

ANALISIS GERAK BINTIK MATAHARI BIPOLAR SEBELUM TERJADI *FLARE* PADA NOAA 0484 TANGGAL 21 DAN 22 OKTOBER 2003

Rasdewlta Kesumaningrum, Clara Y. Yatlnl, dan Sand Sullsdan
Peneliti Pusat Pemanfaaian Sains Antariksa
email: kesumaningnim@bdg.lapan.go.id

ABSTRACT

In this research we analyzed the proper motion of individual sunspots within sunspot group NOAA 0484 in association with M2,4 and M1,7 flares occurred on 21 October 2003 and 22 October 2003, respectively, using TRACE data (<http://vestige.lmsal.com/TRACE>). We measured the movements of pairs of sunspots associated with flares relative to a reference spot in the active region within the period of 2 hours before the flare occurred and we calculated the mean velocities. We also measured the movements of other spots those were not associated with flares for comparisons. From these measurements and calculations, we found that (1) the distance between spots associated with flares are getting bigger especially in solar longitudinal direction and (2) they have bigger velocity than the other spots those were not associated to flares.

ABSTRAK

Studi ini menganalisis pergerakan bintik matahari dalam grup NOAA 0484 tanggal 21 dan 22 Oktober 2003 yang melontarkan *Jlare* M2.4 dan *flare* M1,7. Data yang digunakan adalah data daerah aktif permukaan matahari hasil pengamatan TRACE (<http://vestige.lmsal.com/TRACE>). Bintik matahari bipolar yang berkaitan langsung dengan *flare* diukur pergerakannya relatif terhadap bintik acuan dalam selang waktu dua jam sebehim terjadinya *flare* dan kemudian dihitung kecepatan rata-ratanya. Selain bintik yang menjadi kaki *flare*, dihitung pula pergerakan bintik lain yang tidak berhubungan langsung dengan *flare* sebagai pembanding. Dari hasil pengukuran *proper motion* bintik sesaat sebelum terjadi *flare* pada daerah aktif tanggal 21 dan 22 Oktober tersebut, diperoleh bahwa (1) jarak pasangan bintik yang berkaitan langsung dengan *flare* semakin membesar terutama pada arah bujur matahari (2) bintik-bintik yang berkaitan langsung dengan *flare* mempunyai kecepatan rata-rata yang lebih besar yang dapat mencapai 0,557 km/detik dibandingkan dengan bintik-bintik yang tidak berkaitan langsung dengan *flare*.

Kata Kunci: *F/are*, *Proper motion*, *Bintik matahari*, *Daerah aktif*

1 PENDAHULUAN

Flare matahari adalah perubahan kecerlangan yang terjadi secara mendadak di permukaan matahari pada suatu daerah yang kecil. Perubahan tersebut bisa terjadi dari beberapa menit sampai berjam-jam, tergantung tingkat energi yang terlibat pada proses fisiknya.

Penanda paling jelas daerah aktif, terutama dari pengamatan visual. Jejak yang jelas daerah aktif tersebut adalah dengan adanya bintik matahari. Yang *et al* (2004) menunjukkan adanya hubungan yang erat antara gerak diri (*proper motion*) bintik matahari dengan produktivitas *flare* di daerah aktif. Demikian juga gerak bintik di fotosfer mempunyai peran penting dalam beberapa *flare* yang diamati oleh Sundara Raman *et al* (1998) dan Moon *et al* (2002). Dari hasil pengamatan yang dilakukan oleh Dcszo *et al* (1980), Anwar *et al* (1993) dan Herdiwijaya *et al* (1997) diketahui bahwa terdapat perubahan gerak bintik sebelum, selama dan sesudah terjadi *flare* pada suatu daerah aktif.

