

ANALISIS PERGERAKAN BINTIK MATAHARI DI DAERAH AKTIF NOAA 0375

Oara Y. Yatint, E. Sunggfrtg Mumpuni
Penelltt Puat Pemanfaatan Sains Mtiriksa, LAPAN
emit cl3r3@bdg.tip3n-to.id

ABSTRACT

The observation of the flaring sunspots group (active region) has been conducted to obtain the characteristic of spot's motion. In active region NOAA 0375 the motion is divided in two periods, 3 - 8 June 2005, when the group was growing, and 10-12 June 2003 when it was decaying. By comparing the movement plots, we see that the strong flares were most produced when the active region was in the decaying phase.

ABSTRAK

Pengamatan terhadap gerak bintik dalam suatu grup bintik matahari (daerah aktif) yang menghasilkan *flare* dilakukan untuk mengetahui karakteristik pergerakan bintik-bintik yang ada di dalamnya. Pada daerah aktif NOAA 0375 pergerakan bintik-bintik dalam daerah tersebut pada tanggal 3 - 8 Juni dan 10 - 12 Juni 2003 memperlihatkan pertumbuhan dan peluruhan daerah tersebut. Dari perubahan luas grup tersebut dan dari data *flare* terlihat bahwa *flare* kuat yang dihasilkan pada saat grup ini meluruh lebih banyak dibandingkan dengan pada saat daerah ini berkembang.

Kata kunci: *Daerah aktif- bintik matahari - flare*

1 PENDAHULUAN

Flare merupakan fenomena energetik di atmosfer matahari yang melibatkan energi magnetik yang secara mendadak dikonversikan dalam energi bentuk lain. Pada umumnya persyaratan terjadinya *flare* adalah daerah aktif, sehingga studi mengenai medan magnetik di daerah aktif menjadi sangat penting.

Saat ini *magnetic shear* (sudut antara garis netral dengan garis-garis medan magnet *transversal*) dianggap sebagai kunci untuk memahami mekanisme penyimpanan energi *flare*. Banyak *flare* terjadi di sekitar daerah yang konfigurasi magnetiknya mempunyai sudut [*shear*] yang besar (Zirin dan Tanaka, 1973; Kurokawa, 1987; Schmieder et. al., 1997). Akan tetapi banyak juga pengamatan yang menunjukkan bahwa *magnetic shear* tidaklah penting dalam kemunculan *flare* (Chen et. al., 1994; Fontenla et. al., 1995).

Tujuan dari pengamatan terhadap daerah aktif ini adalah untuk memperoleh karakteristik dari daerah aktif yang mempunyai aktivitas *flare*

yang tinggi. Salah satu aspek yang akan dilihat di sini adalah evolusi dari grup bintiknya, terutama pergerakan bintik matahari dalam suatu grup, karena pergerakan bintik ini berkaitan langsung dengan mekanisme pelepasan energi magnetik. Hasil yang diharapkan adalah pengetahuan tentang bagaimana sebuah grup bintik matahari berkembang dan menghasilkan *flare*.

2 DATA DAN PENGOLAHANNYA

Daerah aktif yang dipilih untuk diteliti adalah daerah aktif NOAA 0375. Daerah ini nampak di piringan matahari sejak tanggal 2 Juni dan menghilang tanggal 14 Juni 2003. Selama di piringan matahari, daerah ini memunculkan banyak sekali *flare* sinar X (Tabel 2-1)

Tabel 2-1: FREKUENSI *FLARE* SINAR X DENGAN KELAS LEBIH BESAR DARI KELAS C YANG DIHASILKAN OLEH NOAA 0375 SELAMA KENAMPAKANNYA DI PIRINGAN MATAHARI. (SUMBER: *SPACE ENVIRONMENT CENTER*)

No.	Tanggal	Jumlah <i>flare</i> sinar X			
		Kelas C	Kelas M	Kelas X	Total
1.	2 Juni 2003	1	1		2
2.	3 Juni 2003	2			2
3.	4 Juni 2003	1			1
4.	5 Juni 2003	1			1
5.	6 Juni 2003	3	1		4
6.	7 Juni 2003	16			16
7.	8 Juni 2003	10			10
8.	9 Juni 2003	11	2	1	14
9.	10 Juni 2003	2	9	1	12
10.	11 Juni 2003	2	7	1	10
11.	12 Juni 2003	5	4		9
12.	13 Juni 2003		2		2
13.	14 Juni 2003	1			1
Jumlah		55	26	3	84

Data yang dipergunakan pada penelitian ini, adalah data aktivitas matahari yang diperoleh satelit TRACE (*Transition Region and Coronal Explorer*, [http:// vestige.lmsal.com/TRACEj](http://vestige.lmsal.com/TRACEj)). Data yang dipilih adalah data dari tanggal 3-12 Juni 2003. Citra yang diambil dari data TRACE adalah berupa daerah aktif yang diamati dalam rentang cahaya tampak (*white light*). Pada umumnya data yang dipilih mempunyai rentang waktu 1 jam. Akan tetapi karena ada beberapa rentang waktu yang tidak ada datanya, maka dalam rentang waktu yang dipilih tersebut dapat dikumpulkan 93 data citra matahari dalam rentang cahaya tampak. Data TRACE yang diperoleh mempunyai 3 macam

ukuran, yaitu 512 x 512 piksel, 768 x 768 piksel, dan 1024 x 1024 piksel, dengan 1 piksel mewakili 0.5 arcsec atau sekitar 360 km.

