

FLARE* BERDURASI PANJANG DAN KAITANNYA DENGAN BILANGAN *SUNSPOT

Santi Sulistiani, Rasdewlta Kesumaningrum
Peneliti Bidang Matahari dan Antariksa, LAPAN

ABSTRACT

In this paper we present the relationship between long duration H-alpha flare events and sunspot number during the period of 1980-2004. We counted as long duration events all those of one hour or more. It is shown that the long duration H-alpha flare events tend to trace the sunspot cycle with some anomalies.

ABSTRAK

Tulisan ini menampilkan kaitan antara kejadian *flare* H-alpha berdurasi panjang dengan bilangan sunspot selama tahun 1980-2004. *Flare* berdurasi panjang didefinisikan sebagai kejadian *flare* berdurasi satu jam atau lebih. Kami tunjukkan bahwa *flare* H-alpha berdurasi panjang mengikuti siklus *sunspot* walaupun terdapat beberapa anomali.

1 PENDAHULUAN

Sunspot adalah ciri yang tampak paling menonjol dari matahari. *Stmspot* terjadi ketika medan magnetik yang kuat muncul ke permukaan matahari dan menyebabkan daerah tersebut mendingin, dari 6000° C menjadi 4200° C. Medan magnetik dalam *sunspot* menyimpan energi yang dilontarkan dalam *flare*. Akibatnya, *flare* mempunyai siklus yang menyerupai siklus 11 tahun *sunspot*. *Sunspot* biasanya terjadi dalam kelompok-kelompok (biasanya sebagai pasangan sederhana) tapi kadang-kadang dalam susunan yang rumit dengan banyak bintik dan bentuk kompleks. Daerah yang tidak biasa ini sering menghasilkan *flare*. Dalam pengetahuan cuaca antariksa, kompleksitas dan bentuk-bentuk *sunspot* digunakan untuk prediksi *flare* semakin kompleks kelompok-kelompok bintik yang ada, semakin besar kemungkinan sebuah *flare* akan terjadi di situ.

Dalam pengamatan *sunspot*, indeks yang paling penting adalah *sunspot number* atau bilangan sunspot. Bilangan *sunspot* didefinisikan sebagai $R - k(n+10g)$, dengan n adalah jumlah bintik individu, g adalah jumlah grup sunspot dan k

adalah konstanta yang bergantung pada peralatan dan pengamat.

Selama bertahun-tahun, telah diketahui bahwa aktivitas *sunspot* dan *flare* sangat terkait, di mana frekuensi *flare* bersamaan dengan siklus 11 tahun matahari. Ketika siklus matahari minimum, daerah aktif kecil dan jarang, dan hanya sedikit *flare* yang diamati. Sebaliknya, jika matahari mencapai maksimum maka frekuensi *flare* cenderung meningkat. *Flare* didefinisikan sebagai variasi kecerlangan yang kuat, sangat cepat, dan tiba-tiba. Sebuah *flare* terjadi ketika energi magnetik yang terbentuk di dalam atmosfer matahari tiba-tiba dilepaskan.

Flare umumnya diamati dari bumi menggunakan filter pita sempit, biasanya dengan lebar pita kurang dari 0,1 nm, dan sering berpusat di panjang gelombang H-alpha, yaitu 656,3 nm. Berdasarkan luas area saat kecerlangan maksimum, *flare* diklasifikasikan menjadi 5 kelas, seperti yang ditampilkan pada Tabel 1-1. Medan magnet yang kuat dan berputar di sekitar grup *sunspot* aktif diduga memberikan tenaga yang dilepaskan oleh *flare*.

Untuk dapat diklasifikasikan sebagai *flare*, pencerlangan kromosfer harus

melampaui sebuah ambang batas area dan ambang batas kecerlangan. Untuk pengamatan H-alpha, ambang batas kecerlangan adalah 150% dari latar belakang kromosfer, dan ambang batas area adalah 10 persejuta hemisfer matahari yang terlihat. Pencerlangan yang kurang dari 150% dari latar belakang kromosfer (walaupun memiliki lebih dan 10 persejuta area) dinamakan fluktuasi *plage*. Pencerlangan kecil yang melampaui 150% dari latar belakang kromosfer tetapi kurang dari 10 persejuta area dinamakan pencerlangan titik.