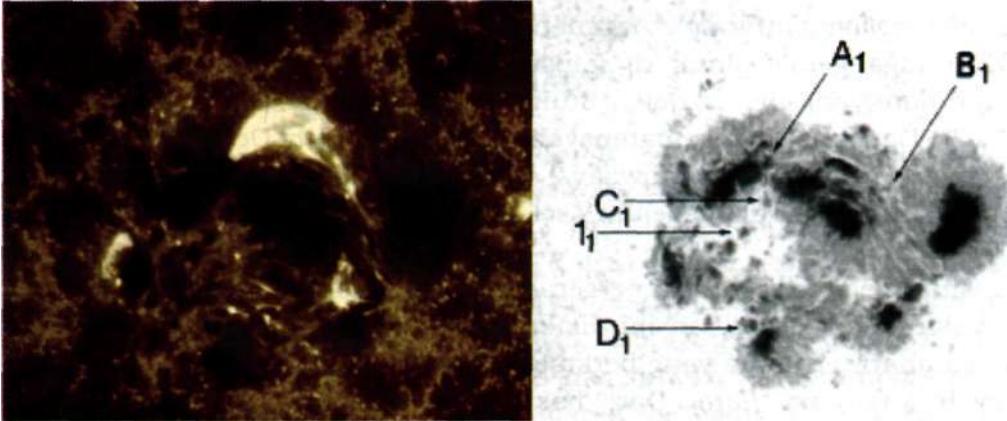
Untuk lebih memahami pergerakan bintik dikaitkan dengan terjadinya *flare*, maka dalam penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap gerak diri bintik matahari terutama yang berkaitan langsung dengan *flare* atau terletak di bawah kaki-kaki *flare*. Dari hasil yang diperoleh diharapkan dapat diketahui pergerakan bintik matahari di daerah aktif, terutama kecepatan dan formasi pasangan bintik matahari yang berkaitan dengan munculnya *flare* di daerah tersebut.

2 DATA DAN METODE

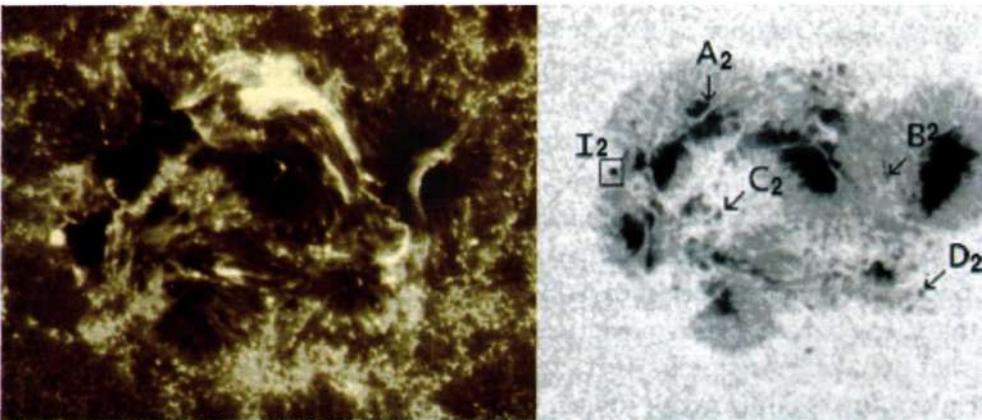
Daerah aktif NOAA 0484 mulai muncul pada tepi piringan matahari pada tanggal 18 Oktober 2003 sebagai daerah aktif yang besar dengan konfigurasi magnetik *pyS* yaitu daerah aktif dengan klasifikasi magnetik campuran polaritas dalam sebuah konfigurasi bipolar yang dorainan dan umbra dengan polaritas berlawanan terpisah dengan jarak kurang dari dua derajat dalam satu penumbra menurut klasifikasi Mt. Wilson (www.spaceweather.com). Selama kemunculannya daerah aktif ini menghasilkan beberapa *flare* kelas-C, M, dan X. Pada tanggal 21 Oktober 2003, NOAA 0484 berada pada fase pertumbuhan di N05E27 dan pada tanggal 22 Oktober 2003 daerah aktif ini berada pada posisi N04E15 dengan masih mempertahankan konfigurasi (*Sv6* yang kompleks serta termasuk klasifikasi *Mcintosh Dkc*).

