

# ANALISIS EVOLUSI GRUP *SUNSPOTSPD* WATUKOSEK UNTUK MEMPEROLEH INDIKATOR KEMUNCULAN *FLARE*

Nanang Wldodo, Nur Aenl, Sudan\*!, Ahmad Sodlkin, Marian  
Penelhl Stasiun Pengamat Dirgantara Watukosek, LAPAN

## ABSTRACT

In their evolution, sunspot groups change in its number, area, shape and its formation. Proper motion of sunspot group show twist and shear movement. Therefore, we measure the central position at preceding and following parts. The difference of angle between the preceding and following part in the evolution on  $(n + 1)$  than  $n$  may indicate that in its evolution the sunspot groups have changed the area. We suggest some indications for predicting flare using the measurement of twist and shear of the spot in a group.

## ABSTRAK

*Sunspot* sebagai variabel aktivitas matahari mengalami perubahan-perubahan antara lain dalam jumlah, luas dan bentuk pada suatu grup *sunspot* selama masa evolusinya. Dengan mempelajari gerak diri dan kelompok dari suatu grup *sunspot* berupa gerak putar dan geser, maka dilakukan pengukuran posisi titik berat kelompok spot pada bagian *preceding* dan *following*. Selisih sudut kemiringan yang dibentuk oleh kedua bagian tersebut antara evolusi  $(n + 1)$  vs  $n$  merupakan indikasi bahwa dalam perjalanan evolusi grup *sunspot* mengalami pergerakan perkembangan atau penyusutan. Daerah aktif (grup *sunspotj* yang menunjukkan ciri-ciri perubahan tertentu dapat dijadikan salah satu indikasi akan terjadinya, /7are.

Kata kunci: *Flare*.Gerakpuntir.Gerak gese, *Preceding*, *Following*

## 1 PENDAHULUAN

Matahari sebagai bintang mengalami fluktuasi aktivitas, yang diidentirlkasikan dengan siklus 11 tahunan. Dalam perjalanan evolusi matahari terdapat beberapa variabel yang menggambarkan kondisi 11 tahunan, dua diantara variabel-variabel tersebut antara lain : *sunspot* dan *flare*.

Pada peielitian ini akan digunakan hasil pengamatan rutin aktivitas matahari khususnya data *sunspot* dan *flare* secara lebih efektif, dimana kontribusi data pengamatan matahari dari Stasiun Pengamat Dirgantara LAPAN Watukosek pada buletin NOAA telah terintegrasi dengan data pengamatan dari stasiun-stasiun lain yang dilaporkan pada buletin *Solar Geophysical Data*, buletin NOAA. Dalam kajian analisis evolusi *sunspot*

(Kaufmann, 1978) telah proses evolusi grup *sunspot* bipolar besar selama di tengah cakram matahari.

Dengan mengoptimalkan analisis data suatu evolusi *sunspot* dan *flare* SPD Watukosek diharapkan memberikan hasil yang dapat menjelaskan proses evolusi grup *sunspot* yang diintegrasikan dengan kejadian *flare*. Penggunaan kedua data *sunspot* dan *flare* ini akan dipadukan dengan analisis citra magnetogram dari buletin NOAA part I untuk menyimpulkan beberapa karakteristik dalam proses evolusi *sunspot* yang akan menghasilkan *flare*.

Evolusi grup *sunspot* yang diambil untuk analisis adalah grup *sunspot* dalam batas  $+ 50^\circ$  Bujur Timur sampai dengan  $50^\circ$  Bujur Barat atau  $\pm 8$  hari pengamatan. Ketentuan ini berdasarkan pada pertimbangan sudut pandang kita terhadap permukaan matahari yang relatif tegak lurus, sekaligus bertujuan mengeliminasi grup *sunspot* yang terlihat relatif lebih pendek dari sebenarnya (*foreshortening*).

