

KONSEP NOISE TEMPERATUR DALAM PENGAMATAN RADIO MATAHARI

SURATNO

Bidang Matahari dan Antariksa,
Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa – LAPAN
e-mail: suratno@bdg.lapan.go.id

ABSTRAK. Dalam perancangan awal peralatan teleskop radio matahari perlu ditinjau konsep noise temperatur. Konsep ini menjadi dasar penting untuk mendapatkan sensitivitas atau sinyal minimum yang dapat dideteksi oleh suatu sistem penerima radio. Sensitivitas akan tergantung pada lebar pita frekuensi sistem dan atau waktu integrasi dari sistem deteksinya. Bagian deteksi awal sangat berperan pada kepekaan penerimaan sinyal dari sistem, sehingga harus menggunakan komponen-komponen yang memiliki noise internal yang rendah, saluran transmisi dengan faktor kehilangan daya yang rendah pula. Hasil telaah radiospektrograf matahari yang dioperasikan di Stasiun Pengamat Dirgantara Tanjungsari telah memenuhi syarat untuk dioperasikan dalam pengamatan noise radio matahari khususnya untuk pengamatan semburan radio matahari.

ABSTRACT. Noise temperature is a concept used in designing the solar radio telescope equipments. This concept is an important basis for getting the sensitivity or minimum detectable signal of the receiver system. The sensitivity of solar radiometer depends on the bandwidth and/or integration time of detection section. The predetection section of radiotelescope has important role for determining of the receiving system sensitivity, so that it has to use low noise as well as low power losses of the components and transmission line. The result of the study of the solar radiospectrograph which operated at Tanjungsari observatory shows that it fulfill the standard condition for observing the solar radio bursts.

KATA KUNCI: noise temperatur, semburan radio matahari, teleskop radio.

KEY WORDS: temperature noise, solar radio bursts, radio telescope.

1. Pendahuluan

Matahari dapat dipandang sebagai sebuah benda hitam yang akan memancarkan radiasi pada seluruh rentang panjang gelombang dengan intensitas radiasi yang mengikuti hukum radiasi Plank dengan kecerlangan radiasinya sebagai fungsi panjang gelombang. Namun pada rentang gelombang radio terjadi anomali, disebabkan terjadinya pemanasan korona matahari yang mencapai $\sim 10^6$ °K pada saat matahari tenang dan $\sim 10^9$ °K ketika matahari aktif (Dulk, 1986). Radiasi matahari pada gelombang radio ini mengikuti hukum radiasi Rayleigh-Jean, yaitu pendekatan pembatasan rentang panjang gelombang dari hukum Radiasi Planck.

Dalam kajian dan perancangan sistem pengamatan sumber radio alam seperti halnya sumber radio matahari ini tidak lepas dari konsep yang terkait dengan *noise* temperatur. Jika dilihat dari posisi pengamat (misalnya di landas bumi) sebuah sumber *noise* radio menduduki suatu area dan temperatur efektif tertentu. Sistem penerima *noise* ini akan efektif bila dapat mencakup area sumber *noise* tersebut. Tipe *superheterodyne* adalah sistem penerima radio yang umum untuk menangkap sinyal dari suatu sumber pada frekuensi tertentu. Antena akan menerima sinyal pada rentang frekuensi (bukan hanya frekuensi tunggal) dengan intensitas lemah, frekuensi tinggi dan mengandung atau memodulasi informasi yang menunjukkan fluktuasi sumber emisi. Oleh karena itu untuk mendapatkan informasi aktivitas suatu sumber radio, sinyal datang pada sistem penerima masih harus melalui proses-proses penyaringan (*filtering*), penguatan (*amplification*), pengubahan frekuensi yaitu *mixing* atau *heterodyning*, deteksi (*detection*) dan integrasi (*integration*). Informasi yang akan ditangkap menumpang pada frekuensi tersebut. Antena memiliki *noise* temperatur tertentu dan menangkap sinyal *noise* dari sumber luar sehingga mendapat tambahan *noise*. Tambahan *noise* ini akan dideteksi dan menjadi keluaran dari sistem penerima, berfluktuasi sesuai dengan tingkat aktivitas sumber *noise* (misalnya dari aktivitas matahari).

Untuk mengamati fluktuasi intensitas sumber emisi radio matahari, antena perlu diarahkan ke sumbernya. Jika dilihat dari bumi diameter matahari adalah sebesar 32'' ($\sim 0,533^\circ$), sementara posisi sumber *noise* radio berada di atas permukaan matahari (kromosfer dan atau di korona tergantung frekuensinya. Posisi ini dapat diturunkan dengan menggunakan model kerapatan plasma di korona matahari (Newkirk, 1961, 1967; Caroubalos, et al., 2004).