Data yang dipilih untuk diolah dan dianalisis adalah data daerah aktif NOAA 0484 tanggal 21 Oktober 2003 sebelum peristiwa *flare* M2,4 pukul 19.22 UT - 03.05 UT dan data NOAA 0484 tanggal 22 Oktober 2003 sebelum peristiwa *flare* M1.7 pukul 08.30 UT - 08.50 UT. Digunakan data permukaan matahari (daerah aktif) hasil pengamatan dari *Transition Region and Coronal Explorer* (TRACE) (<http://vesuge.lmsal.com/TRACE>) berukuran 768x768 piksel dengan 1 piksel mewakili 0,5 arcsec atau 360 km. Pergerakan bintik dihitung

relatif terhadap satu bintang yang dijadikan acuan. Pergerakan dihitung sejak dua jam sebelum terjadinya *flare* dengan rentang data dalam menit. Selain data pada panjang gelombang *white light*, digunakan data permukaan matahari pada panjang gelombang 1600 A untuk menentukan posisi bintang yang menjadi kaki *flare* serta data magnetogram dan intensitigram matahari untuk mengetahui polaritas bintang yang diamati yang diperoleh dari Solar and Heliospheric Observatory (SOHO) (<http://sohowww.nascom.nasa.gov>).



Gambar 2-1: Citra NOAA 0484 tanggal 21 Oktober 2003 dengan /Zare-nya (kiri) dan dalam *white light* (kanan). Bintang yang digunakan dalam perhitungan adalah bintang no. I1 (acuan), bintang A1 dan B1 adalah kaki-kaki *flare*, bintang C1 dan D1 sebagai bintang pembanding



Gambar 2-2: Citra NOAA 0484 tanggal 22 Oktober 2003 dengan /Zare-nya (kiri) dan dalam *white light* (kanan). Bintang yang digunakan dalam perhitungan adalah bintang no. I2 (acuan), bintang A2 dan B2 adalah kaki-kaki *flare*, bintang C2 dan D2 sebagai bintang pembanding

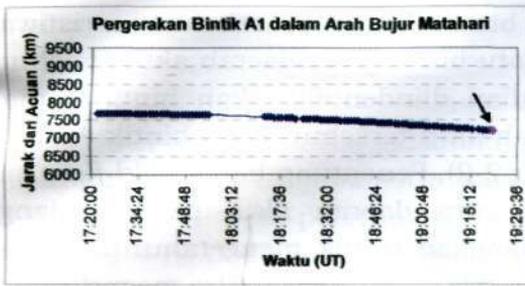
Untuk penghitungan pergerakan bintik matahari sebelum peristiwa *flare*, sebagai langkah awal ditentukan satu bintik pada daerah aktif tersebut sebagai bintik acuan (bintik 1). Kemudian diidentifikasi bintik mana saja yang merupakan kaki *flare* di daerah aktif tersebut, yaitu bintik Ai dan Bi (Gambar 2-1) serta A2 dan B2 (Gambar 2-2). Penentuan bintik kaki/*flare* ini dilakukan dengan melakukan *overlay* citra daerah aktif pada panjang gelombang *white light* dan 1600 Å. Sedangkan untuk mengetahui polaritas masing-masing bintik yang diukur tersebut, dilakukan *overlay* citra magnetogram dan intensitogram matahari dari SOHO. Sebagai pembanding dipilih dua bintik lain dengan polaritas berlawanan yang tidak berkaitan dengan *flare* (bintik Ci, C2, Di dan D2). Dari *overlay* tersebut diperoleh bahwa bintik Ai, A2, Ci, dan C2 memiliki polaritas negatif sedangkan bintik Bi, B2, Di, dan Do memiliki polaritas positif. Setelah menentukan bintik mana saja yang akan dianalisis, kami mengukur posisi bintik pada tiap data sehingga diperoleh pergeseran posisi bintik tersebut terhadap bintik acuan dari waktu ke waktu dalam selang menit selama dua jam sebelum kemunculan *flare*.

Karena permukaan matahari berbentuk bola, pengukuran posisi piksel bintik pada permukaan matahari akan dipengaruhi oleh efek *foreshortening*, yaitu makin ke tepi matahari daerah aktif akan terlihat makin kecil sehingga diperlukan faktor koreksi posisi untuk mengetahui pergeseran yang sesungguhnya. Setelah mengoreksi posisi akan diperoleh pergeseran posisi sebenarnya dan kemudian dihitung kecepatan pergeseran bintik.