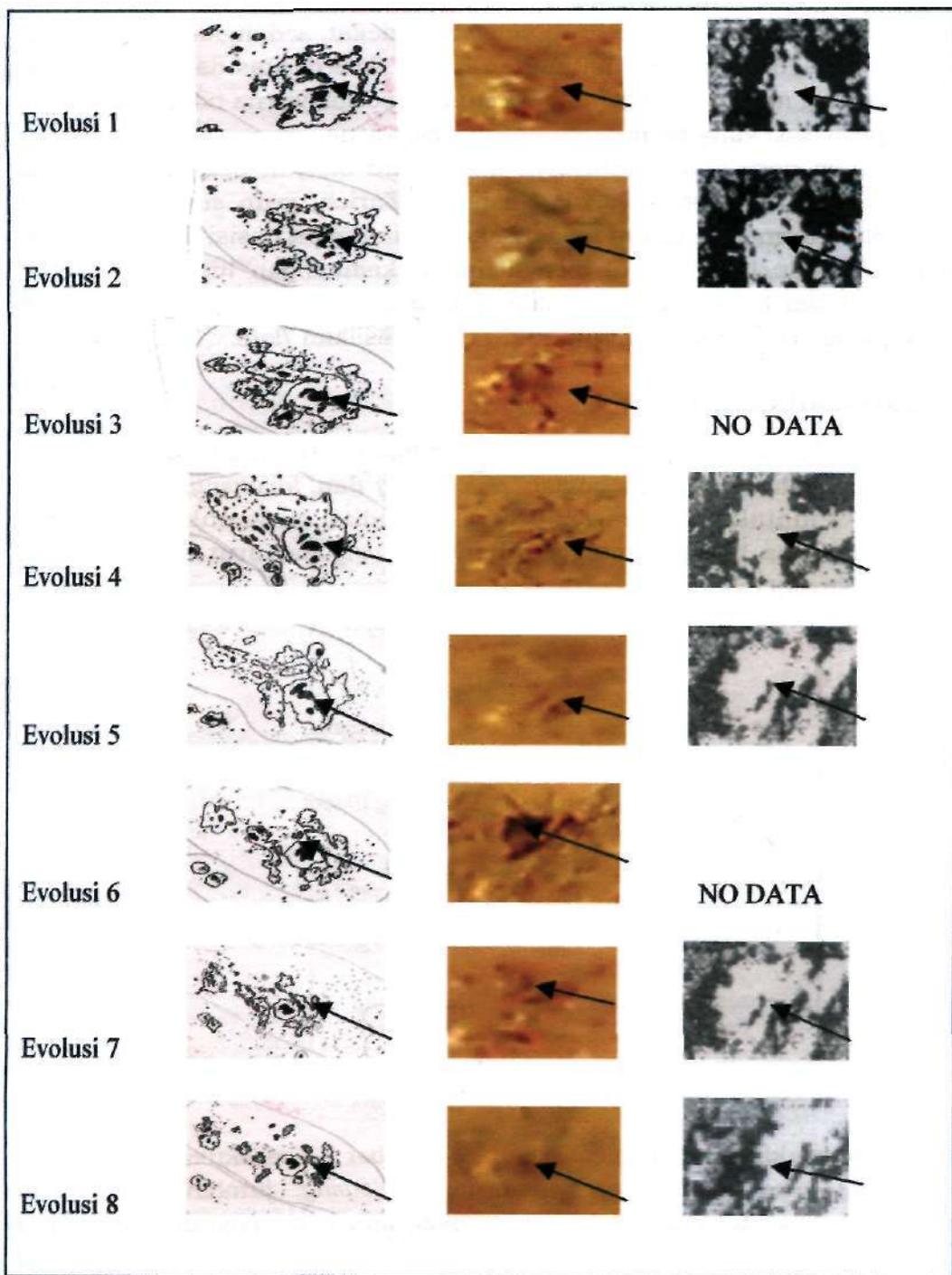
Rancangan dalam penelitian ini adalah menentukan dan memilih data evolusi grup *sunspot* yang produktif (menghasilkan *flare*) (Widodo, 1996) dari hasil pengamatan di SPD Watukosek pada tahun 1990-1993 dan data dari buletin *Solar Geophysical Data*, NOAA Part I dan II.

Dengan mempelajari perubahan bentuk, jumlah dan pergerakan posisi titik berat *spot-spot* di bagian *preceeding* dan *following* yang terjadi selama evolusi grup *sunspot* maka dapat ditentukan karakteristik indikator fenomena *flare* (Widodo, 2000).

## 2 DATA

Data penelitian adalah sket bilangan *sunspot* dari SPD Watukosek, *flare* (gabungan data dari Watukosek dan buletin NOAA part II) dan *magnetogram* diambil dari buletin NOAA part I, Nopember 1990 - Oktober 1993 (Widodo, 2001). Pengambilan sampel sejumlah 50 grup *sunspot* dilakukan secara acak, dengan jumlah hari pengamatan 343 hari. Jumlah *flare* yang teramati sebanyak 154 kejadian *flare* (44.9 %). Berikut ini salah satu contoh sampling evolusi grup *sunspot*, *flare* dan magnetogram berupa data numerik dan citra.

Sebagai contoh adalah grup *sunspot* 1115 (Watukosek)/6891 (NOAA) yang merupakan daerah aktif (25 Oktober - 1 Nopember 1991) yang sangat produktif menimbulkan *flare*.