Contoh dari data TRACE yang telah diperoleh diperlihatkan pada Gambar 2-1. Rangkaian data seperti ini, yang terdiri dari 93 data akan dianalisa. Analisa dititikberatkan pada perkembangan grup bintang itu sendiri dan bagaimana pergerakan bintang-bintang matahari yang ada dalam grup tersebut. Seperti pada Gambar 2-1 terlihat jelas bagaimana grup ini berkembang dengan cepat. Dari penelusuran ini diharapkan dapat diketahui perkembangan grup bintang yang sangat aktif. Akan tetapi terdapat data yang kosong, yaitu pada tanggal 9 Juni 2003. Perubahan daerah aktif yang cepat dari tanggal 8 ke 10 Juni menyebabkan adanya bintang yang tidak dapat ditelusuri, sehingga untuk menghindari kesalahan identifikasi bintang, maka penelusuran pergerakan bintang dibagi menjadi 2 bagian, yaitu yang pertama dimulai dari tanggal 3 sampai dengan 8 Juni dan yang kedua dari tanggal 10 sampai dengan 12 Juni 2003.

Analisis pergerakan bintang dalam grup dilakukan dengan menghitung pergerakannya relatif terhadap satu bintang yang akan dijadikan acuan. Sebagai langkah awal adalah menentukan posisi bintang pada masing-masing gambar untuk memperoleh besarnya pergeseran. Untuk itu yang akan dianalisa adalah gambar daerah aktif yang diperoleh dari TRACE. Karena TRACE tidak merekam citra seluruh permukaan matahari, maka harus diambil satu titik acuan sebagai titik nol relatif dari seluruh bintang yang dihitung. Dengan melihat keseluruhan perkembangan daerah aktif, maka diambil satu bintang yang stabil dan cukup jelas terlihat sebagai titik acuannya. Setelah titik acuannya ditentukan, maka masing-masing bintang yang akan diketahui dilihat dahulu posisinya dalam gambar dan dihitung pergeserannya terhadap bintang acuan ini. Dalam perhitungan ini sebagai acuan adalah bintang nomor satu seperti pada Gambar 2-2.

Besarnya pergeseran ini kemudian akan dikoreksi terhadap posisi daerah aktif pada saat itu. Faktor koreksi ini diperlukan untuk mengetahui pergeseran yang sesungguhnya, karena pengamatan akan dipengaruhi oleh *foreshortening*, yaitu makin ke tepi matahari, daerah aktif akan terlihat makin kecil. Besarnya pergeseran yang telah dikoreksi dihitung dengan persamaan:

$$D_c = \frac{D}{\cos \theta} \quad (2-1)$$

dengan

D_c adalah pergeseran yang dikoreksi

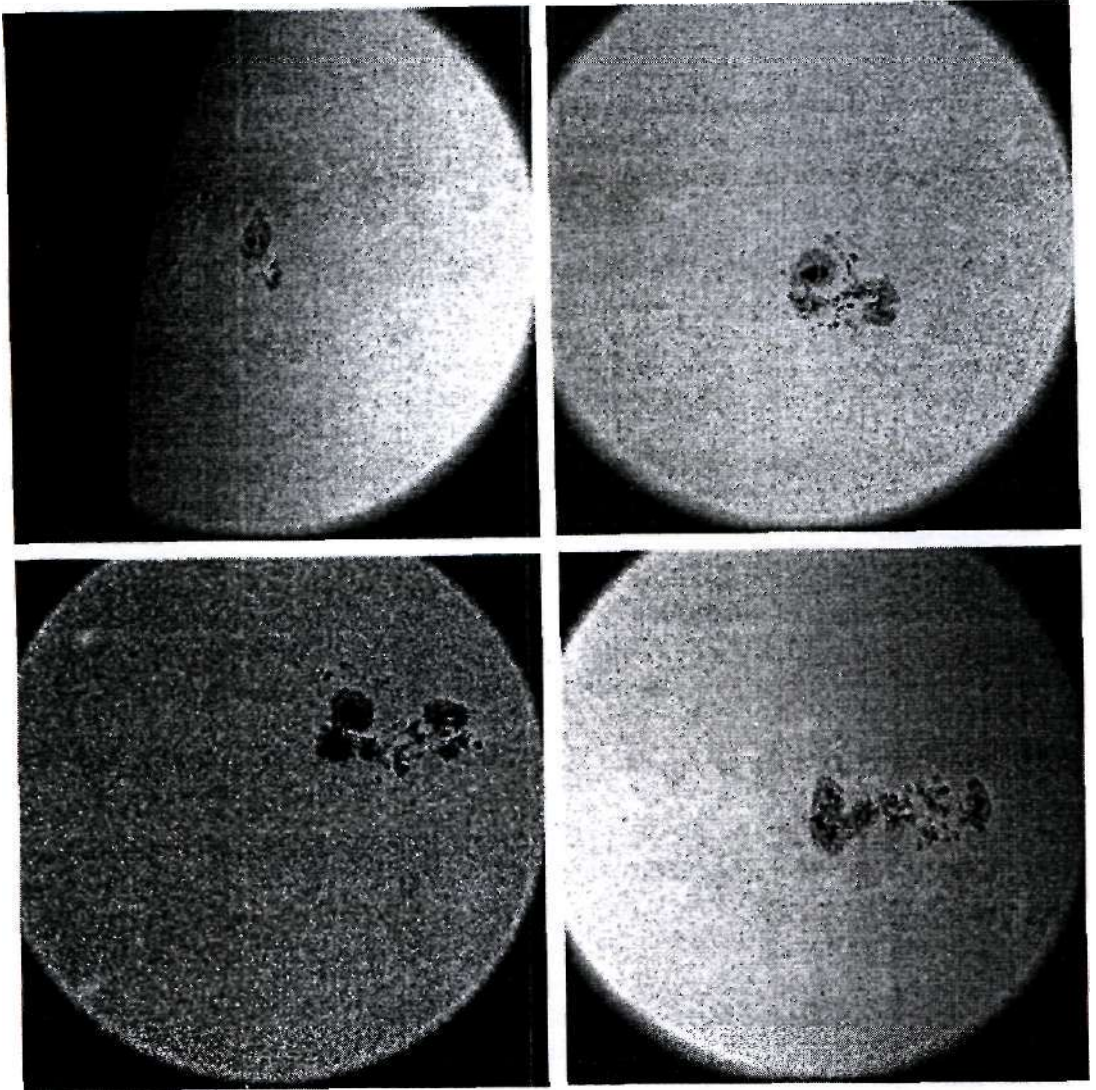
D adalah pergeseran yang terukur

$$\cos \theta = [1 - (L/R)^2]^{1/2} \quad (2-2)$$

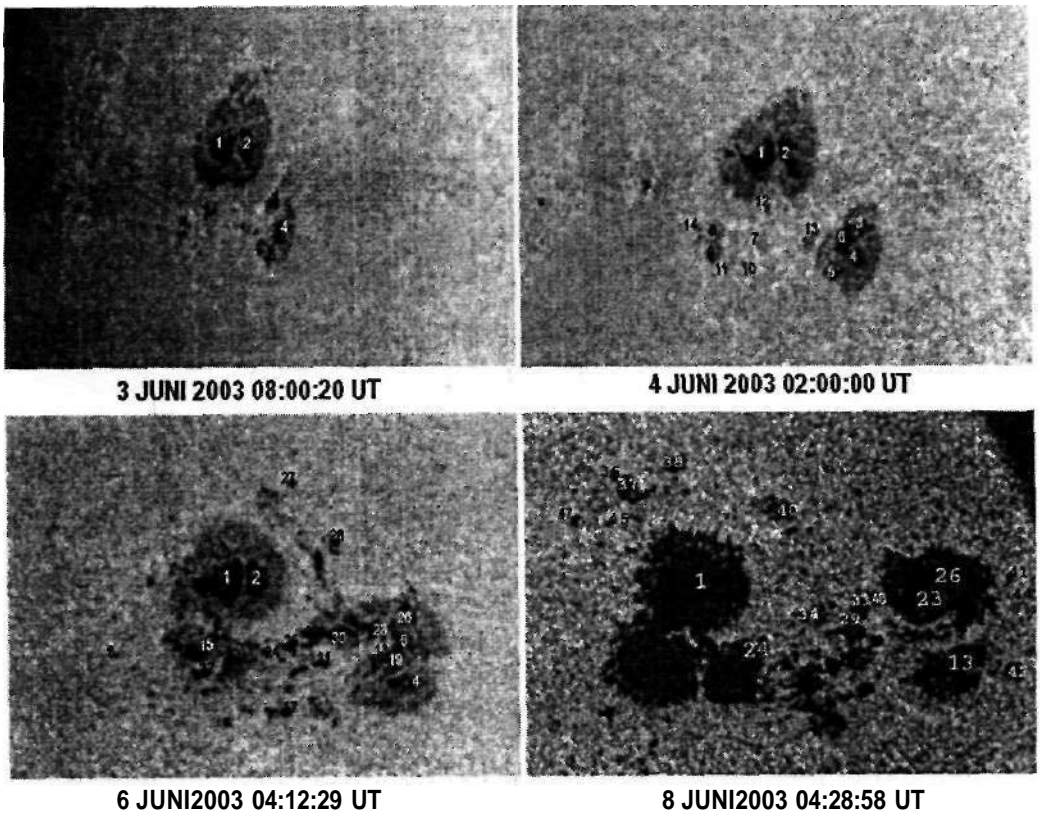
dengan

L adalah Jarak dari pusat matahari

R adalah jari-jari matahari

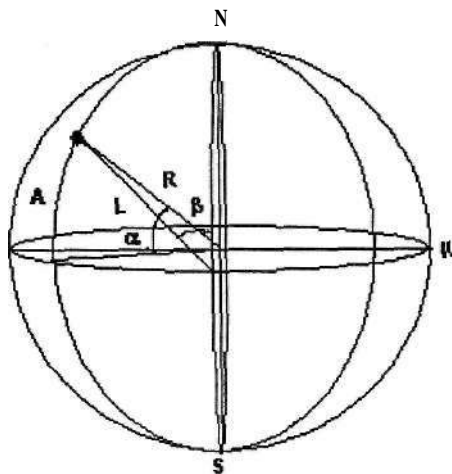


Gambar 2-1: Beberapa contoh dari data dalam cahaya tampak (*white light*) TRACE yang akan dianalisa. Gambar atas: citra daerah aktif 0375 pada tanggal 3 Juni (kiri) dan 6 Juni (kanan). Gambar bawah: tanggal 8 Juni (kiri) dan 11 Juni 2003 (kanan).



Gambar 2-2: Contoh perkembangan grup *sunspot* dalam beberapa gambar pada tanggal 3 - 8 Juni 2003

Bila *latitude* (lintang) dinyatakan dengan sudut α , dan *longitude* (bujur) dengan sudut β , dan jarak grup bintang dari ekuator matahari adalah A , maka skemanya menjadi seperti pada Gambar 2-3.



Gambar 2-3: Skema posisi bintang di matahari dinyatakan dalam posisi lintang dan bujur di matahari

Maka $A = L \cos \beta$ dan $A = R \sin \alpha$ (2-3)
Sehingga akan diperoleh

$$\frac{L}{R} = \frac{\sin \alpha}{\cos \beta} \quad (2-4)$$