Tabel 1-1: KLASIFIKASI *FLARE* BERDASARKAN LUAS AREA SAAT KECERLANGAN MAKSIMUM

| Kelas | Luas (A, persejuta hemisfer) |
|-------|------------------------------|
| S | $10 \leq A < 100$ |
| 1 | $100 \leq A < 250$ |
| 2 | $250 \leq A < 600$ |
| 3 | $600 \leq A < 1200$ |
| 4 | $A \geq 1200$ |

Perilaku waktu *flare* ditandai dengan waktu mulai, waktu puncak dan waktu berakhir. Mulainya *flare* didefinisikan sebagai waktu ketika *flare* pertama kali mencapai ambang area dan kecerlangan. Waktu puncak *flare* didefinisikan sebagai waktu ketika kecerlangan maksimum di daerah manapun pada *flare* yang melampaui 10 persejuta daerah hemisfer. Waktu puncak bukanlah waktu ketika *flare* mencapai luas maksimum (melebihi 150% latar belakang). Waktu *flare* mencapai luas maksimum ini terjadi setelah *flare* mencapai kecerlangan maksimum. Waktu berakhirnya *flare* ditandai dengan waktu ketika kecerlangan dan luas daerah *flare* tersebut turun dari batas ambang.

Durasi *flare* sebanding dengan energi total yang dilepaskannya. Semakin panjang durasi sebuah *flare*, maka semakin besar pula energi total yang dilepaskannya. Oleh sebab itu, kami memfokuskan bahasan pada *flare* berdurasi panjang. Antalova (1995) men-

definisikan *flare* berdurasi panjang (LDE: *Long Duration Event*) sebagai kejadian *flare* yang berlangsung selama dua jam atau lebih. Dalam tulisan ini kami menggunakan definisi LDE dari *Solar-Geophysical Data* (SGD), yaitu kejadian *flare* yang berlangsung selama satu jam atau lebih.

Untuk mengetahui kecenderungan terjadinya *flare* berdurasi panjang selama siklus aktivitas matahari, maka akan dianalisa kaitan *flare* berdurasi panjang dengan bilangan *sunspot*.

2 DATA DAN METODE PENGOLAHAN

Data bilangan *sunspot* dan *flare* kami peroleh masing-masing dari <http://www.ngdc.noaa.gov/stp/SOLAR/ftpsunsopotnumber.html> dan <http://www.ngdc.noaa.gov/stp/SOLAR/ftpsolarflares.html> yang menampilkan waktu awal, akhir, dan maksimum kejadian *flare* dengan posisinya pada piringan matahari dan klasifikasinya.

Dari data *flare* yang sudah diseleksi, dilakukan penghitungan jumlah kejadian LDE *flare* pada setiap bulan baik secara keseluruhan maupun untuk tiap kelas importansi. Pengolahan dan analisa data yang dilakukan serupa dengan pekerjaan Koomen *et. al.* (1985) yang membandingkan bilangan *sunspot* dengan jumlah kejadian *flare* sinar-X berdurasi panjang.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

