



# ANALISIS INTERFERENSI FREKUENSI RADIO UNTUK OPTIMALISASI KONFIGURASI FREKUENSI SPEKTROMETER CALLISTO

(Radio Frequency Interference Analysis To Optimize Frequency Configuration Of Callisto Spectrometer)

Timbul Manik dan Mario Batubara

Pusat Sains Antariksa,

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

e-mail: [timbul.manik@lapan.go.id](mailto:timbul.manik@lapan.go.id)

## ABSTRAK

### Riwayat Artikel:

Diterima: 19-11-2015

Direvisi: 16-10-2016

Disetujui: 19-10-2016

Diterbitkan: 24-10-2016

### Kata kunci:

Callisto, Interferensi frekuensi radio (RFI), Konfigurasi frekuensi

Spektrometer Callisto (*Compound Astronomical Low-frequency, Low-cost Instrument for Spectroscopy in Transportable Observatories*) dirancang untuk bekerja pada rentang frekuensi yang lebar antara 45-870 MHz, dibagi dalam sejumlah kanal yang diinginkan setiap detiknya dengan menetapkan konfigurasi frekuensi (*frequency configuration*). Dalam kenyataannya, penetapan konfigurasi frekuensi ini sangat tergantung pada kondisi kepadatan penggunaan frekuensi radio di lokasi pengamatan, yang dapat diketahui dari pengukuran interferensi frekuensi radio atau *Radio Frequency Interference (RFI)*. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis pengukuran RFI di lokasi pengamatan untuk memperoleh konfigurasi frekuensi Callisto yang optimal dan untuk meningkatkan kualitas penerimaan Callisto sehingga pengamatan emisi radio matahari dapat dilakukan dengan lebih baik. Metoda yang dilakukan adalah melakukan pengukuran penggunaan spektrum frekuensi radio secara teratur pada periode tahun 2015, mengolah data hasil pengukuran RFI secara statistik, mengidentifikasi interferensi (transmisi) radio yang dominan untuk suatu periode waktu tertentu. Selanjutnya dengan mengeliminir frekuensi radio yang mengalami interferensi kuat pada rentang frekuensi kerja Callisto, dapat ditetapkan konfigurasi frekuensi yang paling optimal pada pengamatan Callisto. Selain itu, interferensi pada pita frekuensi yang sudah dialokasikan untuk penelitian antariksa dan astronomi pada rentang frekuensi tersebut dapat dilaporkan ke otoritas pengelola frekuensi..

## ABSTRACT

### Keywords:

Callisto, Radio frequency interference (RFI), Frequency configuration

Callisto (*Compound Astronomical Low-frequency, Low-cost Instrument for Spectroscopy in Transportable Observatories*) Spectrometer designed to work in wide band frequency between 45-870 MHz, divide in intended several channel every seconds by settled frequency configuration. In fact, settkled frequency configuration is much depend on condition of using radio frequency in the observation site, which will be know from measurement of radio frequency interference (RFI). Hence, analysis of RFI measurement in the site is necessary to obtain optimum Callisto frequency configuration and to enhance receiving quality of Callisto and to enhance observation solar radio

emission. The method is by conducting regular measurement of RFI in 2015, its statistical analysis, identify strong radio interferences in certain periods. Then, by eliminates strong radio interferences in Callisto working frequency, the optimum frequency configuration for Callisto observation could be settled. Moreover, the interference in the frequency band which has been allocated for space and astronomy research in the observation site could be reported to the frequency regulation authority.

## 1. Pendahuluan

Jaringan e-Callisto (*Compound Astronomical Low-frequency and Low-cost Instrument for Spectroscopy in Transportable Observatories*) tersebar di lebih dari 40 negara, dan dimanfaatkan oleh para peneliti dan praktisi di lebih dari 100 negara di dunia.

Jaringan e-Callisto memantau aktivitas matahari di seluruh dunia 24 jam terus menerus. Callisto LAPAN Sumedang mulai beroperasi bulan Agustus 2014, dan bergabung dengan jaringan e-Callisto sejak awal tahun 2015 (Manik et al., 2015), serta telah berkontribusi memberi informasi aktivitas matahari dari wilayah ekuator, (Monstein, 2014). Callisto di Indonesia direncanakan akan dioperasikan juga di wilayah tengah dan wilayah Timur Indonesia, yaitu di Tomohon Manado ( $1,22^{\circ}$  LU;  $124,63^{\circ}$  BT) dan di Biak Papua ( $1,08^{\circ}$  LS,  $136,05^{\circ}$  BT), sambil menunggu perkembangan pembangunan Observatorium Nasional di Gunung Timau Nusa Tenggara Timur ( $9,59^{\circ}$  LS;  $123,94^{\circ}$  BT), yang kelak akan ditetapkan sebagai lokasi pengamatan Callisto di wilayah tengah Indonesia.

Callisto bekerja pada rentang frekuensi yang lebar dari VHF sampai dengan UHF pada 45-870 MHz. Spektrum frekuensi tersebut banyak digunakan untuk berbagai keperluan, dengan atau tanpa alokasi penggunaan frekuensi yang diatur oleh Dirjenpostel Kemenkominfo, mulai dari *broadcasting* radio, komunikasi publik, kepolisian dan militer, down link satelit, *broadcasting* televisi, selular dan lain-lain. Semua ini berpotensi mengganggu penerimaan Callisto karena interferensi frekuensi radio yang ditimbulkannya, khususnya untuk lokasi pengamatan yang tidak terlalu jauh dari pemukiman penduduk. Lokasi pengamatan yang terpencil mempunyai masalah yang lebih sederhana/ringan terkait dengan interferensi ini. Oleh karena itu, diperlukan strategi pengamatan dengan Callisto untuk menyikapi/mengantisipasi interferensi. Strategi yang dimaksud adalah penetapan konfigurasi frekuensi Callisto yang sangat tergantung pada

kondisi kepadatan penggunaan frekuensi di suatu lokasi, sehingga kualitas penerimaan Callisto dapat dijaga/ditingkatkan dan pengamatan radio matahari dapat dilakukan dengan lebih baik

