

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Metode dan Desain Penelitian

1. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif analitik. Dalam mengidentifikasi semburan radio Matahari (*solar radio bursts*) tipe II, spektrum dinamik frekuensi versus waktu yang dihasilkan melalui pengamatan menggunakan spektrograf, akan digunakan sebagai data untuk menentukan kelajuan muka gelombang kejut yang akan sampai ke atmosfer atas Bumi.

2. Desain Penelitian

Penelitian ini terdiri dari serangkaian proses yaitu pengambilan data semburan radio Matahari (*solar radio bursts*) dengan menggunakan radiospektrograf. Sinyal radio yang diterima oleh radiospektrograf akan diolah dan hasilnya akan ditampilkan pada monitor berupa informasi aktivitas Matahari ditinjau dari segi pengamatan secara radio. Langkah selanjutnya dilakukan analisis terhadap data semburan radio Matahari (*solar radio bursts*) tipe II untuk kemudian dilakukan analisis terhadap laju dari muka gelombang kejutnya.

Spektrum radio dinamik yang merupakan wujud hasil pengamatan dari semburan radio Matahari menggambarkan pergeseran frekuensi rata-rata terhadap waktu pengamatan (df/dt). Untuk dapat memperoleh kecepatan pergeseran muka gelombang kejut (*shock front*), perlu konversi pergeseran frekuensi (df/dt) spektrum dinamik menjadi pergeseran posisi (dR/dt). Hal ini dapat dilakukan dengan melibatkan frekuensi plasma dan kerapatan plasma di korona Matahari yang berubah sebagai fungsi ketinggian $N=N(R)$, kerapatan ini menurun seiring bertambahnya ketinggian korona (R), sehingga didapatkan frekuensinya sebesar

$$f = 8,98\sqrt{N(R)} \quad (3.1)$$

Newkirk (1961) menuliskan model kerapatan korona yang didasarkan atas pengamatan K-coronameter, dengan persamaan :

$$N(R) = N_0 x 10^{4,32/R} \quad (3.2)$$

Keterangan:

R = ketinggian korona dari pusat Matahari (satuan jejari Matahari, $R \cong 7 \times 10^5$ km)

N_0 = konstanta kerapatan korona

($N_0 = 4,2 \times 10^4$ untuk kondisi Matahari tenang (Newkirk, 1961), dan

$N_0 = 8,3 \times 10^4$ untuk kondisi Matahari aktif (Caroubalos, C. dkk, 2004)).

Dari persamaan (3.1) dan (3.2), dapat diperoleh konversi spektrum dinamik dari pergeseran frekuensi (df/dt) menjadi pergeseran posisi (dR/dt) melalui konversi formula yang diturunkan dari Newkirk (1961):

$$R = \frac{2,16}{\log\left(\frac{f}{2592874}\right)} \quad (3.3)$$

dengan f adalah frekuensi plasma yang dinyatakan dalam MHz, sedangkan R adalah ketinggian muka *shock*.

Untuk mendapatkan kecepatan muka gelombang kejut dari pergeseran frekuensi (df/dt) tersebut diperoleh dengan:

$$\frac{df}{dt} = \frac{df}{dN} \frac{dN}{dR} \frac{dR}{dT} \quad (3.4)$$

dimana dR/dt merupakan kecepatan pergeseran frekuensi rata-rata yang menyatakan kecepatan gelombang kejut.

B. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di beberapa tempat yaitu:

1. Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa (Pusfasainsa) – LAPAN, Bandung.
2. Loka Pengamatan Dirgantara (LPD) LAPAN - Sumedang.

C. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan radiospektrograf Matahari. Radiospektrograf ini merupakan radiometer yang bekerja dalam rentang frekuensi tertentu. Di Loka Pengamatan Dirgantara

LAPAN - Sumedang dioperasikan sistem radiospektrograf Matahari yang bekerja pada rentang frekuensi 57 MHz - 1800 MHz.