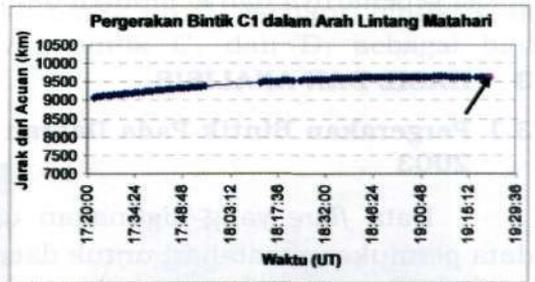
3 HASIL DAN ANALISIS

3.1 Pergerakan Bintik Pada Daerah Aktif NOAA 0484 tanggal 21 Oktober 2003

Data *flare* yang digunakan untuk pengukuran posisi bintik adalah data permukaan matahari untuk daerah aktif NOAA 0484 tanggal 21 Oktober 2003 pada panjang gelombang *white light* mulai dari pukul 17.22 UT hingga 19.22 UT. Adapun *flare* yang terjadi pada daerah aktif tersebut adalah *flare* kelas M2.4 yang dimulai pada pukul 19-22 UT, puncaknya pada 23.30 UT dan berakhir pada 03.05 UT. Untuk menentukan posisi bintik yang merupakan kaki *flare*, digunakan data permukaan matahari pada panjang gelombang 1600 Å yang dibandingkan dengan citra *white light* pada selang waktu yang sama, ditampilkan pada Gambar 2-1. Hasil pengukuran pergerakan gerak bintik ditampilkan pada Gambar 3-1 dan 3-2.

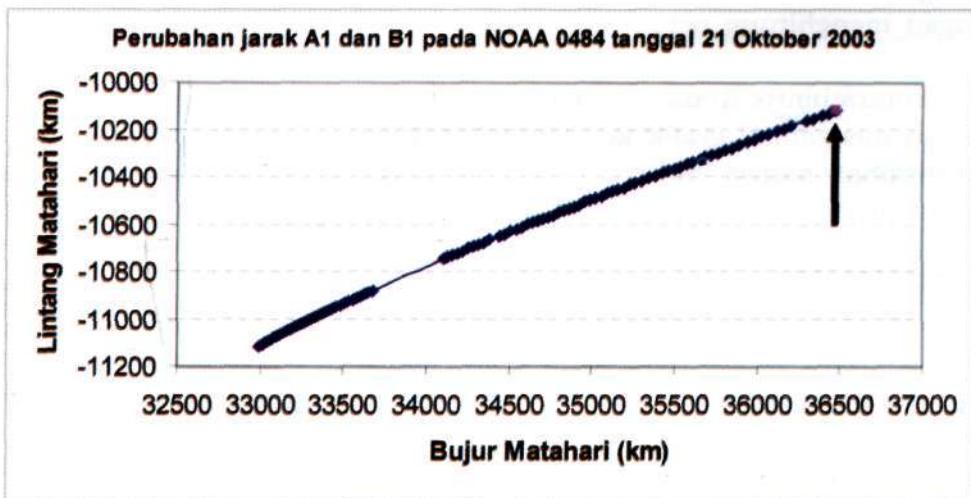


Gambar 3-1: Perpindahan posisi bintang kaki *flare* A₁ dan B₁ sebelum *flare* M2,4 pada NOAA 0484 tanggal 21 Oktober 2003 dalam rentang waktu 17.22 UT – 19.22 UT yang dihitung terhadap bintang acuan. Tanda panah menunjukkan waktu terjadinya *flare*.

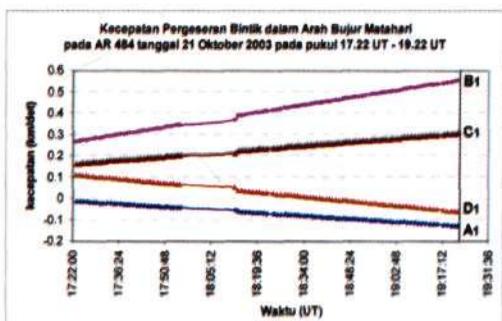


Gambar 3-2: Perpindahan posisi bintang C₁ dan D₁ yang tidak berhubungan dengan *flare* sebelum terjadi *flare* M2,4 pada NOAA 0484 tanggal 21 Oktober 2003 dalam rentang waktu 17.22 UT – 19.22 UT yang dihitung terhadap bintang acuan. Tanda panah menunjukkan waktu terjadinya *flare*.

Kecepatan pergerakan bintik kaki *flare* Ai dan Bi terhadap bintik acuan dan bintik kaki pembanding Ci dan Di pada tanggal 21 Oktober 2003 pukul 17.22 UT hingga 19.22 UT ditampilkan pada Gambar 3-3 berikut ini.