Makalah ini membahas analisis pengukuran interferensi frekuensi radio di lokasi pengamatan Callisto untuk mengoptimalkan konfigurasi frekuensi penerimaan Callisto yang bebas dari interferensi frekuensi radio atau setidaknya rendah interferensinya, dengan menggunakan data hasil pengukuran spektrum frekuensi radio di lokasi stasiun Sumedang pada tahun 2015, mengolah data interferensi frekuensi radio sesuai kondisi sistem pengamatan terpasang, mengidentifikasi sumber interferensi yang dominan, mengeliminir frekuensi yang mengalami interferensi kuat pada rentang frekuensi kerja Callisto, dan kemudian menetapkan konfigurasi frekuensi yang paling optimal untuk pengamatan Callisto.

## 2. Tinjauan Pustaka

Kemajuan teknologi digital dan nirkabel menyebabkan penggunaan frekuensi radio untuk komunikasi meningkat sangat cepat. Hal ini mengakibatkan peningkatan pada interferensi frekuensi radio. Dilihat dari sumbernya, interferensi dapat disebabkan oleh kegiatan manusia baik disengaja (*intentional interference*) maupun tidak disengaja (*unintentional interference*), misalnya telepon tanpa kabel, perlengkapan internet tanpa kabel, satelit, televisi, termasuk peralatan listrik seperti peralatan komputer, laptop, radio, pemanas, mikrowave oven, pembersih debu, dll. Prasarana yang termasuk sumber interferensi meliputi juga kendaraan bermotor, jaringan listrik, pembangkit tenaga listrik dll. (NRAO, 2015, Abidin, 2015).

Pengamatan radio astronomi berbasis ruas bumi, termasuk Callisto, sangat rentan terhadap gangguan interferensi radio, terutama dari sinyal radio buatan manusia. Interferensi ini terjadi di semua spektrum dan bervariasi sepanjang waktu dan frekuensi. Ini adalah alasan yang terutama

kenapa pengamatan radio astronomi memerlukan suatu lokasi yang terpencil. Untuk mendapatkan suatu lingkungan pengamatan radio astronomi yang baik, seharusnya perlu diterapkan wilayah bebas frekuensi radio atau *Radio Quiet Zone* (RQZ).

Tujuan dasar dari menerapkan RQZ adalah untuk meminimalisasi potensi interferensi frekuensi radio terhadap astronomi radio atau layanan penerima pasif lainnya yang dioperasikan di lokasi tersebut, sehingga tidak terjadi interferensi yang saling membahayakan satu dengan lainnya (ITU-R, 2012).

Callisto saat ini dioperasikan di Stasiun LAPAN Sumedang (6,91° LS; 107,84° BT). Pada awalnya, Stasiun Sumedang merupakan daerah yang terpencil yang cukup aman dari interferensi radio. Namun seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan wilayah, Stasiun Sumedang yang dari awal tidak dipersiapkan memiliki RZQ, berubah menjadi daerah yang dikelilingi pemukiman, sehingga tidak dapat lagi dikategorikan sebagai daerah bebas interferensi radio (Suratno, 2014).

Dari namanya dapat diketahui bahwa Callisto adalah suatu peralatan spektrograph radio matahari yang kompak, murah, mudah dipindahkan. Callisto awalnya dibangun di ETH Zurich, dan dimaksudkan untuk menjadi peralatan untuk mempelajari dinamika korona matahari dan melakukan pengamatan radio pada panjang gelombang tertentu untuk memantau aktivitas matahari (McLean, D. J. and N. R. Labrum, 1985). Kegunaan utama Callisto adalah untuk pengamatan radio matahari, namun dapat juga digunakan untuk pengukuran interferensi frekuensi radio (Benz et al. 2005).

Spektrometer CALLISTO terdiri dari antena *log periodic* CLP5130-1N dengan *gain* yang tinggi, *Lightning Arrester* (LA) untuk melindungi modul CALLISTO dari sambaran petir, *low noise amplifier* (LNA) dengan *gain* yang tinggi dan sangat stabil, modul Callisto yang merupakan jantung dari sistem pengukuran bekerja pada frekuensi antara 45 – 870 MHz dengan resolusi frekuensi 62,5 KHz, kabel dengan rugi-rugi yang rendah, komputer untuk kontrol dan pemrosesan data serta perangkat lunak. Data yang diperoleh berbentuk *FITS-files* (biner) dan data ASCII berbentuk *ovs* dan *txt*. Data ditransfer melalui kabel RS-232 ke komputer, dan *subroutine* untuk operasional dibangun dengan menggunakan perangkat lunak IDL dan Phytion, dapat digunakan secara terus menerus untuk mengamati spektrum radio 24 jam/hari sepanjang tahun, dengan 13.200 kanal/spektrum (Benz et al., 2005).

### 3. Data dan Metode

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data pengukuran spektrum frekuensi radio di Stasiun Sumedang selama periode tahun 2015 dengan format ASCII berbentuk file *ovs*, yaitu file *overview spectral*. Sesuai dengan resolusi frekuensi Callisto 62,5 kHz, maka pengukuran spektrum frekuensi radio dilakukan setiap 62,5 kHz.

