

PENGAMATAN SEMBURAN RADIO MATAHARI DENGAN SPEKTROGRAF RADIO

Suprijatno Jasman

Peneliti Bidang matahari dan Arttarksa

1 PENDAHULUAN

Dua keadaan *inai.ili* u i yang bisa diamati dan bumi, yaitu matahari dalam keadaan tenang Jan matahari dalam keadaan aktif. Aktif dan tidak aktifhya matahari ditandai oleh pemunculan *sunspot* di permukaan matahari. Besaran yang • 11 -. • ! -. 11 imtuk mcunjukkan matahari dalam keadaan aktif atan tidak aktif, adalah hilangan *sunspot* (R). *Bil.mg.iii sunspot* R mcupakan basil perhitungan/diturunkan dari kondisi *sunspot* Ji permukaan matahari, vaïn jumlah grup *sunspot* (g) dan individu *sunspot* (f), scrta kepekaan peralatan pengamaran (k) yang ditulis dalam bcituk rumiis $R = k(10g + I)'$.

Setiap *sunspot* di permukaan matahari bcrgerak mengikuri rotasi matahari dari arah tinnir kc harat. Periods rotasi matahari mengitari porosnya rata-rata sckitar 27 hari. Jumlah *sunspot* yang innnail di permukaan matahari selalu bervariasi ditentukan oleh siklus matahari 11 laluin, yang mcupakan pricxla rata-rata pemunculan *sunspot* dari kondisi minimum sampai mcapai maksimum dan kemudian mruii kcmbali ke kondisi minimum.

h'enomena-fenomena lainnya yang terjadi setelah pemunculan *sunspot* antara lain: *flare*, *ptvminence*. pelemparan partikel energctik, *shock wave*, dan radiasi gelombang clckromagnctik. Radiasi gelombang clcktromagnctik mcakup rentang panjang gelombang yang sangat lebar dari *hard X-ray* ($X \ll 10^9$ cm) sampai gelombang radio $il * 10^6$ cm) (Bruzek MK\ Durrant,1977). *Flan* mcupakan rcspon atmosfer matahari, yaitu kromosfer dan korona terhadap >clepasan enrgi yang kuat dan sesaat. *Flare* terjadi di dacrah terlakaiisir di atas dan di lingkungan *sunspot*/grup *sunspot*.

blare diamad sccara fotografi dari permukaan bumi dengan pengamatan garis Ha dari spektrum garis hidrogen atan garis-garis K dari Spektrum garis calcium, *blare* mcupakan keccrlangan yang muncul sccara tiba-tiba di dacrali

di lingkungan *sunspot*. Pcristiwanya berlangsung beberapa menit sampai sckitar satu jam, dan mcnghilang sccara pcrlahan-lahan. Hampir scluiuh enrgi *flare* dihasilkan dari medan magnet *sunspot*.

Emisi gelombang radio yang dipancarkan setelah terjadinya *flare* biasanya, disebut semburan radio (*radio burst*) dengan sclang waktu detik atan menit, dan terakhir diikutj oleh storms atan bad.ii derau yang bisa bcrlangsung beberapa jam sampai hari. Pengamatan semburan radio trcrscbut dilakukan dengan peralatan spektrograf radio, hasilny.i berbentuk spcktrum perubahan imensitas sebagai fungsi perubahan waktu dan perubahan frekuensi.