Gambar 3-3: Pergerakan bintik A₁ yang dihitung terhadap B₁ dalam selang waktu dua jam sebelum terjadi *flare* pada daerah aktif NOAA 0484 tanggal 21 Oktober 2003. Tanda panah menunjukkan awal terjadi *flare*



Gambar 3-4: Grafik kecepatan rata-rata gerak bintik pada daerah aktif yang diamati dalam rentang waktu dua jam sebelum *flare* terjadi dalam bujur matahari (kiri) dan lintang matahari (kanan) pada NOAA 0484 tanggal 21 Oktober 2003. Garis menunjukkan saat terjadi *flare*

Dari hasil-hasil pengukuran gerak bintik-bintik NOAA 0484 pada tanggal 21 Oktober 2003 dalam selang waktu dua jam sebelum peristiwa *flare* dapat diketahui hal-hal sebagai berikut:

- Dari grafik perpindahan posisi bintik dalam koordinat bujur matahari terhadap waktu dan lintang matahari terhadap waktu (Gambar 3-1 dan 3-2) terlihat bahwa bintik Ai dan Bi yang merupakan *kaki flare* berpindah lebih besar daripada bintik Ci dan Di yang tidak berkaitan dengan *flare*. Bintik

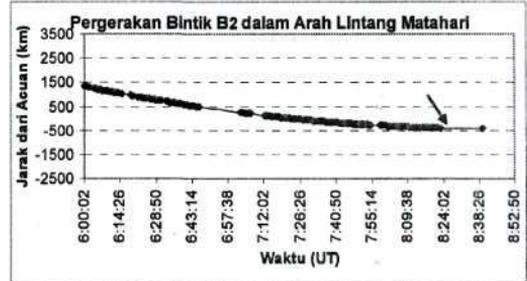
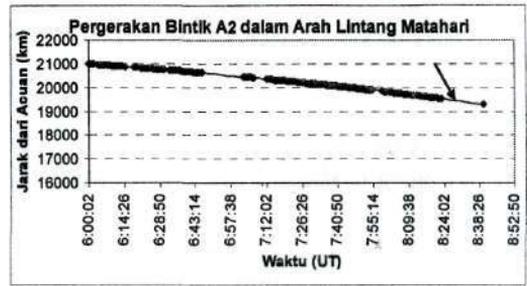
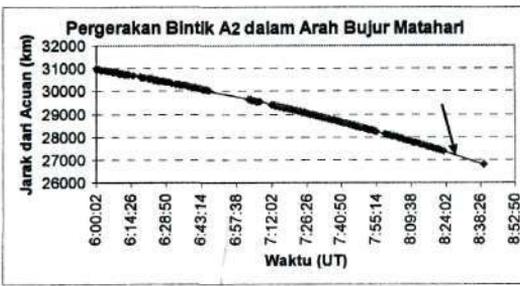
Ai bergeser mendekati bintang acuan 11 baik dalam arah bujur dan lintang matahari sedangkan bintang Bi bergeser menjauh dari bintang acuan dalam arah bujur matahari dan bergeser mendekati bintang acuan dalam arah lintang matahari.

- Dengan menghitung perubahan jarak bintang Ai terhadap bintang Bi dalam koordinat bujur dan lintang matahari pada Gambar 3-3, tampak bahwa jarak antara bintang Ai dan Bi semakin besar.
- Dengan mengamati grafik kecepatan gerak masing-masing bintang (Gambar 3-4) terlihat bahwa bintang kaki *flare* yaitu bintang Ai dan Bi memiliki kecepatan lebih besar dibandingkan dengan bintang Ci dan Di. Dalam arah bujur matahari, kecepatan rata-rata terbesar dialami oleh bintang BI mencapai 0,557 km/detik sedangkan kecepatan rata-rata terbesar dalam arah lintang matahari dialami oleh bintang Ai mencapai 0,352 km/detik.
- Bintang C yang berpolaritas negatif dan bintang D yang berpolaritas positif yang digunakan sebagai pembanding bergeser dengan kecepatan yang lebih kecil daripada pasangan bintang kaki *flare*. Bintang C bergeser dengan kecepatan rata-rata terbesarnya adalah 0,307 km/detik dalam arah bujur matahari sedangkan bintang D bergeser dengan kecepatan rata-rata terbesarnya hanya sebesar 0,226 km/detik yang dalam arah lintang matahari.

