

FLUKS EMISI 10.7 CM SEBAGAI PARAMETER AKTIVITAS MATAHARI

Suprijatno Jasman

Peneliti Matahari dan Lingkungan Antariksa

Bidang Matahari dan Antariksa

Ringkasan

Tingkat aktivitas matahari biasanya dinyatakan oleh bilangan sunspot. Peningkatan bilangan sunspot akan memberikan peningkatan pada intensitas emisi gelombang radio. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa intensitas emisi gelombang radio pada frekuensi 2800 Mhz (F10.7) mempunyai korelasi paling baik dengan bilangan sunspot dibandingkan dengan emisi frekuensi-frekuensi yang lain, sehingga F10.7 digunakan juga sebagai parameter aktivitas matahari.

Abstract

Sunspot number is used as the basic of solar activity. The increasing of sunspot number gives the intensity of the radio wave increase. Observation result indicate that intensity radio wave at 2800 Mhz (F10.7) has better correlation with sunspot compared to the other frequency, so the F10.7 can be used as the indice of solar activity.

1. Pendahuluan

Pemunculan *sunspot* di permukaan matahari menunjukkan bahwa matahari sedang dalam keadaan aktif. Banyak sedikitnya *sunspot* bersesuaian dengan saat keberadaannya pada siklus matahari. Siklus matahari 11 tahun yang menunjukkan lamanya perioda siklus bilangan *sunspot* dari keadaan minimum menuju maksimum dan kemudian kembali ke keadaan minimum.

Pertambahan *sunspot* akan memberikan peningkatan intensitas emisi gelombang radio, dari gelombang pendek (mikro) sampai dengan gelombang panjang (km). Kita tidak bisa mendeteksi radiasi di permukaan bumi yang berasal baik dari matahari ataupun angkasa luar pada seluruh panjang gelombang, karena adanya absorpsi dan pantulan di atmosfer bumi. Ada dua jendela radiasi di atmosfer bumi, dimana emisi dari luar angkasa bisa menembus atmosfer bumi yaitu jendela optis dan jendela radio. Jendela optis mempunyai rentang panjang gelombang dari 3000 Å s.d. 30000 Å. Jendela radio mempunyai rentang panjang gelombang dari 1 cm s.d. 15 meter (Van de Hulst, 1951). Oleh karena itu untuk mengamati aktivitas matahari dengan cara pengamatan radio harus menggunakan panjang gelombang tersebut atau frekuensi dari 20 MHz s.d. 30 GHz.

Studi mengenai mekanisme emisi gelombang radio merupakan dasar penting di dalam radio astronomi, karena pengetahuan yang tepat asal mula emisi akan memungkinkan untuk mendapatkan informasi penting tentang sifat fisis sumber emisi, misalnya, temperatur, kerapatan elektron, ionisasi, dan medan magnet di korona.

Banyak stasiun-stasiun di bumi yang melakukan pengamatan aktivitas matahari dengan mengamati intensitas emisi gelombang radio yang berasal dari matahari pada frekuensi-frekuensi tertentu, diantaranya pada frekuensi 15400 MHz, 8800 MHz, 4995 MHz, 2800 MHz, 1495 MHz, 610 MHz, 410 MHz dan 245 MHz (Solar Geophysical Data Center).

Peningkatan intensitas emisi radiasi gelombang radio naik sesuai dengan bertambahnya *sunspot* di permukaan matahari (yang biasanya dinyatakan oleh bilangan *sunspot* R). Peningkatan intensitas pada masing-masing frekuensi tidak sama. Makalah ini memuat penelitian peningkatan intensitas emisi gelombang radio yang paling baik korelasinya dengan bilangan *sunspot* R.

2. Komponen Variasi Lambat (*Slowly Varying Component*)

Emisi radio dari matahari pada saat matahari tenang, tidak ada aktivitas *flare* dapat dibagi menjadi dua komponen (Kundu, 1965). Pertama adalah komponen tetap (*steady component*), merupakan emisi latar belakang yang emisinya berharga tetap berada pada suatu level konstan untuk perioda bulan atau tahun. Kedua adalah komponen bervariasi lambat (*slowly varying component*), emisinya berubah secara perlahan dari hari ke hari dan mempunyai perioda 27 hari yang merupakan perioda rata-rata rotasi *sunspot* mengelilingi matahari satu kali.

