

PENGAMATAN SEMBURAN RADIO MATAHARI MENGGUNAKAN CALLISTO SUMEDANG SAAT BERLANGSUNGNYA BADAI MATAHARI AWAL SEPTEMBER 2017

(OBSERVATION OF SOLAR RADIO BURST USING CALLISTO AT SUMEDANG OBSERVATORY DURING SOLAR STORMS IN EARLY SEPTEMBER 2017)

Timbul Manik¹, Yana Robiana¹, Christian Monstein²

¹Pusat Sains Antariksa, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) Indonesia

²Institute of Astrophysics, ETH, Zurich, Switzerland

e-mail: timbul.manik@lapan.go.id

ABSTRAK

Riwayat Artikel:

Diterima:
22 Desember 2017
Direvisi:
10 April 2018
Disetujui:
28 September 2018
Diterbitkan:
19 Nopember 2018

Kata kunci:

Callisto, peristiwa badai Matahari, solar radio burst, flare

Pada Matahariawal September 2017 (periode tanggal 1 September 00UT sampai 12 September 24UT, 2017) Space Weather Prediction Center (SWPC) NOAA telah melaporkan adanya badai Matahari dengan sedikitnya terjadi 61 kali flare kelas C, 27 kali flare kelas M, dan 4 kali flare kelas X. Peristiwa badai Matahari tersebut juga diamati oleh jaringan e-Callisto Spectrometer di seluruh dunia, dimana Callisto Sumedang adalah salah satu stasiun pengamatan yang terdapat di ekuator. Callisto Sumedang mengamati solar radio burst hanya pada saat waktu pengamatan siang hari (*solar time coverage*), yaitu pada pukul 00.00-11.00 UT atau 07.00-18.00 waktu lokal. Metoda yang dilakukan adalah pengamatan gelombang radio Matahari. Dalam makalah ini disampaikan hasil pengamatan radio burst Matahari dengan Callisto Sumedang selama periode tersebut. Hasil pengamatan yang diperoleh dikonfirmasi dengan flux x-ray Matahari dan NOAA Solar Event dari SWPC untuk cross check. Tidak seluruh peristiwa flare terkait dengan solar radio burst yang diamati. Beberapa hasil pengamatan solar radio burst sesuai dengan yang dilaporkan SWPC, namun beberapa tidak terdeteksi di Sumedang, dan beberapa hasil pengamatan yang diperoleh pada periode tersebut tidak tercatat di SWPC.

ABSTRACT

Keywords:

Keywords: Callisto, solar storm event, solar radio burst, flare

NOAA Space Weather Prediction Center (SWPC) has reported that at least 61 times C class flare, 27 M class flares and 4 flares class X during the event of a solar storm in early September 2017 (period of 1 September 00:00 UT until 12 September 24:00 UT, 2017). The solar storm also observed by e-Callisto Spectrometer network all over the world, where Callisto Sumedang is one of the observation stations which is located in the equator. Callisto Sumedang observes solar radio burst only during solar time coverage, i.e. in 00:00-11:00 UT or 07.00-18.00 local time. The procedure used was the observation of solar radio waves, and the result of observation of

solar radio burst are displayed on-line in SWIFTs (kepanjangannya perlu dituliskan). This paper present the observations of solar radio burst by Callisto Sumedang during that period. The observed results were confirmed by the solar x-ray flux and NOAA Solar Events from SWPC. Not all flare events are related to the observed solar radio burst. Some observations of solar radio burst were in accordance with the reported SWPC, but some were not detected in Sumedang, and some observations obtained in the period were not recorded in the SWPC.

1. PENDAHULUAN

Badai Matahari yang terjadi pada awal bulan September 2017 yang lalu, khususnya flare Matahari kelas X9.3 yang terjadi pada 6 September 2017 dilaporkan oleh para peneliti dari Universitas Sheffield sebagai peristiwa flare terbesar dalam 12 tahun terakhir, dan terbesar ke delapan sejak tahun 1996 (Anonim, 2017a).

Goddard Space Flight Center NASA pada awalnya hanya melaporkan tentang terjadinya beberapa flare kelas menengah pada 5 September 2017, kemudian juga melaporkan adanya dua flare kelas X9.3 pada 6 September 2017, dan kelas X8.2 pada 10 September 2017 (Anonim2017b, Anonim2017c). National Geographic bahkan melaporkan adanya radiasi gelombang radio berskala 'monster' yang menyebabkan 'radio blackout' dan kemungkinan akan menyebabkan aurora pada hari-hari berikutnya. (Fazegas, 2017). Space Weather Prediction Center (SWPC) NOAA melaporkan sedikitnya telah terjadi 61 flare kelas C, 27 flare kelas M, dan 4 flare kelas X pada periode tersebut. (SWPC NOAA, 2017).

Jaringan Spektrometer e-Callisto di seluruh dunia, termasuk Callisto Sumedang, Jawa Barat juga mengamati peristiwa badai Matahari ini. Callisto mengamati gelombang radio yang dipancarkan Matahari pada frekuensi gelombang 45-870 MHz. Pengamatan Callisto hanya dilakukan pada saat waktu pengamatan siang hari (*solar time coverage*) saja, dan untuk Callisto Sumedang pengamatan dilakukan pada 00.00-11.00 UT atau 07.00-18.00 WIB.

Makalah ini melakukan analisis terhadap pengamatan burst radio Matahari oleh Callisto Sumedang dan jaringan e-Callisto selama peristiwa badai Matahari

awal bulan September 2017. Hasil pengamatan Callisto disesuaikan dengan perekaman fluks sinar X Matahari dan NOAA Solar Event report dari SWPC.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Matahari sebagai sumber energi dan gangguan memancarkan emisi, yaitu emisi massa dalam bentuk CME dan partikel bermuatan; dan emisi elektromagnetik dalam bentuk flare dan radiasi Matahari. Emisi Matahari ini berpengaruh terhadap antariksa dan Bumi, termasuk ionosfer dan atmosfer Bumi (Gopalswamy, 2009)

Cuaca antariksa merupakan kondisi di Matahari, di antariksa, dan di medan magnet Bumi serta atmosfer bagian atas yang dapat mempengaruhi kinerja sistem teknologi yang ruang angkasa dan di Bumi, serta dapat membahayakan kehidupan atau kesehatan manusia di Bumi. (Williamson, 2009). Salah satu komponen Matahari yang mempengaruhi cuaca antariksa adalah flare dan CMEs (*Coronal Mass Ejections*), dan semburan radio Matahari terkait dengan gelombang kejut yang merambat dari Matahari merupakan prekursor terjadinya CME. Dampak CME diperkirakan mencapai Bumi dalam waktu beberapa jam hingga beberapa hari setelah terjadinya burst radio Matahari. (Benz dkk, 2005)

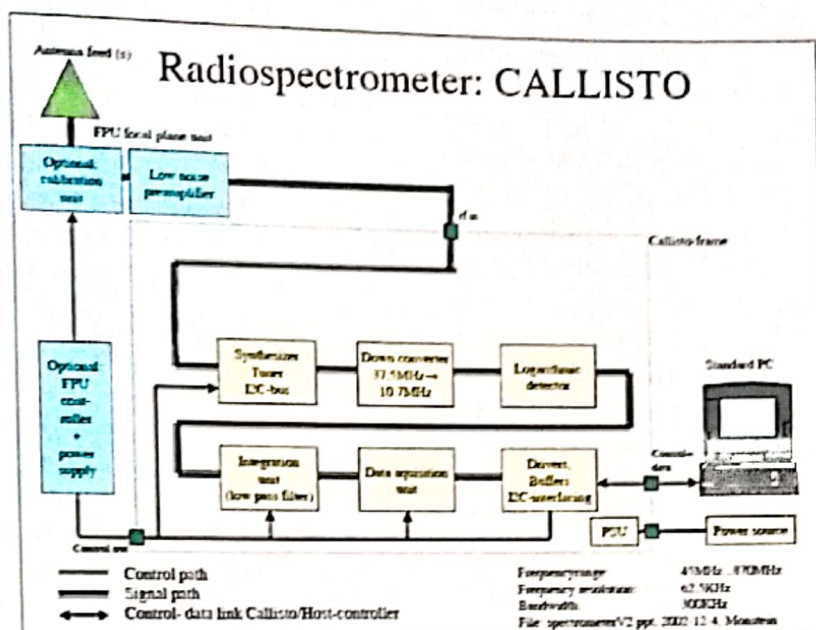
Callisto (*Compound Astronomi Low-cost Low-frequency Instrument for Spectroscopy and Transportable Observatory*) adalah spektrometer cerdas berbasis frekuensi radio yang dapat digunakan untuk pengamatan radio Matahari dan pengukuran interferensi radio. Callisto juga digunakan untuk pemantauan aktivitas Matahari berbasis pengamatan radio. Callisto telah dioperasikan di lebih dari 35

negara, dan terhubung dalam jaringan e-Callisto global. (Manik, 2017).