Pada studi ini, dilakukan juga telaah radiospektrograf matahari yang dioperasikan di Stasiun Pengamat Dirgantara (SPD) Tanjungsari LAPAN yang digunakan untuk pengamatan semburan radio matahari (*solar radio bursts*).

2. Radiasi Benda Hitam

Setiap benda dapat dipandang sebagai sebuah benda hitam, termasuk matahari. Intensitas radiasi benda hitam akan mengikuti hukum radiasi Planck dengan kecerlangan radiasinya sebagai fungsi panjang gelombang, menurut hubungan

$$B_\lambda = \frac{2kThc^2}{\lambda^5} \times \frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1} \quad (2.1)$$

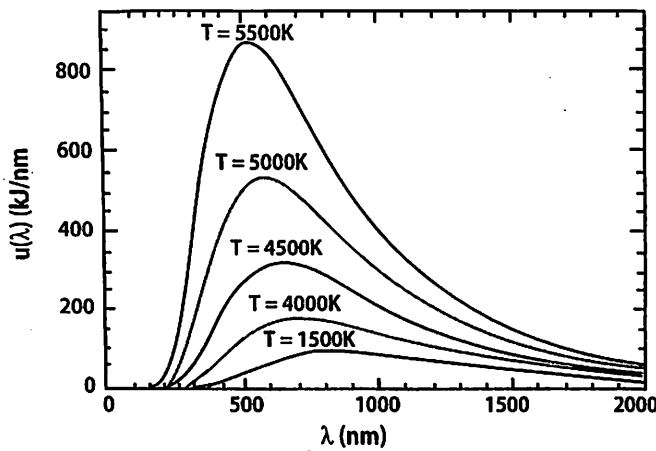
Dengan B_λ = kecerlangan, watt $m^{-2} rad^{-2}$
 h = konstanta Planck, $6,63 \times 10^{-34}$ Joule s
 k = konstanta Boltzman, $1,38 \times 10^{-23}$ Joule K^{-1}
 λ = panjang gelombang, m
 c = kecepatan cahaya, 3×10^8 ms^{-1}

Gambar 2.1. adalah diagram yang menunjukkan panjang gelombang maksimum dan radiasi total suatu benda hitam untuk temperatur berturut-turut 3500, 4000, 4500, 5000 dan 5500 °K.

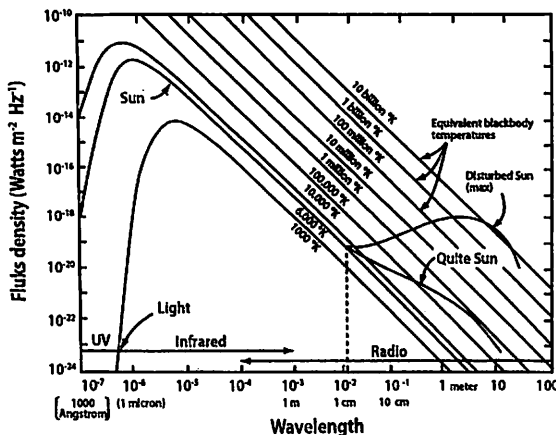
Namun untuk radiasi matahari, hukum radiasi Planck mengalami anomali pada rentang gelombang radio (Gambar 2.2). Anomali ini disebabkan terjadinya pemanasan korona matahari yang mencapai $\sim 10^6$ °K pada saat matahari tenang dan $\sim 10^9$ °K ketika matahari aktif. Pemanasan korona disebabkan oleh proses pemanasan oleh gelombang (*wave heating*) dan karena proses rekoneksi magnetik (*magnetic reconnection*) atau kombinasi keduanya.

Radiasi matahari pada gelombang radio ini dapat didekati dengan hukum radiasi *Rayleigh-Jean*, yaitu dengan pendekatan pembatasan rentang panjang gelombang dari hukum Radiasi Planck, yaitu

$$B_\lambda = \frac{2kT}{\lambda^2} \tag{2.2}$$



Gambar 2.1. Radiasi total suatu benda hitam sebagai fungsi dari panjang gelombang untuk temperatur yang berbeda-beda (http://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_radiation)



Gambar 2.2. Variasi rapat fluks matahari nampak pada suhu 6000 K untuk panjang gelombang lebih kecil dari 1 cm, sedangkan pada gelombang diatasnya suhu akan meningkat. Ada perbedaan antara suhu ketika matahari tenang (*quiet sun*) dan ketika matahari aktif (*disturbed sun*) (Kraus, 1966).