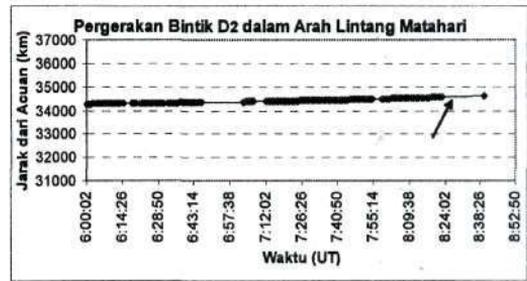
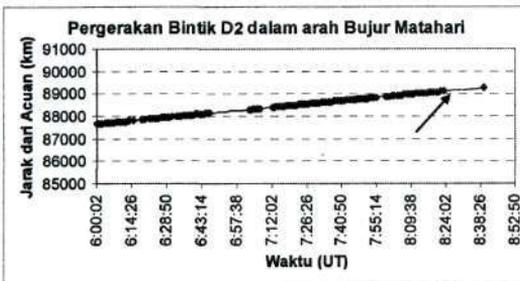
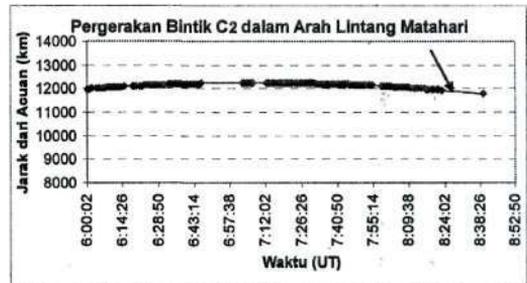
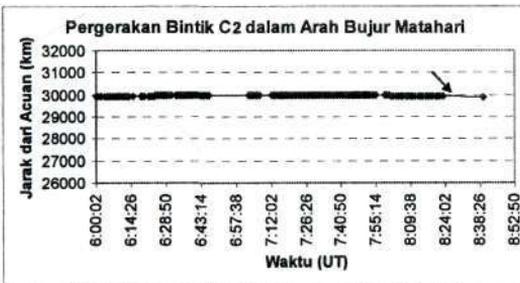
3.2 Pergerakan Bintang Pada Daerah Aktif NOAA 0484 tanggal 22 Oktober 2003

Diukur gerak bintang pada NOAA 0484 untuk *flare* kelas M1,7 pada tanggal 22 Oktober 2003 yang terjadi mulai pada 08.30 UT mencapai maksimum pada 08.44 UT dan berakhir pada jam 08:50 UT. Data *white light* yang diperoleh adalah dalam rentang waktu jam 06.00 - 08:39 UT dengan selang waktu masing-masing data sebesar 43 - 60 detik.

Pergeseran posisi bintang dari waktu ke waktu yang ditinjau terhadap bintang acuan untuk daerah aktif NOAA 0484 tanggal 22 Oktober 2003 dalam koordinat bujur dan lintang matahari ditampilkan pada Gambar 3-5 berikut ini.

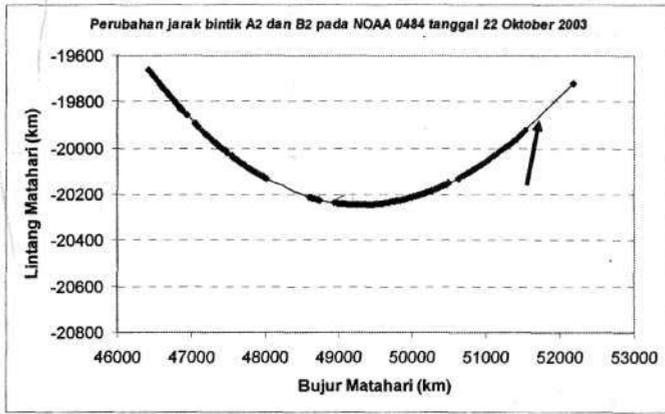


Gambar 3-5: Perpindahan posisi bintang kaki *flare* A₂ dan B₂ dari waktu ke waktu dalam rentang waktu dua jam sebelum *flare* M1,7 pada NOAA 0484 tanggal 22 Oktober 2003 pada pukul 06.00 UT – 08.39 UT yang dihitung terhadap bintang acuan pada posisi bujur dan lintang matahari dalam satuan km. Tanda panah menunjukkan awal terjadi *flare*

