

ANALISIS EMPIRIK KEJADIAN *FLARE TIRKAIT* DENGAN PERUBAHAN FISIK *SUNSPOT*

Tiar Dani, Suprijatno J, dan Gunawan A.
Peneliti Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa, LAPAN

ABSTRACT

Sunspot class and magnetic field complexity of the sunspot group, determine the productivity of the flare production. Sunspot group class that most productive for flare appearance is FKC, and for magnetic complexity class is BGD. At the moment of maximum sunspot group area, magnetic complexity B are the most appearance. Magnetic complexity B, BG, and BGD are productive for flare occurrence.

ABSTRAK

Kelas grup *sunspot* dan kompleksitas medan magnetiknya sangat menentukan produktivitas pembentukan *flare*. Kelas grup *sunspot* yang paling produktif menghasilkan *flare* adalah kelas FKC, sedangkan kelas kompleksitas medan magnetik yang paling produktif menghasilkan *flare* adalah BGD. Pada saat grup *sunspot* mencapai fuas maksimum, kelas kompleksitas medan magnetik yang paling banyak muncul adalah kelas B, dan kompleksitas medan magnetik yang paling banyak menghasilkan *flare* adalah kelas B, BG, dan BGD.

Kata kunci : *Klasifikasi grup sunspot, Kompleksitas magnetik, Flare*

1 PENDAHULUAN

Selama fase pertumbuhan *sunspot* antara 3 sampai 10 hari, *fluks magnetic* akan terus bertambah. *Spot* pada awal pembentukannya akan mempunyai bentuk pasangan (bipolar grup), masing-masing disebut sebagai *preceeding spot* dan *following spot*. *Preceeding spot* berada di sebelah barat matahari dan *following spot* berada di sebelah timur matahari. Selanjutnya pada saat pertumbuhan grup, muncul *spot-spot* di antara *preceeding* dan *following*, dan akan membentuk grup *sunspot* menjadi lebih kompleks.

Peristiwa *flare* matahari terjadi di atas dan di lingkungan grup *sunspot*, sehingga *sunspot* dipakai untuk memperkirakan terjadinya peristiwa *flare*. Banyaknya *flare* yang terjadi pada umumnya ditentukan oleh jumlah, ukuran dan kompleksitas *sunspot*. Berdasarkan pertumbuhannya sejak pemunculannya

sampai mencapai keadaan maksimum dan kemudian lenyap dari permukaan matahari, grup *sunspot* bisa menjalani beberapa tahapan kelas grup, yaitu kelas A, B, C, D, E, F, G, H, dan J yang dikenal sebagai klasifikasi grup *sunspot* Zurich. Oleh McIntosh, klasifikasi Zurich diubah menjadi kelas A, B, C, D, E, F, dan H, Kemudian klasifikasi grup *sunspot* Zurich tersebut dikembangkan/diperbaiki oleh McIntosh dengan menambahkan dua parameter baru berkaitan dengan penumbra dan distribusi/populasi *spot* di dalam grup.

Flare matahari yang terjadi di lingkungan grup *sunspot*, berdasarkan pengamatan *soft x-ray* {1- 8 A), terdiri atas beberapa kelas yaitu : A, B, C, M, dan X, yang masing-masing dengan intensitas $< 10^?$, $1(H - 10^6, 10^6 - 10^5, 10^5 - 10^4)$, dan $> 10^4$ Watt/ntf. Pada pembahasan selanjutnya yang ditinjau adalah *flare* kelas M dan kelas X, disingkat dengan *flare-M* dan *flare-X*,

akan direlasikan dengan kelas grup *sunspot* McIntosh, dengan data pengamatan mencakup periode siklus aktivitas matahari yang ke 23, yaitu dari tahun 1996 sampai dengan tahun 2006.

2 KLASIFIKASI GRUP *SUNSPOT* McINTOSH

Klasifikasi grup *sunspot* McIntosh merupakan perubahan dan penyempurnaan dari klasifikasi grup *sunspot* Zurich. Pada klasifikasi grup McIntosh dilaksanakan dengan penulisan tiga huruf. Huruf pertama menunjukkan modifikasi klasifikasi Zurich, huruf kedua menunjukkan bentuk penumbra pada *spot* yang terbesar di dalam grup, dan huruf ketiga menunjukkan distribusi *spot* yang membentuk grup.

Klasifikasi Zurich yang terdiri dari sembilan kelas, A, B, C, D, E, F, G, H, dan J oleh McIntosh dimodifikasi menjadi tujuh kelas, yaitu A, B, C, D, E, F, dan H dengan menghilangkan kelas G dan J. (McIntosh, 1990).

Kelas A : *Spot* tunggal atau grup tanpa penumbra dan tidak bersifat bipolar.

Kelas B : *Spot* grup bipolar tanpa penumbra.

Kelas C ; Grup bipolar dimana *spot* utama memiliki penumbra.

Kelas D : Grup bipolar dengan *spot* utama berpenumbra. Satu atau dua dari *spot* utama memiliki struktur yang simpel. Panjang grup biasanya kurang dari 10° heliografis.

Kelas E : Grup bipolar yang sangat besar dimana *spot* utama dikelilingi oleh penumbra dan memiliki struktur yang kompleks. *Spot* kecil sangat banyak. Panjang grup biasanya 10° heliografis atau lebih.