dan persamaan (2-1) menjadi

$$D_c = \frac{D}{\left[1 - \left(\frac{\sin \alpha}{\cos \beta}\right)^2\right]^{1/2}} \quad (2-5)$$

Koreksi posisi harian (cos 9 pada persamaan 2-2) pada besarnya pergeseran ditunjukkan pada Tabel 2-2. Dengan demikian besarnya pergeseran masing-masing bintang dikoreksi dengan faktor ini.

Tabel 2-2: FAKTOR KOREKSI (COS 9) HARIAN UNTUK NOAA 0375

No.	Tanggal	Faktor koreksi
1.	2 Juni 2003	0,722
2.	3 Juni 2003	0,880
3.	4 Juni 2003	0,946
4.	5 Juni 2003	0,969
5.	6 Juni 2003	0,974
6.	7 Juni 2003	0,978
7.	8 Juni 2003	0,978
8.	9 Juni 2003	0,972
9.	10 Juni 2003	0,969
10.	11 Juni 2003	0,954
11.	12 Juni 2003	0,897
12.	13 Juni 2003	0,758

3 HASIL

3.1 Pergerakan Bintik Matahari di NOAA 0375 pada Tanggal 3 - 8 Juni 2003

Daerah aktif NOAA 0375 mulai tampak *hemisfer* matahari pada tanggal 2 Juni 2003 dan kembali menghilang di tepi barat pada tanggal 13 Juni 2003. Selama periode ini data yang dikumpulkan adalah dari tanggal 3 - 12 Juni, kecuali untuk tanggal 9 Juni tidak diperoleh data daerah aktif ini. Daerah ini berkembang dengan sangat cepat, seperti terlihat pada Gambar 2-2, dan menghasilkan banyak *flare* (Tabel 2-1).