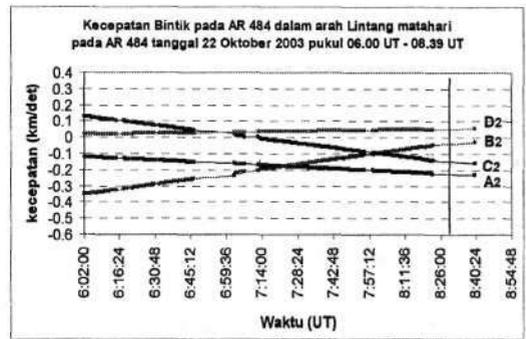
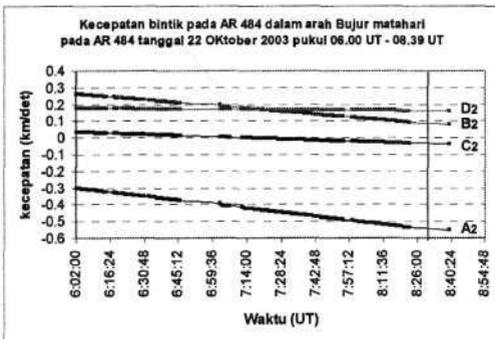


Gambar 3-6: Perpindahan posisi bintang C2 dan D2 yang tidak berhubungan dengan *flare* dari waktu ke waktu dalam rentang waktu dua jam sebelum *flare* M1,7 pada NOAA 0484 tanggal 22 Oktober 2003 pada pukul 06.00 UT - 08.39 UT yang dihitung terhadap bintang acuan pada posisi bujur dan lintang matahari dalam satuan km. Tanda panah menunjukkan awal terjadi *flare*

Pengamatan untuk pergerakan bintang A terhadap bintang B ditampilkan pada Gambar 3-7 dan kecepatan pergerakan bintang ditampilkan pada Gambar 3-8 berikut ini yang dilakukan terhadap kecepatan gerak perpindahan kaki *flare* A dan B terhadap bintang acuan dan bintang kaki pembanding C dan D pada tanggal 22 Oktober 2003 pukul 06.00 UT - 08.39 UT.



Gambar 3-7: Pergerakan bintang A_2 terhadap B_2 dalam selang waktu dua jam sebelum terjadi *flare* pada daerah aktif NOAA 0484 tanggal 22 Oktober 2003. Tanda panah menunjukkan awal perhitungan (kiri)



Gambar 3-8: Grafik resultan kecepatan gerak bintang pada daerah aktif yang diamati dalam rentang waktu dua jam sebelum *flare* terjadi pada NOAA 0484 tanggal 22 Oktober 2003. Garis menunjukkan saat terjadi *flare*

Dari hasil-hasil pengukuran gerak bintang-bintang NOAA 0484 pada tanggal 22 Oktober 2003 dalam selang waktu sebelum terjadi *flare* dapat diketahui hal-hal sebagai berikut:

- Dari grafik perpindahan posisi bintang dalam koordinat bujur matahari terhadap waktu dan lintang matahari terhadap waktu (Gambar 3-5 dan 3-6)

terlihat bahwa bintik A2 dan B2 yang merupakan kaki *flare* berpindah lebih besar daripada bintik C2 dan D2 yang tidak berkaitan dengan *flare*. Bintik A2 bergerak mendekati bintik acuan I2 baik dalam arah bujur dan lintang matahari sedangkan bintik B2 bergeser menjauh dari bintik acuan dalam arah bujur matahari dan bergeser mendekati bintik acuan dalam arah lintang matahari.

- Dengan menghitung perubahan jarak bintik A2 terhadap perubahan jarak bintik B2 dalam koordinat bujur dan lintang matahari pada Gambar 3-7, tampak bahwa dalam arah bujur matahari jarak bintik A2 dan B2 semakin membesar sedangkan dalam arah lintang matahari pada awalnya bintik A2 bergerak mendekati bintik B2 namun kemudian bergerak.
- Dengan mengamati grafik kecepatan gerak masing-masing bintik (Gambar 3-8) terlihat bahwa bintik kaki *flare* yaitu bintik A2 dan B2 memiliki kecepatan lebih besar dibandingkan dengan bintik C2 dan D2. Dalam arah bujur matahari, kecepatan rata-rata terbesar dialami oleh bintik A2 mencapai 0,553 km/detik sedangkan kecepatan rata-rata terbesar dalam arah lintang matahari dialami oleh bintik B2 mencapai 0,356 km/detik.
- Bintik C2 dan bintik D2 yang digunakan sebagai pembanding tidak menunjukkan perubahan yang besar dengan kecepatan rata-rata terbesar masing-masing adalah 0,158 km/detik untuk bintik C2 dalam arah lintangnya dan 0,176 km/detik untuk bintik D2 dalam arah bujurnya.