Kelas F : Grup *sunspot* bipolar kompleks yang sangat besar dengan

ukuran paling sedikit 15° heliografis.

Kelas G : Grup bipolar yang sangat besar tanpa *sunspot* kecil, memutar paling sedikit 15° heliografis.

Kelas H : *Spot* unipolar dikelilingi oleh penumbra dengan diameter kurang dari $2,5^\circ$ heliografis.

Kelas J : *Spot* unipolar dikelilingi oleh penumbra dengan diameter kurang dari $2,5^\circ$ heliografis.

Bentuk penumbra dari *spot* terbesar di dalam grup Mc. Intosh dinyatakan dengan huruf x, r, s, a, h, dan k. (McIntosh, 1990)

Kelas x : Tidak ada penumbra

Kelas r : Penumbra tidak sempurna

Kelas s : Penumbra simetris hampir lingkaran, diameter $<2,5^\circ$

Kelas a : Penumbra tidak simetris atau kompleks. Diameter sepanjang meridian matahari $< 2,5^\circ$

Kelas h : Penumbranya simetris dan besar, diameter $> 2,5^\circ$

Kelas k : Penumbranya besar tapi tidak simetris, diameter $> 2,5^\circ$

Distribusi *sunspot* dalam grup *sunspot* Mc. Intosh dinyatakan dengan huruf x, o,i, dan c (McIntosh, 1990)

Kelas x : *Spot* tunggal

Kelas o : Suatu distribusi *spot* terbuka, tidak ada *spot* di antara *leading* dan *following spot*

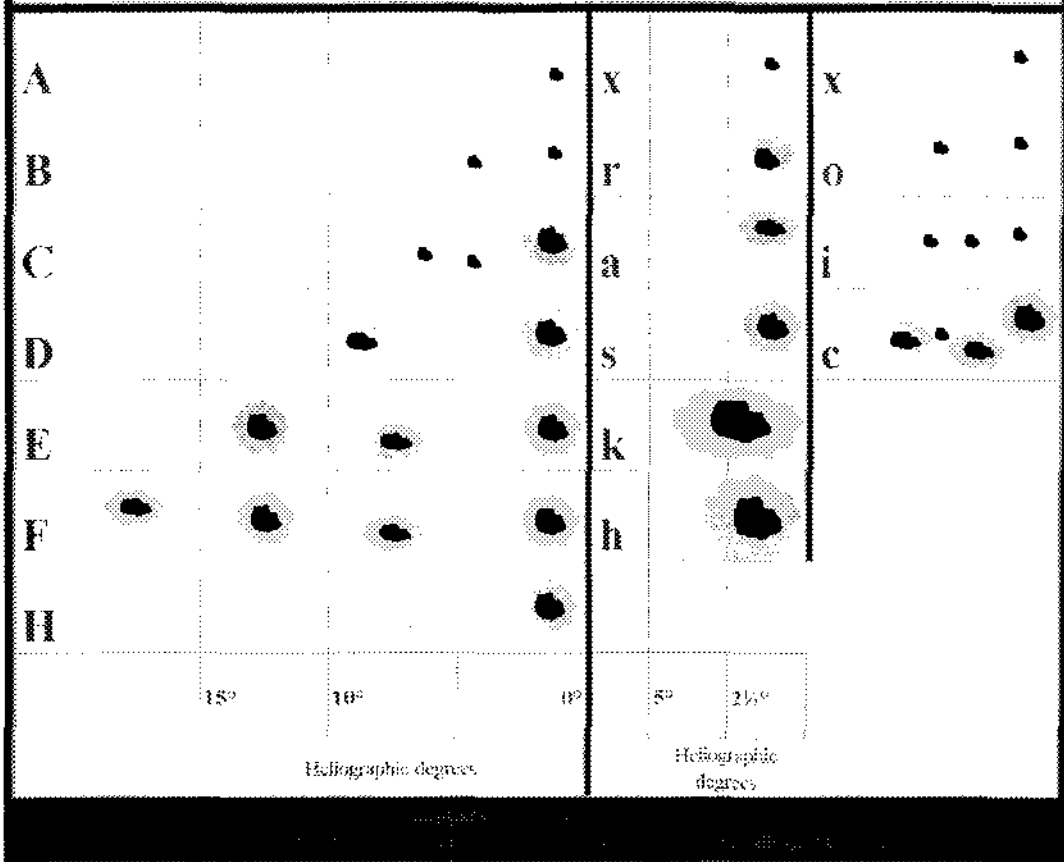
Kelas i ; Ada distribusi *spot* antara *leading* dan *following*, tetapi tidak ada yang mempunyai penumbra

Kelas c : Distribusi *spot* yang padat. Daerah antara *leading* dan *following spot* diisi oleh banyak *spot* kuat, sedikitnya satu *spot* mempunyai penumbra.

Ketiga parameter yang membentuk klasifikasi McIntosh ditunjukkan pada Gambar2-1. (McIntosh, 1990)

ZÜRICH/McINTOSH-CLASSIFICATIONS

(Schematic drawings for easy reference only)



Gambar 2-1 : Parameter yang membentuk klasifikasi grup *sunspot* Mc. Intosh

3 KOMPLEKSITAS MEDAN MAGNETIK GRUP SUNSPOT

Klasifikasi kompleksitas medan magnetik grup *sunspot* terdiri atas beberapa kelas, yaitu : A, B, BG, BGD, BD, GD, dan D (*Solar Geophysical Data*).