2 SEMBURAN RADIO (RADIO BURST)

Matahari mcupakan sumber emisi radio yang kuat sccara tcnis mcuerus. Intensitas emisi akan meningkat kalau ada peningkatan aktivitas matahari, yaitu adanya peningkatan aktivitas *sunspot* di permukaan matahari. Baik aktivitas *sunspot* ataupun intensitas emisi radio selalu berfluktuasi sccara periodik sesuai dengan siklus 11 tahun. Panjang gelombang radio yang dikaitkan dengan aktivitas *sunspot*, adalah sckitar 10 cm. Sebagai tambahan trchadap radiasi yang dikaitkan dengan aktivitas *sunspot*, Yaitu pcristiwa terjadinya *flare* yang akan meningkatkan sccara tiba-tiba intensitas radiasi pada rentang panjang gelombang yang lbih panjang dan disebut semburan radio. Intensitas semburan radio ribuan kali kclipatan intensitas matahari tenang (tidak ada aktivitas *sunspot*), bcrlangsung selama beberapa menit, Yang pcrtama mengamari emisi radio dari matahari yang disebabkan oleh *flare*, adalah tcknisi radar dari Inggris pada tahun 1942. Adanya gangguan yang sangat kuat pada traismisi radar tidak lama setelah terjadinya *flan* di matahari (McGillivray, 1987).

Sir Oliver Lodge, 1900 mcupakan orang paling awal yang berusaha untufc mendeteksi

emisi radio dari matahari. Oleh karena mcnggunakan peralatan yang mempunyai scnsitivitas rendah dan adanya gangguan interferensi atau dcau (*noise*) dari pcralatan yang dibuat orang sehingga pendeteksian emisi radio dari matahari tidak berhasil. Pada tahnn 1946 J. S. Hey melaporan investigasinya mengenai interferensi radio menyimpulkan bahwa ada interferensi disebabkan oleh emisi radio yang kuat dari matahari yang dikaitkan dengan grnp *sunspot* besar di permukaan matahari pada saat yang bersamaan.

Berdasarkan kondisi aktivitas matahari emisi radio dari matahari dapat dibedakan ke dalam dua katagori yang dikaitkan dengan dua kondisi matahari tenang dan aktif (Kraus, 1966), yaitu,

- a. Emisi radio dari matahari tenang Emisi radio dari matahari pada saat matahari tidak aktif, pada saat tidak ada *sunspot* di permukaan matahari.
- b. Emisi radio dari matahari aktif, Emisi radio dari matahari pada saat ada aktivitas *sunspot* dan fenomena-fenomena aktif lain yang mengikuti pemunculan *sunspot*.

Selanjutnya emisi radio dari matahari aktif diklasifikasikan lagi menjadi

- a. Komponen bervariasi lambat (*slowly varying component*).
Komponen bervariasi lambat ini sering disebut *S - component* merupakan emisi radio

dari matahari dengan perioda rentang waktu hari, minggu atau bulan. Komponen emisi ini mencakup panjang gelombang antara 3 cm sampai dengan 60 cm, dan dikaitkan dengan aktivitas *sunspot*.

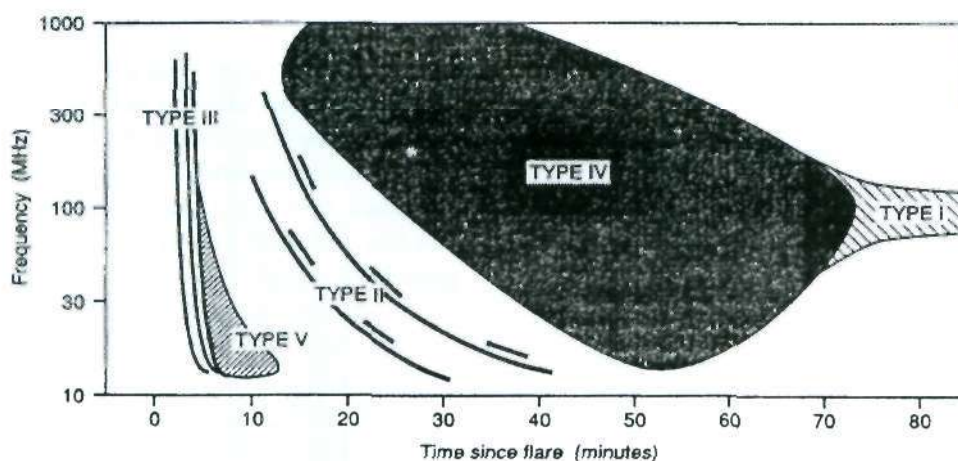
- b. Komponen bervariasi cepat (*rapidly varying component*).