Pada tahun 1947 Covington mengetahui bahwa selama terjadinya gerhana matahari sebagian yang terjadi pada tahun 1946, pada waktu itu terjadi penutupan satu grup besar *sunspot* oleh bulan menghasilkan penurunan tajam fluks emisi dari matahari pada panjang gelombang 10.7 cm. Variasi kerapatan fluks karena adanya perubahan pemunculan *sunspot* di permukaan matahari juga diketemukan oleh Lehany dan Yabsley (1949) pada panjang gelombang (λ) 25 dan 50 cm (Kundu, 1965).

Komponen variasi lambat (*slowly varying component*) atau biasa disebut *S-component* (*S-comp*) paling baik diamati pada rentang panjang gelombang sentimeter dan desimeter. Peningkatan emisi radio berasal dari daerah terlokalisir di atas *sunspot* di kromosfer bawah, *plage*, karena itu *S-comp* disebut juga *spot component* atau *radio plage*. Emisi daerah *S-component* ditandai oleh peningkatan besarnya kerapatan elektron, medan magnet, dan temperatur dibandingkan daerah sekitarnya. Daerah sumber emisi mencakup ketinggian dari kromosfer sampai daerah korona bawah, dan dikaitkan dengan terjadinya pematatan korona, *coronal condensation* (Kruger, 1979).

Beberapa model dikemukakan untuk mekanisme emisi dari *S-component*. Pada awalnya dianggap bahwa emisi *S-component* adalah murni emisi termal (*free-free-bremsstrahlung*) dari bervariasinya peningkatan kerapatan elektron di atmosfer matahari di atas daerah aktif *sunspot*. Adanya medan magnet kuat di lingkungan *sunspot* memberikan dugaan bahwa *gyroresonance* menjadi kontribusi penting terhadap *S-component*, dan kemungkinan juga adanya kontribusi emisi non *thermal* (Tapping, 1988).

3. Data Pengamatan

Banyak stasiun-stasiun di bumi yang melakukan pengamatan aktivitas matahari dengan mengamati intensitas emisi radio yang diterima di bumi. Frekuensi atau panjang gelombang yang dipakai bervariasi sesuai dengan tujuan penelitian.

Stasiun pengamat di bumi yang mengamati aktivitas matahari dengan mendeteksi emisi radionya, diantaranya Sagamore Hill - USA dan Ottawa - Canada. Sagamore Hill

melakukan pengamatan pada frekuensi 15400 MHz ($\lambda \approx 1.9$ cm), 8800 MHz ($\lambda \approx 3.4$ cm), 4995 MHz ($\lambda \approx 6$ cm), 1415 MHz ($\lambda \approx 21$ cm), 610 MHz ($\lambda \approx 49$ cm), dan 245 MHz ($\lambda \approx 122$ cm), sedangkan stasiun pengamat Ottawa pada frekuensi 2800 MHz ($\lambda \approx 10.7$ cm). Fluks emisi setiap frekuensi tersebut akan dibandingkan dengan tingkat aktivitas matahari pada periode waktu yang sama untuk melihat seberapa jauh korelasinya. Parameter aktivitas matahari yang dipergunakan adalah bilangan *sunspot* R.

Data yang dipakai untuk penelitian ini adalah data bilangan *sunspot* R dan data fluks emisi pada masing-masing frekuensi tersebut, yaitu data rata-rata bulanan mencakup periode pengamatan dari bulan Januari 1989 sampai dengan bulan Desember 1994. Hasil plot data R dan masing-masing fluks emisi diperlihatkan pada gambar 3.1.

4. Hasil dan Pembahasan

Hasil plotting data rata-rata bulanan bilangan *sunspot* R dan fluks emisi radio pada frekuensi 15400 MHz, 8800 MHz, 4995 MHz, 2800 MHz, 610 MHz, 410 MHz, dan 245 MHz, memperlihatkan bahwa variasi fluks emisi pada semua frekuensi tersebut berpola yang hampir sama dengan variasi/perubahan bilangan *sunspot* R.