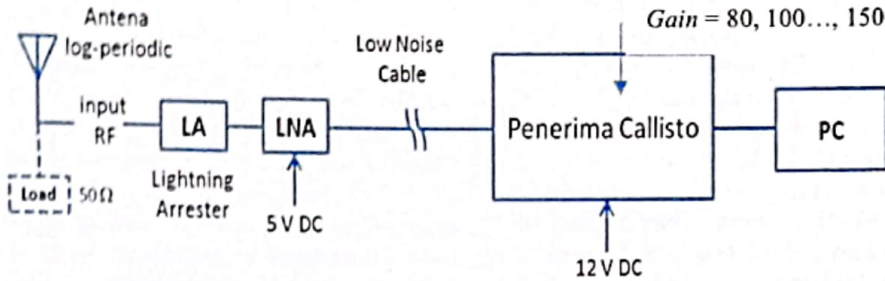
Spektrum frekuensi radio diukur menggunakan perangkat Callisto pada saat tidak melakukan pengamatan emisi radio matahari. Antena yang digunakan pada pengukuran ini adalah antena *log periodic* CLP5130-1N dengan 21 elemen, posisi statis yang diarahkan ke atas (ke *zenith*), bekerja pada rentang frekuensi 45 – 870 MHz dan dihubungkan dengan modul penerima Callisto yang berfungsi sebagai penganalisa spektrum menggunakan kabel rendah rugi-rugi dengan panjang 3 m ke LNA. LNA digunakan untuk memperkuat sinyal yang diterima sebelum diteruskan ke penerima CALLISTO menggunakan kabel yang kabel dengan rugi-rugi yang lebih rendah sepanjang 25 meter. Pengukuran spektrum frekuensi radio dilakukan setiap pukul 2300 UT setiap harinya secara teratur, dan data disimpan dalam format ASCII.

### 4. Pembahasan

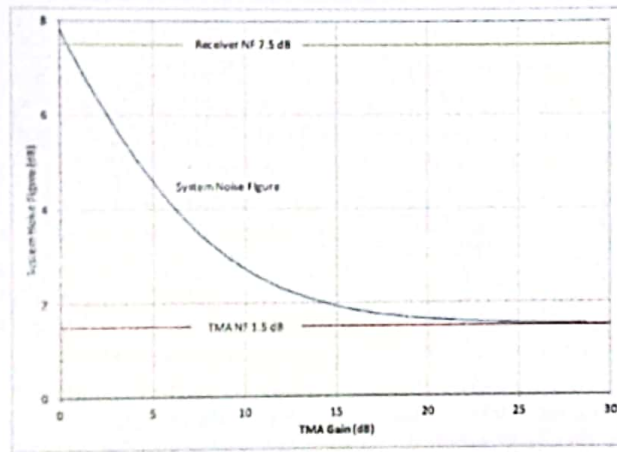
Analisis data spektrum dilakukan untuk data periode waktu tertentu selama pengukuran dilakukan, yaitu tahun 2015. Proses yang dilakukan adalah pengumpulan data pengukuran spektrum frekuensi di lokasi pengamatan Stasiun Sumedang. Data yang dianalisis adalah data pengukuran spektrum frekuensi selama tahun 2015. Data asli pengukuran spektral adalah dalam bentuk *power (mv)* vs frekuensi. Sebelum memulai pengukuran, dilakukan pengukuran referensi, yaitu dengan menggunakan *dummy load* 50 Ohm sebagai pengganti antena sebagaimana pada rangkaian pengukuran pada Gambar 1. Hasil pengukuran referensi ini kemudian disubstitusi ke nilai intensitas hasil pengukuran, lalu dikonversi ke nilai dB dengan sensitifitas 25,4 mV/dB sesuai sensitifitas pengukuran Callisto.

Blok diagram Spektrometer CALLISTO untuk pengamatan dan pengukuran di Sumedang adalah seperti pada Gambar 4-1. Spektrometer Callisto menggunakan *pre-amplifier* atau LNA sehingga akan berpengaruh terhadap rugi-rugi sistem. *Gain* LNA Callisto adalah = 20 dB. Maka berdasarkan grafik di pada

Gambar 4-2. diperoleh Noise Figure LNA = 1,64 dB.



Gambar 4-1. Blok diagram Spektrometer CALLISTO di lokasi Sumedang (Manik et al., 2014)



Gambar 4-2. Grafik nilai Noise Figure untuk berbagai nilai Gain LNA (Reeve and Monstein, 2007)

Untuk konfigurasi menggunakan pre-amplifier, maka temperatur rugi-rugi sistem (*system noise temperature*) adalah penjumlahan temperatur rugi-rugi angkasa dengan temperatur rugi-rugi LNA, diperoleh:

$$T_{sis} = T_{sky} + T_{LNA} \tag{4-1}$$

dengan  $T_{sis}$  adalah temperatur rugi-rugi sistem (*system noise temperature*),  $T_{sky}$  adalah temperatur rugi-rugi angkasa, untuk gelombang VHF diasumsikan 300 °K (berdasarkan ITU-R P372.8), dan  $T_{LNA}$  adalah temperatur rugi-rugi LNA.

$$T_{LNA} = T_0 \cdot (10^{\frac{NF}{10}} - 1) \tag{4-2}$$

dengan temperatur referensi,  $T_0 = 290^\circ\text{K}$ , dan NF adalah Noise Figure LNA. Sesuai grafik pada Gambar 4-1 diperoleh Noise Figure = 1,64 dB.

Dari persamaan 4-1 dan 4-2, diperoleh temperatur rugi-rugi 433 °K. Berdasarkan nilai ini, maka kerapatan flux daya atau Power Flux Density (PFD) akibat temperatur rugi-rugi sistem ini adalah mengikuti persamaan berikut:

$$PFD_{sis}[W] = k \cdot T_{sis} \tag{4-3}$$

dengan k adalah konstanta Boltzmann =  $1.38 \cdot 10^{-23}$  [W/Hz/K].