- A. : Merupakan medan magnetik grup *sunspot* dengan satu polarisasi (unipolar)
- B. : Merupakan medan magnetik grup *sunspot* dengan dua polarisasi (bipolar)
- BG : Merupakan medan magnetik grup *sunspot* dengan polarisasi kompleks
- BGD : Merupakan medan magnetik grup *sunspot* dengan polarisasi kompleks, dan di dalam grup *sunspot* tersebut ada medan magnetik yang bersifat delta, yaitu dua polarisasi berbeda berada di dalam satu daerah penumbra.
- BD : Merupakan medan magnetik grup *sunspot* dengan dua polarisasi

(bipolar), tetapi dua polarisasi berbeda berada di dalam satu daerah penumbra

- G : Merupakan medan magnetik grup *sunspot* dengan polaritas kompleks, tidak teratur
- GD : Merupakan medan magnetik grup *sunspot* dengan polarisasi kompleks, dan di dalam ada medan magnetik polaritas delta
- D : Merupakan medan magnetik grup *sunspot* yang didalamnya mempunyai polarisasi delta

Pemunculan *flare* paling banyak adalah pada saat luas grup *sunspot*-nya mencapai maksimum, kemudian disusul pada satu hari sebelum dan satu hari sesudah hari pencapaian luas maksimum. (Suprijatno J. dkk, 2005)

Untuk melihat bagaimana kondisi kompleksitas medan magnetik grup *sunspot*, pada saat pencapaian luas maksimum, maka dilakukan peninjauan

pada setiap grup *sunspot* yang menghasilkan pemunculan *flare* M & X, dilihat kompleksitas medan magnetik pada saat luasnya maksimum. Dilakukan pengamatan untuk periode dari tahun 1996 sampai dengan tahun 2006.

4 DATA

Data yang dipergunakan adalah perkembangan grup *sunspot* harian dengan periode pengamatan dari tahun 1996 sampai dengan 2006. Dari setiap perkembangan grup *sunspot* pada periode tersebut, dicari grup *sunspot* yang menghasilkan pemunculan *flare-M* dan *flare-X*. Pemunculan *flare* untuk setiap grup *sunspot* sangat bervariasi, ada yang menghasilkan satu peristiwa *flare* sampai yang menghasilkan beberapa kali *flare*. Tidak serawa grup *sunspot* menghasilkan peristiwa *flare-M* dan *flare-X*.

Sebagai contoh data pengamatan adalah perkembangan harian grup *sunspot* 10375 yang muncul di pinggiran matahari sebelah timur pada tanggal 2 Juni 2003, dan menghilang di sebelah barat piringan matahari pada tanggal 14

Juni 2003. Perkembangan harian grup *sunspot* 10375 diperlihatkan pada Tabel 4-1. (*Solar Geophysical Data*)

Kolom 1: Menunjukkan tanggal pemunculan grup *sunspot* 10375 di permukaan matahari. Muncul di sebelah timur dan menghilang di sebelah barat piringan matahari.

Kolom 2: Menunjukkan kelas grup *sunspot* McIntosh pada setiap hari pemunculan.

Kolom 3: Menunjukkan luas grup *sunspot* pada hari pengamatan dengan satuan 10^f solar hemisphere.

Kolom 4: Menunjukkan banyaknya *spot* di dalam grup pada setiap hari pengamatan

Kolom 5: Menunjukkan pemunculan *flare* pada hari pengamatan. Pada tanggal 9, 10, dan 11 selain pemunculan *flare-M*, juga muncul *flare-X*.

Pada hari pengamatan tanggal 1 pemunculan di sebelah timur belum begitu kelihatan jelas, tetapi pada hari tersebut terjadi pemunculan *flare-M*, yaitu M 1.4; M 1.0, dan M 1.0.

Tabel 4-1: PERKEMBANGAN HARIAN GRUP SUNSPOT NO. 10375, STASIUN PENGAMATAN LEARMONTH

Tanggal	Kelas	Luas	Populasi	Flare
1 Juni 2003	-	-	-	M1.4, M1.0, M1.0
2	DSO	240	6	M1.8
3	DKO	400	14	
4	EAI	410	18	
5	EAO	450	21	
6	DAI	300	24	M1.0
7	EKI	450	22	
8	EKC	750	88	
9	FKC	850	84	M4.7, M1.4, X1.7
10	FKC	1200	90	M2.0, M2.7, M5.1, M2.2, M2.2, M1.0, M3.9, M5.6, M1.0, X1.3
11	FKC	1300	60	M1.8, M1.1, M1.4, M2.7, M3.7, M4.5, M2.9, X1.6
12	FKC	1180	61	M7.3, M1.0, M1.1, M2.6
13	FKC	700	22	M1.7, M1.8