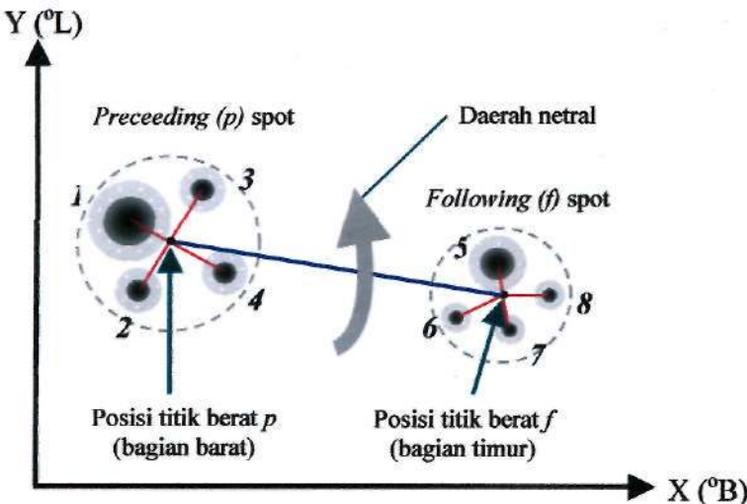
Gambar 2-1: Evolusi harian grup *sunspot* NOAA 6891 tanggal 25 Oktober s.d 1 Nopember 1991 dan citra *flare* Hcc dan magnetogram

Pada Gambar 2-1, tanda panah pada citra *sunspot* menunjukkan posisi titik pusat *flare* di atas grup *sunspot* terdekat, sedangkan tanda panah pada citra magnetogram menunjukkan lokasi *flare* di atas daerah polarisasi tabung-tabung medan magnet yang bermuatan positif (warna putih), sebaliknya daerah polarisasi yang bermuatan negatif berwarna gelap.

Dalam perjalanan evolusinya mengalami banyak perubahan bentuk dan luas grup *sunspot*. Menurut klasifikasi Zurich, grup *sunspot* ini pada awal evolusi termasuk dalam kelas E, kemudian pada posisi tengah cakram (evolusi 3 sampai dengan 6) mengalami perkembangan luas daerah aktif termasuk dalam kelas F. Sampai pada akhir evolusi, walaupun telah menyusut menjadi kelas D, tetapi masih produktif menghasilkan *flare*.

**3 PENGOLAHAN DATA**

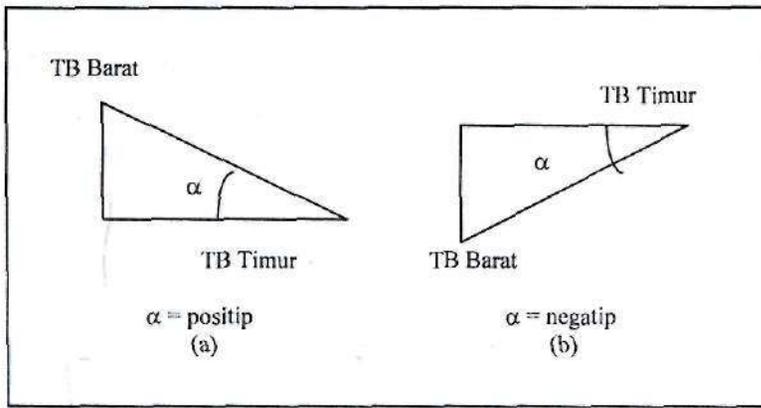
Langkah pertama adalah mengidentifikasi citra grup *sunspot* dalam dua daerah polarisasi yaitu bagian *preceeding* dan *following*, seperti pada Gambar 3-1 (untuk grup *sunspot* besar). Kemudian menentukan posisi titik berat dari kedua bagian *preceeding* dan *following* menurut koordinat bola matahari (*stoney hurst*).