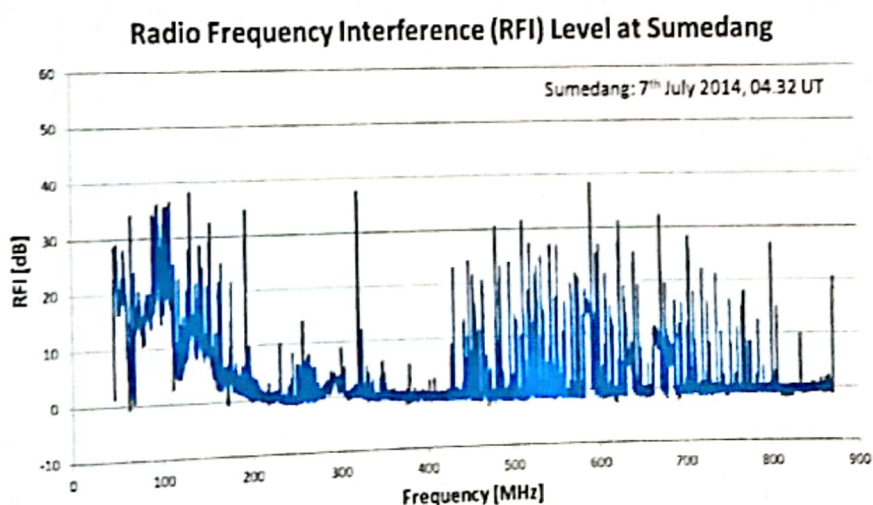
3. DATA DAN METODE

Callisto dioperasikan di Stasiun LAPAN Sumedang (6,91°S, 107,84°E), LAPAN, dan digunakan untuk melakukan pemantauan

aktivitas radio Matahari sejak tahun 2014. Rentang frekuensi kerja Callisto adalah 45 – 870 MHz, dengan resolusi frekuensi 62.5 KHz. Skematik diagram Callisto yang digunakan untuk pengamatan di Indonesia diperlihatkan pada Gambar 3-1. (Monstein dkk., 2013)



Gambar 3-1. Diagram skematik Callisto



Gambar 3-2. Pengukuran RFI di Sumedang, diukur di awal pemasangan Callisto pada 7 Juli 2014.

Dari hasil pengukuran Radio Frequency Interference (RFI) sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 3-2, diperoleh bahwa frekuensi yang ideal untuk pengamatan burst radio Matahari di Sumedang adalah pada frekuensi 45-80 MHz, dan pada frekuensi 180-450 MHz mengingat interferensi radio yang akan mengganggu penerimaan Callisto. (Manik dkk. 2015, Manik dkk. 2016). Rentang

frekuensi ini kemudian yang dipilih untuk pemrosesan data selanjutnya.

Bersama dengan Callisto Tomohon dan Callisto Biak, Callisto Sumedang merupakan jaringan pengamatan e-Callisto global, Callisto telah terpasang di lebih dari 85 lokasi di lebih dari 35 negara di Eropah, Australia, Afrika, Asia, dan Amerika bekerjasama dengan institusi-institusi lokal di banyak negara. (Manik dkk, 2017)

Selama periode tanggal 1 hingga 12 September 2017 tersebut, Callisto Sumedang dioperasikan hanya pada waktu pengamatan siang waktu setempat yaitu pada pukul 07.00-18.00 waktu lokal atau pukul 00.00-11.00 UT. Callisto dioperasikan dengan memilih frekuensi kerja untuk melakukan pengamatan pada frekuensi 45-80 MHz atau frekuensi bawah), dan frekuensi 180-450 MHz atau frekuensi atas, yang dioperasikan dengan jadwal tertentu. Frekuensi bawah dioperasikan pada pagi hari waktu lokal, dan frekuensi atas dioperasikan pada siang hari waktu lokal. Penjadwalan ini dilakukan mengingat interferensi frekuensi yang cukup padat di lokasi, dan hanya mengoperasikan 1 unit Callisto di lokasi yang sama.

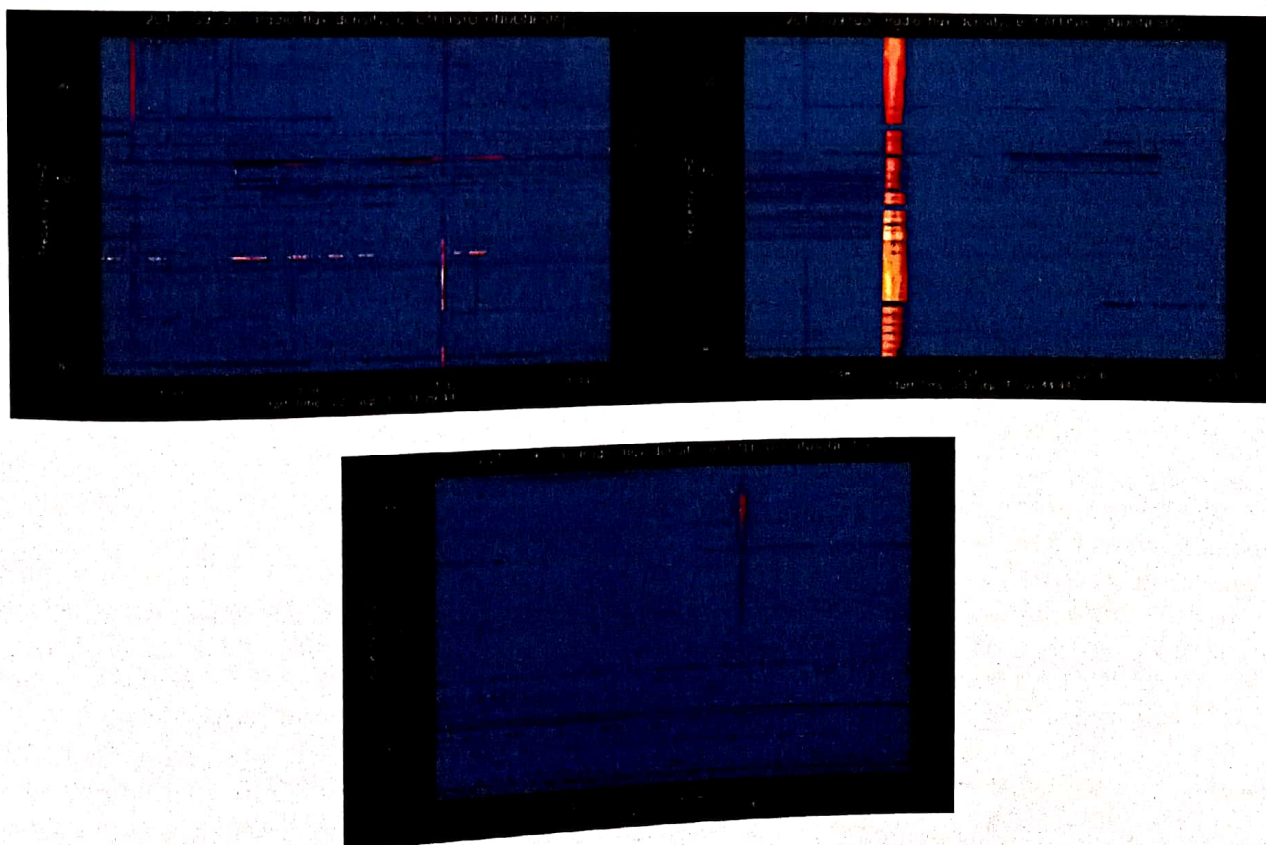
Hasil pengamatan burst radio Matahari ini kemudian dikonfirmasi dengan NOAA solar event report dan kemudian dengan flux x-ray yang diperoleh dari Space Weather Prediction Center (SWPC NOAA, 2017) setiap harinya untuk menganalisis keterkaitan antara penerimaan burst dengan aktifitas Matahari yang terjadi.