Komponen ini terdiri atas scmburan-sembruan emisi radio yang bervariasi, mencakup interval detik sampai jam. Grup-grup sembruan radio kuat dan kompleks sering mengikuti peristiwaZare.

Emisi radio yang mengikuti *flare* sangat bervariasi. Pada panjang gelombang meter terdiri atas sembruan radio dengan durasi detik atau menit dan diakhiri pemunculan badai (*storm*) yang berlangsung untuk beberapa jam atau hari. Pada panjang gelombang sentimeter peristiwa kurang aktif, hanya bisa terjadi sembruan radio dengan durasi satu menit sampai satu jam.

Wild, 1963 (dalam Kraus, 1966) telah mcmpclajari komponen bervariasi cepat dan mcngklasifikasikannya menjadi lima tipe utama :

1. Noise - storm burst (tipe I)
2. Slow - drift burst (tipe II)
3. Past - drift (tipe III)
4. Broad - band continue emission (tipe IV)
5. Continue emission at meter Wavelengths (tipe V)



Gambar 2-1 : Tipe sembruan radio yang mengikuti *flare* besar

Karakteristik dan Imbungan antar tipe digambarkan oleh urutan setiap peristiwa semburan radio yang mengikhti peristiwa *flare*, ditunjukkan oleh gambaran ideal spektrum dinamika semburan radio, Ciambar 2-1. (Thomson, 1992). Tidak semua *flare* akan menimbulkan semua tipe semburan radio, hanya *flare* besar yang bisa menimbulkan semua tipe semburan radio.

Wild membagi peristiwa semburan radio menjadi dua fasa (Kraus, 1966) :

Fasa 1, semburan radio yang singkat dan kuat terjadi langsung setelah *flare*, bergerak secara cepat dimulai dari frekuensi sekitar 500 MHz turun menuju ke frekuensi rendah. Semburan tersebut merupakan *fast-drift* (pergeseran frekuensi cepat) disebut semburan radio tipe III. Semburan tipe III mempunyai pita frekuensi sempit dengan lebar beberapa MHz. Sumber emisinya berasal dari osilasi plasma yang dikaitkan dengan pelepasan *electron jet* dengan kecepatan sekitar 10^8 km sec⁻¹. Semburan radio tipe III pada fasa pertama sering diikuti oleh emisi **kontinu** yang terbatas pada panjang gelombang meter dan disebut tipe V. Emisi kontinu tipe V ini dihasilkan oleh emisi *synchrotron* dari pergerakan cepat *electron jet*. Semburan tipe III yang muncul saat awal *flare*, berkaitan dengan datangnya radiasi sinar X di bumi ditunjukkan oleh terjadinya *sudden ionospheric disturbances (SID)* (Mc. Lean and Labium, 1985).

Fasa 2, urutan peristiwa semburan radio dengan durasi lebih panjang muncul mengikuti *flare* besar. Fasa 2 dimulai oleh semburan radio dengan perubahan frekuensi lambat dari frekuensi tinggi ke rendah (*slow-drift burst*), diklasifikasikan sebagai semburan radio tipe II. Tipe II mempunyai pergeseran frekuensi sekitar 20 MHz.sec⁻¹.min⁻¹, nilai tersebut kontras dengan nilai pergeseran frekuensi tipe III sekitar 20 MHz.sec⁻¹. Semburan radio tipe II biasanya membentuk struktur harmonik (fundamental dan harmonik kedua). Emisinya dihasilkan oleh osilasi plasma disebabkan gelombang kejut (*magnetohydrodynamic shock wave*) yang bergerak mendahului awan gas dari lokasi *flare*, dengan kecepatan sekitar 1000 km.sec⁻¹. Semburan radio tipe II akan menimbulkan badai magnet dan aurora di bumi. Peristiwa *flare* kecil hanya akan menimbulkan semburan radio tipe I dan V yang bisa diamati (McLean and Labrum, 1985).