4 KESIMPULAN

Dari hasil pengukuran gerak bintik matahari yang terkait dengan peristiwa *flare* untuk daerah aktif NOAA 0484 tanggal 21 dan 22 Oktober 2003 pada rentang waktu dua jam sebelum terjadi *flare* masing-masing kelas M2.4 dan M1.7 terlihat bahwa pasangan bintik kaki *flare* mengalami perpindahan lebih besar daripada bintik yang tidak berhubungan dengan kaki *flare*, dimana kecepatan bintik kaki *flare* bisa mencapai 0,557 km/detik.

Pada grafik pergerakan pasangan bintik kaki *flare* (Gambar 3-3 dan 3-7) dapat diketahui bahwa jarak kedua pasangan bintik kaki *flare* akan semakin membesar dalam rentang waktu dua jam sebelum peristiwa *flare* terutama dalam arah bujur matahari.

Dari pengamatan perpindahan posisi masing-masing bintik terhadap acuan serta grafik kecepatan rata-rata bintik dalam rentang waktu dua jam sebelum terjadi *flare* terlihat bahwa bintik kaki *flare* bergerak lebih cepat daripada bintik pembanding yang tidak berkaitan dengan *flare*. Perubahan kecepatan bintik kaki *flare* yang besar ini bisa jadi mengindikasikan adanya gangguan di situ. Dari studi yang dilakukan oleh Yatini dan Suematsu (2005) diungkapkan bahwa terdapat perubahan gerak bintik beberapa saat sebelum terjadi *flare* dimana perubahan ini dapat mengindikasikan adanya proses pengumpulan energi *flare* (*energy build up*). Pengumpulan energi ini berada pada tabung *fluks* yang naik ke fotosfer matahari. Proses akumulasi energi

magnetik yang diperoleh *flare* ini masih belum diketahui dengan pasti. Gerak bintik matahari mungkin saja merupakan faktor yang penting dalam pembentukan energi [*energy buildup*] pada *flare*.

DAFTAR RUJUKAN

- Anwar, B., Acton, L.W., Hudson, H.S., Makita, M., McClymont, A.N., Tsuneta, S., 1993. *Rapid Sunspot Motion during a Major Solar Flare*, *Solar Phys.*, 147, 287.
- Dezso, L., Csepura, G., Gertey, O., Kovacs, A., Nagy, L., 1984. *Sunspot Motion and Magnetic Shear as Precursors of Flares*, *Advances in Space Research* (ISSN 0273-1177), vol 4 no 7 pp 57-60.
- Herdiwijaya D., Makita M, Anwar B.,'1997. *The Proper Motion of Individual Sunspot*, *PASJ*, 49, 235-248.
- Moon, Y.J., Chae, J., Choe, G. S., Wang, H., Park, Y. D., Yun, H. S., Yurchyshyn, V., Goode, P.R., 2002. *Flare Activity and Magnetic Helicity Injection by Photospheric Horizontal Motions*. *Astrophys. J.* S74, 1066.
- Sundara Raman, K., Selvendran, R., Thiagarajan, R-, 1998. *Sunspot Motions Associated with Flares*. *Solar Phys.* 180, 331.
- Transition Region and Coronal Explorer, <http://vestige.lmsal.com/TRACE>.
- Yang, G., Xu, Y., Cao, W., Wang, H., Denker, C, Rimmele, T.R., 2004. *Photospheric Shear Flows along the Magnetic Neutral Line of Active Region 10486 prior to an X10 Flare*. *Astrophys. J.* 617, L151.
- Yatini, C. Y., Suematsu, y., 2005. *The Proper Motion of Sunspot and Its Relation to the Flare Onset*. *Proceed, of the 9th Asian-Pacific Regional IAU Meeting*, 34-35.