4. PEMBAHASAN

Data yang diperoleh dari Callisto berbentuk file FIT ditransfer ke komputer dan disimpan ke basis data di Bandung dan di Zurich Swiss. Bersama dengan hasil pengamatan dalam jaringan e-Callisto, data perekaman dan quick look hasil pengamatan ditampilkan pada situs e-Callisto (Monstein, Christian (2017).

Resolusi waktu data yang diterima adalah 800 piksel per detik dengan waktu integrasi 1 msec dan lebar pita radiometrik sekitar 300 KHz. Pemrosesan data dilakukan dalam beberapa bahasa pemrograman *script* IDL-SSW, Perl dan Python, untuk memperoleh gambar tampilan burst radio Matahari yang lebih detil dan jelas untuk dapat dilakukan analisis lanjutan.

Beberapa hasil pengamatan burst radio Matahari dari tanggal 1 sd 12 September 2017 di Sumedang dan di beberapa stasiun rujukan lainnya pada jaringan e-Callisto adalah sebagai berikut.

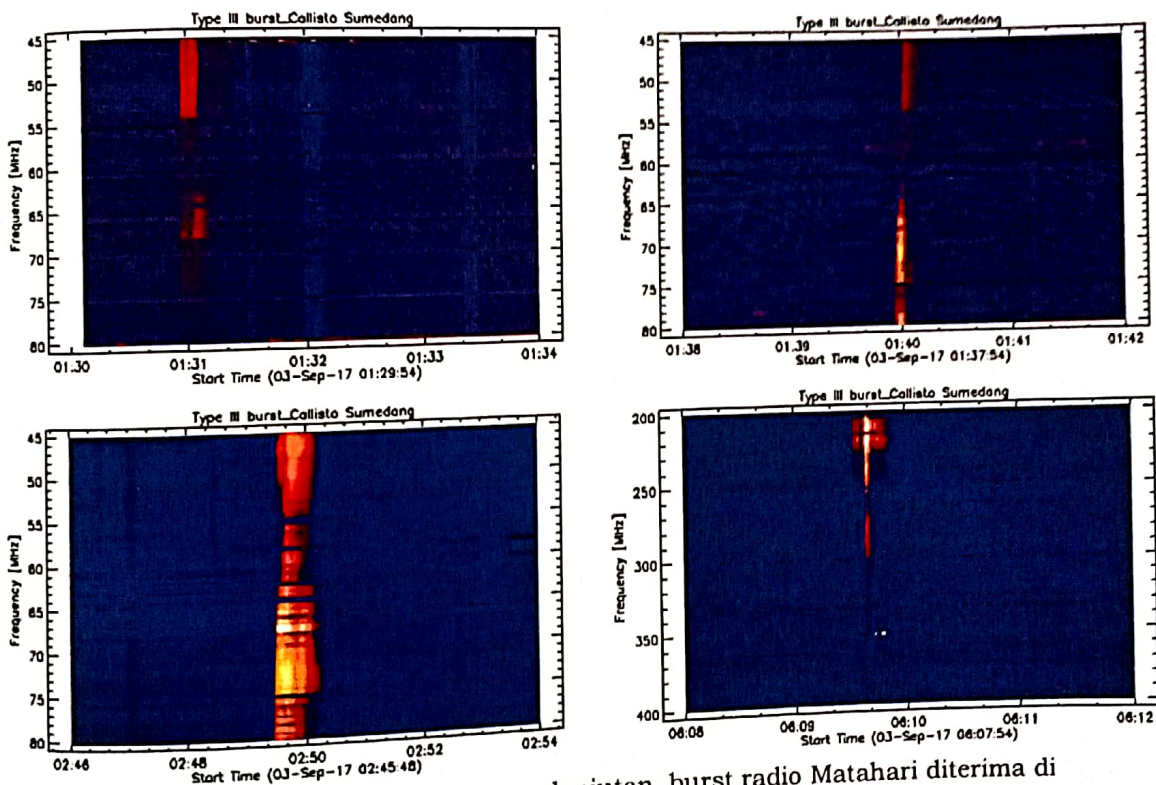


Gambar 4-1. Burst radio Matahari diterima di Callisto Sumedang 3 September 2017 (e-Callisto Network, 2017)

Pada tanggal 3 September 2017 Callisto menerima burst radio Matahari pada pukul 01.31 UT, 01.40 UT, 02.49 UT dan 06.09 UT seperti terlihat pada Gambar 4-1. Pemrosesan data lanjutan menggunakan software SSW-IDL dilakukan pada setiap burst yang diterima, dan diperoleh penggambaran burst yang lebih detil dan jelas dengan rentang waktu yang lebih sempit.

Analisis terhadap hasil penerimaan ini dikaitkan dengan perekaman flux sinar X dan laporan (*event report*) NOAA dapat dilihat pada Gambar 4-2, terlihat bahwa Callisto Sumedang menerima burst type III pada pukul 01.31 UT, sedangkan NOAA melaporkan menerima burst type V/2 pada

pukul 01.26 UT; type III pada pukul 01.40 UT, dan NOAA melaporkan menerima type III dengan intensitas rendah (1) pada pukul 01.40 UT; type III pada pukul 02.49 UT, dan NOAA melaporkan menerima type III dengan intensitas sedang (2) pada pukul 02.49 UT dan berakhir pukul 02.50 UT; type III pada pukul 06.09 UT, sedangkan NOAA menerima type III dengan intensitas kuat (3) pada pukul 06.09 UT dan berakhir pukul 06.10 UT. Hasil ini menunjukkan kesesuaian pengamatan Callisto dengan SWPC NOAA yang cukup baik. Flare yang terjadi pada pukul 04.18 UT, puncaknya pukul 04.41 UT, dan berakhir pukul 04.54 UT tidak menimbulkan burst radio dan tidak berasosiasi dengan terjadinya burst.



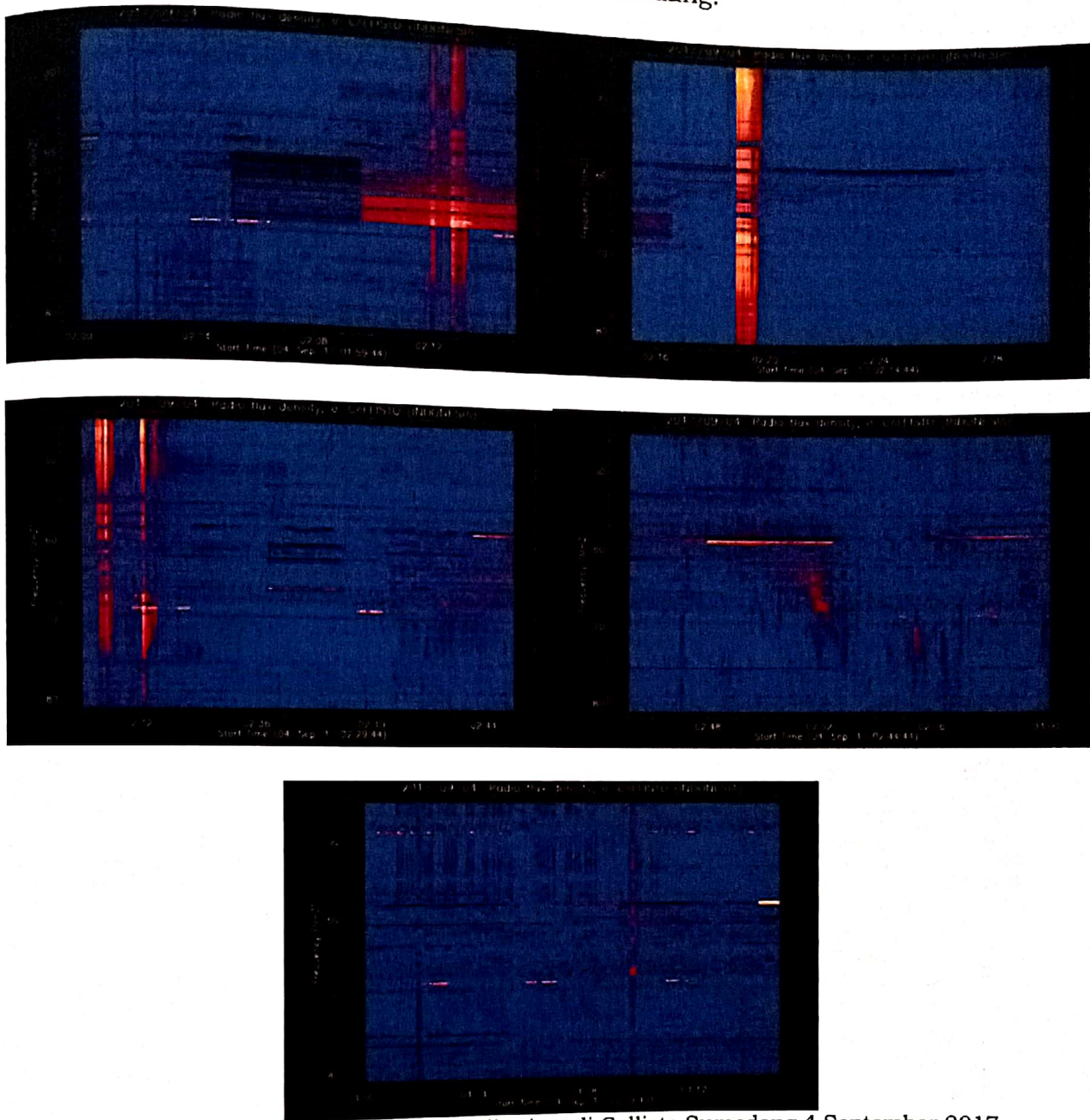
Gambar 4-2. Hasil pemrosesan lanjutan, burst radio Matahari diterima di Callisto Sumedang 3 September 2017