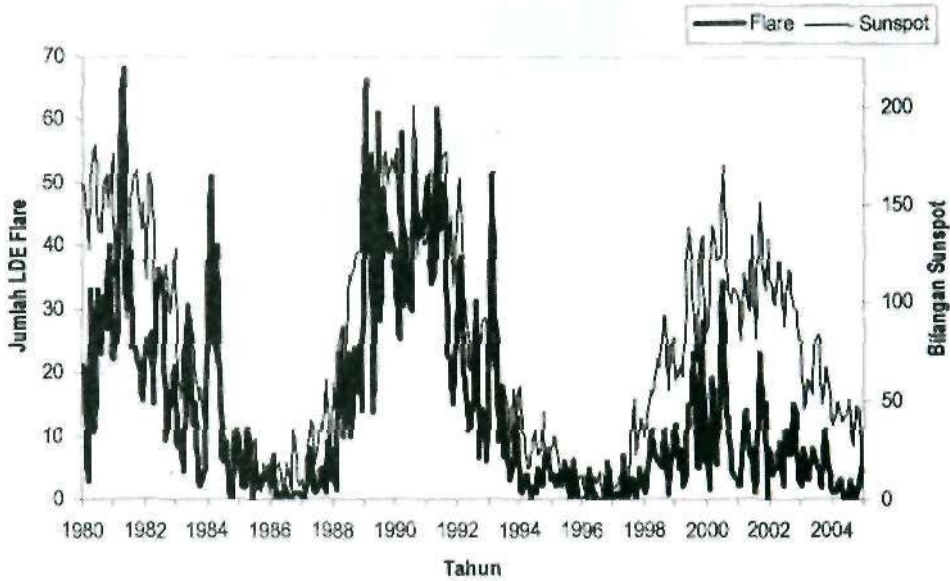
Hasil perhitungan diplotkan dalam grafik yang ditampilkan pada Gambar 3-1 s.d 3-6. Dari Gambar 3-1 dapat dilihat bahwa jumlah kejadian LDE *flare* importansi S cenderung mengikuti siklus *sunspot*, tetapi pada tahun 1984 dan 1993 jumlahnya meningkat walaupun siklus *sunspot* sedang dalam fase penurunan. Koefisien korelasi antara bilangan *sunspot* dengan LDE *flare* importansi S adalah 0,74. Begitu pula pada LDE *flare* importansi 1 dan 2, dengan koefisien korelasi terhadap bilangan *sunspot* adalah masing-masing 0,71 dan 0,67, cenderung mengikuti siklus *sunspot*, seperti yang ditunjuk-

kan pada Gambar 3-2 dan 3-3. Pada Gambar 3-4 dan 3-5 bisa dilihat bahwa LDE *flare* importansi 3 dan 4 tidak menunjukkan hubungan yang signifikan dengan siklus *sunspot* karena *flare* dengan importansi 3 dan 4 merupakan kejadian yang langka. Koefisien korelasi untuk kedua kelas importansi ini dengan

bilangan *sunspot* masing-masing adalah 0,42 dan 0,20.

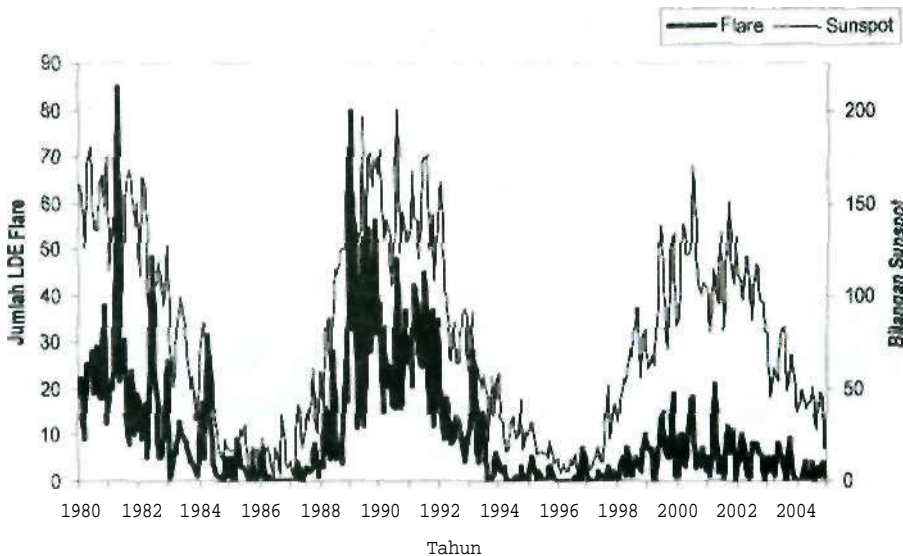
Dari hubungan LDE *flare* terhadap bilangan *sunspot* rata-rata bulanan untuk tahun 1980 hingga 2004 pada Gambar 3-6, terlihat bahwa naik dan turunnya jumlah *event flare* mengikuti naik dan turunnya bilangan *sunspot*. Faktor korelasinya adalah 0,75.