3. Noise Temperatur Sumber Radio dan Noise Antena

Noise temperatur sumber radio

Sebuah sumber *noise* radio yang datang pada suatu area yang membentuk sudut angular Ω_s terhadap pengamat, dengan temperatur efektif T_{eff} , maka rapat fluks adalah

$$B = \frac{2kT_{ef}}{\lambda^2} \Omega_s \cdot \text{watt m}^{-2} \text{ Hz}^{-1} \quad (3.1)$$

Ω_s adalah luas angular sumber *noise* (rad^2)

Daya yang diterima oleh antena dengan luas efektif A_e dengan pola daya (*power pattern*) $P(\theta, \varnothing)$ per satuan lebar pita (*bandwidth*), adalah

$$p = \frac{1}{2} A_e \iint B_\lambda(\theta, \varnothing) P(\theta, \varnothing) d\Omega \text{ Watt Hz}^{-1} \quad (3.2)$$

Anggap sumber *noise* konstan untuk seluruh luasan angular (B), maka persamaan 3.1 masuk ke pers. 3.2, diperoleh

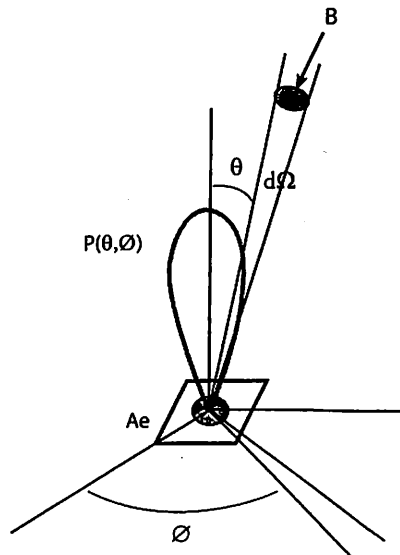
$$p = \frac{1}{2} A_e B \iint P(\theta, \varnothing) d\Omega \quad (3.3)$$

$\iint P(\theta, \varnothing) d\Omega$ adalah Ω_A sudut ruang (*pattern solid angle*) dari antena disebut juga *Beam Width* (BW), sehingga persamaan 3.3 menjadi

$$p = \frac{1}{2} A_e B \Omega_A \quad (3.4)$$

Daya total untuk suatu lebar pita $\Delta\nu$ adalah

$$P = \frac{1}{2} A_e B \Omega_A \Delta\nu \text{ Watt} \quad (3.5)$$



Gambar 3.1. Diagram sumber noise dan pola arah antena.

Noise temperatur antena

Antena berfungsi sebagai kolektor gelombang radio yang datang dari sumber *noise* angkasa. Seberapa besar daya yang diterima oleh antena dapat dijelaskan dengan konsep penangkapan radiasi gelombang radio apabila antena berada didalam ruang penyerap benda hitam (Gambar 3.2).

Daya per satuan lebar pita yang diterima oleh antena adalah

$$p = k T_A \quad (3.6)$$

p = daya per satuan lebar pita , wattHz^{-1}

k = konstanta Boltzman,

$$1,38 \times 10^{-23} \text{ Joule K}^{-1}$$

T = temperatur, $^{\circ}\text{K}$

Apabila lebar pita penangkapan adalah Δv , maka daya total yang diterima adalah

$$P_A = k T_A \Delta v \text{ Watt} \quad (3.7)$$

Δv lebar pita (Hz)

Panjang gelombang radiasi efektif yang ditangkap tergantung pada luas efektif antena dan polanya. Hal ini dapat dijelaskan dengan menganalogikan antena pemancar (Gambar 3.3.), bahwa daya yang dipancarkan antena dengan Intensitas medan listrik E_a (volts/meter) antena dengan luas A (m^2), dengan impedansi Z (Ohm m^{-2}), adalah

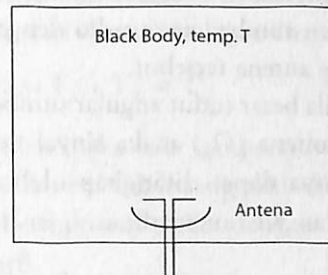
$$P_A = \frac{E_a}{Z} A \quad (3.8)$$

Daya ini juga dapat dinyatakan pada jarak r dengan medan listrik E_r dari antena, yaitu

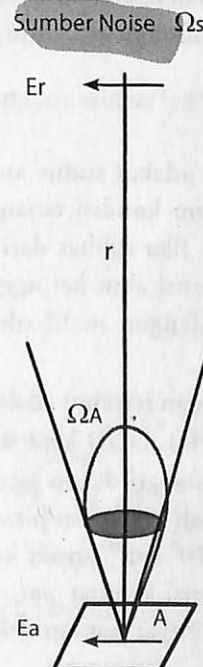
$$P_A = \frac{E_r}{Z} r^2 \Omega_A \quad (3.9)$$

Respons antena dalam penerimaan sinyal *noise* tergantung pada arah pola (*pattern*) antena, hubungan antara E_a dan E_r adalah

$$E_r = \frac{E_a}{r \lambda} A \quad (3.10)$$



Gambar 3.2. Antena berada didalam ruang penyerap radiasi.



