang kelas M sebanyak 3 kali. Sedangkan pada tanggal 6 Maret 2012, terjadi flare SXR kelas C sebanyak 10 kali dan kelas M sebanyak 7 kali, gambar 2. Penurunan frekuensi flare kecil (kelas C) dan kenaikan frekuensi flare SXR kelas M sebagai pertanda bahwa masih ada potensi flare yang lebih besar akan terjadi pada grup sunspot ini. Flare kecil dan sedang dengan frekuensi tinggi sebagai pemicu terjadinya flare besar terbukti pada tanggal 7 Maret 2012 SXR kelas X sebanyak 2 kali, pada gambar 2.

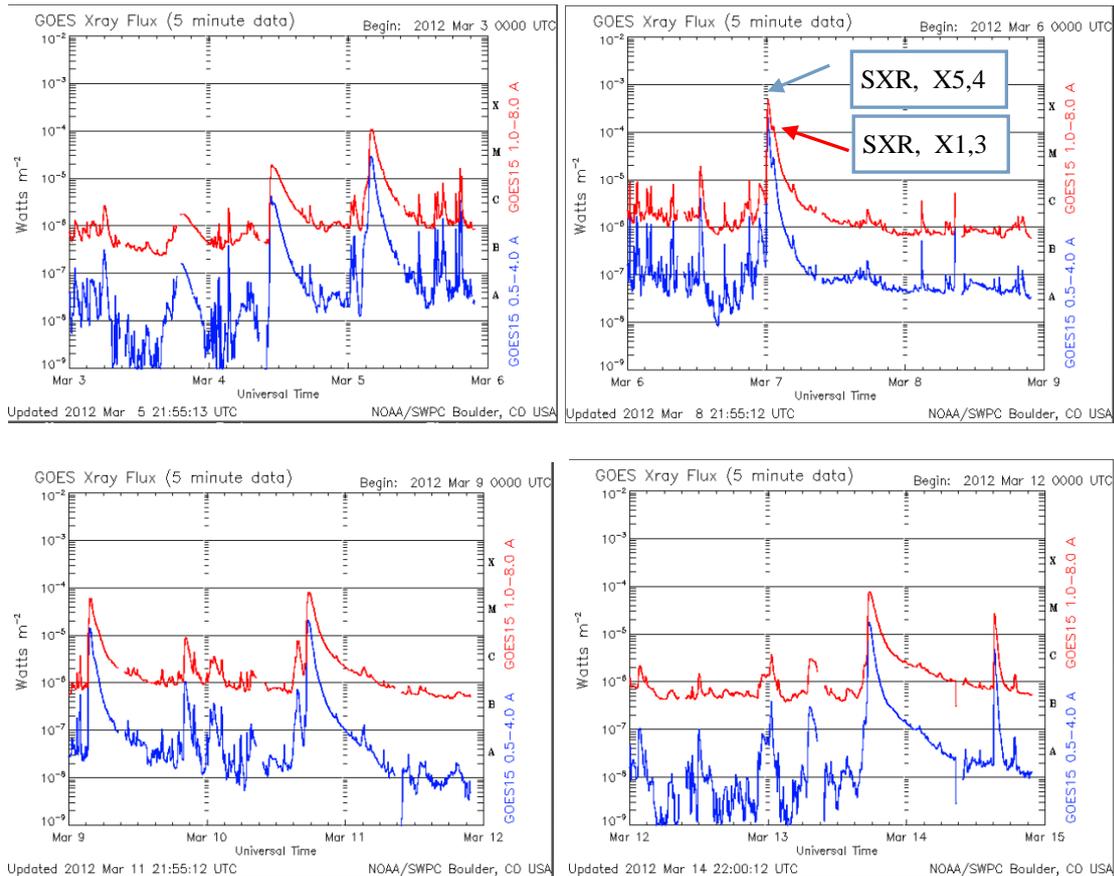


Gambar 2. Frekuensi flare SXR dari grup sunspot no 0053 LAPAN/ NOAA 11429 yang berevolusi dari tanggal 4 – 15 Maret 2012

Akumulasi energi yang tersimpan dalam tabung medan magnet selama fasa pertumbuhan daerah aktif ini merupakan potensi besar untuk membangkitkan flare SXR kelas X pada kejadian berikutnya. Memasuki fasa puncak aktivitas, grup sunspot ini membuktikan bahwa pada tanggal 7 Maret 2012 daerah aktif ini berkembang sangat atraktif dengan bertambahnya jumlah sunspot dan ada kecenderungan penumbra besar akan pecah menjadi 2 atau 3 bagian, lihat Tabel 1. Proses pemecahan penumbra besar ini biasanya berpengaruh pada ketidakstabilan formasi tabung medan magnet. Konsekuensinya peristiwa flare optik maupun flare X-ray pasti akan terjadi dalam skala menengah sampai besar (kelas 2 sampai 3 untuk optik flare) dan kelas M sampai X untuk flare SXR.