Jumlah LDE Flare Importansi S dan Bilangan Sunspot Rata-rata Bulanan



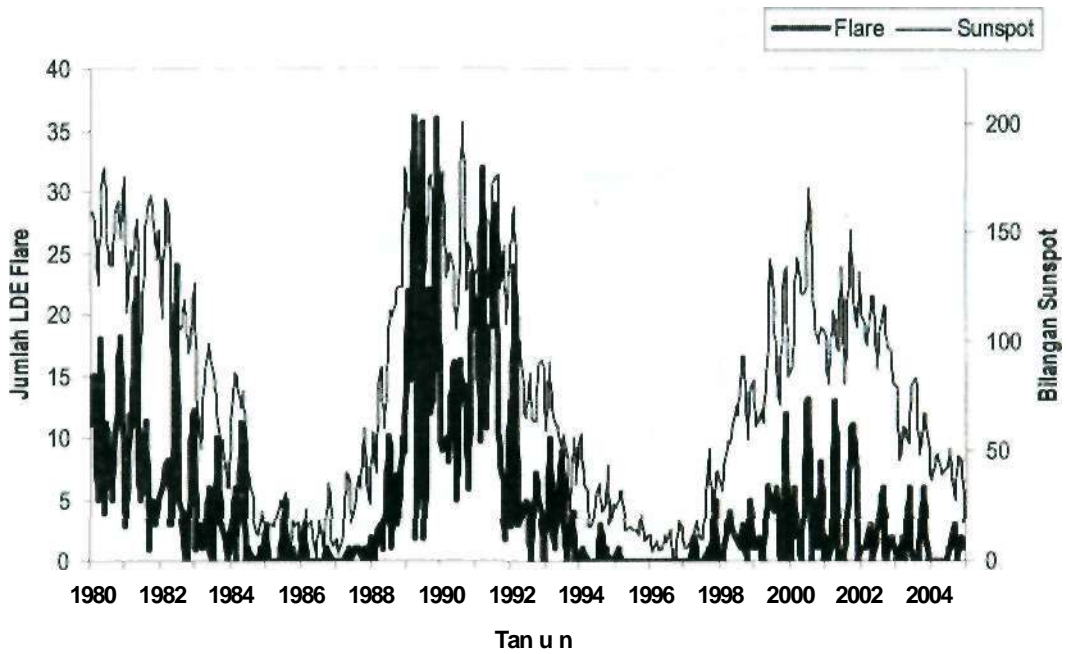
Gambar 3-1: Hubungan antara jumlah LDE *flare* kelas importansi S dengan bilangan *sunspot* rata-rata bulanan. Koefisien korelasi - 0,74

Jumlah LDE Flare Importansi 1 dan Bilangan Sunspot Rata-rata Bulanan



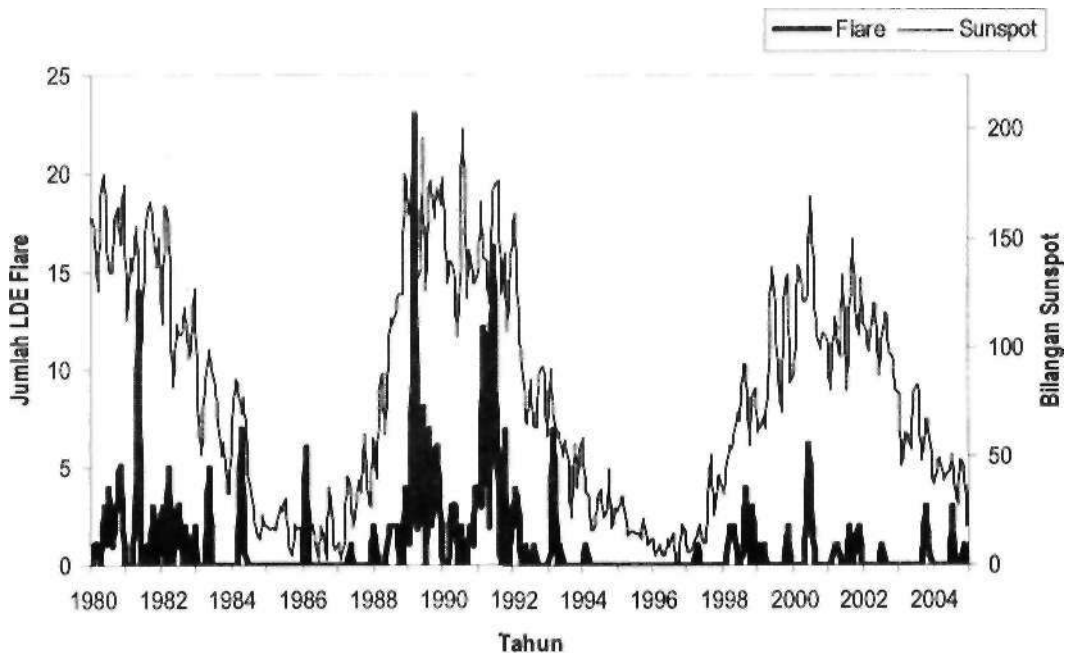
Gambar 3-2: Hubungan antara jumlah kejadian LDE *flare* kelas importansi 1 dengan bilangan *sunspot* rata-rata bulanan. Koefisien korelasi = 0,71