Gambar 3.3. Radiasi yang dipancarkan oleh antena dengan medan listrik uniform (E_a) dan medan listrik pada jarak r dari antena (E_r).

Dengan meninjau persamaan-persamaan 3.8, 3.9 dan 3.10, akan diperoleh

$$\lambda^2 = A\Omega_A \quad (3.11)$$

Sehingga persamaan 3.1 dapat diubah menjadi

$$B_{\text{obs}} = \frac{2kT_{\text{ef}}}{A_c\Omega_A} \Omega_S \quad (3.12)$$

yang menyatakan kerapatan fluks antena dengan sudut ruang Ω_A yang menangkap *noise* dari suatu sumber *noise* radio dengan dengan area yang membentuk sudut angular Ω_S terhadap antena tersebut.

Bila besar sudut angular sumber *noise* (Ω_S) lebih kecil dari besar sudut ruang (*beam width*) antena (Ω_A) maka sinyal *noise* yang ditangkap oleh antena dari area tersebut seluruhnya dapat ditangkap oleh antena. Sehingga perbandingan $\Omega_S/\Omega_A = 1$, dan persamaan 3.12 menjadi

$$B_{\text{obs}} = \frac{2kT_{\text{ef}}}{A_c} \text{ watt m}^{-2} \text{ Hz}^{-1} \quad (3.13)$$

Daya antena diindikasikan sebagai daya yang datang dari suatu sumber *noise* radio dengan *noise* temperaturnya sebesar T_0 . Dengan demikian maka *noise* temperatur antena T_A menjadi identik dengan *noise* temperatur sumber T_0 . Besarnya *noise* T_0 dalam hubungannya dengan temperatur efektif (T_{eff}) dari sumber dan beam width (BW) antena memenuhi hubungan (Kundu, 1965)

$$T_0 = T_{\text{eff}} \frac{\theta_{\text{quiet}}}{\text{BW}} \text{ watt m}^{-2} \text{ Hz}^{-1} \quad (3.14)$$

dengan θ_{quiet} adalah sudut angular (dalam satuan derajat) sumber *noise* radio ketika matahari dalam kondisi tenang dilihat dari landas bumi dimana peralatan radiometer ditempatkan. Jika dilihat dari bumi diameter matahari adalah sebesar 32" ($\sim 0,533^\circ$). Sementara posisi atau ketinggian sumber *noise* radio dari permukaan matahari dapat diturunkan dengan melibatkan frekuensi plasma dan kerapatan plasma di korona matahari.

Hubungan tersebut adalah $f = 8,98\sqrt{N(R)}$, dengan $N(R) = N_0 \times 10^{4,32/R}$, dengan f frekuensi (Hz), $N(R)$ kerapatan plasma sebagai fungsi ketinggian dan R adalah jarak dari pusat matahari dalam satuan jejari matahari ($R_0 = 6,95 \times 10^5$ km) dan $N_0 = 4,2 \times 10^4 \text{ cm}^{-3}$ adalah kerapatan plasma pada saat matahari tenang (Newkirk, 1961, 1967) dan $N_0 = 8,3 \times 10^4 \text{ cm}^{-3}$ untuk kondisi matahari aktif (Caroubalos, et al., 2004). Dengan demikian posisi sumber *noise* radio matahari sesuai dengan frekuensi tertentu dapat dinyatakan sebagai (satuan dalam dinamis besar)

$$R_0 = \frac{2,16}{\log f - 5,7883} \quad (3.15)$$

Dengan hubungan ini maka ketinggian posisi sumber *noise* radio dapat dilakukan pendekatan dan dapat dinyatakan dalam luas area sumber dalam sudut radial (θ).

4. Sistem Radiometer

Dalam hal peninjauan *noise* temperatur ini, radiometer dapat dibagi menjadi dua bagian besar (Gambar 4.1) yaitu antena dan receiver (Rx), sehingga daya sistem (P_{sis}) ini merupakan penjumlahan daya antena (P_A) dan daya receiver (P_R).

$$P_{sis} = P_A + P_R \quad (4.1)$$

Receiver juga memiliki *noise* internal yang disebabkan oleh *noise* termal komponen-komponen, shot *noise* dan *noise* internal lainnya. Daya dari sistem ini dapat dinyatakan

$$P_{sis} = P_A + P_R = k(T_A + T_R)\Delta\nu, \text{ dimana } T_A + T_R = T_{sis} \quad (4.2)$$

Jika antena menangkap sinyal *noise* dari sumber luar maka *noise* temperatur antena T_A akan mendapat tambahan *noise* sebesar ΔT . Tambahan *noise* ΔT yang akan dideteksi dan menjadi luaran dari sistem penerima dan akan berfluktuasi sesuai dengan tingkat aktivitas sumber *noise* (misalnya dari aktivitas matahari).