Pada tabel 1, Citra flare H-Alpha tampak daerah terang bertambah luas dan cerlang. Hal ini terbukti pada tanggal 7 Maret 2012, terjadi flare SXR kelas X terbesar dalam evolusi grup sunspot ini yaitu X5.4 ($5,4 \times 10^{-4}$ Watt/m²) pada pukul 00:02 UT merupakan puncak aktivitasnya, Gambar 3. Setelah berselang 1 jam 3 menit (01:05 UT) flare kedua kelas X terjadi dengan intensitas fluks SXR sebesar $1,3 \times 10^{-4}$ Watt/m².

Setelah melewati masa puncak aktif, frekuensi flare pada grup sunspot ini mulai menurun dalam kuantitas maupun kualitasnya. Hal ini ditunjukkan oleh berkurangnya frekuensi flare dan intensitas kekuatan semburan soft X-ray serta berkurangnya jumlah spot/ penumbra sampai akhir evolusi di sisi barat cakram Matahari. Selain itu karena efek kelengkungan bola Matahari maka terjadi penyempitan daerah aktif (*forshortening*) di tepi cakram Matahari. Tampak daerah aktif mengecil dan frekuensi flare berkurang signifikan.



Gambar 3. Intensitas fluks SXR dari satelit GOES 15 dari tanggal 3 – 15 Maret 2012

Dalam perjalanan evolusinya selama 12 hari, grup sunspot NOAA 11429 mampu membangkitkan flare X-Ray sebanyak 58 kali flare, Gambar 2, dengan rincian flare SXR kelas C terjadi sebanyak 41 kali, kelas M sebanyak 14 kali flare dan flare SXR kelas X sebanyak 3 kali flare. Berikut ini urutan data fluks SXR dari satelit GOES 15 pada interval (1.0 – 8.0 Å) yang terjadi dari tanggal 4 – 15 Maret 2019.

PENUTUP

Peningkatan daerah aktif atau grup sunspot dari awal sampai puncak aktivitasnya diperlukan waktu relatif lebih pendek dibandingkan dengan penurunan aktivitasnya menuju berakhirnya evolusi grup sunspot. Salah satu indikator bahwa grup sunspot berpotensi terjadi flare adalah adanya peningkatan kualitas maupun kuantitas yang mendadak dan biasanya disertai gerak memotong (*shear*) dan putar (*twist*) spot/penumbra. Hal ini masih tergantung suplai energi plasma dari lapisan konvektif ke fotosfer, hingga terjadi flare di kromosfer Matahari yang dibarengi dengan pelontaran massa, mengemisikan cahaya berbagai panjang gelombang, partikel energetik, gelombang elektromagnetik, gelombang radio yang keluar dari lapisan korona.

Fenomena flare SXR di kelas X5.4 dari NOAA 11429 (Dkc atau Ekc) atau 0053 LAPAN (kelas D atau E) pada tanggal 7 Maret 2012 merupakan puncak aktivitasnya. Fenomena tersebut belum termasuk badai Matahari yang dahsyat. Dari puncak sampai akhir evolusi grup sunspot ini masih menimbulkan flare kecil berulang kali.

DAFTAR RUJUKAN

Clara Y. Y, E. Sungging Mumpuni, "Analisis Pergerakan Bintik Matahari di daerah aktif NOAA 0375", Jurnal Sains Dirgantara (Journal of Aerospace Sciences), Penerbit LAPAN, Vol. 4 No 1 Desember 2006, hal 1-11. ISSN:1412-808X,

- Clara Y. Y., “Analisis Perbedaan Intensitas Solar Proton Event”, *Matahari dan Lingkungan Antariksa* Seri ke 5, Edisi 2011 hal 1-12, ISBN:978-979-3781-06-8
- Nanang W, “Analisis daerah aktif NOAA 11434 (0059, LAPAN Watukosek) yang menimbulkan badai Matahari pada 12 Maret 2012”, Seminar Nasional PIFXVI, UNY 26 Oktober 2013
- Nanang W, “Analisis Evolusi grup sunspot SPD Watukosek untuk memperoleh indikator kemunculan flare”, *Jurnal Sains Dirgantara (Journal of Aerospace Sciences)*, Penerbit LAPAN, Vol. 4 No 1 Desember 2006, hal 25-36. ISSN:1412-808X.
- Nanang W, “Perbandingan model linier dan analisis vektor pada gerak grup sunspot di lintang selatan dari siklus matahari ke 23”, *Jurnal Sains dan Matematika* Vol. 1, No 2, April 2013, Penerbit Fak. MIPA Univ. Negeri Surabaya, ISSN 2302-7290
- R.J. Bray and R.E. Loughhead, ”*Sunspot*” Dover Publication, Inc. New York 1979
- William J.K, (1978), ”*Exploration of the solar system*”, Macmillan Publising Co.Inc, Printed in The United States of America, Newyork
- The 3 component McIntosh classification* , Solar Physics, 125, page 251-267, 1990
- Daily Solar Data
http://www.swpc.noaa.gov/ftplib/warehouse/2012/2012_dsd.txt
https://www.solarmonitor.org/full_disk.php?date=20120307&type=hxrt_flt®ion=&indexnum=1
- Data fluks X-Ray, www.solarmonitor.org/goes_pop.php