Untuk tanggal 4 September 2017, Callisto menerima 5 burst radio Matahari pada pukul 02.12 UT, 02.19 UT, 02.31 UT, 02.50 UT, dan 04.10 UT. Analisis pada hasil penerimaan ini, terlihat bahwa burst type III yang diterima Callisto Sumedang sesuai dengan laporan NOAA yang mana burst type III dengan intensitas sedang (2) terjadi pada pukul 02.12 UT berakhir 02.13 UT. Selanjutnya analisis detail Callisto menunjukkan Callisto Sumedang menerima burst type V, dan NOAA melaporkan menerima burst type V pada

pukul 02.19 UT dengan intensitas kuat (3) pada pukul 02.18 UT berakhir pada pukul 02.22 UT. Burst ini berkaitan dengan flare kelas C1.1 yang dilaporkan oleh NOAA terjadi pada waktu yang sama, dan puncaknya terjadi pada pukul 02.22 UT.

Burst type V yang diterima Callisto Sumedang pada pukul 02.31 UT dan serangkaian gelombang radio frekuensi berupa noise storm pada pukul 02.50 UT, serta burst type III lemah pada pukul 04.10 UT tidak terdapat pada laporan NOAA. Sebaliknya beberapa burst yang dilaporkan

oleh NOAA tidak terlihat diterima Callisto Sumedang.



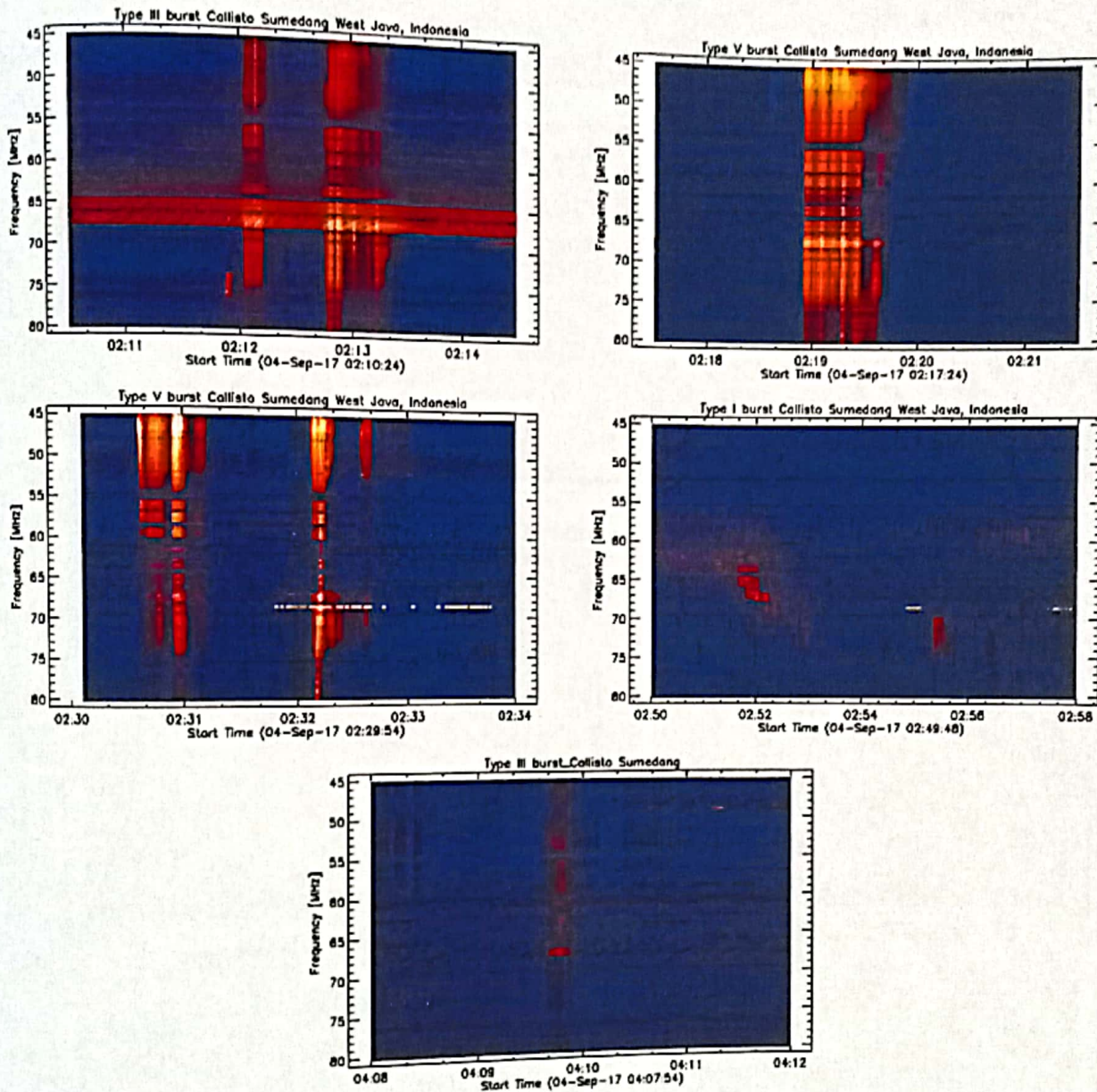
Gambar 4-3. Burst radio Matahari diterima di Callisto Sumedang 4 September 2017 (e-Callisto Network, 2017)

Pada tanggal 6 September 2017, Callisto Sumedang menerima burst pada pukul 08.06 UT, 09.55 UT, dan 12.06 UT. sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4-5. Hasil analisis lanjutan sebagaimana ditampilkan pada Gambar 4-6, menunjukkan bahwa Callisto menerima burst type V pada pukul 08.06 UT, sedangkan NOAA melaporkan menerima burst type III dengan intensitas lemah pada pukul 08.07 UT. Tidak ada flare yang terjadi pada rentang waktu tersebut. Selanjutnya untuk burst type III yang diterima pada pukul 09.55 UT, NOAA melaporkan tidak menerima burst.