Perangkat radiospektrograf terdiri dari peralatan luar ruangan dan dalam ruangan. Peralatan luar ruangan yaitu antena beserta subsistemnya dan *preamplifier* yang berfungsi sebagai penerima sinyal radio. Sinyal yang diterima oleh *preamplifier* tersebut akan dihubungkan ke bagian sistem dalam ruangan yang selanjutnya akan dilakukan pengolahan dan pemrosesan data dan hasilnya akan ditampilkan pada monitor berupa informasi aktivitas Matahari.



Gambar 3.1 Perangkat radiospektrograf.

(Sumber: Suratno, Media Dirgantara, 2 Juni 2011)

D. Prosedur Penelitian

1. Pengambilan Data

Data semburan radio Matahari (*solar radio bursts*) yang akan dianalisis diperoleh dari hasil pengamatan radiospektrograf Matahari yang dioperasikan di Loka Pengamatan Dirgantara (LPD) LAPAN - Sumedang, didukung oleh data hasil pengamatan Culgoora Observatory Australia (<http://www.ips.gov.au>), *The Green Bank Solar Radio Bursts Spectrometer (GBSRBS) of National Radio Astronomy Observatory* dan *Bruny Island Radio Spectrometer (BIRS)* (<http://gbsrbs.nrao.edu/>). Data ini berupa citra spektrum dinamik semburan radio yang dinyatakan dalam format frekuensi versus waktu. Serta data Dst yang

memperlihatkan grafik aktifitas magnet Bumi yang dapat diperoleh dari *Data Center For Geomagnetism Kyoto* (<http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/>).

2. Langkah Kegiatan Penelitian

Langkah-langkah kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Pengumpulan data kejadian semburan radio Matahari (*solar radio bursts*) yang diperoleh dari hasil pengamatan radiospektrograf Matahari.
- b. Konversi pergeseran frekuensi (df/dt) spektra dinamik menjadi pergeseran posisi (dR/dt), sehingga akan diketahui laju muka gelombang kejutnya. Berikut adalah urutan pengkonversian datanya:

Tabel 3.1 Contoh pengkonversian data pada perhitungan kelajuan muka gelombang kejut pada peristiwa semburan radio Matahari tipe II.

| No. | f (Hz) | t (s) | R (km) | ΔR | Δt | $\frac{\Delta R}{\Delta t} = V$ |
|-----|--------|-------|--------|-------------------|-------------------|---------------------------------|
| 1. | f_1 | t_1 | R_1 | | | |
| 2. | f_2 | t_2 | R_2 | $(R_2 - R_1)$ | $(t_2 - t_1)$ | V_1 |
| 3. | f_3 | t_3 | R_3 | $(R_3 - R_2)$ | $(t_3 - t_2)$ | V_2 |
| . | . | . | . | . | . | . |
| n. | f_n | t_n | R_n | $(R_n - R_{n-1})$ | $(t_n - t_{n-1})$ | V_n |

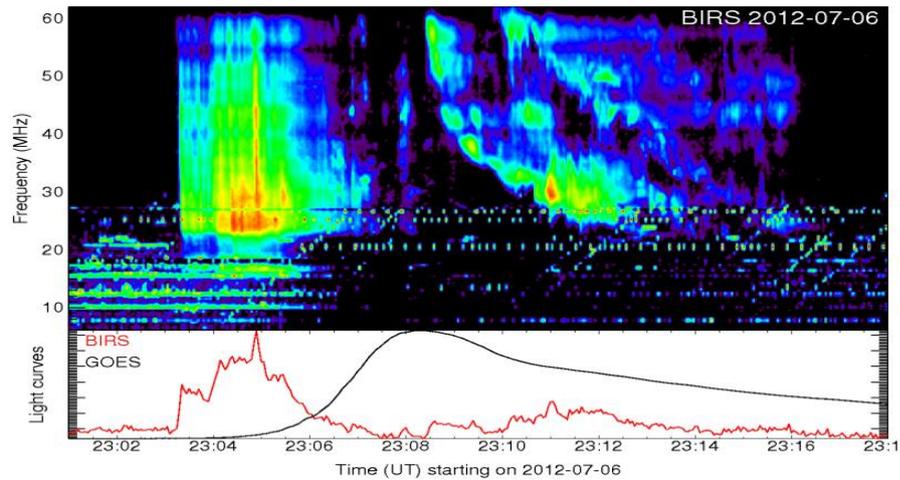
3. Pengolahan Data

Berdasarkan persamaan (3.3), kita dapat memperoleh kelajuan muka gelombang kejut pada peristiwa semburan radio Matahari tipe II. Dengan urutan pengolahan datanya adalah sebagai berikut:

Contoh data:

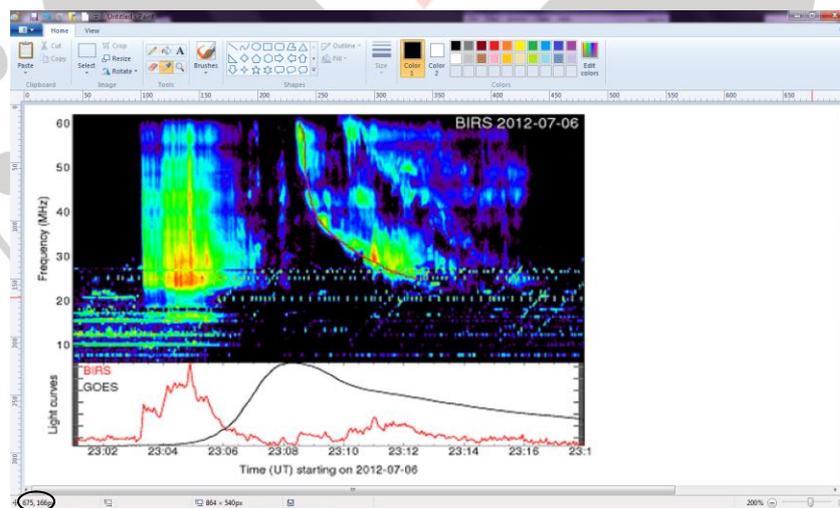
Tari Fitriani, 2013

Analisis Kemajuan Muka Gelombang Kejut Pada Peristiwa Semburan Radio Matahari Tipe II
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu



Gambar 3.2 Contoh data radiospektrograf
(Sumber: *Bruny Island Radio Spectrometer (BIRS)*)

Langkah pertama yang harus dilakukan adalah dengan melihat gambar data spektrograf tersebut menggunakan perangkat lunak editor gambar Microsoft Paint atau Adobe Photoshop. Dalam hal ini penulis menggunakan perangkat lunak Microsoft Paint untuk pengolahan datanya.



Gambar 3.3 Tampilan data semburan radio Matahari menggunakan Microsoft Paint. (Sumber: *Bruny Island Radio Spectrometer (BIRS)*)

Di bagian sudut kiri bawah gambar yang diberi tanda berupa elips adalah merupakan koordinat gambar dalam piksel. Angka ini yang berubah-ubah ketika

kita menggerakkan *cursor* pada bidang gambar. Format koordinat piksel tersebut adalah (x, y) . Titik $(x, y) = (0, 0)$ terletak pada sudut kiri atas gambar. Nilai x bertambah ke kanan, sedangkan y bertambah ke bawah.

Berdasarkan data radiospektrograf di atas, untuk mempermudah dalam menganalisis datanya, dibuatlah garis yang dapat merepresentasikan kejadian semburan radio Matahari tersebut. Dari garis yang telah dibuat, kita dapat mulai menentukan nilai titik-titik pada garis tersebut yang merepresentasikan hubungan frekuensi plasma terhadap waktu selama terjadi semburan radio Matahari. Semakin banyak titik yang digunakan, maka hasil yang diperoleh akan semakin baik.