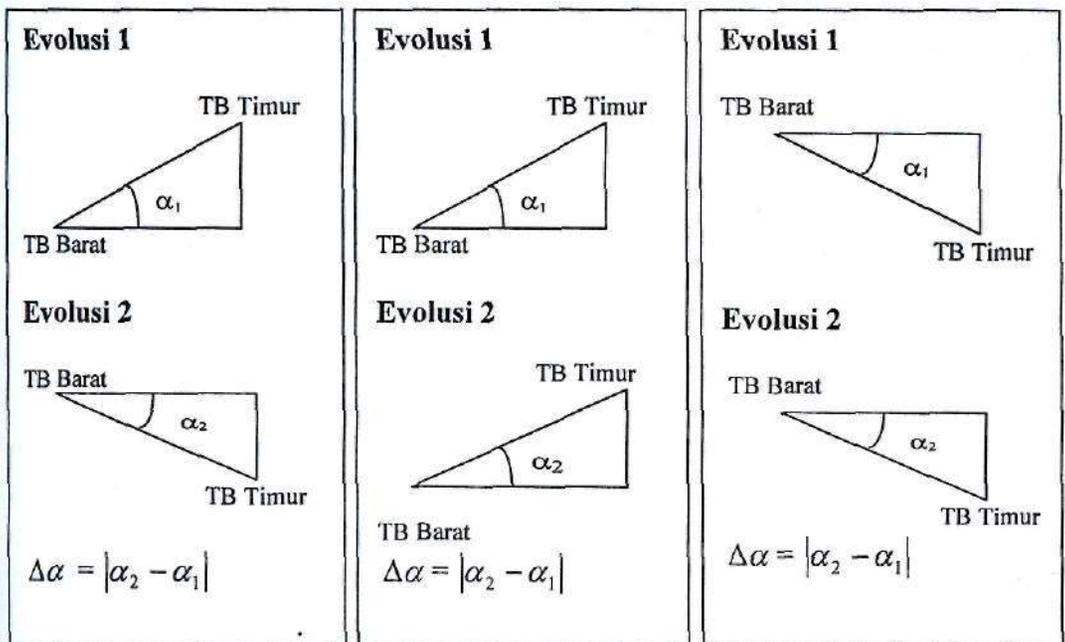
Gambar 3-1: Penentuan posisi titik berat bagian *preceeding* dan *following*

Berdasarkan citra grup *sunspot* pada Gambar 2-1, dilakukan pengukuran posisi titik berat bagian *preceeding* dan *following*, jumlah *spot*, sudut kemiringan yang dibentuk oleh kedua posisi titik berat (TB) bagian *p* dan / tersebut, seperti pada Gambar 3-1. Selanjutnya dilakukan pengukuran selisih sudut kemiringan ( $Aa$ ), seperti ketentuan yang ditetapkan pada Gambar 3-3.

Selain pengukuran posisi titik berat juga dilakukan pengukuran sudut kemiringan yang dibentuk oleh posisi titik berat (TB) kelompok *spot* bagian Barat (*preceeding*) terhadap posisi titik berat kelompok *spot* bagian Timur (*following*).



Gambar 3-2: Cara pengukuran kemiringan TB Barat terhadap TB Timur



Gambar 3-3: Ketentuan pengukuran selisih sudut kemiringan, Aa

Misalkan, sudut kemiringan (a) yang dibentuk oleh titik berat pada bagian *preceeding* terhadap *following* adalah sebesar  $\alpha_1 = -16.7^\circ$  dan pada evolusi 2,  $\alpha_2 = -32.74^\circ$ , sehingga selisih sudut kemiringan evolusi 2 ke 1,  $|\alpha_2 - \alpha_1| = 16.04^\circ$ . Pada evolusi 2 ke 3, sudut kemiringan *spot-spot* pada bagian *preceeding-following* pada evolusi 2,  $\alpha_2 = -32.74^\circ$ , dan pada evolusi 3  $\alpha_3 = -32.15^\circ$  sehingga selisih sudut kemiringan evolusi 3 ke 2,  $|\alpha_3 - \alpha_2| = 0.59^\circ$ .

Hasil pengukuran dari beberapa langkah di atas diberikan pada Tabel 3-1.

### DATA EVOLUSI GRUP SUNSPOT

No data SS 028  
 No grup SS/kelas (Watukosek) 1115E  
 No NOAA region 6891  
 Tgl/bln/thn Obs. 25 Oktober - 01 November 1991  
 No Bui./ Part SGD 572 - 573, Part II

Tabel 3-1: PERUBAHAN POSISI GRUP *SUNSPOT* DAN TITIK BERAT PADA *PRECEEDING-FOLLOWING*

	Posisi grup SS batas tepi		Titik berat posisi p dan f		Σ spot / kelas	Sudut p dan f	Δα	Imp. flare
	Timur	Barat	Timur	Barat				
Evolusi 1 25 Okt'91	54 E 13 S	35 E 8.5 S	49 E 13 S	40 E 10.3 S	110 F	-16.7°	6.82°	Sn
Evolusi 2 26 Okt'91	43 E 14.8 S	23.8 E 9.6 S	37 E 13.2 S	28.5 E 9.5 S	123 F	- 23.52°	8°	1b
Evolusi 3 27 Okt'91	30 E 13.8 S	12.7 E 12.2 S	24 E 12.5 S	16 E 10 S	177 F	- 15.52°	0°	1n
Evolusi 4 28 Okt'91	18 E 15 S	0.5 E 12 S	13 E 13 S	4 E 11.5 S	174 F	- 15.52°	0.59°	Sn
Evolusi 5 29 Okt'91	4 E 14 S	14 W 11 S	2 W 12 S	6.5 W 10.7 S	150 F	- 16.11°	4.02°	Sf
Evolusi 6 30 Okt'91	8.8 W 13 S	27.8 W 13 S	16 W 12.5 S	23 W 11 S	170 F	- 12.09°	4.32°	3b
Evolusi 7 31 Okt'91	20 W 13.5 S	43 W 8 S	26 W 12.5 S	37 W 11 S	228 F	- 7.77°	4.12°	1f
Evolusi 8 01 Nov'91	32.7 W 13.5 S	55 W 11.5 S	41 W 13 S	50.5 W 11 S	129 F	- 11.89°		Sf