Jumlah LDE Flare Importansi 2 dan Bilangan Sunspot Rata-rata Bulanan



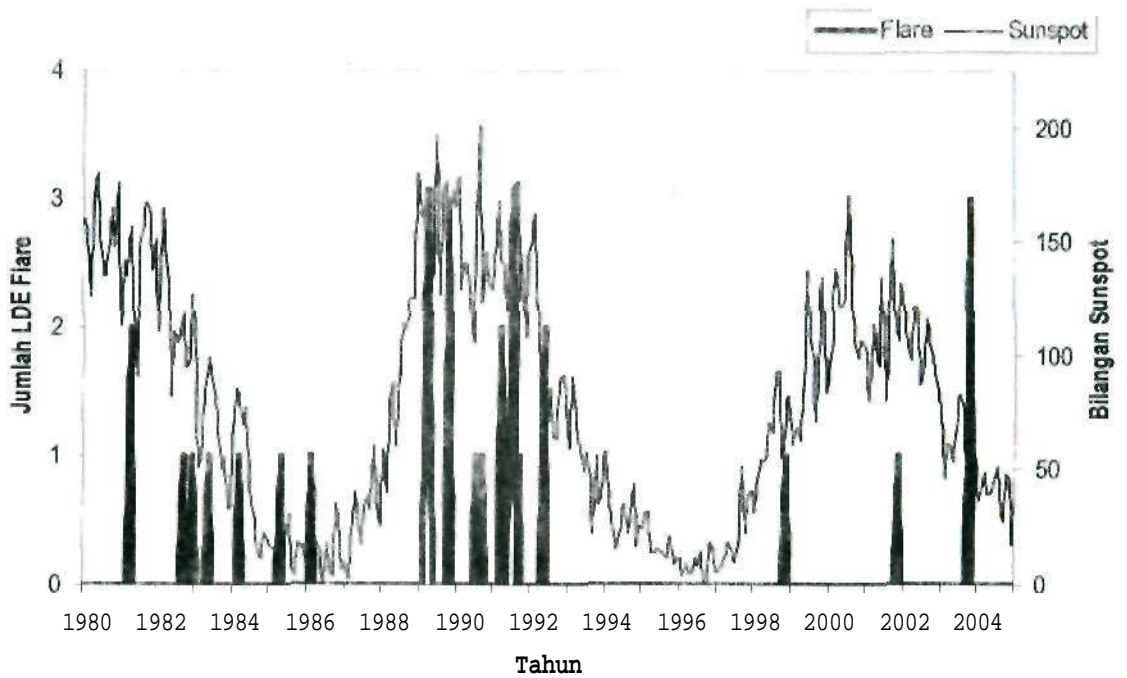
Gambar 3-3: Hubungan antara jumlah kejadian LDE flare kelas importansi 2 dengan bilangan sunspot rata-rata bulanan. Koefisien korelasi = 0,67