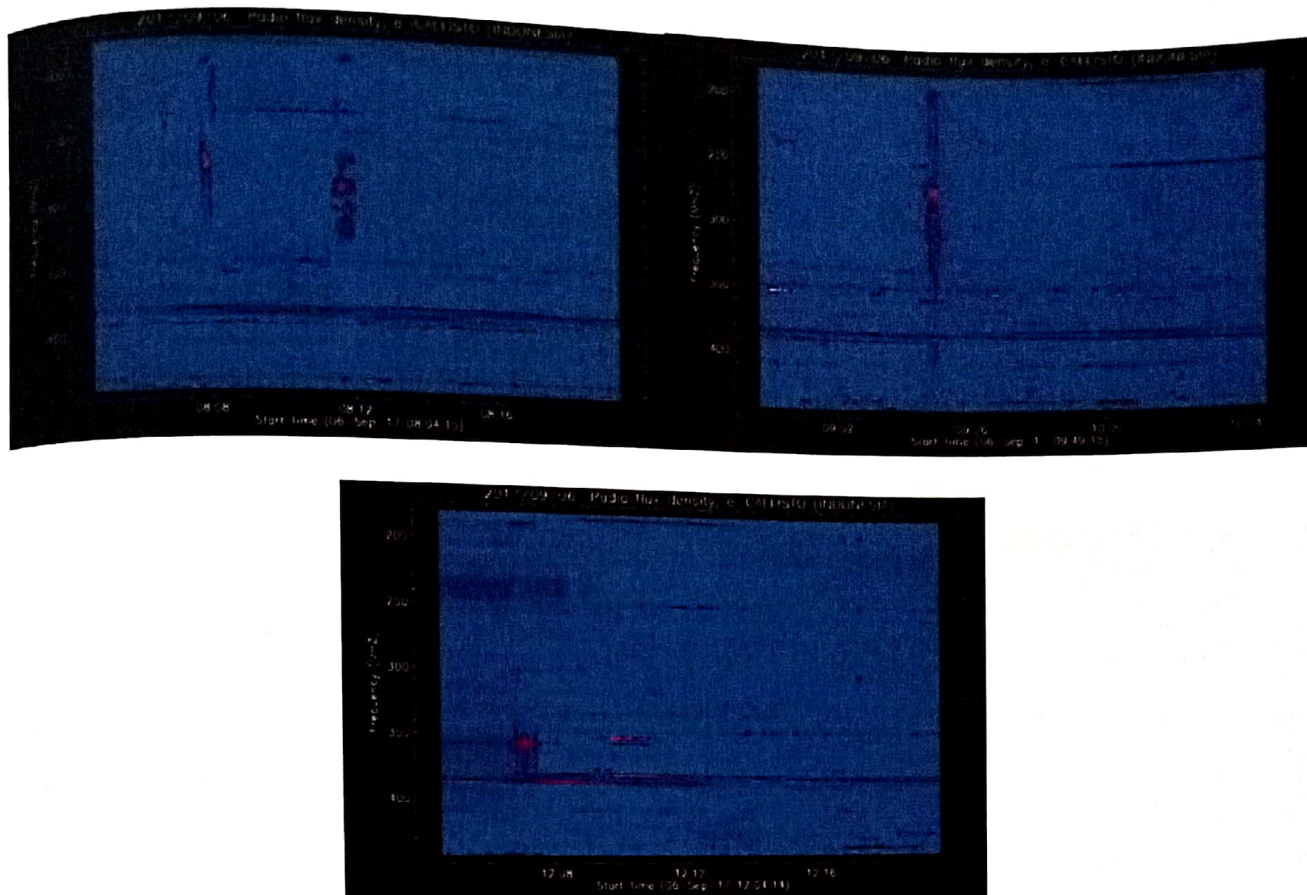
Pada waktu terjadinya badai Matahari dengan terjadinya flare kelas X9.3 sesuai laporan NOAA dan pencatatan fluks sinar X SWPC yang terjadi mulai pukul 11.53 UT, puncaknya pukul 12.02 UT, dan berakhir pukul 12.10 UT, dilaporkan juga bahwa burst type III intensitas sedang (2) terjadi pukul 11.57 UT, type IV intensitas sedang (2), type VI dan type II intensitas sedang (2) terjadi pada pukul 12.02 UT. Semua burst ini berasosiasi dengan terjadinya flare X9.3 tersebut. Callisto Sumedang mencatat pada pukul 12.06 UT, Callisto menerima burst lemah berupa noise storm pada frekuensi 200 hingga 400

MHz. Penerimaan ini masih dalam rentang waktu terjadinya flare tersebut. Dari analisis lanjutan dengan overlap waktu kejadian terlihat bahwa burst type II yang sangat jelas terekam pada pukul 12.03 UT diterima di stasiun Humain Royal Observatory Belgia, menunjukkan burst yang berlangsung hingga pukul 12.08 UT

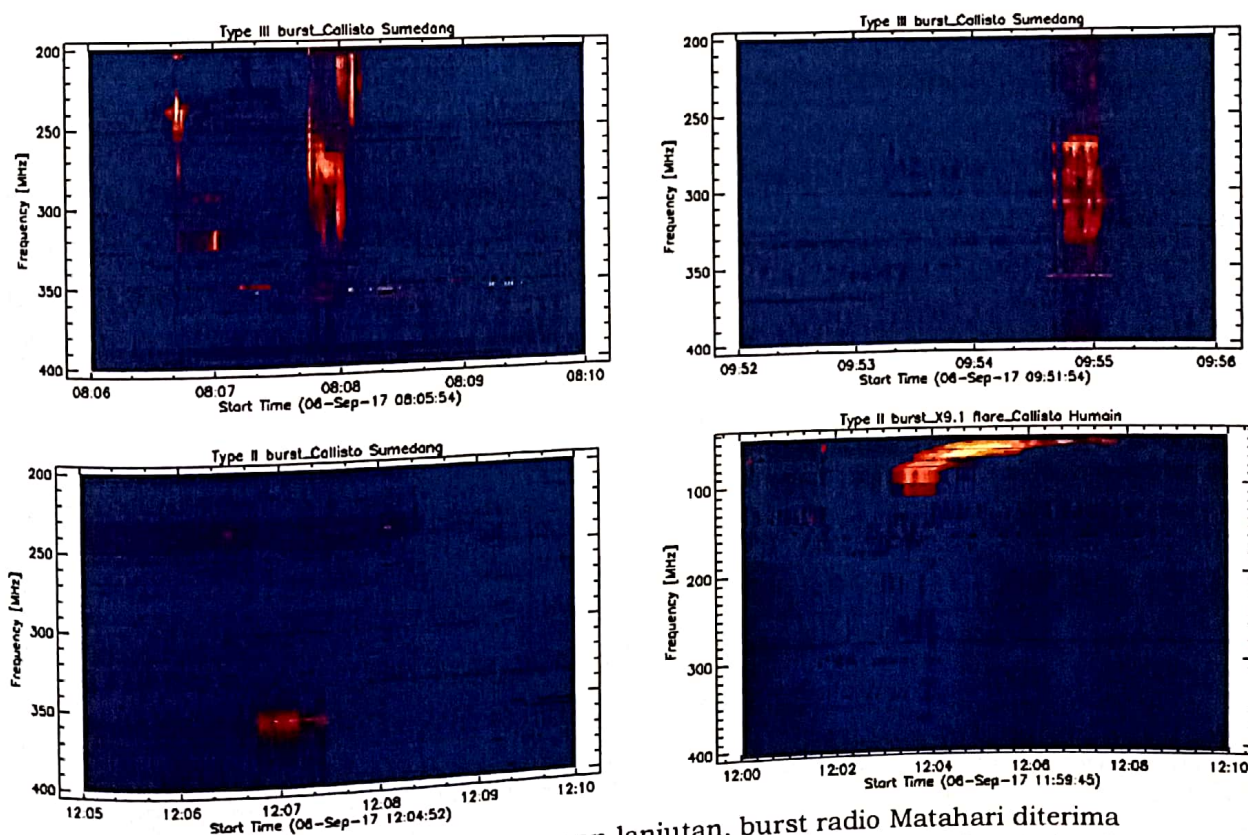
seperti terlihat pada Gambar 4-6. Burst type II ini jelas berasosiasi dengan terjadinya flare kelas X9.3 yang terjadi. Flare dan burst yang dilaporkan NOAA selanjutnya setelah waktu tersebut tidak tercatat pada Callisto Sumedang karena sudah memasuki malam hari waktu lokal.