## 4 HASIL

Berdasarkan pengamatan evolusi *sunspot* dari seluruh data sampel didapatkan dua proses perubahan pada suatu grup *sunspot*. *Pertama*, proses perkembangan grup *sunspot* menjadi semakin besar, luas dan konfigurasi *spot*/penumbra yang kompleks, misalnya kelas E dan F (klasifikasi Zurich). Kejadian ini menunjukkan bahwa selama perjalanan evolusi, grup *sunspot* tersebut mengalami pertumbuhan yang signifikan. Pada masa-masa evolusi ini, grup *sunspot* mempunyai proyeksi polarisasi medan magnet yang tersebar dan konfigurasi semakin kompleks, contoh Gambar 2-1, pada evolusi 1-5 dapat

Tabel 4-1: DAFTAR PROSES PENYUSUTAN SPOT/PENUMBRA

No Data/NOAA	Evolusi ke	Bag. p/f.	Importance flare
1/ 6368	4 ke 5	following	Sf
2/ 6377	1 ke 2, 4 ke 5	Netral	Sf, Sf
3/ 6462	8 ke 9	following	2b
5/ 6508	1 ke 2, 7 ke 8	following	No flare, Sf
6/ 6538	1 ke 2	Netral	No flare
7/ 6555	3 ke 4, 4 ke 5	following	3b, Sf
8/ 6615	2 ke 3, 3 ke 4	preceding	No flare, No flare
No Data/ NOAA	Evolusi ke	Bag. p/f.	Flare
10/ 6654	1 ke 2, 2 ke 3	preceding	1f, 1n
11/ 6652	1 ke 2	preceding	No flare
12/ 6659	1 ke 2, 3 ke 4	Netral	2b, 2n
16/ 6718	2 ke 3, 5 ke 6	following,	No flare, Sn
17/ 6729	1 ke 2, 2 ke 3	preceding	1n, No Flare
18/ 6734	5 ke 6	following	1n
20/ 6784	2 ke 3	following	Sf
22/ 6811	2 ke 3	following	Sn
23/ 6823	4 ke 5	Prec.& foll	No flare
24/ 6832	2 ke 3, 3 ke 4	following	Sf , Sf
26/ 6861	4 ke 5	following	Sf
27/ 6873	2 ke 3, 5 ke 6	preceding	Sf, Sn
28/ 6891	6 ke 7, 7 ke 8	following	3b, 1f
29/ 6892	1 ke 2, 4 ke 5, 6 ke 7	following	1n, No Flare, 1n
30/ 6919	4 ke 5, 5 ke 6, 7 ke 8	preceding	No flare, 1n
33/ 7016	3 ke 4	following	No flare
39/ 7116	3 ke 4	Following	Sf
40/ 7135	5 ke 6	following	Sf
43/ 7306	4 ke 5	following	Sn
44/ 7315	6 ke 7	following	Sn
45/ 7469	6 ke 7	following	Sn
49/ 7530	6 ke 7	following	Sb
50/ 7590	6 ke 7	following	Sf