5 HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Kombinasi Parameter untuk Menentukan Tipe Klasifikasi Grup

Kombinasi antar parameter untuk menghasilkan tipe kombinasi klasifikasi McIntosh, memberikan hasil seperti yang diperlihatkan pada Tabel 5-1, yang secara keseluruhan jumlah tipe kombinasi adalah 60 buah. Dari ke 60 buah tipe kombinasi tersebut, ternyata bisa dikelompokkan menjadi lima kelompok, yang masing-masing terdiri dari 12 buah tipe kombinasi, seperti diperlihatkan pada Tabel 5-2. Pengelompokan kombinasi parameter didasarkan pada peninjauan :

1. tanpa penumbra (X) dan rudimentary penumbra (R);
2. penumbra simetris kecil (S);
3. penumbra asimetris kecil (A);
4. penumbra simetris besar (H); dan
5. penumbra asimetris besar (K). (McIntosh, 1990)

5.2 Pemunculan Flare Selama Perkembangan Grup Sunspot

Pemunculan flare selama perkembangan grup sunspot, dikaitkan dengan perkembangan perubahan luas, memberikan hasil bahwa frekuensi pemunculan flare terbanyak muncul pada satu hari sebelum, pada saat, dan satu hari setelah pencapaian luas maksimum, seperti diperlihatkan pada Gambar 5-1. (Suprijatno J, dkk, 2005)

Selanjutnya dilihat frekuensi pemunculan setiap tipe kelas grup McIntosh, pada saat pencapaian luas maksimum selama perkembangan grup sunspot, dengan tidak melihat apakah menghasilkan flare atau tidak, hasilnya diperlihatkan pada Gambar 5-2. Yang tercantum pada Gambar 5-2 adalah kelas grup sunspot yang frekuensi pemunculannya £ 10.

Pada saat pencapaian luas maksimum grup sunspot, dilihat bagaimana frekuensi pemunculan flare-M dan flare-X untuk setiap kelas grup. Hasilnya diperlihatkan pada Gambar 5-3, a) pemunculan setiap kelas grup beserta pemunculan flare total (flare-M+flare-X), b) pemunculan flare-X untuk setiap kelas grup, dan c) pemunculan flare-M untuk setiap grup.

Secara keseluruhan kelas grup FKX adalah yang paling banyak menghasilkan flare M + X.

5.3 Kompleksitas Me dan Magnetik

Selanjutnya ditinjau bagaimana kompleksitas medan magnetik grup sunspot yang menghasilkan flare, pada saat pencapaian luas maksimum, hasilnya diperlihatkan pada Gambar 5-4. Gambar 5-4a adalah pemunculan setiap kelas kompleksitas medan magnetik, 5-4b adalah pemunculan flare-M dan flare-X untuk setiap kelas kompleksitas magnetik.

5.4 Produktivitas Grup Sunspot untuk Pemunculan Flare

Setiap grup sunspot tidak selalu mempunyai produktivitas yang sama untuk menghasilkan flare. Produktivitas suatu grup sunspot ditentukan oleh kondisi aktif atau tidaknya grup sunspot tersebut, yang ditentukan oleh kelas grup dan kelas kompleksitas magnetik.

Produktivitas suatu tipe kelas grup sunspot McIntosh untuk menghasilkan flare, didefinisikan sebagai perbandingan jumlah pemunculan flare dengan jumlah grup sunspot yang menghasilkan flare. Data pengamatan selama siklus aktivitas matahari yang ke 23, dari tahun 1996 sampai dengan 2006, dilihat grup sunspot yang menghasilkan baik flare-M ataupun flare-X. Selanjutnya ditentukan jumlah flare yang dimunculkan untuk setiap kelas grup sunspot. Dari jumlah flare yang terjadi dan jumlah grup sunspot yang menghasilkan flare tersebut akan diketahui produktivitas setiap kelas grup sunspot untuk menghasilkan flare.

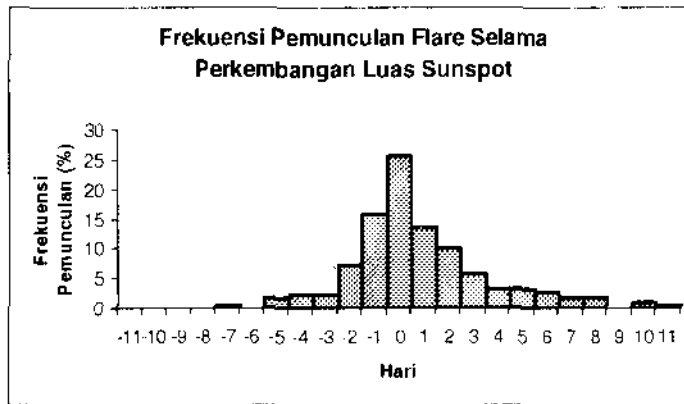
Dalam penelitian ini ditinjau bagaimana produktivitas setiap kelas kompleksitas medan magnetik untuk menghasilkan flare, dan produktivitas setiap grup sunspot McIntosh untuk menghasilkan flare. Produktivitas suatu kompleksitas medan magnetik setiap grup sunspot untuk menghasilkan flare M + X, diperlihatkan pada Gambar 5-5. Gambar 5-5 memperlihatkan bahwa kelas kompleksitas magnetik BGD, merupakan kompleksitas grup sunspot yang paling produktif untuk menghasilkan flare.