Jumlah LDE Flare Importansi 3 dan Bilangan Sunspot Rata-rata Bulanan



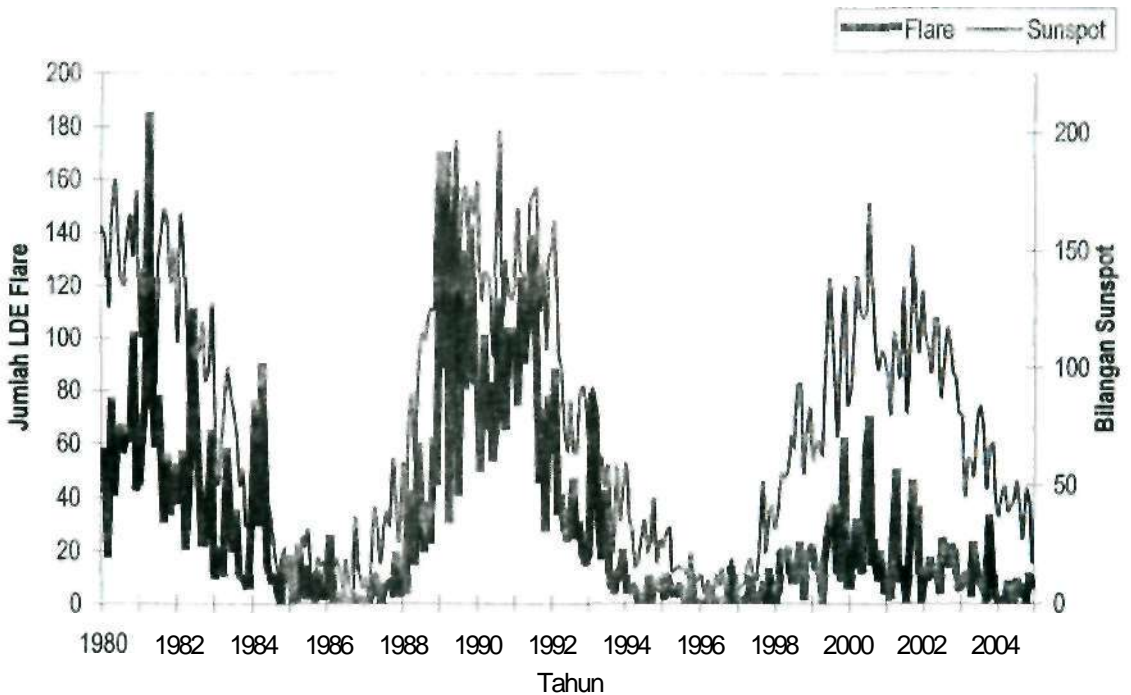
Gambar 3-4: Hubungan antara jumlah kejadian LDE flare kelas importansi 3 dengan bilangan sunspot rata-rata bulanan. Koefisien korelasi = 0,42

Jumlah LDE Flare Importansi 4 dan Bilangan Sunspot Rata-rata Bulanan



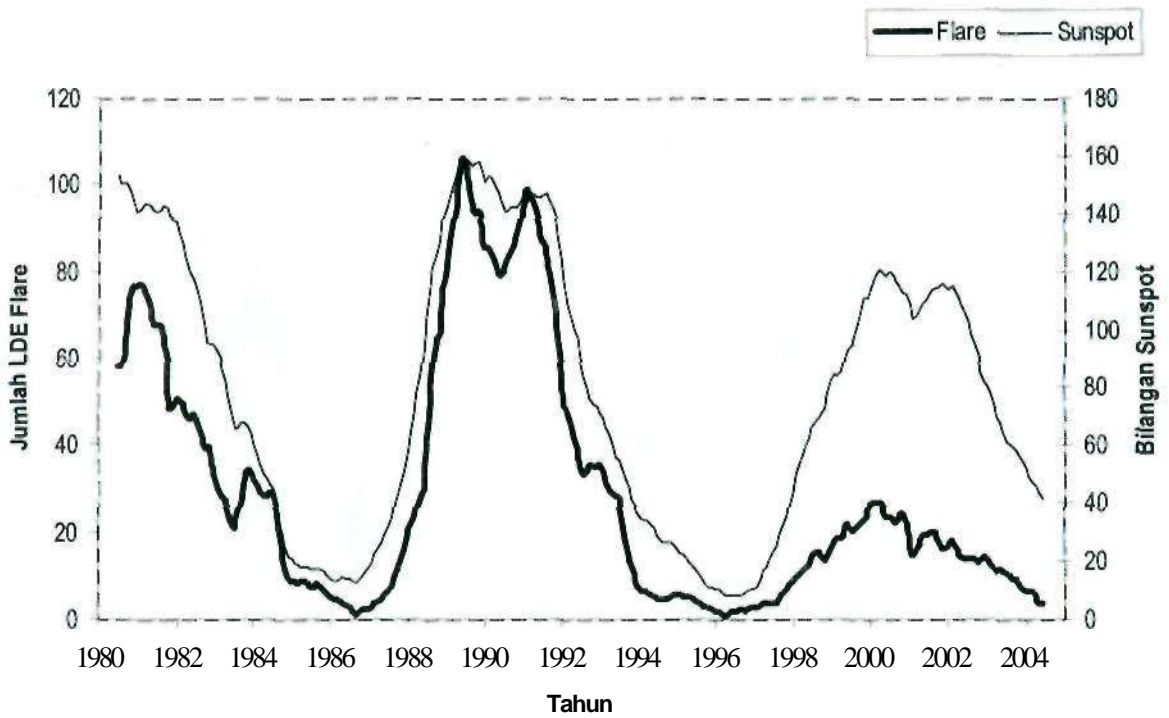
Gambar 3-5: Hubungan antara jumlah kejadian LDE flare kelas importansi 4 dengan bilangan sunspot rata-rata bulanan. Koefisien korelasi = 0,20