Untuk melihat bagaimana hubungan antara masing-masing fluks emisi radio terhadap bilangan *sunspot* R, dihitung harga koefisien korelasinya dengan menganggap hubungannya linier. Besarnya harga koefisien korelasi dari fluks emisi masing-masing frekuensi dengan bilangan *sunspot* R tercantum pada tabel 4.1 atau gambar 4.1. Dapat dilihat bahwa harga koefisien korelasi paling tinggi adalah korelasi antara fluks emisi frekuensi 2800 MHz dengan R, dengan besarnya koefisien korelasi sebesar 0.97.

Tabel 4.1 : Koefisien korelasi fluks emisi masing-masing frekuensi terhadap R

Frek. (MHz)	15400	8800	4995	2800	1445	610	410	245
Koef. Korel.	0.68	0.92	0.95	0.97	0.95	0.85	0.85	0.81

Sudah dilakukan pengamatan sumber emisi *S-component*, dimana lokasi *S-component* tersebut berada di atas di lingkungan *sunspot* yang mempunyai luas 10^{-3} piringan matahari, solar disk. Dengan menggunakan interferometer dilakukan pengamatan *flux density* dari sumber *S-component* tersebut pada lima panjang gelombang (frekuensi) berbeda yaitu 3 cm (1 GHz), 7.5 cm (4000 MHz), 9.1 cm (3300 MHz), 10.7 cm (2800 MHz), dan 21 cm (1470 MHz). Hasil pengamatan memperlihatkan bahwa harga terbesar kerapatan fluks, *flux density*, diperoleh pada panjang gelombang 10.7 cm atau frekuensi 2800 MHz, gambar 4.2, (Kundu, 1965).

Tapping dan Tacey (1990) membuat model atmosfer matahari yang terdiri atas dua komponen, yaitu kromosfer yang isothermal dengan temperatur 10^4 K, di atasnya korona yang homogen dengan temperatur 10^6 K. Kedua komponen dipisahkan oleh satu daerah transisi yang tipis. Perubahan temperatur pada lapisan tersebut dianggap linier dengan bagian bawah adalah temperatur kromosfer sedang bagian atas temperatur korona. Di kromosfer dan korona percepatan gravitasi berubah secara signifikan terhadap ketinggian. Jika terdapat kesetimbangan pada arah radial, maka kerapatan partikel akan merupakan fungsi ketinggian,

$$N = N_0 \exp \{ - zR(mg_0/kT)/(z + R) \}$$

dengan, N = kerapatan partikel pada ketinggian z di atas fotosfer
 N_0 = kerapatan partikel per cm^3 di atas dasar lapisan
 g_0 = percepatan gravitasi di dasar lapisan
 m = masa partikel
 R = jarak dari pusat matahari ke dasar lapisan
 T = temperatur plasma

Kundu, 1965 (dalam Tapping and Tracey, 1990) menentukan koefisien absorpsi untuk emisi bebas-bebas di atmosfer matahari sebagai,

$$K = (aN^2)/(n^2T^{3/2})$$

dengan, $a = 0.11$ di kromosfer dan 0.16 di korona
 f = frekuensi pengamatan dalam Hz
 T = temperatur dalam K
 n = indek bias, $= (1 - (f_0/f)^2)^{1/2}$
 f_0 = frekuensi plasma, $= 9 \times 10^3 N^{1/2}$
 N = kerapatan elektron

Spektrum *S-component* merupakan perbedaan antara atmosfer matahari aktif dan tenang di dalam rentang panjang gelombang 1 s.d 50 cm. Besarnya fluks minimum pada saat tidak ada daerah aktif pada panjang gelombang 10.7 cm ($F_{10.7}$) adalah 64 sfu (*1 solar flux units* = 10^{-22} Wm^{-2}). Fluks emisi ini diperoleh dengan referensi frekuensi plasma 300 MHz dengan $N_0 = 10^9 \text{ cm}^{-3}$, sedangkan pada saat matahari aktif besarnya referensi frekuensi plasma adalah 900 MHz dengan kerapatan elektron rata-rata 10^{10} cm^{-3} .