Data yang diperoleh dari gambar, akan digunakan untuk menentukan persamaan konversi dari koordinat gambar dalam piksel ke koordinat plot. Terlebih dahulu kita tentukan dua titik untuk menentukan konversi pada masing-masing koordinat. Dalam penentuan posisi ini dianjurkan untuk menggunakan dua titik yang selisihnya paling besar, hal tersebut dilakukan untuk meminimalisasi galat perhitungan. Untuk menentukan persamaan konversi sumbu horisontal dan vertikal linier, digunakan persamaan sebagai berikut:

$$t = \frac{(t_1 - t_2)x + x_1 t_2 - x_2 t_1}{x_1 - x_2} \quad (3.5)$$

dan

$$f = \frac{(f_1 - f_2)y + y_1 f_2 - y_2 f_1}{y_1 - y_2} \quad (3.6)$$

dengan t dan f adalah koordinat pada plot sedangkan x dan y adalah koordinat pada gambar dalam satuan piksel. Selanjutnya untuk melakukan perhitungan kelajuan muka gelombang kejut, berikut adalah contoh urutan untuk perhitungan kelajuan gelombang kejut pada peristiwa semburan radio Matahari tipe II seperti yang ditunjukkan pada gambar di atas:

- a. Hal pertama yang dilakukan adalah menentukan nilai titik-titik yang akan digunakan untuk mendapatkan persamaan konversi (data yang digunakan adalah data semburan radio Matahari tipe II yang terjadi pada tanggal 6 Juli 2012) yaitu:

Tabel 3.2 Nilai titik-titik yang digunakan untuk menentukan persamaan konversi.

| No. | t | x | f | y |
|-----|-------|-----|----|-----|
| 1. | 23:02 | 81 | 10 | 272 |
| 2. | 23:16 | 532 | 60 | 21 |

- b. Substitusikan nilai yang telah didapat pada Tabel 3.2 ke dalam persamaan (3.5) dan (3.6), sehingga akan diperoleh persamaan konversi berikut ini:

$$t = \frac{14x+622148}{451} \quad (3.7)$$

$$f = \frac{-50y+16110}{251} \quad (3.8)$$

- c. Substitusikan nilai titik-titik pada garis yang telah dibuat sebelumnya pada persamaan (3.7) dan (3.8), dan didapatkan hasilnya sebagai berikut:

Tabel 3.3 Contoh perhitungan kelajuan partikel dan muka gelombang kejut pada peristiwa semburan radio Matahari tipe II.

| No. | f (MHz) | t (menit) | R (km) | ΔR (km) | Δt (s) | $\frac{\Delta R}{\Delta t} = V$ (km/s) |
|-----|----------|-----------|---------|-----------------|----------------|--|
| 1. | 60,1992 | 1388,457 | 1091221 | | | |
| 2. | 46,65339 | 1388,767 | 1187474 | 96252,31 | 18,62528 | 5167,832 |
| 3. | 39,68127 | 1389,078 | 1257930 | 70455,93 | 18,62528 | 3782,812 |
| 4. | 36,69323 | 1389,388 | 1295094 | 37164,64 | 18,62528 | 1995,387 |
| 5. | 34,9004 | 1389,698 | 1320049 | 24955,03 | 18,62528 | 1339,847 |
| 6. | 32,90837 | 1390,009 | 1350581 | 30532,17 | 18,62528 | 1639,287 |
| 7. | 31,71315 | 1390,319 | 1370536 | 19954,57 | 18,62528 | 1071,371 |
| 8. | 29,92032 | 1390,63 | 1403146 | 32609,89 | 18,62528 | 1750,841 |
| 9. | 29,12351 | 1390,94 | 1418804 | 15658,31 | 18,62528 | 840,7019 |
| 10. | 28,12749 | 1391,251 | 1439514 | 20709,84 | 18,62528 | 1111,921 |
| 11. | 26,53386 | 1391,561 | 1475616 | 36101,86 | 18,62528 | 1938,326 |
| 12. | 25,73705 | 1391,871 | 1495219 | 19602,85 | 18,62528 | 1052,486 |
| 13. | 25,33865 | 1392,182 | 1505452 | 10233,02 | 18,62528 | 549,4156 |

Untuk menentukan besar kelajuan muka gelombang kejut, dapat diperoleh melalui nilai $V_{rata-rata}$ atau dapat juga diperoleh dari nilai V_{median} . Dalam hal ini penulis menggunakan nilai V_{median} untuk pengolahan datanya. Berdasarkan data nilai kelajuan pada Tabel 3.3 di atas, didapatkan V_{median} sebesar 1695,06 km/s. Setelah nilai kelajuan partikel tersebut diperoleh, maka kita dapat menganalisisnya untuk kemudian dapat mengetahui kemungkinan sampainya partikel tersebut ke atmosfer Bumi.