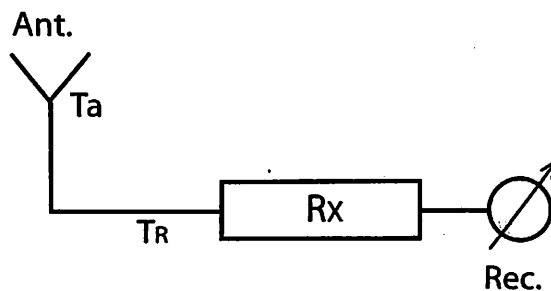
Noise temperatur minimum ΔT_{min} yang dapat dideteksi oleh sistem radiometer adalah (Krauss, 1966)

$$\Delta T_{min} = \frac{T_{sis}}{\sqrt{\Delta\nu \cdot \tau}} \quad (4.3)$$

dengan waktu integrasi efektif dari sistem radiometer (terkait dengan sistem detektor dan integrator) dan $\Delta\nu$ lebar pita sistem radiometer (yang ditentukan oleh sistem penerima yang terkecil yaitu bagian *post detection*).

Sehingga intensitas sinyal *noise* minimum yang dapat dideteksi oleh sistem radiometer (sensitivitas sistem penerima), adalah

$$\Delta P_{min} = \frac{2k\Delta T_{min}}{A_{eff} \sqrt{\Delta\nu \cdot \tau}} \quad (4.3)$$



Gambar 4.1. Diagram blok sistem radiometer untuk pengamatan *noise* radio.

Apabila radiometer akan digunakan untuk melakukan pengamatan radio matahari, maka radiometer harus mampu atau memiliki kepekaan penerimaan daya dari sumber radio matahari ketika matahari dalam keadaan tenang (*quiet sun*).

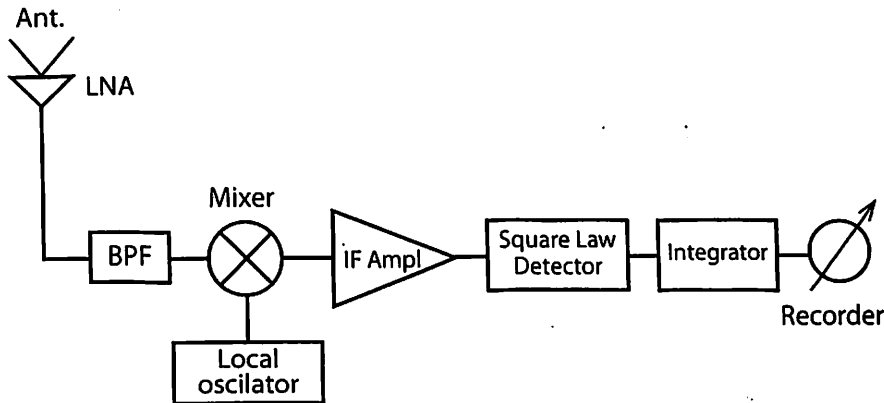
Persamaan 4.3 dan persamaan 4.4, terdapat faktor lebar pita (ν) dan waktu integrasi (τ) dari sistem untuk menghitung *noise* temperatur minimum (ΔT_{\min}) dan daya minimum (ΔP_{\min}) yang dapat dideteksi (*minimum detectable signal*). Pada persamaan 4.2 disebutkan bahwa *noise* temperatur sistem radiometer (T_{sis}) terdiri atas *noise* temperatur antena (T_A) dan *noise* temperatur penerima (T_R). Karena minimal radiometer harus mampu menangkap sinyal dari sumber radio matahari ketika matahari dalam keadaan tenang, maka *noise* temperatur antena (T_A) harus sama dengan *noise* temperatur sumber radio matahari (T_0). Apabila digunakan antena parabola, luas efektif antena (A_{eff}) adalah berkisar (secara pendekatan) antara 0,3-0,4 dari luas fisik (Allan, 1984), sedangkan lebar pita dan waktu integrasi ditetapkan sesuai dengan perancangan dari sistem radiometer.

Radiometer Tipe Superheterodyne

Tipe sistem penerima radio yang umum adalah tipe *superheterodyne*, yaitu sistem penerima yang akan menangkap sinyal dari suatu sumber pada frekuensi tertentu dengan melalui proses pencampuran dan penurunan frekuensi. Informasi yang akan ditangkap menumpang pada frekuensi tersebut. Frekuensi sinyal datang masih berupa spektra, oleh karena itu untuk mendapatkan informasi aktivitas suatu sumber radio, sinyal datang pada sistem penerima masih melalui proses-proses penyaringan (*filtering*), penguatan (*amplification*), pengubahan frekuensi yaitu *mixing* atau *heterodyning*, deteksi (*detection*) dan integrasi (*integration*).