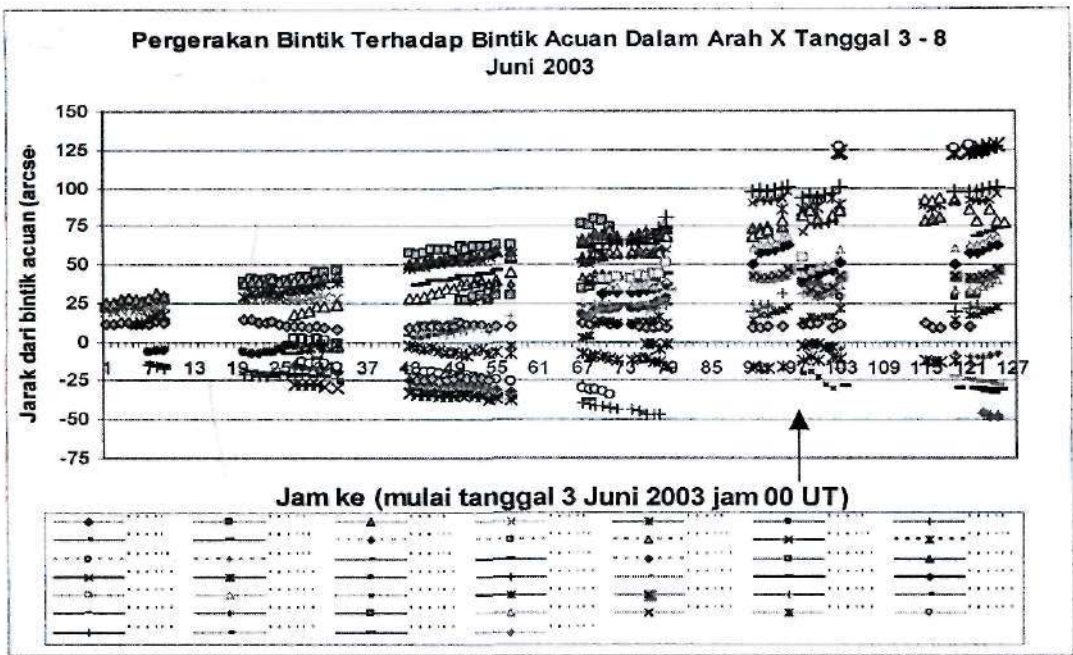
Bintik-bintik matahari yang ada di daerah aktif ini juga berkembang cepat, dan menjadi sangat banyak. Secara garis besar hanya diambil beberapa bintik yang akan dihitung pergerakannya, yaitu bintik-bintik yang bernomor seperti pada Gambar 2-2. Gerakannya adalah seperti pada Gambar 3-1 dan 3-2. Salah satu contoh saat terjadinya *flare* ditunjukkan dengan tanda panah. Pada saat ini *flare* yang terjadi adalah kelas M1.0 yang terjadi pada tanggal 6 Juni 2003 jam 23:33 UT.

Pada plot jarak bintik terhadap acuannya ini terdapat beberapa data yang kosong, sehingga pergerakan bintik tidak lengkap. Akan tetapi dari *trend* (kecenderungan) yang diperoleh, bintik yang terletak di sebelah kiri (sebelah Timur) bintik acuan bergerak ke arah kiri (timur), sedangkan bintik yang terletak di sebelah kanan (Barat)nya tampak bergerak ke arah kanan (Barat) atau setiap bintik tampak menjauhi bintik acuannya. Kecepatan bintik-bintik pada arah ini berkisar antara 0 - 0.201 km/detik terhadap acuannya. Akibatnya luas grup makin besar. Bertambahnya luas grup ini bisa disebabkan karena pergerakan *fluks* magnetik yang bergerak ke atas (naik), sehingga jarak antara bintik makin besar, bisa juga sebagai akibat dari rotasi diferensial matahari yang menyebabkan bintik yang terletak lebih dekat ke ekuator bergerak lebih cepat dari pada bintik yang lebih jauh dari ekuator matahari. Sedangkan untuk arah Y (latitudinal) tidak terlihat perubahan jarak yang berarti dari masing-masing bintik terhadap acuannya. Kecepatan terhadap bintik acuannya antara 0 - 0.068 km/detik.

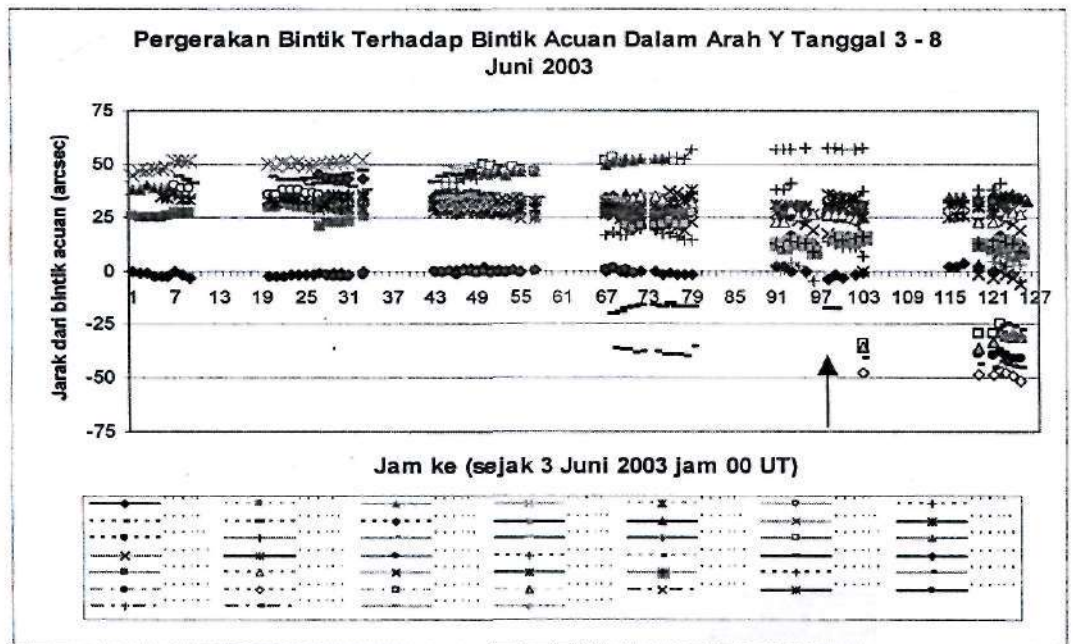
3.2 Pergerakan Bintik Matahari di NOAA 0375 pada tanggal 10 - 12 Juni 2003