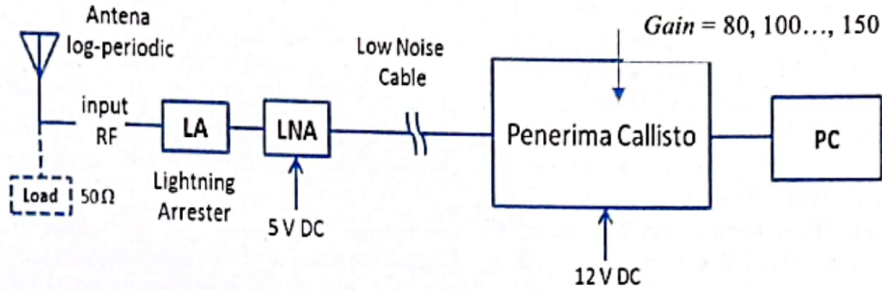
Untuk merubah nilai ini ke nilai dBm akan diperoleh dengan persamaan:

$$PFD_{sis}[dBm] = 10 \cdot \log_{10} \frac{PFD_{sis}}{PFD_{ref}} \tag{4-4}$$

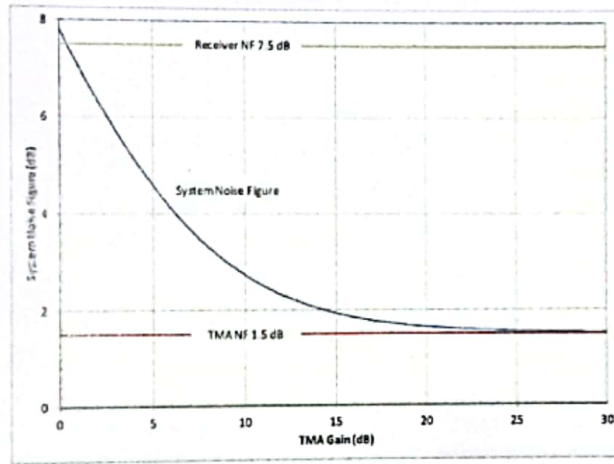
dengan  $PFD_{ref} = 1 \times 10^{-3}$  untuk referensi 1 mW.

Kemudian dari nilai kerapatan flux daya (PFD) ini, diperoleh maka kerapatan flux daya atau Power flux density (PFD) spektrum

Gambar 4-2. diperoleh Noise Figure LNA = 1,64 dB.



Gambar 4-1. Blok diagram Spektrometer CALLISTO di lokasi Sumedang (Manik et al., 2014)



Gambar 4-2. Grafik nilai Noise Figure untuk berbagai nilai Gain LNA (Reeve and Monstein, 2007)

Untuk konfigurasi menggunakan pre-amplifier, maka temperatur rugi-rugi sistem (system noise temperature) adalah penjumlahan temperatur rugi-rugi angkasa dengan temperatur rugi-rugi LNA, diperoleh:

$$T_{sis} = T_{sky} + T_{LNA} \dots (4-1)$$

dengan  $T_{sis}$  adalah temperatur rugi-rugi sistem (system noise temperature),  $T_{sky}$  adalah temperatur rugi-rugi angkasa, untuk gelombang VHF diasumsikan 300 °K (berdasarkan ITU-R P372.8), dan  $T_{LNA}$  adalah temperatur rugi-rugi LNA.

$$T_{LNA} = T_0 \cdot \left( 10^{\frac{NF}{10}} - 1 \right) \dots (4-2)$$

dengan temperatur referensi,  $T_0 = 290^\circ\text{K}$ , dan NF adalah Noise Figure LNA. Sesuai grafik pada Gambar 4-1 diperoleh Noise Figure = 1,64 dB.

Dari persamaan 4-1 dan 4-2, diperoleh temperatur rugi-rugi 433 °K. Berdasarkan nilai ini, maka kerapatan flux daya atau Power Flux Density (PFD) akibat temperatur rugi-rugi sistem ini adalah mengikuti persamaan berikut:

$$PFD_{sis} [W] = k \cdot T_{sis} \dots (4-3)$$

dengan k adalah konstanta Boltzmann =  $1.38 \cdot 10^{-23}$  [W/Hz/K].

Untuk merubah nilai ini ke nilai dBm akan diperoleh dengan persamaan:

$$PFD_{sis} [dBm] = 10 \cdot \log_{10} \frac{PFD_{sis}}{PFD_{ref}} \dots (4-4)$$

dengan  $PFD_{ref} = 1 \times 10^{-3}$  untuk referensi 1 mW.

Kemudian dari nilai kerapatan flux daya (PFD) ini, diperoleh maka kerapatan flux daya atau Power flux density (PFD) spektrum

frekuensi yang diukur adalah sebagaimana persamaan berikut ini.

$$PFD_{rfi} [dBm] = PFD_{sis} [dBm] + N_{ext} [dB] \dots (4-5)$$

Dengan  $N_{ext}$  adalah nilai rugi-rugi luar hasil pengukuran dalam dB, yang merupakan hasil konversi pengukuran dari nilai mV. Nilai intensitas pengukuran dengan resolusi 62,5 kHz kemudian disederhanakan dengan mengambil nilai rata-ratanya.

Data pengukuran intensitas spektrum frekuensi radio Stasiun Sumedang sebagai lokasi Spektrometer Callisto selama periode tahun 2015 diolah secara statistik mengikuti perhitungan dan persamaan 4-1 sampai dengan persamaan 4-5 di atas.