Tabet 5-1:MASING-MASING PARAMETER MCINTOSH YANG BISA DIKOMBINASIKAN

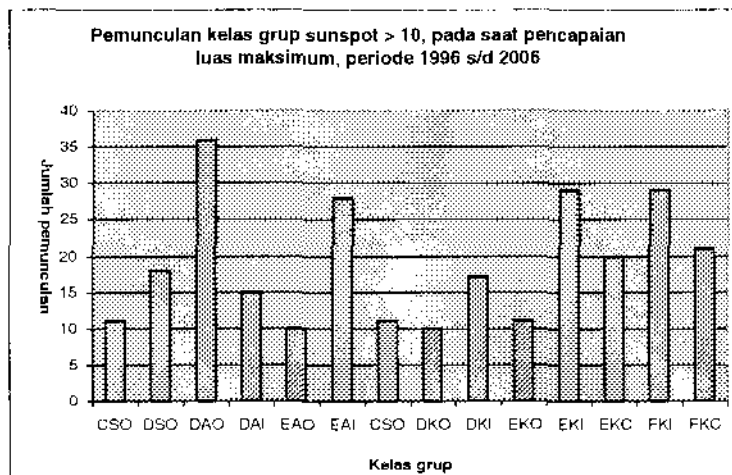
Kelas	" Penumbra Spot Terbesar	Distribusi	Jumlah tipe Komblnasi
A	X	X	1
B	X	0, I	2
C	R, S, A, H, K	O, I	10
D, E, F	R	O, I	6
D, E, F	S, A, H, K	0, I, C	36
H	R, S, A, H, K	X	5
Total tpe yang dimungkinkan			60

Tabet 5-2 : PENGELOMPOKAN TIPE KOMBINASI KLASIFIKASI GRUP *SUNSPOT* MCINTOSH

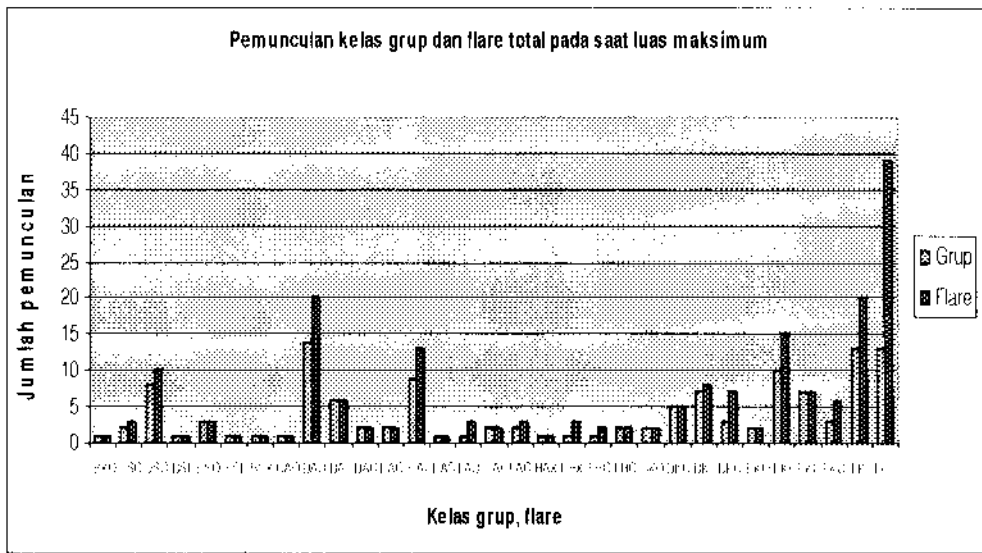
No,	Komblnasi parameter klaslfikasi firup Mc, JEntosh											
1.	AXX	BXO	BXI	CRO	CRI	DRO	DRI	ERO	ERI	FRO	FRI	HXX
2.	CSO	CSI	DSO	DSI	DSC	ESO	ESI	ESC	FSO	FSI	FSC	HSX
3.	CAO	CAI	DAO	DAI	DAC	EAO	EAI	EAC	FAO	FAI	FAC	HAX
4.	CHO	CHI	DHO	DHI	DHC	EHO	EHI	EHC	FHO	FHI	FHC	HHX
5.	CKO	CKI	DKO	DKI	DKC	EKO	EKI	EKC	FKO	FKI	FKC	HKX



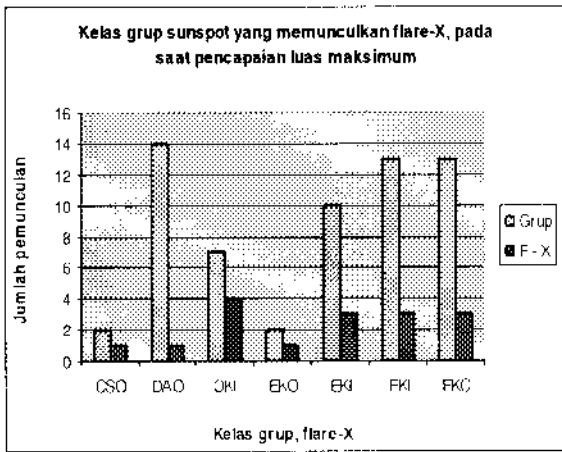
Gambar 5-1: Frekuensi pemunculan flare pada saat dan sekitar pencapaian luas maksimum