Sinyal datang dari sumber dikumpulkan oleh antena, diteruskan ke penguat frekuensi tinggi yaitu berupa *Low Noise Amplifier* (LNA) dan sinyal diperkuat oleh sistem ini. Bagian ini disebut bagian *frontend*. Melalui saluran transmisi, sinyal akan diteruskan ke bagian *backend* (lihat Gambar 4.2). *Band Pass Filter* (BPF) berfungsi sebagai pembatas frekuensi dari sinyal yang datang sedemikian sehingga yang diteruskan ke tingkat berikutnya hanya sinyal dengan frekuensi di sekitar frekuensi yang diinginkan.

Pada bagian *backend*, sinyal melalui proses *mixing* atau *heterodyning* dengan mixer dan osilator lokal sebagai komponennya. Proses ini adalah pengubahan frekuensi dari frekuensi tinggi (*high frequency*) ke frekuensi menengah (*intermediate frequency*) tanpa menghilangkan sinyal informasi. Selanjutnya sinyal diperkuat dengan penguat frekuensi menengah (*IF amplifier*) sehingga mempermudah dalam proses deteksi dan integrasi untuk memperoleh informasi yang diinginkan. Sistem deteksinya digunakan detektor hukum pangkat (*square law detector*), yaitu sistem deteksi sedemikian sehingga keluaran sinyal akan berbanding lurus dengan daya masukannya. Integrator sebenarnya merupakan bagian dari sistem deteksi, yaitu mengakumulasikan daya sinyal untuk selang waktu tertentu.



Gambar 4.2. Diagram blok sistem penerima tipe superheterodyne.

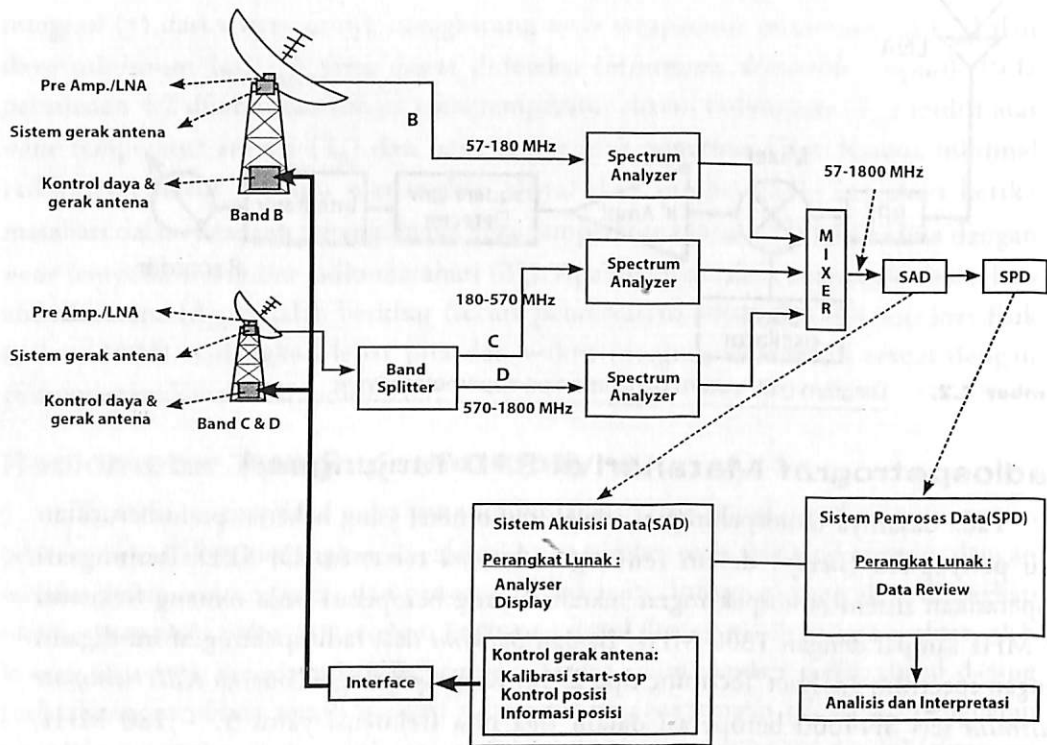
Radiospektrograf Matahari di SPD Tanjungsari

Pada dasarnya radiospektrograf adalah radiometer yang bekerja secara berurutan atau penyapuan (*sweep*) dalam rentang frekuensi tertentu. Di SPD Tanjungsari dioperasikan sistem radiospektrograf matahari yang beroperasi pada rentang frekuensi 57 MHz sampai dengan 1800 MHz. Bagian *backend* dari radiospektrograf ini diganti dengan spectrum analyzer Tectronic tipe 2712. Radiospektrograf buatan *KEL Aerospace Australia* seri SN4000 beroperasi dalam tiga pita frekuensi yaitu 57 – 180 MHz, 180 – 570 MHz dan 570 – 1800 MHz berturut-turut diberi sebutan band B, C dan D. Perancangan awal radiospektrograf ini dibangun untuk beroperasi pada rentang frekuensi 18 MHz sampai 1800 MHz, dengan band A pada pita frekuensi 18 – 57 MHz. Karena peralatan tidak lagi dapat beroperasi secara optimal, maka peralatan ini telah direnovasi dengan penggantian subsistem yang lebih baru khususnya sistem akuisisi dan sistem pemroses data.