Jumlah LDE Flare Bulanan dan Bilangan Sunspot Rata-rata Bulanan



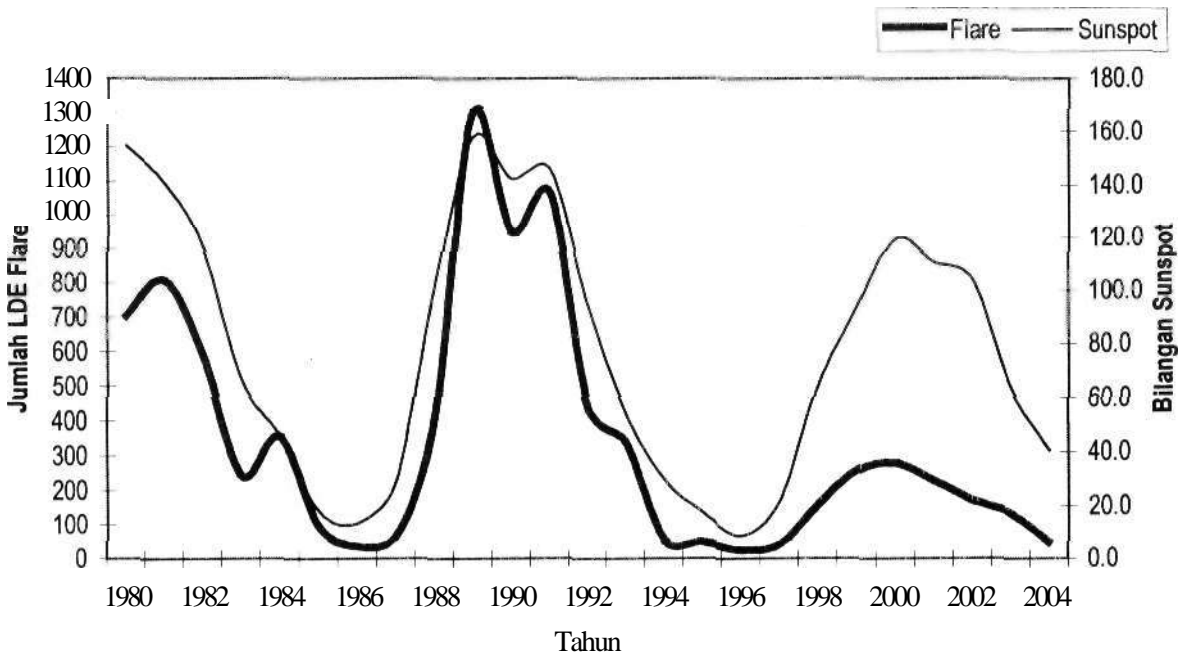
Gambar 3-6: Hubungan antara jumlah LDE flare bulanan dengan bilangan sunspot rata-rata bulanan. Koefisien korelasi sebesar 0,75

Jumlah LDE Flare Bulanan dan Bilangan Sunspot Bulanan



Gambar 3-7: Hubungan antara jumlah LDE flare bulanan dengan bilangan sunspot bulanan yang masing masing telah mengalami smoothing dengan moving average

Jumlah LDE Flare Tahunan dan Bilangan Sunspot Rata-rata Tahunan



Gambar 3-8: Hubungan LDE flare dengan sunspot rata-rata tahunan. Koefisien korelasi = 0,85.