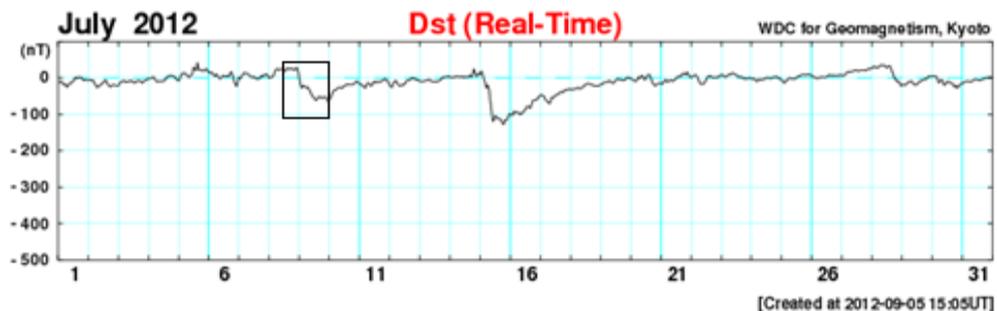
Pada contoh di atas, dengan nilai kelajuan sebesar 1695,06 km/s, maka diperkirakan gelombang kejut akan sampai ke Bumi dalam jangka waktu:

$$\frac{150 \times 10^6 \text{ km}}{1695,06 \text{ km/s}} = 88492,44 \text{ s} = 24,52 \text{ jam}$$

dengan demikian, gelombang kejut akan mencapai atmosfer atas Bumi setelah kira-kira 24,52 jam sejak awal peristiwa semburan radio Matahari tipe II tersebut terjadi, yaitu sekitar tanggal 8 Juli 2012 pada pukul 5:25:07 UT.

- d. Lakukan pencocokkan data antara waktu tiba gelombang kejut hasil perhitungan berdasarkan peristiwa semburan radio Matahari tipe II dengan data Dst yang memperlihatkan grafik aktifitas magnet Bumi yang diunduh dari wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/.

Berdasarkan perolehan perhitungan kelajuan gelombang kejut di atas, bahwa diperkirakan akan terjadi fenomena di atmosfer atas Bumi pada tanggal 8 Juli 2012, kita dapat membandingkannya dengan data Dst sebagai indikator terjadinya badai magnet Bumi yang diakibatkan karena adanya peristiwa semburan radio Matahari tipe II. Berikut adalah data Dst yang terjadi pada bulan Juli 2012:



Gambar 3.4 Grafik data Dst sepanjang bulan Juli 2012.