Gambar 4-4. Hasil pemrosesan lanjutan, burst radio Matahari diterima Callisto Sumedang 4 September 2017



Gambar 4-5. Burst radio Matahari diterima di Callisto Sumedang 6 September 2017 (e-Callisto Network, 2017)



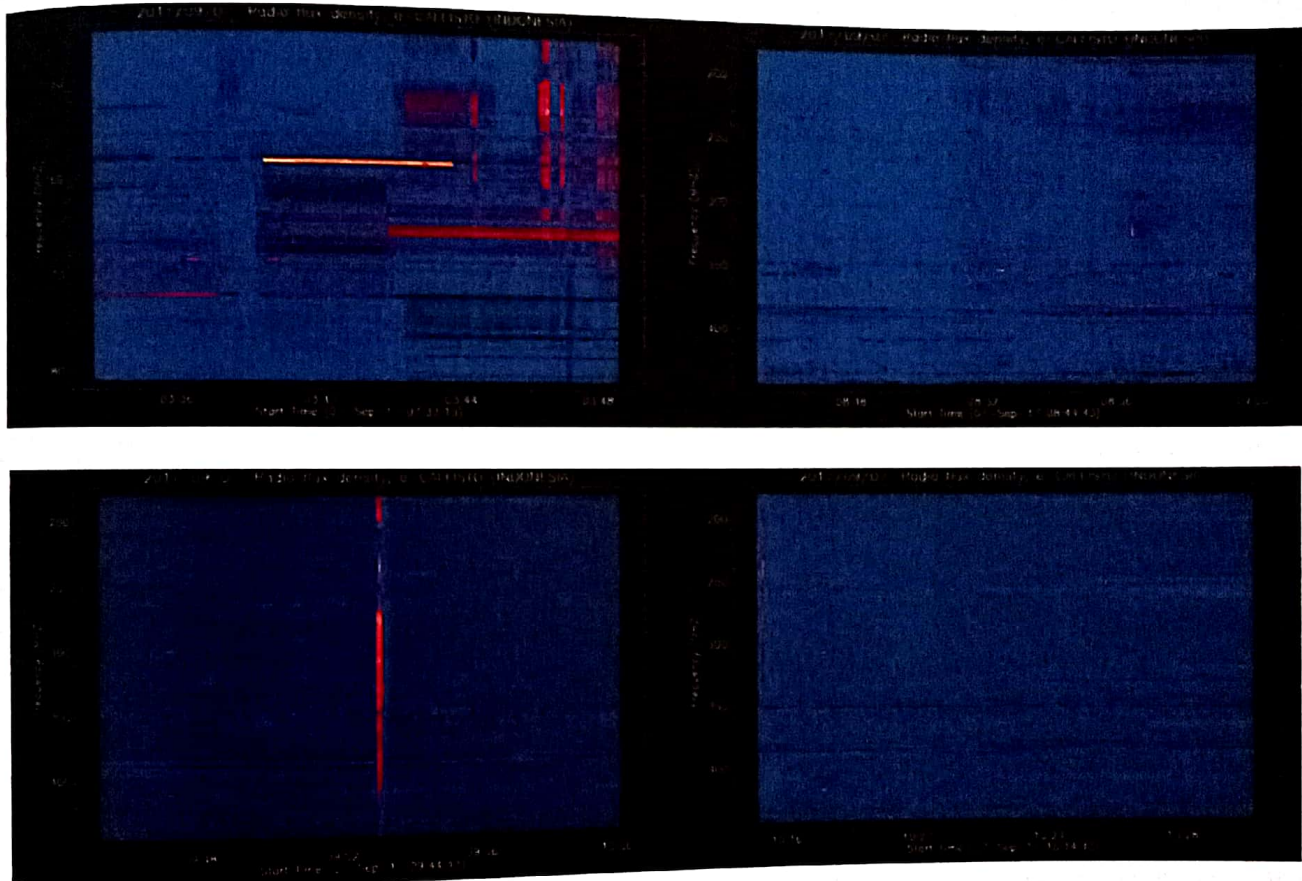
Gambar 4-6. Hasil pemrosesan lanjutan, burst radio Matahari diterima Callisto Sumedang 6 September 2017, dan burst type II saat flare kelas X9.3 yang diterima di stasiun Hurnain Belgia (e-Callisto network).

Pada tanggal 7 September 2017, Callisto Sumedang mencatat penerimaan burst pada pukul 03.44 UT, 08.56 UT,

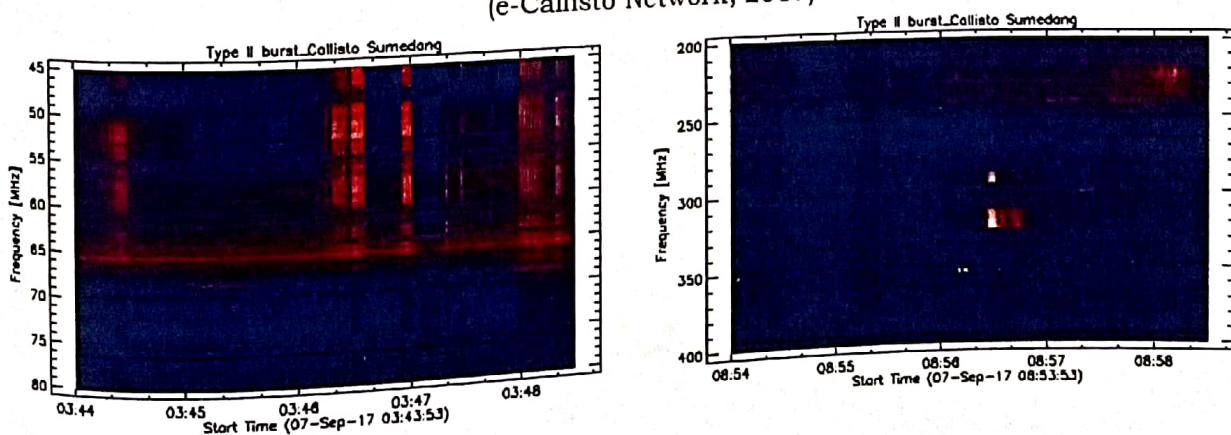
09.53 UT, 10.15 UT seperti terlihat pada Gambar 4-7. Dari analisis lanjutan sepertipada Gambar 4-8, terlihat bahwa

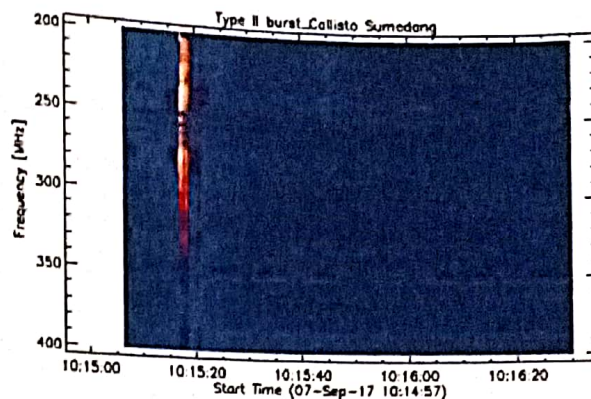
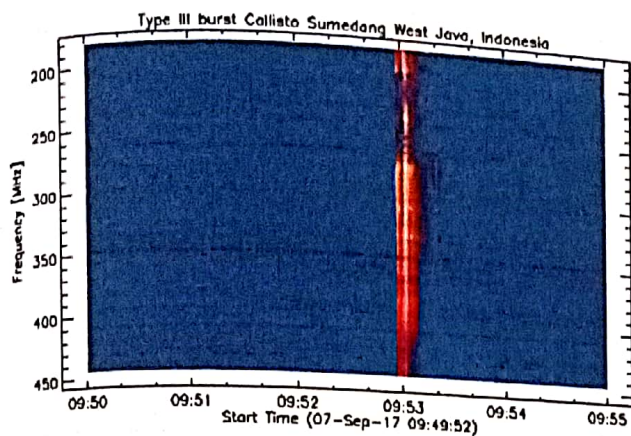
03.33 UT hingga 03.49 UT, Callisto Sumedang menerima burst type III dan type V, sedangkan NOAA tidak melaporkan penerimaan burst. Kemudian pada pukul 08.56 UT, terlihat penerimaan burst type III pada frekuensi sekitar 300 MHz, NOAA juga tidak melaporkan hal ini. Burst type III yang diterima Callisto Sumedang berikutnya pada pukul 09.53 UT dilaporkan oleh NOAA sebagai burst type III intensitas sedang (2). Selanjutnya penerimaan burst oleh Callisto pukul 10.15

UT dilaporkan NOAA sebagai burst type V dengan intensitas sedang (2) yang terjadi pada 10.13 UT dan berakhir pada pukul 10.18 UT. Pada rentang waktu di atas, pada pukul 10.11 UT NOAA dan pencatatan fluks sinar X melaporkan telah terjadi flare kelas M7.3, yang mencapai puncaknya pada pukul 10.15 UT dan berakhir pukul 10.18 UT. Ini berarti burst yang diterima berasosiasi dengan flare kelas M7.3 tersebut.