Semburan tipe II kadang-kadang diikuti oleh emisi kontinu yang stabil, pita frekuensi sangat lebar dan berlangsung untuk beberapa jam bahkan beberapa hari. Semburan radio ini

diklasifikasikan sebagai tipe IV, sumber emisinya adalah awan gas bergerak naik dari lokasi di atas *flare* dengan kecepatan sekitar 1.500 km.sec⁻¹. Selanjutnya semburan radio tipe IV ini mulai bervariasi oleh munculnya *spike* (pulsa) dengan durasi sangat singkat berlangsung untuk beberapa jam. Semburan dengan pulsa-pulsa tajam ini diklasifikasikan sebagai semburan tipe I.

3 SPEKTROGRAF RADIO

Spektrograf radio merupakan alat penerima untuk mengamati intensitas emisi radio dari matahari. Data yang diperoleh berbentuk suatu spektrum dinamik, yaitu perubahan intensitas emisi radio yang diterima sebagai fungsi perubahan frekuensi dan waktu.

Spektrograf radio biasanya sudah direncanakan beroperasi pada rentang frekuensi tertentu. Spektrograf radio yang digunakan oleh CSIRO-Australia untuk mengamati aktivitas matahari dengan mendeteksi semburan radio, adalah spektrograf radio SN4000 yang beroperasi pada rentang frekuensi 18 MHz sampai dengan 1800 MHz, yang dibagi menjadi empat pita frekuensi, yaitu 18 s.d. 57 MHz (band A), 57 s.d. 180 MHz (band B), 180 s.d. 570 MHz (band C), dan 570 s.d. 1800 MHz (band D) (Thompson, 1992). LAPAN Bandung mengoperasikan spektrograf model yang sama pada rentang frekuensi 57 s.d. 1800 MHz (band B, C dan D).

Tiga buah antena penerima digunakan untuk menyapu frekuensi 18 s.d. 1800 MHz. Dua di antaranya adalah antena parabola dengan susunan log periodik terpolarisasi melintang (cross-polarised log periodic array). Antena yang ketiga adalah berupa dua buah susunan log periodik terpolarisasi melintang (dual-cross polarised-log periodic array). Sinyal dari setiap antena pertamanya dilewatkan ke dalam *front end* yang mencakup *pre-amplifier*. Dan *high Q notch filters* dipergunakan untuk menghilangkan sumber derau (*noise*) tertentu (pemancar radio FM dan televisi).

Sinyal selanjutnya, diteruskan ke jantung spektrograf dilaksanakan analisis spektrum dengan kecepatan tinggi dan dengan resolusi tinggi. Sistem kontrol mikrokomputer (Micro-computer control system) mengontrol semua fungsi DSP (*digital signal processing*). Sistem DSP dilaksanakan oleh empat modul DSP terpisah, beroperasi pada mode sapuan tunggal (single

sweep mode), masing-masing DSP bekerja pada empat pita frekuensi berbeda, yaitu 18-57 MHz, 57-180 MHz, 180-570 MHz, dan 570-1800 MHz. Control sistem menyapu masing-masing pita frekuensi secara berurutan setiap 0.75 detik, untuk menghasilkan output frekuensi yang logaritmik (*logarithmic frequency output*). Selanjutnya hasil outputnya dipertunjukkan sebagai *real time* di layar kaca sistem kontrol mikrokomputer. Intensitas fluks radio digambarkan oleh titik-titik warna pada plotting frekuensi sebagai fungsi waktu.

4 KELUARAN SPEKTROGRAF

Semburan radio matahari terbentuk dari emisi radio yang berasal dari sumber dengan lokasi yang berubah-ubah. Perubahan posisi emisi tersebut disebabkan oleh sumber gangguan yang bergerak keluar menjauhi matahari. Seperti diuraikan di atas bahwa semburan radio tipe I, II, III, IV, dan V disebabkan oleh pelepasan partikel/elektron relativistik, pergerakan keluar gelombang kejut, dan gerakan awan gas.