Tabel 4-2: DAFTAR PROSES PERKEMBANGAN SPOT/PENUMBRA

No Data	Evolusi ke	Bag. p/f.	Flare
1/ 6368	4 ke 5	following	Sf
2/ 6377	1 ke 2, 4 ke 5	Netral	Sf, Sf
3/ 6462	8 ke 9	following	2b
5/ 6508	1 ke 2, 7 ke 8	following	No flare, Sf
7/ 6555	3 ke 4, 4 ke 5	following	3b, Sf
8/ 6615	2 ke 3, 3 ke 4	preceding	No flare, No flare
10/ 6654	1 ke 2, 2 ke 3	preceding	1f, 1n
11/ 6652	1 ke 2	preceding	No flare
12/ 6659	1 ke 2, 3 ke 4	Netral	2b, 2n
13/ 6687	1 ke 2	preceding	Sn
14/ 6693	1 ke 2, 4 ke 5	preceding	Sf, 2n
15/ 6703	3 ke 4	following	3b
16/ 6718	4 ke 5	following	Sn
18/ 6734	1 ke 2	following	1f
19/ 6757	2 ke 3, 3 ke 4, 5 ke 6	preceding, following	1b, 1n, 1n
20/ 6784	1 ke 2	following	Sf
21/ 6807	1 ke 2, 2 ke 3	following	Sf, Sf
22/ 6811	4 ke 5, 5 ke 6	following	Sn
23/ 6823	1 ke 2	Netral	Sf
24/ 6832	2 ke 3, 3 ke 4 4 ke 5	Preceding, netral	Sf, Sf, Sn
25/ 6850	2 s/d 8	p dan f	5 kali
27/ 6873	3 ke 4, 4 ke 5	p	Sf, no flare
28/ 6891	1 s/d 4	p dan f	4 kali
31/ 6961	5 s/d 7	netral	3 kali
34/ 7031	2 s/d 4	following	Sf, Sn
35/ 7050	1 ke 2	preceding	No flare
36/ 7056	1 ke 2, 3 ke 4	preceding	No flare, Sf
37/ 7091	2 ke 3	preceding	Sf
38/ 7117	3 ke 4	following	Sf
No Data	Evolusi ke	Bag. p/f.	Flare
39/ 7116	1 ke 2, 2 ke 3	following	No flare, Sf
41/ 7220	1 ke 2, 4 ke 5	preceding	Sn
42/ 7260	2 ke 3, 4 ke 5	following	Sn, Sf
44/ 7315	1 ke 2, 4 ke 5	following	Sf, Sn
45/ 7469	3 ke 4, 4 ke 5	following	Sf, Sn
47/ 7515	2 ke 3	Netral	Sb
48/ 7518	6 ke 7	following	Sn
49/ 7530	3 ke 4	following	Sn
50/ 7590	1 ke 2, 2 ke 3	following	Sf, Sf

diklasifikasi kelas F dan evolusi 6-7 kelas E. Berdasarkan kondisi ini akan memberikan peluang terjadi persinggungan antara garis-garis medan magnet semakin besar sehingga sangat berpotensi membangkitkan *flare* H-a sampai berulang kali. *Kedua*, proses penyusutan grup *sunspot* menjadi semakin kecil, sempit dan konfigurasi *spot*/penumbra lebih sederhana, misalnya kelas C, D atau H (klasifikasi Zurich). Proses penyusutan merupakan akibat yang dialami grup *sunspot* setelah kehilangan banyak energi plasma yang teremisikan bersama *flare*, contoh Gambar 2-1 pada evolusi 6 terjadi *flare* besar (Importance 3 B) pada evolusi berikutnya terjadi penyusutan bentuk penumbra yang signifikan. Konsekuensi dari evolusi tersebut, suatu grup *sunspot* mempunyai proyeksi polarisasi medan magnet yang lebih sederhana (tampakjelas pemisahan antara medan magnet bermuatan negatif dan positif dalam wilayah sempit).

Analisis proses penyusutan bentuk, ukuran dan jumlah *spot*/penumbra dari hasil pengamatan pada 50 data sampling. (Tabel 4-1)

Analisis proses perkembangan bentuk, ukuran dan jumlah *spot*/penumbra dari hasil pengamatan pada 50 data sampling dituliskan pada Tabel 4-2.

## 5 PEMBAHASAN

Dari hasil analisis secara komprehensif pada evolusi grup *sunspot* yang dihubungkan dengan perubahan citra magnetogram dan fenomena *flare* H-a pada Tabel 4-1 dan Tabel 4-2 didapatkan rangkuman ciri-ciri perubahan pada grup *sunspot* yang akan membangkitkan *flare* H-a dan akibat yang ditimbulkan berupa penyusutan luas daerah aktif (grup *sunspot*).

Secara spesifik proses perkembangan grup *sunspot* selama evolusi hingga menghasilkan *flare* H-a dapat dibagi dalam analisis kualitatif dan kuantitatif.

### 5.1 Analisis Kualitatif

Ciri-ciri daerah pasif menjadi aktif sebelum menghasilkan *flare* H-a

- Ada *trend* kenaikan jumlah *sunspot* dalam beberapa kali evolusi.
- Penggabungan beberapa penumbra kecil menjadi penumbra besar.
- Luas penumbra kecil bertambah besar.
- Daerah aktif (grup *sunspot*) bertambah luas.
- Ada pergeseran posisi titik berat di *preceeding* dan atau *following*.
- Formasi *spot* dan penumbra mendadak kompleks.
- Ada pertumbuhan jumlah *spot*/penumbra di daerah netral.
- Ada pertumbuhan jumlah penumbra di bagian *preceeding/following*.

Ciri-ciri daerah aktif menjadi pasif setelah menghasilkan *flare* H-a

- Pemecahan konsentrasi penumbra besar menjadi beberapa penumbra kecil.
- Penyusutan luas penumbra dibanding evolusi sebelumnya.