Gambar 4-7. Burst radio Matahari diterima di Callisto Sumedang 7 September 2017 (e-Callisto Network, 2017)

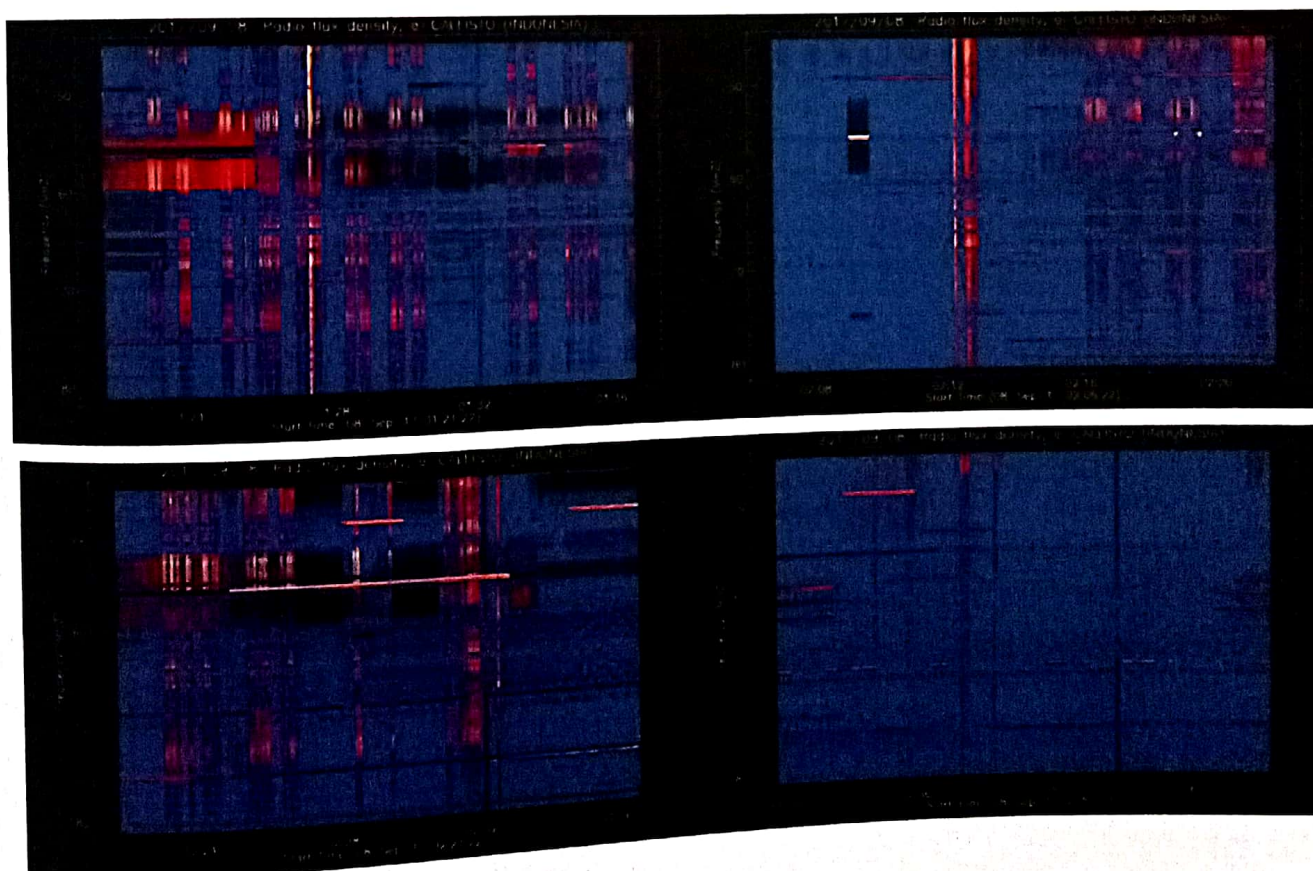


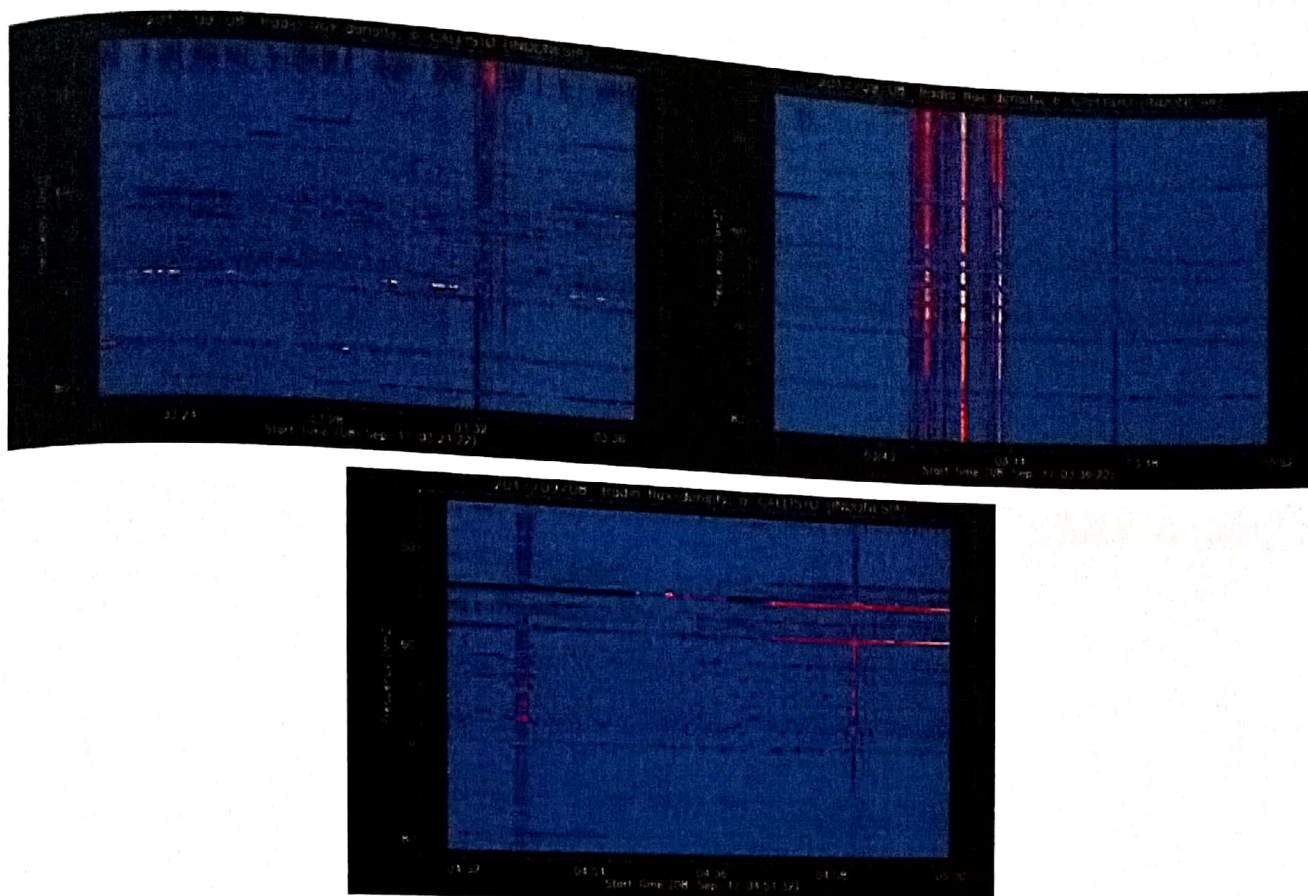


Gambar 4-8. Hasil pemrosesan lanjutan, burst radio Matahari diterima Callisto Sumedang 7 September 2017.

Pada tanggal 8 September 2017, Callisto menerima tujuh burst pada pukul 01.27 UT, 02.12 UT, 02.32 UT, 02.56 UT, 03.24 UT, 03.40 UT, 04.57 UT sebagaimana terlihat pada Gambar 4-9. Dari hasil pemrosesan lanjutan seperti pada Gambar 4-10, dapat dijelaskan bahwa pada pukul 01.27 UT Callisto Sumedang menerima burst type III, sedangkan NOAA tidak melaporkan adanya burst maupun flare pada waktu tersebut.

Kemudian pada pukul 02.12 UT Callisto menerima burst type III, sedangkan NOAA tidak melaporkan terjadinya burst tetapi flare kelas C1.2 yang terjadi pada 02.10 UT, puncaknya pada pukul 02.13 UT dan berakhir 02.15 UT. Pada pukul 02.32 UT Callisto menerima burst type III di tengah noise yang cukup signifikan, sedangkan NOAA tidak melaporkan terjadinya burst pada waktu tersebut.