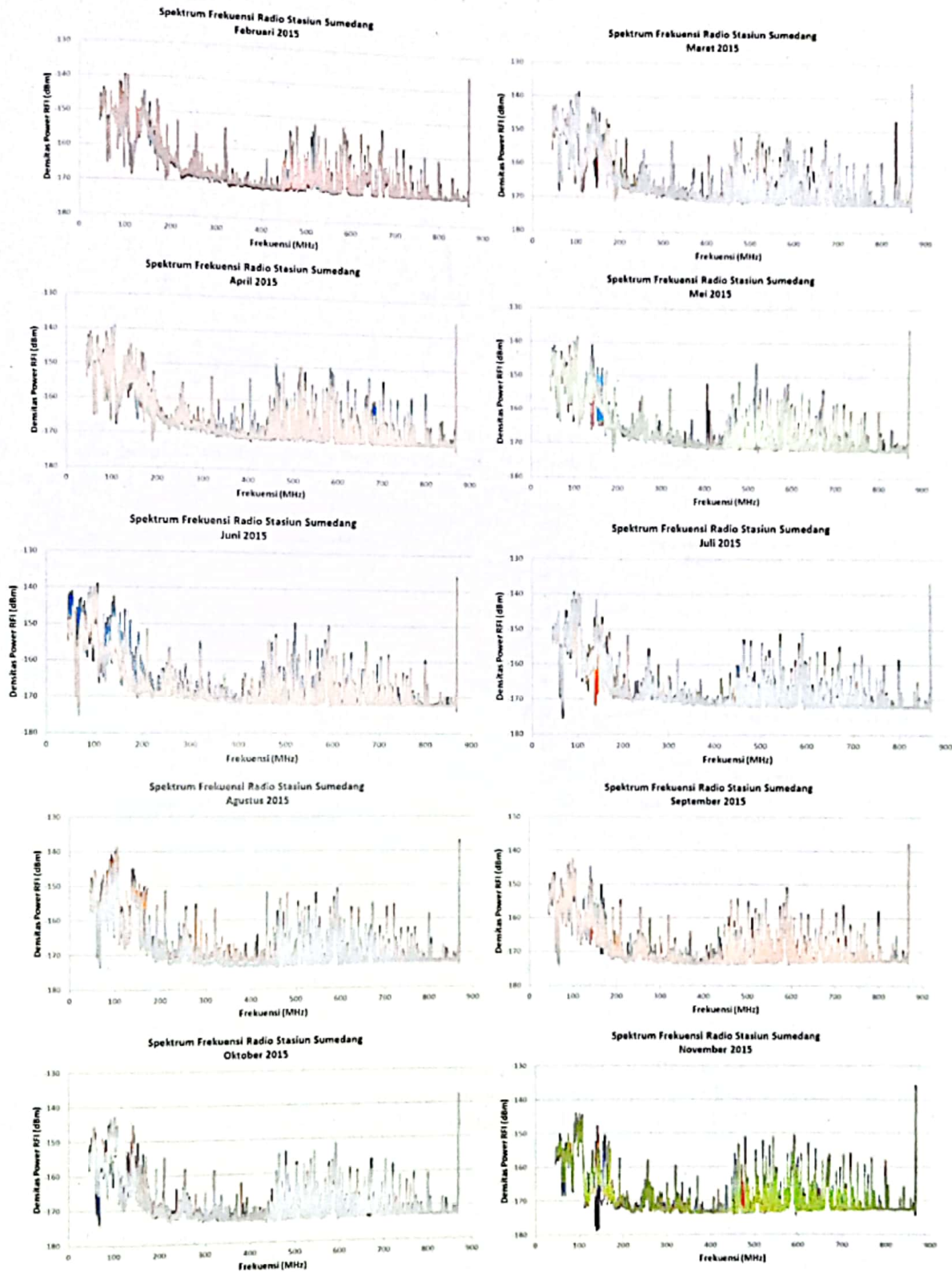
Dari setiap pengukuran spektrum, dengan resolusi data 625 kHz, diperoleh 13.200 kanal spektrum frekuensi pada rentang 45-870 MHz, yang disederhanakan menjadi 825 kanal dengan menghitung rata-rata setiap kenaikan frekuensi 1 MHz, kemudian diplot. Seluruh pengukuran dalam bulan yang sama diplot *overlay* dalam satu gambar. Gambar 4-3 menampilkan plot spektrum radio Stasiun Sumedang masing-masing untuk bulan Februari sampai dengan bulan Nopember 2015 dengan sumbu mendatar adalah frekuensi kerja Callisto dari 45-870 MHz, dan sumbu tegak adalah densitas power interferensi frekuensi radio (rfi) dalam dBm. Hasil ini menunjukkan pola sumber interferensi yang mirip setiap bulannya, yaitu interferensi dari pemancar FM di sekitar 100 MHz, broadcasting radio di VHF antara FM sampai dengan 150 MHz, penggunaan *broadcasting Video Digital* yang sangat dominan di rentang 500-800 MHz, dan lain-lain.

Gambar 4-4 menampilkan nilai rata-rata Spektrum Frekuensi Radio Februari-November 2015 (garis biru), dan indikator kecenderungan (*trendline*) diperoleh dengan regresi moving average (garis merah). Untuk dapat melihat secara lebih detil sumber interferensi radio dan mendapatkan rentang atau celah frekuensi dengan interferensi yang paling rendah, maka spektrum frekuensi radio Stasiun Sumedang dibagi atas empat bagian, yaitu (a) Rentang frekuensi 45-200 MHz, (b) Rentang frekuensi