Spectrum Analyzer sebagai pengganti bagian *backend* adalah sistem yang difungsikan sebagai sistem penerima sinyal *noise* matahari yang telah dikumpulkan oleh antenna dan diterima oleh bagian predeteksi yaitu penguat awal *noise* rendah (LNA). Penggantian ini bahkan menjadi lebih baik karena sistem akuisisi data, sistem pemroses data dan pencatatan (*recording*) dilakukan secara digital (*Digital Signal Processing*). Gambar 4.3 adalah diagram blok radiospektrograf yang dioperasikan di SPD Tanjungsari tersebut.

Untuk mengetahui sensitivitas dari sistem radiospektrograf matahari ini, digunakan persamaan 4.4 dan terkait dengan persamaan-persamaan sebelumnya dalam menentukan *noise* temperatur minimum (ΔT_{\min}), luas efektif antenna (A_{eff}), lebar pita sistem (ν) dan waktu integrasi (τ) sistem deteksinya.

Tabel 4.1 adalah contoh hasil hitungan sistem radiospektrograf dalam menentukan kepekaan atau sinyal minimum yang mampu dideteksi. Frekuensi dalam contoh ini ditetapkan pada frekuensi terendah (57 MHz) dan frekuensi tertinggi (1800 MHz)



(a)



(b)

Gambar 4.3. Blok diagram radiospektrograf matahari (a) dan gambar foto fisik antenna dan sistem deteksi radiospektrograf (b) yang dioperasikan di Stasiun Pengamat Dirgantara (SPD) Tangjungsari LAPAN. Beroperasi pada rentang frekuensi 57-1800 MHz.

dan frekuensi-frekuensi lain yang diantara kedua frekuensi tersebut (tidak ada kriteria tertentu dalam pemilihan frekuensi ini). *Noise* temperatur efektif (T_{eff}) sumber radio pada frekuensi terkait dilakukan secara pendekatan berdasarkan panjang gelombang dalam distribusi *Rayleigh*. Luas area sumber (θ) ditetapkan berdasarkan perhitungan ketinggian sumber dari model Newkirk, *beam width* antenna ditetapkan $2,5^\circ$, T_0 dihitung dengan menggunakan persamaan 3.14. Luas efektif antenna (A_{eff}) ditetapkan dengan pendekatan minimum yaitu 0,3 kali luas fisik antenna, dengan antenna untuk band B berdiameter 13 meter dan antenna band C dan D berdiameter 5 meter. Lebar pita frekuensi atau *band width* (ν) adalah 39 MHz untuk band B dan 12,3 MHz untuk band C dan D yang ditetapkan dari masing-masing *spectrum analyzer* yang digunakan. Sedangkan waktu integrasi (τ) ditetapkan didasarkan atas waktu penyapuan dari setiap band yaitu 0,75 detik untuk seluruh pita frekuensi. Pada setiap band (B, C dan D) terbagi menjadi 512 kanal secara linier, sehingga untuk setiap kanal memiliki waktu integrasi $0,75/512$ atau 0,001469 detik. Dengan demikian dapat dihitung kerapatan fluks sumber *noise* (kolom 9) dan daya minimum yang dapat dideteksi oleh sistem radiospektrograf matahari (kolom 10, dalam satuan dBm) yang dioperasikan di SPD Tanjungsari tersebut.

Tabel 4.1. Hasil perhitungan untuk menetapkan daya minimum yang dapat dideteksi oleh sistem radiospektrograf.

Frek (MHz)	T_{eff} (K)	θ (der)	BW (der)	T_0 (K)	A_{eff} (m^{-2})	$\Delta\nu$ (MHz)	τ (detik)	ΔS_{min} ($\text{Wm}^{-2}\text{Hz}^{-1}$)	Daya (dBm)
1800	100000	0,866	2,5	34624,33	5,8875	39	0,001469	6,88903E-22	-101,019
1000	200000	0,892	2,5	71361,42	5,8875	39	0,001469	1,40944E-21	-97,9099
570	300000	0,922	2,5	110582,9	5,8875	39	0,001469	2,1787E-21	-96,0184
400	400000	0,943	2,5	150839,1	5,8875	12,3	0,001469	5,28544E-21	-97,1811
180	500000	1,000	2,5	200059,1	39,7995	12,3	0,001469	1,03616E-21	-95,9582
100	700000	1,054	2,5	295173,4	39,7995	12,3	0,001469	1,52755E-21	-94,2725
57	1000000	1,119	2,5	447525,8	39,7995	12,3	0,001469	2,31466E-21	-92,4676