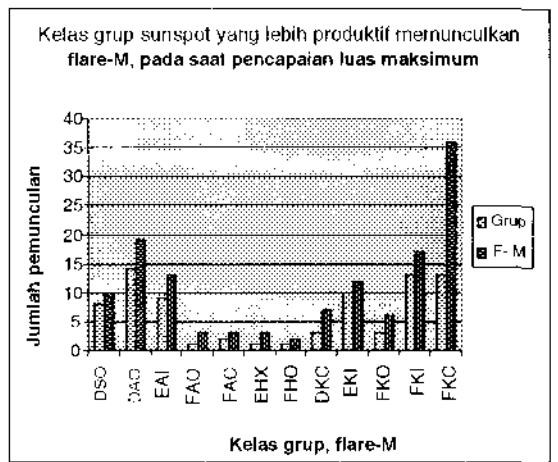
Gambar 5-2: Pemunculan setiap kelas grup sunspot saat pencapaian luas maksimum, yang frekuensi penunculannya ≥ 10



a)

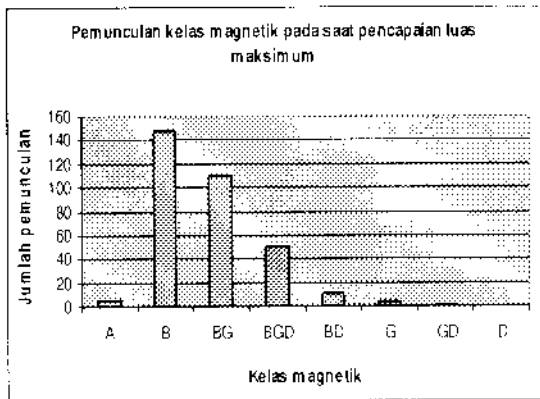


b)

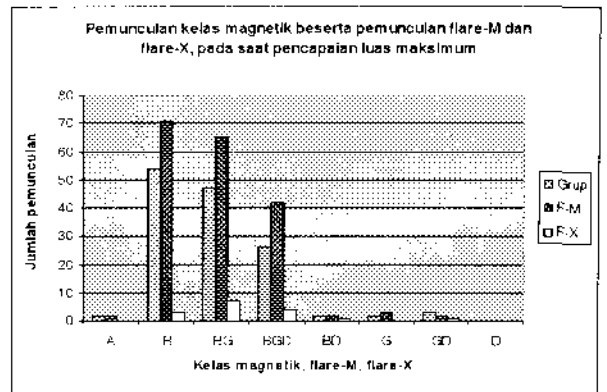


c)

Gambar 5-3: Pemunculan setiap kelas grup sunspot beserta pemunculan flare-M dan flare-X

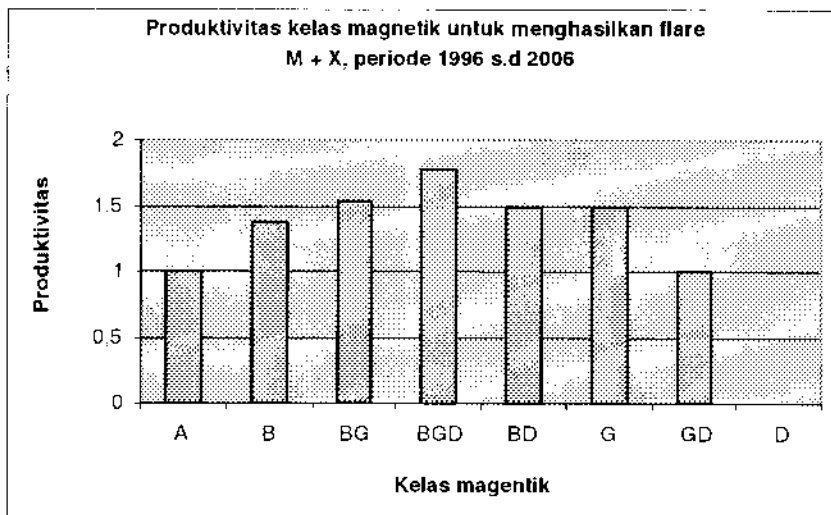


a)

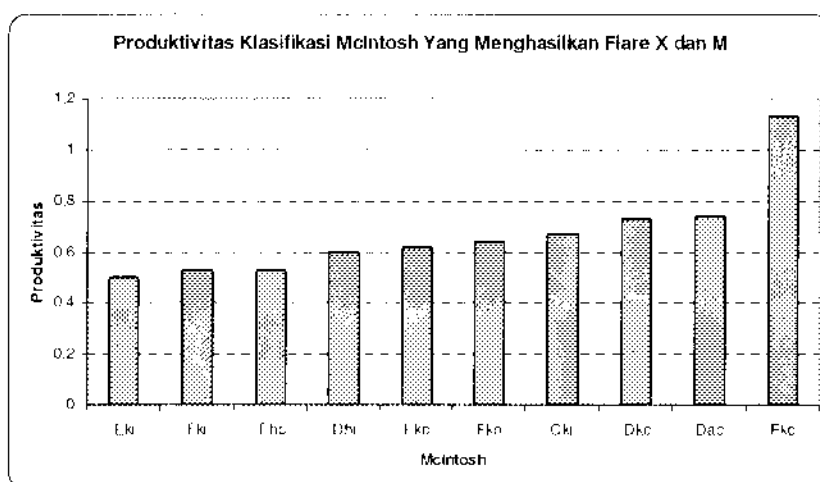


b)

Gambar 5-4 : Pemunculan kompleksitas magnetik dan pemunculan flare-M, flare-X



Gambar 5-5: Produktivitas setiap kelas kompleksitas magnetik untuk menghasilkan flare



Gambar 5-6: Produktivitas kelas grup McIntosh untuk menghasilkan flare.