Sumber gangguan yang melewati atmosfer matahari akan menyebabkan osilasi plasma di daerah yang dilewatinya. Kerapatan partikel/elektron di atmosfer matahari mengecil dengan bertambahnya ketinggian dari permukaan matahari. Biasanya frekuensi plasma sebanding dengan kerapatan elektron, $f_p \propto \sqrt{N}$ (Kundu, 1965), oleh karena itu frekuensi plasma yang dipancarkan disebabkan oleh adanya gangguan yang bergerak menjauhi matahari akan berubah dari frekuensi tinggi ke frekuensi rendah. Dengan demikian spektrum dinamik semburan radio yang dirakam oleh spektrogram radio berupa perubahan intensitas dari frekuensi tinggi ke frekuensi rendah sebagai fungsi waktu. Intensitas fluks radio digambarkan oleh titik-titik warna. Perubahan warna menunjukkan adanya perubahan intensitas selama semburan radio berlangsung. Contoh hasil pengamatan semburan radio dengan spektrogram diperlihatkan pada Gambar 4-1 dan 4-2.

5 PENUTUP

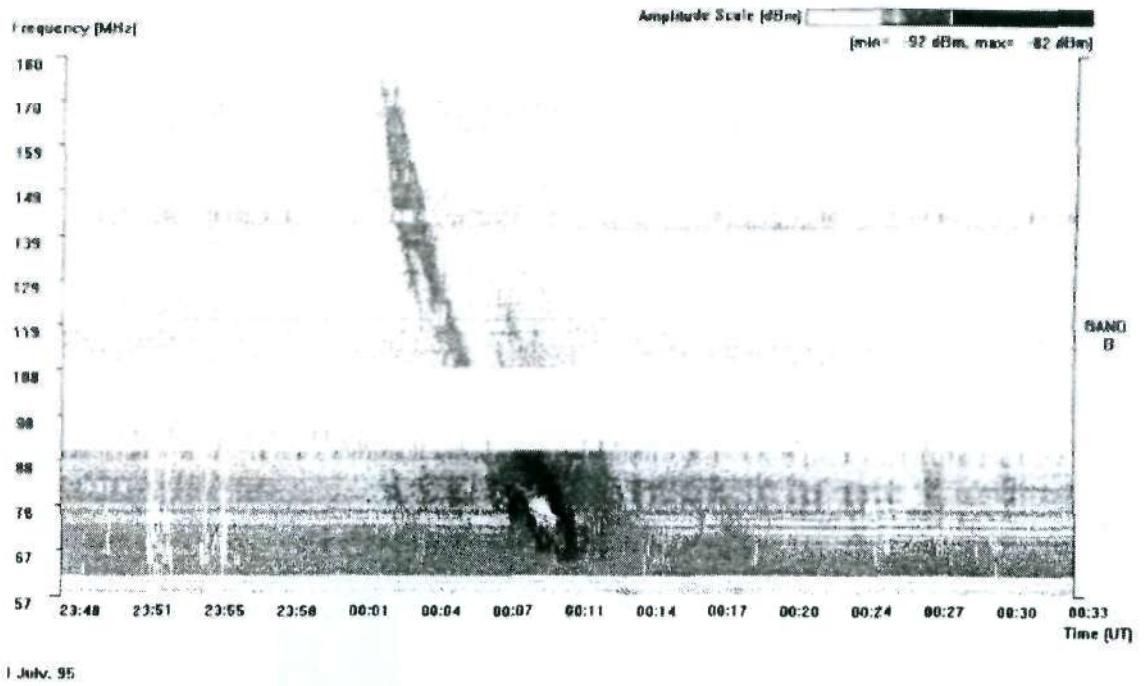
Spektrum dinamik semburan radio yang merupakan perubahan intensitas sebagai fungsi perubahan frekuensi dan waktu, dapat digunakan untuk menentukan sifat-sifat lain parameter matahari. Semburan tipe III dihasilkan oleh terlambatnya elektron menembus atmosfer matahari, dari perubahan frekuensi bisa ditentukan perubahan kerapatan elektron di setiap lapisan atmosfer matahari.