- Pengurangan luas daerah aktif grup *sunspot*.
- Ada *trend* penurunan jumlah *sunspot* dalam beberapa kali evolusi.
- Formasi *spot* dan penumbra dalam grup relatif stabil.
- Tidak ada pergeseran posisi titik berat di *preceeding* dan *following*.
- Bagian *preceeding* atau *following* grup *sunspot* tenggelam.

## 5.2 Analisis kuantitatif

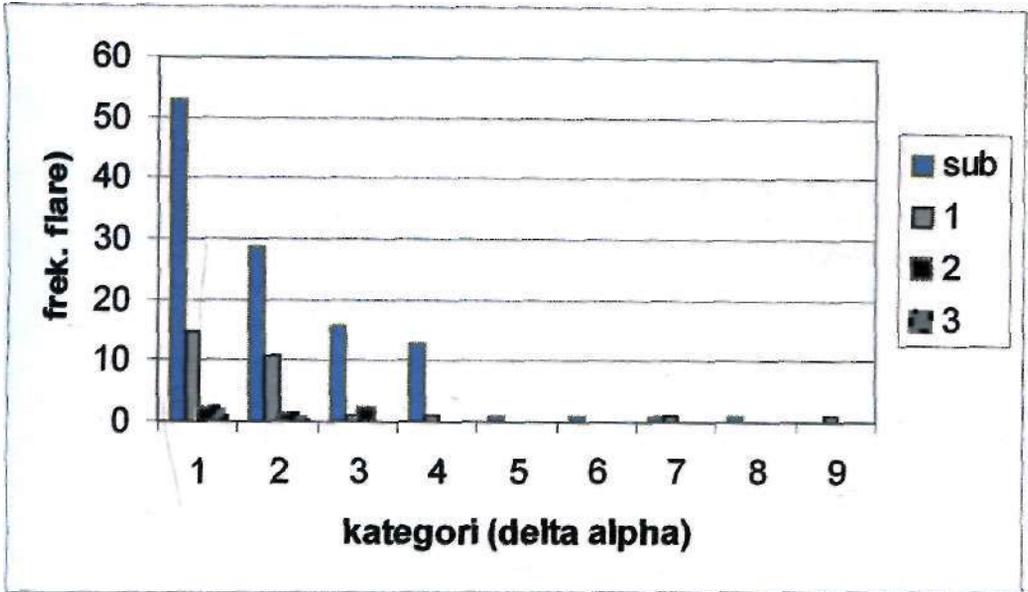
Tabel 5-1 hasil penelitian menyatakan bahwa pada selang selisih sudut kemiringan ( $Aa$ ) pada selang 0,0 - 5,0 derajat selisih sudut kemiringan ( $Aa$  ada sejumlah 72 *flare* H-a atau  $\pm 46,7$  %. Sedangkan pada selang selisih sudut kemiringan 5,0 - 10,0 derajat terdapat 43 *flare* H-a atau  $\pm 27,9$  % dari

Kelas $Aa$	Flare	Sub	1	2	3
0.0 - 5.0	53	15	2	2	
5.01 - 10.0	29	12	1	1	
10.01 - 15.0	16	1	2		
15.01 - 20.0	13	1			
20.01 - 25.0	1				
25.01 - 30.0	1				
30.01 - 35.0	1	1			
35.01 - 40.0	1				
40.01 -		1			
<b>Jumlah</b>	<b>115</b>	<b>31</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	