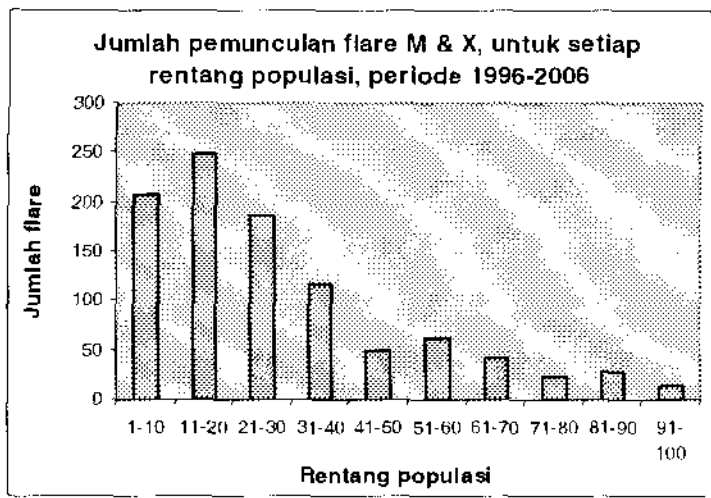
Produktivitas kelas grup McIntosh untuk menghasilkan flare M + X dapat dilihat pada Gambar 5-6. Pada Gambar 5-6 tidak seluruh kelas McIntosh diperlihatkan produktivitasnya, tetapi hanya beberapa yang menonjol. Terlihat bahwa kelas grup yang paling produktif untuk menghasilkan flare M + X adalah kelas grup FKc.

5.5 Distribusi Spot

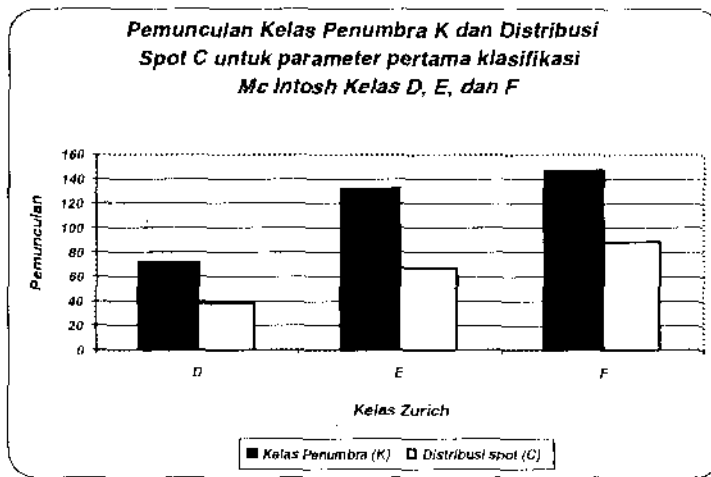
Distribusi spot merupakan jumlah spot di dalam grup sunspot, jumlahnya sangat bervariasi untuk setiap grup sunspot. Jumlah spot di dalam grup tidak bisa menjadi pegangan untuk menunjukkan apakah jumlah spot

semakin banyak akan menyebabkan grup sunspot semakin kompleks.

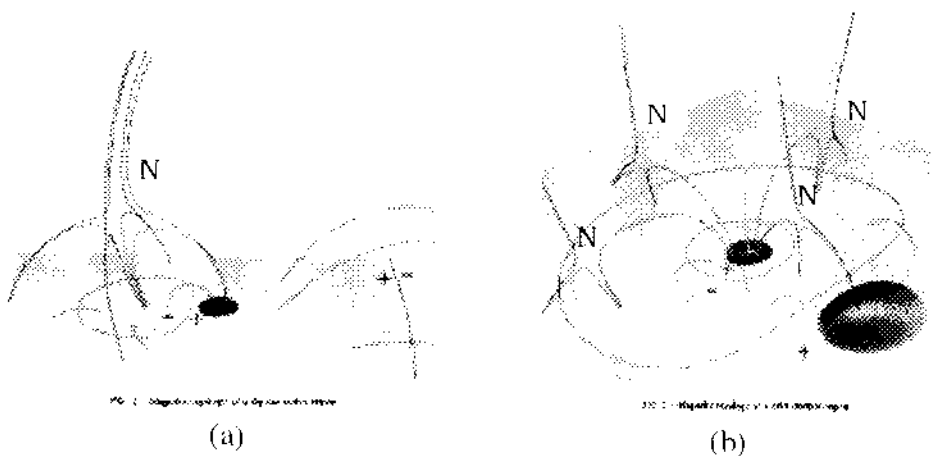
Peninjauan frekuensi pemunculan flare M dan X berdasarkan distribusi atau populasi spot dalam grup sunspot dilaksanakan dengan pembagian rentang populasi sebagai kelipatan 10, yaitu : 1-10, 11-20, 21-30, ... dst. Hasilnya diperlihatkan pada Gambar 5-7, yang menunjukkan bahwa grup sunspot yang paling produktif untuk menghasilkan flare adalah grup sunspot dengan populasi spot antara 1 - 30. Jika grupnya hanya merupakan satu (1) spot atau unipolar spot, maka spot tersebut jarang atau sulit menghasilkan spot