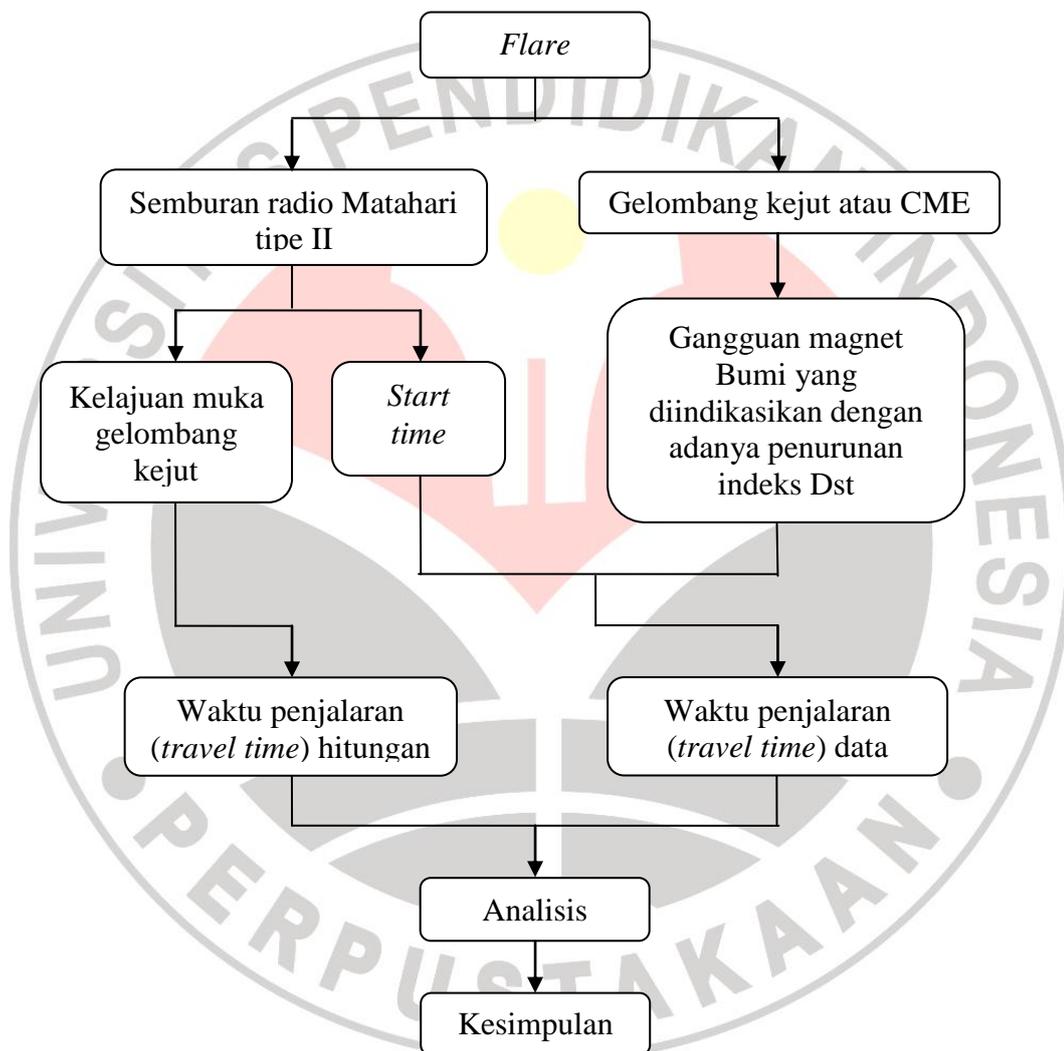
(Sumber: wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/)

e. Analisis data

Setelah dicocokkan dengan data Dst, ternyata tepat pada tanggal 8 Juli 2012 terjadi penurunan grafik Dst, yang mana hal tersebut menunjukkan bahwa pada saat itu sedang terjadi badai magnet Bumi. Dengan demikian, kesimpulannya adalah prediksi perhitungan akan munculnya badai magnet Bumi menggunakan semburan radio Matahari tipe II sebagai indikatornya adalah benar. Namun tentu saja prediksi tersebut tidak sepenuhnya sama. Terdapat perbedaan/selisih waktu (Δt) kejadian antara hasil perhitungan dengan kejadian sebenarnya. Waktu penjararan (*travel time*) berdasarkan perhitungan (*travel time* hitungan) diperoleh dengan cara membagi jarak Matahari – Bumi terhadap kelajuan gelombang kejutnya, sehingga akan didapatkan waktu penjararannya untuk sampai ke atmosfer atas Bumi. Sementara itu, merujuk pada data terjadinya badai magnet Bumi, waktu penjararan gelombang kejut berdasarkan data pengamatan (*travel time* data) diperoleh dengan cara menghitung beda waktu antara waktu awal terjadinya semburan radio Matahari tipe II dengan waktu puncak Dst. Alasan diambilnya waktu puncak Dst karena sulitnya menetapkan waktu awal terjadinya badai. Selanjutnya perbedaan antara *travel time* hitungan dan *travel time* data akan dibandingkan sehingga diperoleh nilai sesatannya atau kesalahannya.

E. Bagan Prosedur Penelitian

Dari seluruh rangkaian langkah-langkah yang dilakukan dalam proses penelitian, secara sederhana disajikan dalam bagan prosedur penelitian seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.5 berikut:



Gambar 3.5 Bagan prosedur penelitian