Model atmosfer ini dapat dipakai untuk menentukan besarnya fluks $F_{10.7}$ pada saat matahari aktif. Pada saat matahari aktif permukaan matahari akan tertutupi oleh daerah aktif sekitar 3 s.d. 5 %. Kalau daerah aktif tersebut didasarkan pada model daerah aktif dengan kerapatan 10^{10} cm^{-3} , sedangkan daerah sisanya oleh model matahari tenang dengan kerapatan 10^9 cm^{-3} , maka besarnya fluks $F_{10.7}$ berkisar antara 120 dan 200 sfu, harga ini sesuai dengan hasil pengamatan (Tapping and Tracey, 1990).

5. Kesimpulan

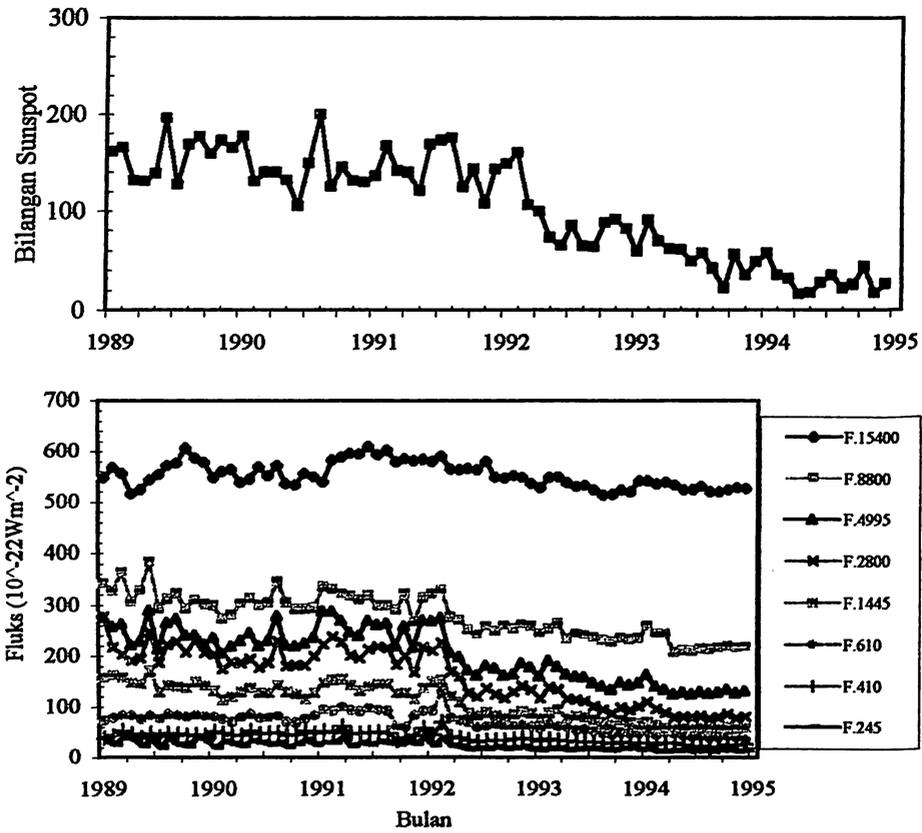
Komponen bervariasi lambat *S-component* berlokasi di lingkungan *grup sunspot* dan *chromospheric plage S-component* berawal secara termal di daerah terlokalisir dengan kerapatan elektron tinggi dan medan magnet jauh lebih kuat dibandingkan dari kuat medan magnet daerah sekitarnya. Sumber energinya langsung dari *sunspot* yang berlokasi di bawahnya.

Pengamatan fluks emisi dari daerah *S-component* pada beberapa frekuensi memperlihatkan bahwa fluks emisi pada frekuensi sekitar 2800 MHz ($F_{10.7}$) memberikan harga yang tertinggi. Demikian juga dengan mengkorelasikan fluks-fluks emisi pada beberapa frekuensi terhadap parameter aktivitas matahari bilangan sunspot R , menunjukkan bahwa korelasi fluks emisi pada frekuensi 2800 MHz ($\lambda = 10.7 \text{ cm}$) atau disebut $F_{10.7}$ adalah paling tinggi.