5. PENUTUP

Emisi radio dari suatu sumber radio alam adalah berupa *noise*, sehingga *noise* yang dipancarkan ini sering disebut sinyal *noise*. Radiometer yang beroperasi pada frekuensi tunggal atau yang beroperasi pada frekuensi dalam pita tertentu (radiospektrograf) adalah peralatan untuk mendeteksi sinyal *noise* sumber radio alam tersebut. Sensitivitas atau sinyal minimum yang dapat dideteksi (*minimum detectable signal*) oleh suatu sistem penerima radio dapat ditingkatkan dengan cara menambah lebar pita frekuensi sistem dan atau meningkatkan waktu integrasi dari sistem deteksinya. Tetapi cara ini menambah

tingkat *noise* lain yang bukan sinyal *noise* yang diinginkan, tetapi bila bila mempersempit lebar pita dan atau memperkecil waktu integrasi akan mengurangi kepekaannya.

Bagian dari sistem yang berperan penting dalam penentuan sensitivitas ini adalah pada bagian deteksi awal (*predetection section*), khususnya penerima/penguat awal (*pre amplifier*). Penguat awal ini akan menangkap sinyal *noise* pada frekuensi tinggi. Untuk itu harus menggunakan komponen-komponen yang memiliki *noise* temperatur internalnya yang rendah (*low noise*) sehingga disebut *low noise amplifier* (LNA). Karena masih akan menyalurkan sinyal pada frekuensi tinggi, maka harus menggunakan saluran transmisi dengan faktor kehilangan daya (*power loss*) dan *noise* internal yang rendah pula.

Hasil telaah radiospektrograf matahari yang dioperasikan di SPD Tanjungsari LAPAN telah memenuhi syarat untuk dioperasikan dalam pengamatan *noise* radio matahari khususnya untuk pengamatan semburan radio matahari (*solar radio bursts*).

Daftar Pustaka

- Allan W.L., 1984, *Horn Antena*, Antenna Engineering Handbook, Mc Graw-Hill Book Co.
- Caroubalos, C., Hillaris A., Bouratzis C., Alisandrakis C.E., Prekapadema P., Polygiannkis J., Tsitsipis P., Kontogeorgos A., Moussas X., Bougeret J.L., Dumas G., and Perche C., 2004, *Solar type II and type IV radio burts observed during 1998-2000 with the ARTEMIS-IV radiospectrograph*, *Astron. & Astrophys.* 413, 1125-1133.
- Dulk, G.A., 1986, *The solar atmosphere, solar magnetism and solar activity*, in *Solar radio Physics*, 19-36, ed. Mc. Lean & Labrum,
- Krauss, J.D., 1963, *Radio Astronomy*, Mc. Graw-Hill Book Co.
- Kundu, M.R., 1963, *Solar Radio Astronomy*, Interscience Publisher.
- Newkirk, G. Jr. (1967). *Structure of solar corona*. *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, 5, 213.
- Newkirk, G.Jr., 1961, *The Solar Corona in Active Regions and the Thermal Origin of the Slowly Varying Component of Solar Radio Radiation*. *Astrophys. J.*, 133, 983.

Matahari dan Lingkungan Antariksa

Pada awalnya Buku Ilmiah ini bertema “Matahari dan Lingkungan Bumi”; yang pertama diterbitkan tahun 2000. Nama ini berlangsung hanya sampai edisi kedua tahun 2001. Atas usulan para peneliti dan dengan mempertimbangkan makalah yang masuk di meja redaksi memuat ruang lingkup yang semakin luas maka temanya dirubah menjadi “Matahari dan Lingkungan Antariksa”. Pertama terbit pada tahun 2003, dan alpa (tidak aktif dan tidak terbit) sampai dengan tahun 2007. Dua tahun berurutan (2008, 2009) mulai aktif dan kini terbit untuk seri yang ke-empat tahun 2010.

Edisi 2010 buku ilmiah “Matahari dan Lingkungan Antariksa” ini, berisi 10 (sepuluh) makalah yang membahas tentang sinar kosmik, semburan radio matahari, aktivitas matahari ekstrim, distribusi partikel energetik, orbit satelit dan sampah antariksa, usulan kriteria tunggal hisab rukyat di Indonesia, penentuan arah kiblat, dan peralatan serta perancangan yang terkait dengan pengamatan matahari.

Penerbit DIAN RAKYAT

Jl. Rawagelam I No. 4, Kawasan Industri
Pulogadung, Jakarta 13930
Telp. 021 460 4444, Fax. 021 460 9115
www.dianrakyat.co.id



B6326

ISBN 978-979-078-317-1



9 789790 783171