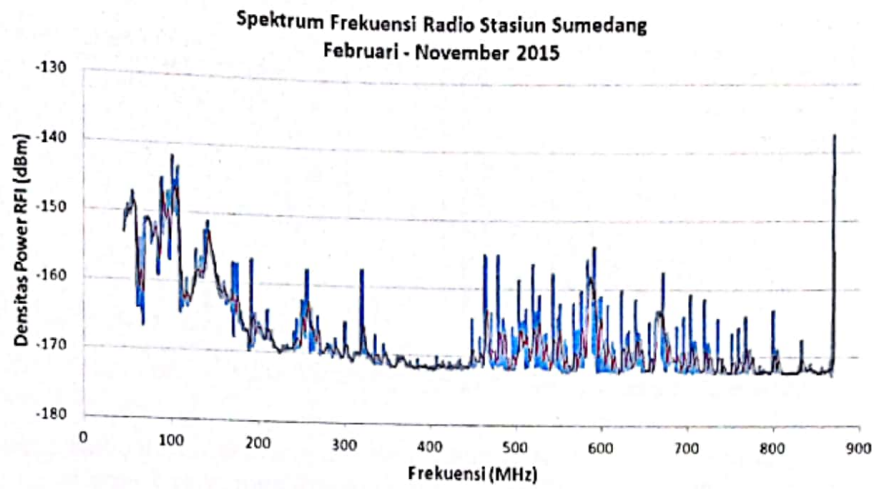
200-400 MHz, (c) Rentang frekuensi 400-600 MHz, dan (d). Rentang frekuensi 600-870 MHz sebagaimana ditampilkan pada Gambar 4-5 (Abidin et al., 2015)

Pada rentang frekuensi 45-200 MHz ini, selama hampir satu tahun pengukuran spektrum radio, interferensi yang paling dominan adalah dari pemancar radio FM pada frekuensi 80-108 MHz. Terlihat juga interferensi yang cukup tinggi di bawah frekuensi 100 MHz. Pada frekuensi sekitar 150 MHz, terlihat interferensi yang cukup kuat dari aktivitas pengguna frekuensi radio amatir. Pada rentang frekuensi 200-400 MHz, pada frekuensi sekitar 240-268 MHz, terlihat sinyal yang muncul dalam setiap pengukuran, menunjukkan sinyal *downlink* satelit militer US. Penerimaan sinyal *downlink* satelit oleh Callisto ini mencapai >10 dBm, menunjukkan sensitivitas penerimaan Callisto yang sangat baik. Penerimaan sinyal pada tingkat ini menunjukkan bahwa penerimaan Callisto cukup sensitif. (Monstein, Ch. and D. Baludansky, 2013). Selanjutnya pada rentang frekuensi 400-600 MHz, dilanjutkan pada rentang frekuensi 600-870 MHz, terlihat interferensi yang sangat padat dari aktivitas penggunaan *Digital Video and Broadcast Terrestrial* (DVB-T) di sekitar lokasi pengamatan pada frekuensi 448-775 MHz. Untuk rentang frekuensi 600-870 MHz, interferensi diidentifikasi sebagai sebagian dari sinyal DVB-T sebagaimana disebut sebelumnya dan sinyal dari repeater telepon seluler.

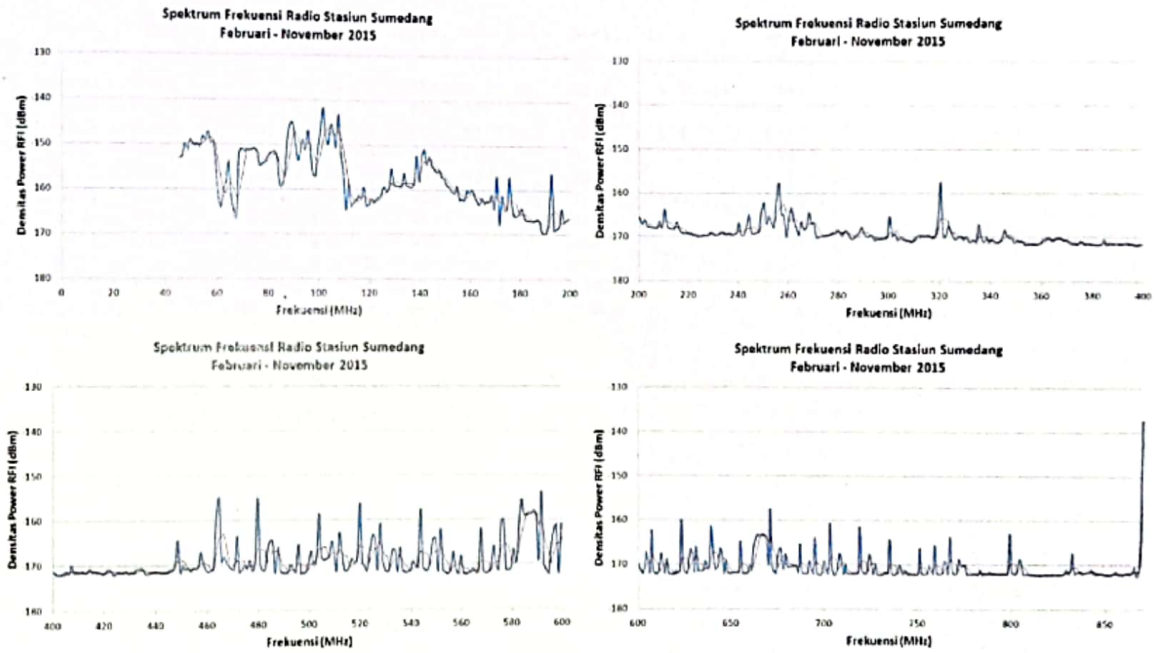
Analisis RFI yang dilaksanakan di Stasiun Sumedang langsung diterapkan pada konfigurasi frekuensi Callisto untuk pengamatan emisi radio matahari. Konfigurasi frekuensi ditetapkan dengan mengeliminir frekuensi yang mendapat interferensi kuat dan memilih frekuensi yang mendapat interferensi paling lemah yang aman untuk pengamatan. Rentang frekuensi yang digunakan untuk pemancar radio FM antara 80-108 MHz, dan untuk pengguna *broadcasting Video Digital Terrestrial* antara 448-775 MHz tidak digunakan dalam penetapan konfigurasi frekuensi Callisto. Konfigurasi frekuensi Callisto yang ideal berdasarkan analisis yang dilakukan adalah pada frekuensi HF antara 45-80 MHz, antara 170-450 MHz, dengan cadangan pada frekuensi 780-870 MHz.