Korelasi ini dapat menjelaskan bahwa hanya sedikit LDE *flare* yang diamati ketika siklus matahari minimum di mana daerah aktif kecil dan jarang, dan bahwa peningkatan frekuensi LDE *flare* terjadi ketika siklus maksimum, dimana daerah aktif besar dan banyak. Dari Gambar 3-8, terlihat bahwa sejak pertengahan siklus 21 hingga pertengahan siklus 23, jumlah LDE *flare* mengikuti siklus *sunspot*.

Hasil ini menunjukkan bahwa perilaku LDE *flare* sama dengan perilaku *flare* pada umumnya, seperti yang telah dilakukan oleh Jasman (2001) yang menganalisa data rata-rata bulanan bilangan *sunspot* dan *flare* pada siklus 22 (Solar Geophysical Data, 1999) yang memberikan harga korelasi sebesar 0,95. Selain itu, dilakukan oleh Taylor (1998) dengan menggunakan data *American relative Sunspot Number* dan total bulanan *flare* untuk tahun 1974,6-1987,6 dari *Solar Geophysical Data*. Periode yang dipilih untuk analisa adalah dari 2 tahun sebelum hingga 10 bulan sesudah siklus 21, di mana terdapat hubungan statistik yang kuat dengan koefisien korelasi sebesar 0,998.

4 KESIMPULAN

Jumlah LDE *flare* selama periode tahun 1980-2004 dengan kelas importansi S, 1, dan 2 cenderung mengikuti bilangan *sunspot* walaupun terjadi sedikit anomali di beberapa titik, di mana terdapat peningkatan jumlah kejadian LDE *flare* pada penurunan siklus *sunspot*. Kejadian LDE *flare* dengan kelas importansi 3 dan 4 memiliki korelasi yang kecil (masing-masing sebesar 0,42 dan 0,20) terhadap bilangan *sunspot*, mungkin karena sangat jarang terjadi LDE *flare* dengan kelas

importansi tersebut sehingga belum dapat ditarik simpulan mengenai hubungannya dengan bilangan *sunspot*.

Untuk tahun 1980 - 2004, jumlah LDE *flare* bulanan mengikuti siklus *sunspot*, ditunjukkan dengan faktor korelasi yang kuat sebesar 0,75. Hal yang serupa juga ditunjukkan dengan membandingkan frekuensi *flare* tahunan dengan bilangan *sunspot* rata-rata tahunan, dengan faktor korelasi 0,85. Pengamatan *sunspot* memberikan salah satu alat terbaik untuk prediksi terjadinya *flare* dan sebaliknya, dapat dilakukan klasifikasi *sunspot* berdasarkan produktivitas *flare*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya ucapkan terima kasih kepada Ibu Dra. Clara Y. Yatini, MSc, peneliti Bidang Matahari dan Antariksa LAPAN atas bimbingannya, dan kepada Bapak Nana Suryana yang telah membantu dalam entri data.

DAFTAR RUJUKAN

- Antalova, A., 1995. *Catalogue of LDE-type flares (1993-1994)*, Contrib. Astron. Obs. Skalnaté Pleso 25, 121.
- Jasman, S., 2001. *Kaitan Flare dengan Pemunculan Sunspot*, Matahari dan Lingkungan Bumi 2, 13, Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa-LAPAN.
- Koomen, M. J., Sheeley, N. R., Jr., Howard, R. A., dan Michels D. J., 1985. *The Frequency of Long Duration Solar X-ray Events*, Solar Physics 97, 375.
- Taylor, O.P., 1998. *The Relationship between Sunspot and Solar Flare Activities for the Period 1974,6-1987,6*, Journ. Var. Star Obs. 17, 20.