Pergerakan bintik matahari mulai tanggal 10 Juni dihitung dengan acuan bintik no. 1 (Gambar 3-3), demikian juga dengan penomoran binuknya. Sedangkan hasil pengukurannya ditunjukkan pada Gambar 3-4 dan 3-5.

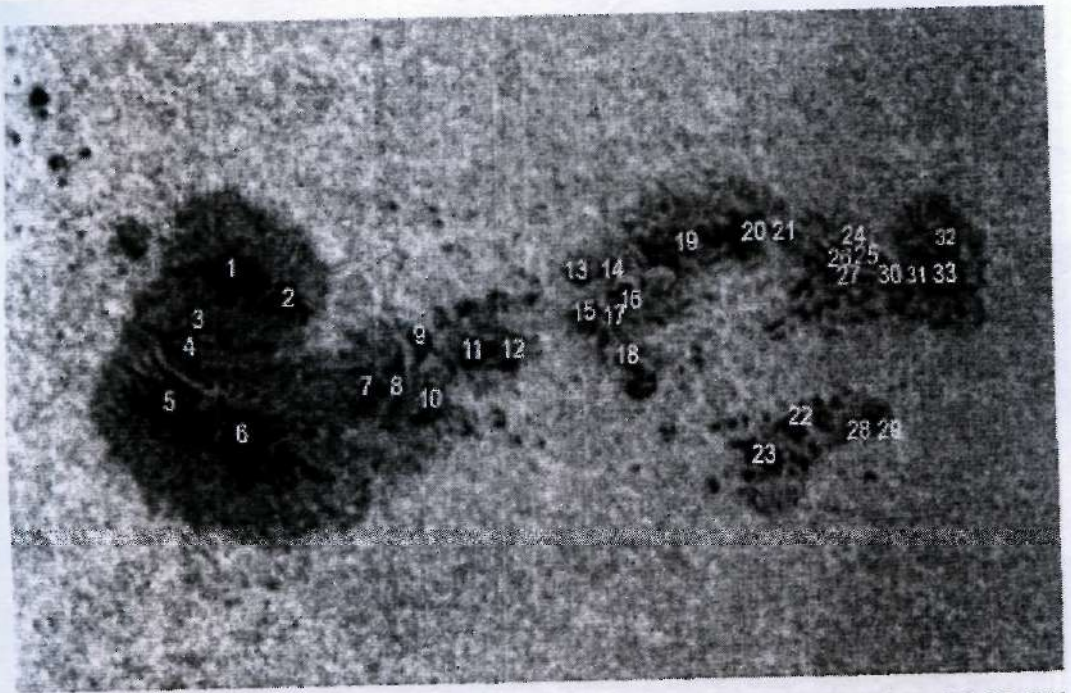
Pada rentang waktu ini ada beberapa *flare* besar yang muncul, diantaranya 2 flare kelas X, yaitu X1.7 pada tanggal 10 Juni 2003 jam 21:31 UT dan X1.6 pada tanggal 11 Juni 2003 jam 20:01 UT. Selain *dua flare* kelas X ini ada banyak *flare* kelas M yang muncul (Tabel 2-1)