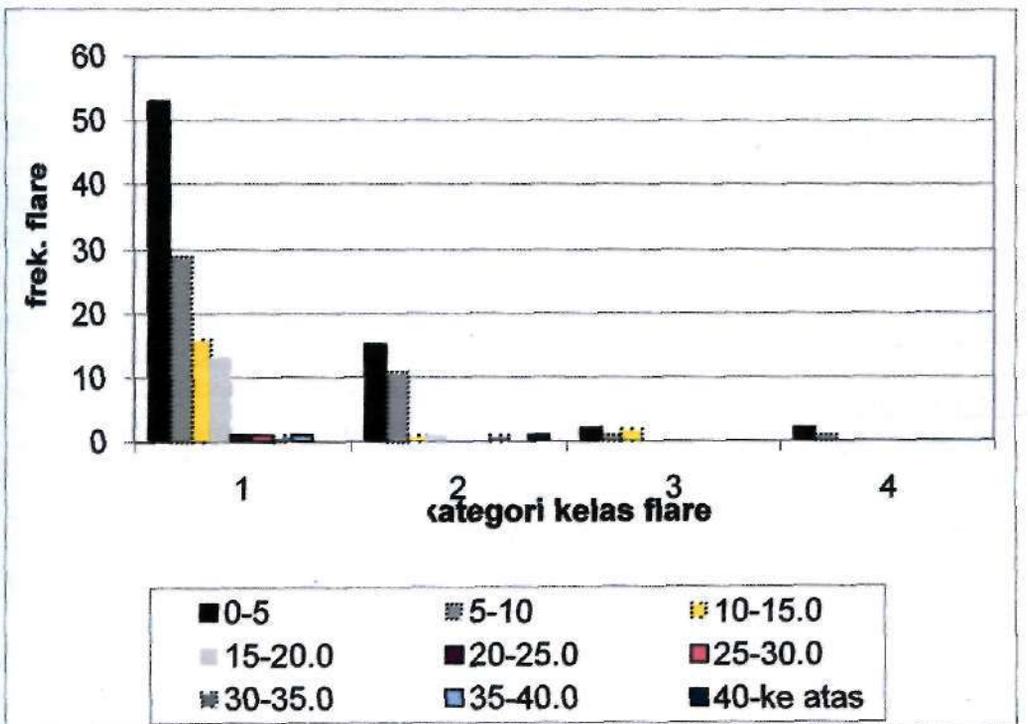
jumlah *flare* H-a dalam sampel.

Tabel 5-1: SELISIH SUDUT KEMIRINGAN ( $Aa$ ) VS KELAS FLARE H-a

Tampak bahwa jarang sekali ada pergeseran posisi grup *sunspot* bagian *preceeding* atau *following* pada arah Lintang Utara atau Selatan secara signifikan ( $>20,0$  derajat) dalam perbedaan perjalanan evolusi (selisih satu hari). Sebagian besar *flare* H-a diawali adanya pergeseran posisi titik berat bagian *preceeding* atau *following* pada arah lintang meskipun dengan  $Aa$  kecil.



Gambar 5-1: Jumlah kejadian *flare* H- $\alpha$  berdasarkan kategori kelas *flare* (sub, 1, 2 dan 3)



Gambar 5-2: Jumlah kejadian *flare* H- $\alpha$  berdasarkan kategori selang selisih sudut kemiringan antar evolusi  $n$  vs  $(n+1)$

Pada Gambar 5-1 memperlihatkan frekuensi *flare* H-a yang dipisahkan berdasarkan kategori Aa Pada Gambar 5-2 tampak bahwa sebagian besar *flare* kelas sub *flare* dan kelas 1 terjadi oleh adanya perubahan Aa yang kecil ( $< 10,0$  derajat). Hal ini berkaitan dengan perubahan Aa sedikit saja sudah memungkinkan membangkitkan *flare*.

## 6 KESIMPULAN

Berdasarkan analisis secara komprehensif dari semua sampel data evolusi grup *sunspot*, citra magnetogram dan *flare* H-a didapatkan kesimpulan sebagai berikut. Aktivitas *flare* H-a terjadi karena adanya indikasi penambahan jumlah spot/penumbra pada salah satu bagian *preceding* atau *following*, konfigurasi grup *sunspot* yang semakin kompleks dan pergeseran posisi titik berat bagian *preceding* dan atau *following* secara serempak dan signifikan.

Semakin luas dan kompleks konfigurasi spot/penumbra dari suatu grup *sunspot* dengan perubahan yang sangat cepat (orde jam atau paling lambat harian) dan citra magnetogram yang menunjukkan penyebaran medan magnet bermuatan positif dan negatif secara acak maka *flare* H-a yang ditimbulkannya juga semakin besar. Biasanya fenomena *flare* H-a besar terjadi pada grup *sunspot* kelas E atau F, karena potensi energi dalam plasma sangat besar.

Konsekuensi yang dialami grup *sunspot* setelah terjadi *flare* H-a adalah adanya proses penyusutan luas daerah aktif, jumlah spot dan konfigurasi menjadi lebih sederhana (kelas D atau C). Bila terjadi *flare* H-a kembali, maka jumlah energi yang ikut teremisikan bersama, juga semakin kecil.

## DAFTAR KBJUKAN

- Kaufmann, W., 1978. *Exploration of the solar system*, Macmillan Publishing Co.
- Widodo, N., 1996. *Perbandingan data aktivitas matahari SPD Watukosek terhadap data NOAA*, Majalah LAPAN No. 46.
- Widodo, N., 2000. Menentukan prakiraan umur produktif *sunspot* kelas D, E dan F berdasarkan frekuensi *flare*, Warta LAPAN Vol. 2, No.2
- Widodo, N., 2001. *Analisis berbagai fenomena yang terkait pada evolusi daerah aktif di matahari*, Prosiding seminar Astronomi ITB.