Gambar 4-3. Spektrum Frekuensi Radio Stasiun Sumedang Februari-November 2015

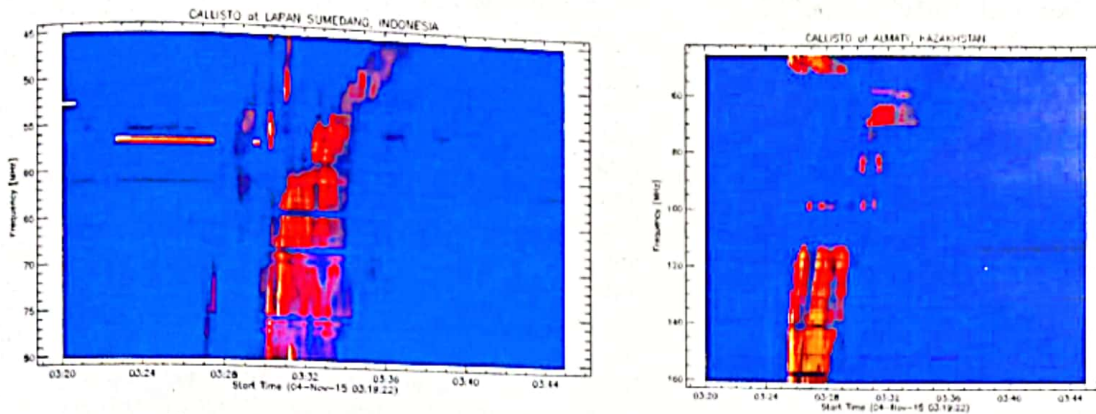


Gambar 4-4. Nilai rata-rata Spektrum Frekuensi Radio Stasiun Sumedang bulan Februari-November 2015 (garis biru), dan indikator kecenderungan (*trendline*), diperoleh dengan regresi moving average (garis merah)



Gambar 4-5. Nilai rata-rata Spektrum Frekuensi Radio Stasiun Sumedang Februari-November 2015, dengan garis kecenderungan, dibagi masing-masing untuk rentang frekuensi 45-200 MHz (kiri atas), 200-400 MHz (kanan atas), 400-600 MHz (kiri bawah), dan 600-870 MHz (kanan bawah).

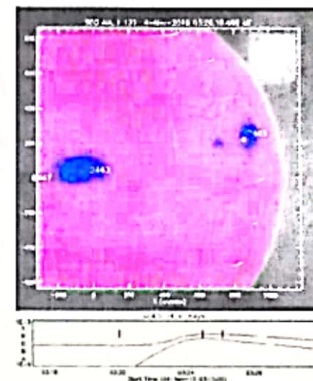




Gambar 4-6. Semburan radio matahari yang diterima Callisto di Stasiun Sumedang pada 4 November 2015, menunjukkan *burst* type 2 yang juga diterima di beberapa tempat dalam jaringan Callisto.

# Edited Events for 2015 Nov 04

#Event	Begin	Max	End	Obs	Q	Type	Loc/Frq	Particulars	Reg#	
2200 +	0320	0326	0329	G15	5	XRA	1-BA	M1.9	5.2E-03	2445
2200	0323	0325	0326	PAL	U	RBR	410	41000		2445
2200	0323	0325	0334	LEA	3	FLA	N15U64	1N	BPT	2445
2200	0323	0324	0325	PAL	G	RBR	8800	430		2445
2200	0323	0324	0325	PAL	G	RBR	15400	1000		2445
2200 +	0323	////	0334	PAL	C	RSP	041-180	11/2	790	2445
2200	0323	0324	0325	PAL	G	RBR	2695	220		2445
2200	0323	0324	0325	PAL	G	RBR	4995	250		2445
2200	0324	0324	0325	PAL	U	RBR	610	230		2445
2200	0324	0324	0325	PAL	G	RBR	1415	130		2445
2200	0324	0325	0327	PAL	U	RBR	245	56000		2445



Gambar 4-7. Laporan SWPC-NOAA dan Solar Monitor terkait *burst* tipe II kategori sedang, berkorelasi dengan aktivitas matahari flare kelas M1.9 pada daerah aktif matahari 2445.

Dari pengamatan Callisto yang sudah berlangsung selama ini, pada 4 November 2015, Callisto Sumedang menerima semburan (*burst*) radio matahari. *Burst* yang diterima adalah dari Tipe II, terjadi pada periode pukul 03.27 sampai dengan 03.37 UT. Gambar 4-6 (kiri) adalah semburan radio matahari tersebut, yang merupakan hasil penggabungan dari dua file FIT untuk waktu yang berturut-turut menggunakan IDL Solar Software (IDL-SSW) secara off-line. Callisto mulai menerima sinyal *burst* pada pukul 03.27 UT dan berakhir sekitar pukul 03.37 UT. *Burst* diterima pada frekuensi rendah (45-80 MHz). Hasil yang sama juga diterima pada stasiun lainnya dalam jaringan Callisto. Gambar 4-6. (kanan) adalah penerimaan *burst* tipe II pada waktu yang bersamaan di Almaty Kazakhstan (e-Callisto, 2015).