Gambar 5-7: Pemunculan *flare* berdasarkan rentang jumlah populasi *spot* di dalam grup *sunspot*



Gambar 5-8: Pemunculan penumbra K dan populasi C pada grup D, E, dan F



Gambar 5-9 : Pemunculan *fluks* magnetik pada grup bipolar (a) dan kompleks (b)

5.6 Gambaran Pemunculan Fisis

Seperti diuraikan di atas klasifikasi grup *sunspot* McIntosh terdiri atas tiga parameter, yaitu parameter pertama

merupakan modifikasi dari klasifikasi grup *sunspot* Zurich. Parameter kedua memperlihatkan bagaimana bentuk penumbra pada spot paling besar di

dalam grup, yaitu bentuk penumbra pada *preceeding spot*. Parameter ketiga adalah distribusi spot di dalam grup, yang membentuk kompleks tidaknya suatu grup *sunspot*.

Akan dilihat bagaimana kontribusi pemunculan parameter McIntosh ke 2, yaitu kelas penumbra K, dan parameter ke 3 kelas populasi spot C, terhadap kelas grup *sunspot* D, E, dan F. Hasil yang diperoleh jika kelas grup D, E, dan F berpasangan dengan kelas penumbra K dan kelas distribusi *spot* C, diperlihatkan pada Gambar 5-8. Hasil memperlihatkan bahwa ternyata kelas grup F paling banyak mendapatkan pemunculan kelas penumbra K dan kelas populasi *spot* C.

Melihat gambaran urutan klasifikasi grup *sunspot* McIntosh pada Gambar 5-8, kelas D, E, dan F adalah merupakan kelas terbesar di antara ke tujuh kelas. Parameter bentuk penumbra kelas K adalah kelas terbesar dengan diameter $> 2.5^\circ$, sehingga dimungkinkan pemunculan dua polarisasi berlawanan dalam penumbra tersebut, seperti yang terjadi pada kelas kompleksitas magnetik D (delta). Demikian juga kelas populasi spot C adalah kelas yang bentuknya paling *compact*, juga paling memungkinkan pemunculan *fluks* magnetik dengan polaritas berlawanan, dan membentuk grup kompleks.

Selanjutnya untuk membedakan gambaran fisis antara grup *sunspot* bipolar sederhana dengan grup bipolar kompleks, dapat diperlihatkan oleh Gambar 5-8 (Antiochos S.K, 1998). Gambar 5-9a, memperlihatkan pemunculan *fluks* magnetik pada grup bipolar sederhana, hanya akan terbentuk satu daerah rekoneksi/netral. Berbeda dengan Gambar 5-9b, yaitu grup magnetik kompleks (tipe delta) yang memperlihatkan pemunculan *fluks* magnetik dari grup magnetik yang kompleks. Pada grup kompleks terjadi empat daerah rekoneksi/netral. Seperti sudah diketahui bahwa daerah rekoneksi/netral merupakan lokasi

pemunculan *flare*. Dengan demikian jelas bahwa grup *sunspot* dengan kompleksitas magnetik BGD, akan merupakan grup *sunspot* yang produktif untuk menghasilkan *flare*.

6 KESIMPULAN

Dengan menggunakan data pengamatan selama periode siklus aktivitas matahari ke 23, yaitu dari tahun 1996 sampai dengan tahun 2006, memberikan hasil sebagai berikut:

- Pada saat pencapaian luas maksimum grup *sunspot* :
Grup *sunspot* kelas FK yang paling banyak menghasilkan flare M dan X, Kompleksitas magnetik B : paling banyak muncul dan paling banyak menghasilkan flare M dan X
- Produktivitas untuk menghasilkan flare oleh grup *sunspot* selama perkembangannya, yaitu sejak pemunculannya di sebelah timur dan menghilang di sebelah barat piringan matahari, ternyata :
Grup *sunspot* kelas FK yang produktif menghasilkan flare M dan X
Kompleksitas magnetik BGD yang paling produktif menghasilkan flare M dan X
- Distribusi populasi spot
Distribusi populasi *spot* antara 2 s.d 30 paling banyak menghasilkan flare M dan X

DAFTAR RUJUKAN

- Antiochos S.K., 1998. *The Astrophysical Journal*, 502, hal 181-184.
- McIntosh P.S., 1990. *Solar Physics*, 125, hal 251-263.
- Solar Geophysical Data : <http://www.ngdc.noaa.gov/stp/SOLAR/ftpsolarflare.html>.
- Solar Geophysical Data : <http://www.ngdc.noaa.gov/stp/SOLAR/ftpsunspotregions>.
- Suprijatno J. Dkk, 2005. *Majalah LAPAN*, vol 7, hal 45-51.