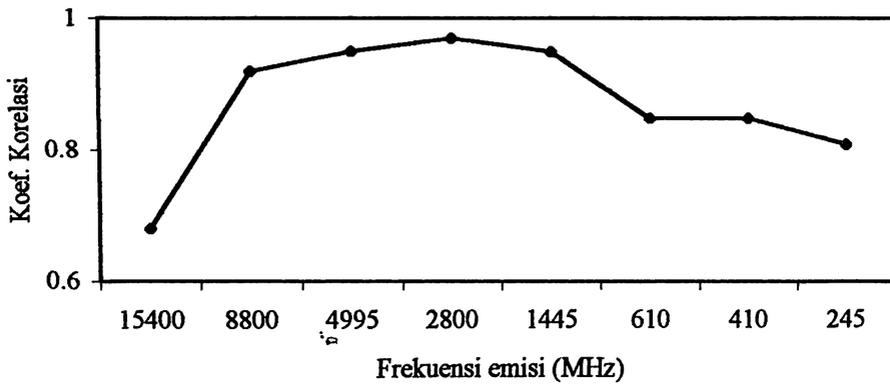
Dengan demikian dari hasil-hasil yang diperoleh bisa disimpulkan bahwa parameter F 10.7 dapat dipakai sebagai parameter aktif matahari.

Daftar Rujukan

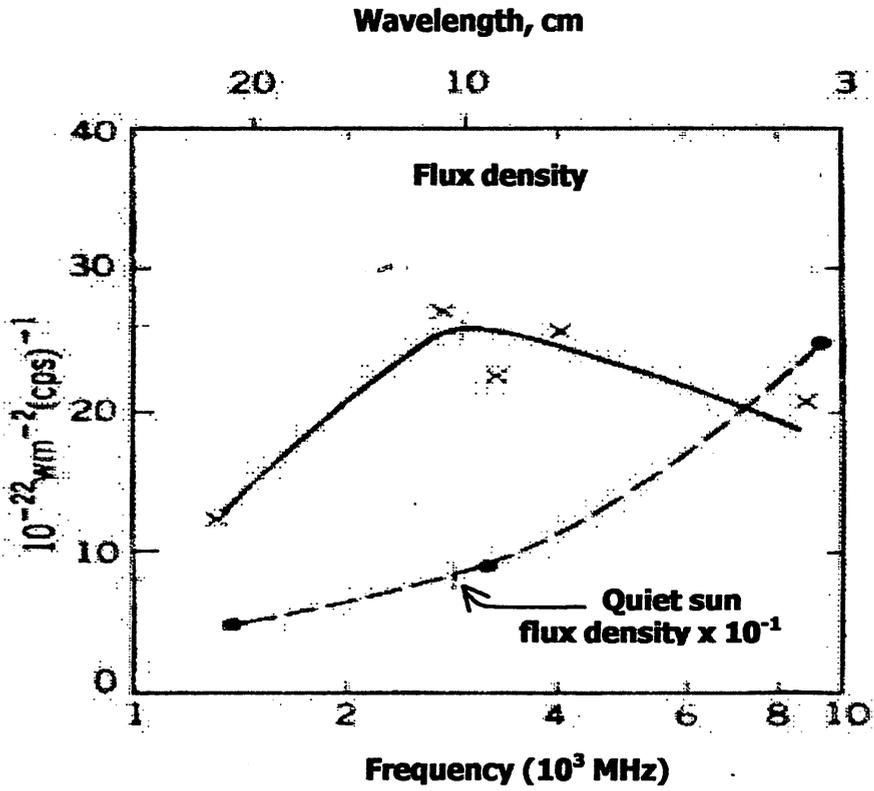
- Kruger A., (1979), "Introduction to Solar Radio Astronomy and Radio Physics", D. Reidel Publishing Company.
- Kundu M.R., (1965), "Solar Radio Astronomy", Interscience Publisher.
- Mc. Lean D.J. and Labrum N.R., (1985), "Solar Radiophysics"; Cambridge University Press.
- Tapping K.F and De Tracey B., (1990), "Solar Physics 127", Kluwer Academic Publisher, 321-332.
- Van de Hulst H.C., "A Course in Radio Astronomy", 1951; Leiden – Netherlands.



Gambar 3.1: Rata-rata bulanan bilangan sunspot, R, dan fluks emisi radio masing-masing frekuensi



Gambar 4.1 : Harga koefisien korelasi antara fluks emisi radio masing-masing frekuensi terhadap bilangan sunspot, R



Gambar 4.2: Spektrum kerapatan fluks emisi sumber S-component matahari