Dari laporan SWPC-NOAA pada situs <http://www.swpc.noaa.gov/> dan Solar Monitor pada situs <http://www.solarmonitor.org>, sebagaimana pada Gambar 4-7, dilaporkan bahwa *burst* matahari ini dikenal sebagai *burst* tipe RSP (*Sweep-frequency radio burst*) yang mulai terjadi pada 03.20 UT dan berakhir 03.29 UT, *burst* tipe II sedang, dan berkorelasi dengan aktivitas matahari flare yang terjadi pada daerah aktif matahari 2445.

### 5. Kesimpulan

Analisis pengukuran spektrum frekuensi untuk menentukan sumber interferensi frekuensi radio yang lebih detail terhadap pengamatan Callisto di Stasiun Sumedang sudah dilakukan berdasarkan analisis statistik pengukuran spektrum frekuensi selama tahun

2015. Interferensi yang paling dominan diketahui bersumber dari siaran radio dari pemancar FM pada frekuensi 80-108 MHz, pengguna komunikasi radio dan amatir antara 120-170 MHz, sinyal dari *downlink* satelit militer pada frekuensi 240-268 MHz sekaligus indikasi ke penerima Callisto, dan penggunaan siaran *Video Digital Terrestrial* yang sangat padat antara 448-775 MHz, serta repeater komunikasi seluler yang tidak begitu padat pada frekuensi di atas 800 MHz. Konfigurasi frekuensi Callisto yang ideal berdasarkan analisis tersebut adalah pada frekuensi HF antara 45-80 MHz, antara 170-450 MHz, dengan cadangan pada frekuensi 780-870 MHz. Pengamatan Callisto yang sudah berlangsung baru-baru ini menerima semburan (*burst*) radio matahari pada 4 November 2015, pada pukul 03.27 UT sampai dengan 03.37 UT, diidentifikasi sebagai RSP (*Sweep-frequency radio burst*), dan dikategorikan sebagai *burst* tipe II sedang, berkorelasi dengan aktivitas matahari Flare kelas M1.9 yang terjadi pada region 12245. Pengamatan di Stasiun Sumedang juga dilaporkan diterima pada beberapa stasiun dalam jaringan e-Callisto.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan di Stasiun Sumedang atas bantuan dan dukungannya dalam pengoperasian Callisto dan pengukuran interferensi frekuensi radio ini. Kegiatan ini merupakan bagian dari program penelitian Pusat Sains Antariksa tahun 2015 dan dibiayai oleh DIPA Pusat Sains Antariksa LAPAN.

### Rujukan

Abidin, Zamri Z., Norsuzian Mohd Anim, Zety Sharizat Hamidi, Christian Monstein, Zainol Abidin Ibrahim, Roslan Umar, Nur Nafhatun Md Shariff, Nabilah Ramli, Noor Aqma Iryani Aziz, Indriani Sukma. (2015). Radio Frequency Interference in Solar Monitoring using CALLISTO, *New Astronomy Reviews*, PII: S1387-6473(15)00014-7, DOI: 10.1016/j.newar.2015.05.001

Benz, Arnorld O., C. Monstein and H. Meyer. (2005). Callisto – A new concept for solar radio spectrometers, *Solar Physics*, 226, 143.

Seminar Nasional Sains Antariksa 2015 LAPAN Bandung, 22 November 2015

- e-Callisto. (2015). International Network of Solar Radio Spectrometers, <http://e-callisto.org/>, accessed 5<sup>th</sup> November 2015.
- ITU-R. (2012). Characteristics of Radio Quiet Zones, *Report ITU-R RA.2259, RA Series Radio Astronomy*, Geneva, September 2012.
- McLean, D. J. and N. R. Labrum. (1985). *Solar Radiophysics*, 516 pp. Cambridge University Press.
- Manik, T., P. Sitompul, dan Dwiko U. Prabowo. (2014). Development of Space Weather Observation System in Radio-Frequency-Based using CALLISTO, *Proceedings of the Third ICRAMET 2014*, ISSN 1979-2921.
- Manik, T., Peberlin Sitompul, dan Yana Robiana. (2015). Penggabungan Callisto LAPAN Pada Jaringan e-Callisto Global: Pengukuran Interferensi Frekuensi Radio di Stasiun LAPAN Sumedang, Indonesia, *Bagian dari Buku Ilmiah Teknologi Pesawat Terbang Sebagai Mitra Pengembang Teknologi dan Satelit Nasional*, hal. 472-490, Editor Atik Bintoro et al., Penerbit Indonesia Book project (IBP), Jakarta, ISBN978-602-70353-3-1.
- Monstein, Ch. and D. Baludansky. (2013). Solar radio observation and radio interference monitoring in Roztoky, *Contribution Astronomy Observation Skalnaté Pleso 43*, 81-93.
- Monstein, Ch. (2014). *ISWI Newsletter - Vol.6 No.046*, 15 November 2014, pp. 8/14
- NRAO. (2015). NRAO Green Bank Site RFI Regulations for Visitors, *Interference Protection Group, National Radio Astronomy Observatory*, Virginia, USA.
- Reeve, Whitham D. and Christian Monstein. (2007). To Preamply or Not, Reeve Observatory Anchorage Alaska USA, *Callisto document*, <http://www.reeve.com/Documents/CALLISTO/>, diakses April 2015.
- Solar Monitor. (2015). <http://www.solarmonitor.org>, diakses 6 November 2015.
- Solar Weather Prediction Center (SWPC)-NOAA. (2015). <http://www.swpc.noaa.gov/>, diakses 6 November 2015.
- Suratno. (2014). Mengenang berdirinya Stasiun Pengamat Matahari Tanjungsari, *Buku Ilmiah, Pusat Sains Antariksa, LAPAN*, ISBN 978-979-1458-80-1.