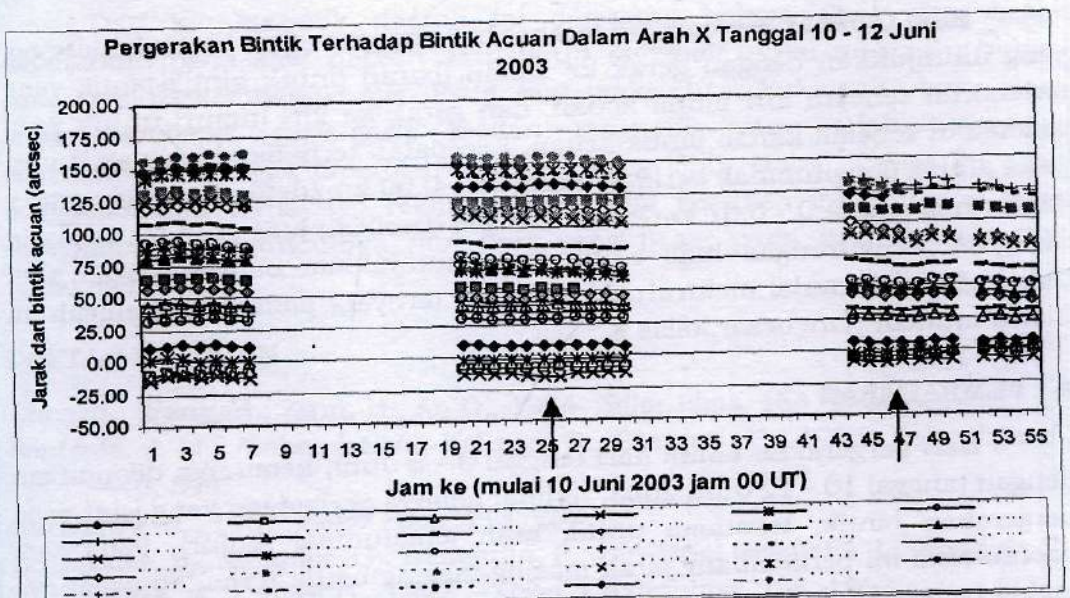
Gambar 3-1: Pergerakan bintang-bintang dalam daerah aktif NOAA 0375 pada tanggal 3 - 8 Juni 2003 untuk arah X (arah bujur matahari). Pergerakan dihitung relatif terhadap bintang no 1



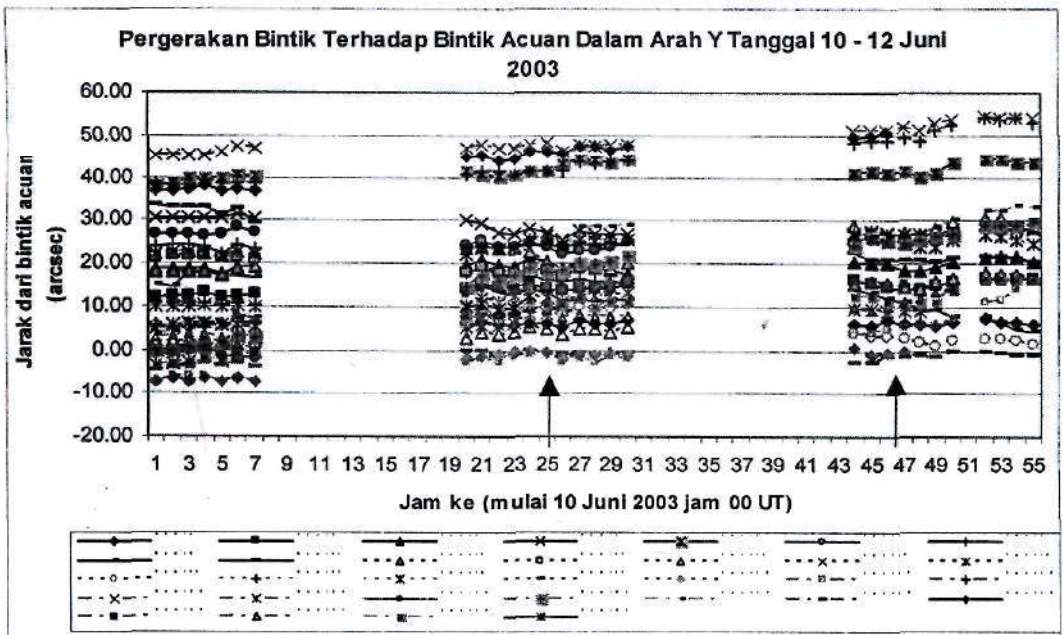
Gambar 3-2: Pergerakan bintang-bintang matahari dalam daerah aktif NOAA 0375 pada tanggal 3 - 8 Juni 2003 pada arah y (arah lintang matahari). Pergerakan dihitung relatif terhadap bintang no 1



Gambar 3-3: Daerah aktif NOAA 0375 pada tanggal 10 Juni 2003 jam 00:06 UT. Pergerakan bintang diukur relatif terhadap bintang no 1 sebagai acuannya.