Semburan radio tipe II disebabkan oleh penjaran gelombang kejut, dari spektrum dinamikanya dapat ditentukan kecepatan gelombang kejutnya.

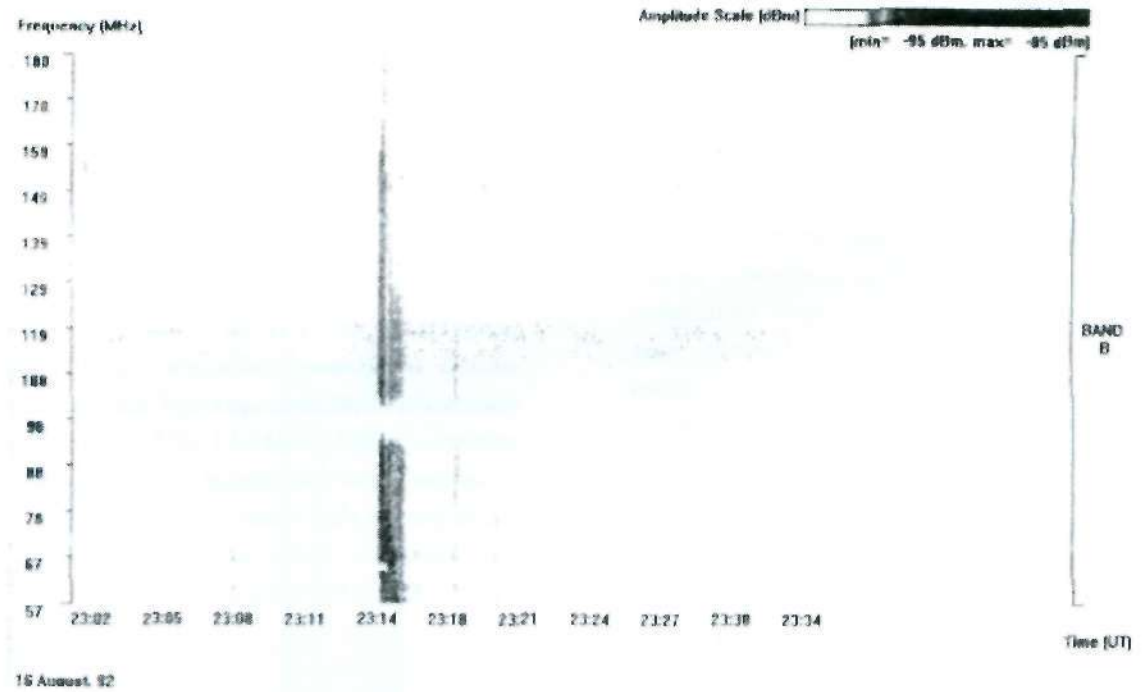
Jika diketahui kecepatan elektron yang menyebabkan tipe III dan kecepatan gelombang kejut yang menyebabkan tipe II maka kemungkinan selang waktu terjadinya SID dan badai magnet di bumi setelah terjadinya *flare* dapat diperkirakan. Setelah selang waktu tersebut akan terjadi gangguan pada lapisan ionosfer, dan selanjutnya akan menyebabkan terganggunya komunikasi antar dua tempat yang menggunakan lapisan ionosfer sebagai media pemantul.

DAFTAR RUJUKAN

- Bruzek A. and Durrant C.J., 1977, *Illustrated Glossary for Solar and Solar-Terrestrial Physics*, D. Reidel Publishing Company
- Kraus J. D., 1966, *Radio Astronomy*, Mc. Graw - Hill Book Company,
- Kundu M.R., 1965, *Solar Radio Astronomy*, Interscience Publisher
- Mc. Gillivray D., 1987, *Physics and Astronomy*, Macmillan Education Ltd.
- McLean D.J. and Labrim N.R., 1985, *Solar Radiophysics*, Cambridge University Press
- Thompson R.J., 1992, *Technical Report, IPS Radio and Space Services*



Gambar 4-1 : Pengamatan semburan radio tip II



Gambar 4-2 : Pengamatan semburan radio tipe III