Gambar 3-4: Pergerakan bintang-bintang matahari dalam daerah aktif NOAA 0375 pada tanggal 10 - 12 Juni 2003 pada arah x (arah bujur matahari). Pergerakan dihitung relatif terhadap bintang no 1



Gambar 3-5: Pergerakan bintik-bintik matahari dalam daerah aktif NOAA 0375 pada tanggal 10-12 Juni 2003 pada arah y (arah lintang matahari). Pergerakan dihitung relatif terhadap bintik no 1

Pada Gambar 3-4 dan 3-5 terlihat bahwa jarak antar bintik berkurang, yang ditunjukkan dengan gerak ke kanan (barat) untuk bintik-bintik yang terletak di sebelah kiri bintik acuan, dan gerak ke kiri (timur) untuk yang terletak di sebelah kanan bintik acuan. Kecepatan terhadap bintik acuannya pada arah x (longitudinal) berkisar antara 0-0.09 km/detik, dan pada arah y (latitudinal) antara 0 - 0.07 km/detik. Dengan demikian luas grup bintik makin mengecil. Pengurangan luas bintik ini menunjukkan bahwa daerah aktif tersebut sudah mulai meluruh. Akan tetapi ternyata pada saat meluruh ini justru muncul *flare* besar kelas X.

4 PEMBAHASAN

Dari pergerakan bintik dari tanggal 3-8 Juni, kemudian dilanjutkan dengan tanggal 10-12 Juni 2003, terlihat adanya perbedaan yang jelas pada pergerakan bintik, terutama untuk arah longitudinal (bujur). Pada saat daerah aktif ini berkembang jarak masing-masing bintik terhadap acuannya makin besar. Selain karena akibat rotasi diferensial matahari, bisa jadi *fluks* magnetik yang menghubungkan bintik bipolar makin naik, sehingga bintik makin menjauh. Pada rentang waktu ini banyak *flare* yang dihasilkan, akan tetapi umumnya adalah *flare* kelas C dengan kelas terbesar adalah *flare* kelas M1.0.

Pada tanggal 10-12 Juni 2003, grup ini mulai meluruh, yang ditandai dengan pergerakan bintik yang makin mendekat terhadap acuannya (jarak terhadap acuan makin kecil), yang mengakibatkan luasnya makin kecil. Akan tetapi pada saat meluruh ini justru banyak *Zare* besar yang dihasilkan, yaitu sebanyak 20 *flare* kelas M dan 2 *flare* X (Tabel 2-1).

Pada saat daerah aktif mencapai maksimum, *fluks* baru yang muncul akan menyesuaikan dengan *fluks* lama yang sudah ada, dan membentuk struktur magnetik yang baru. Karena garis-garis medan pada daerah ini sudah sulit untuk berubah, *fluks* baru ini akan terus mendesak ke atas sampai terjadinya kondisi yang lebih stabil. Apabila terjadi perubahan maka rekoneksi akan terjadi dan timbullah *flare*. Hal inilah yang menyebabkan terjadinya *flare* yang cukup besar pada saat daerah aktif mulai meluruh.

5 KESIMPULAN

Daerah aktif NOAA 0375 merupakan daerah yang sangat aktif, yang melontarkan banyak sekali *flare* selama kurun waktu penampakkannya di piringan matahari. Pergerakan bintik di daerah aktif NOAA 0375 menunjukkan bahwa luas bintik dapat berkembang (makin luas) dan pada saat tertentu setelah mencapai maksimum, luasnya akan berkurang. *Flare-flare* yang dilontarkannya bervariasi dari kelas B sampai dengan X. Pada saat perkembangannya, lebih banyak *flare* kelas C yang dilontarkan, sedangkan pada saat peluruhannya justru kelas *flare* yang kuat lebih banyak dihasilkan.

Dari karakteristik daerah ini diketahui bahwa *flare* yang besar dilontarkan pada saat daerah aktif (grup *sunspotj* mulai meluruh, bukan pada saat perkembangannya. Pada saat maksimum *fluks* yang baru akan terus mendesak garis-garis medan magnetik yang telah terbentuk sebelumnya sehingga diperoleh keadaan yang lebih stabil. Proses ini akan mengakibatkan terjadinya rekoneksi sehingga keadaan ini mungkin yang mengakibatkan munculnya *flare-flare* yang besar pada saat daerah aktif mulai meluruh.

DAFTAR RUJUKAN

- Chen, J., Wang, H., Zirin, H., Ai, G., 1994. *Solar Phys.* 154, 261.
Fontenla, J. M., Ambastha, A., Kalman, B., Csepura, G., 1995. *Astrophys. J.*, 440, 894.
Kurokawa, H-, 1987. *Solar Phys.* 113, 259.
Schmieder, B., Aulanier, G., Demoulin, P., van-Driel Gesztelyi, L., Roudier, T., Nitta, N., Cauzzi G., 1997. *Astron & Astrophys.* 325, 1213.
Transition Region and Coronal Explorer, [http:// / vestiae.lmsalcom/TRACE/](http://vestiae.lmsalcom/TRACE/).
Zirin, H., Tanaka, K., 1973. *Solar Phys.* 32, 173.