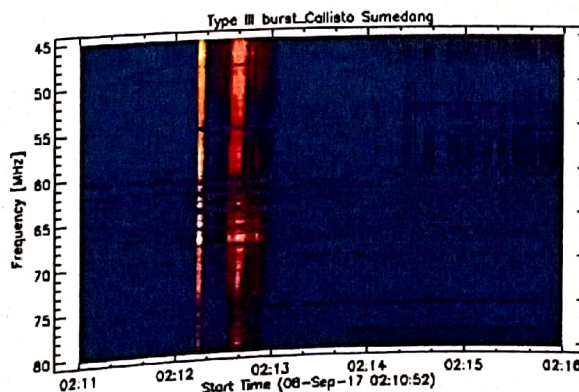
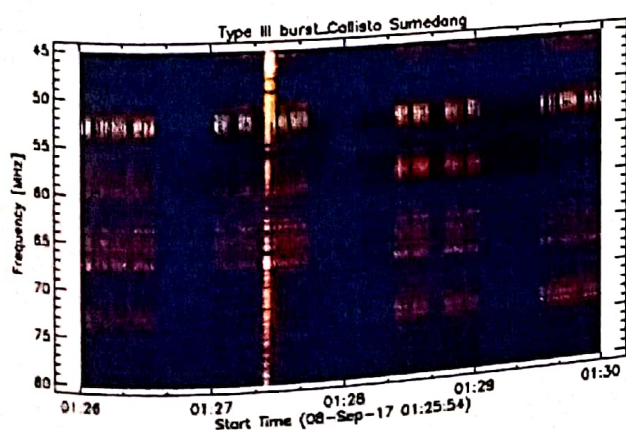
Gambar 4-9. Burst radio Matahari diterima di Callisto Sumedang 8 September 2017 (e-Callisto Network, 2017)

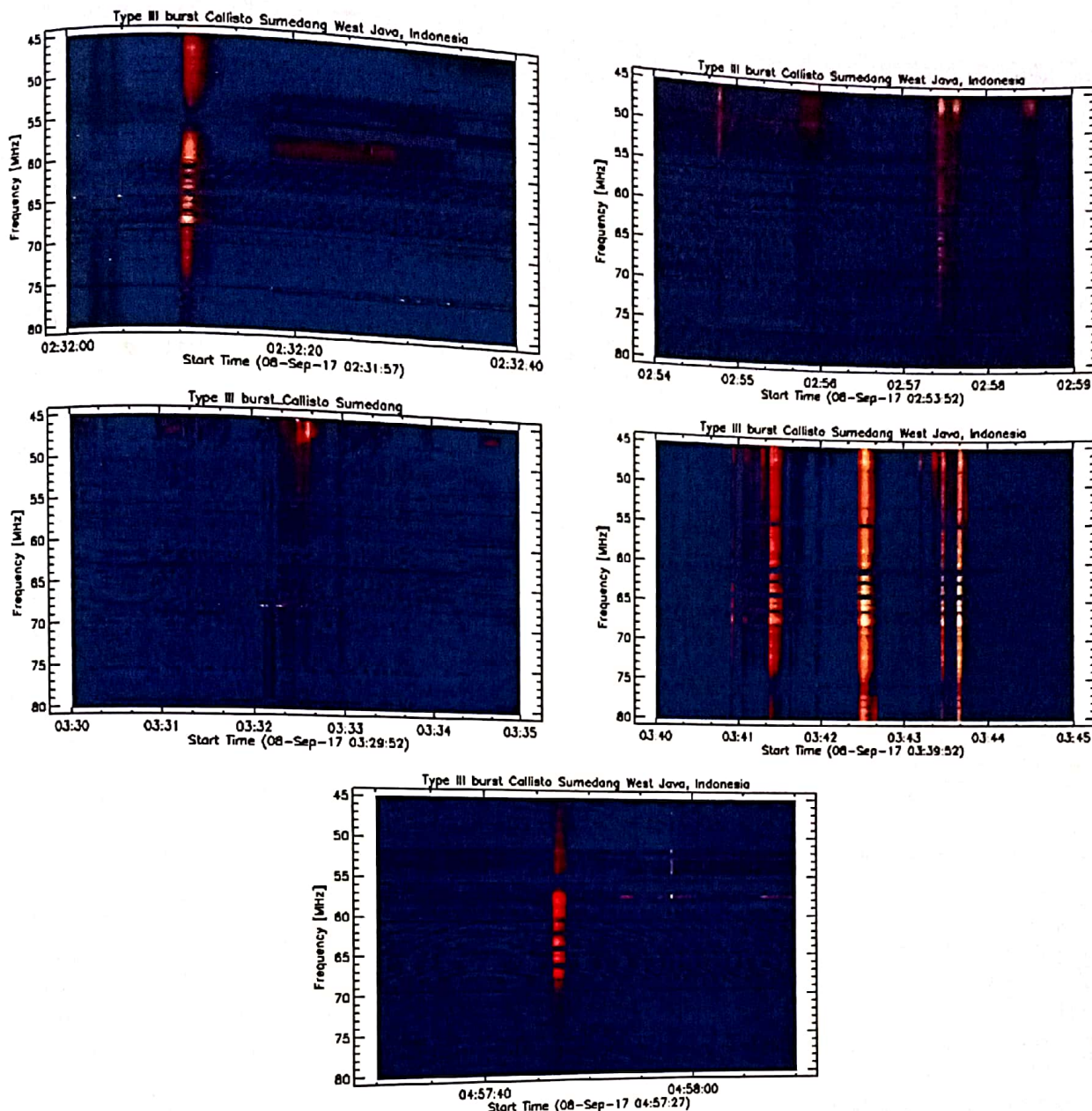
Pada pukul 02.54 UT, Callisto menerima burst type II yang diikuti burst type V. NOAA juga melaporkan tidak menerima burst pada waktu tersebut. Kemudian pada 03.32 UT, Callisto Sumedang menerima burst type V yang lemah, sedangkan NOAA tidak melaporkan burst tetapi flare kelas C1.4 terjadi pada pukul 03.30 UT, puncaknya pukul 03.34 hingga pukul 03.37 UT.

Flare kelas M1.2 terjadi pada pukul 03.39 UT, puncaknya pada pukul 03.43 UT dan berakhir pada pukul 03.45 UT.

Bersamaan dengan flare ini, Callisto Sumedang juga menerima burst type V pada pukul 03.42 UT dan berturut-turut hingga pukul 03.44 UT. Kedua kejadian ini mestinya saling berkaitan. NOAA tidak melaporkan menerima burst pada waktu tersebut.

Yang terakhir pada tanggal 8 September 2017 ini, Callisto menerima burst type III pada pukul 04.57 UT, sedangkan NOAA melaporkan burst type VI intensitas rendah pada rentang waktu yang cukup panjang mulai 04.52 UT.

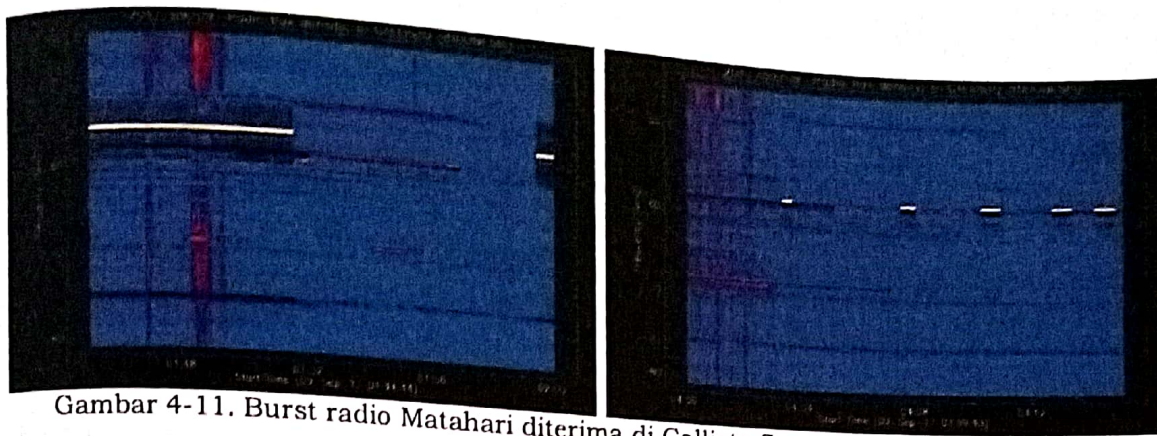




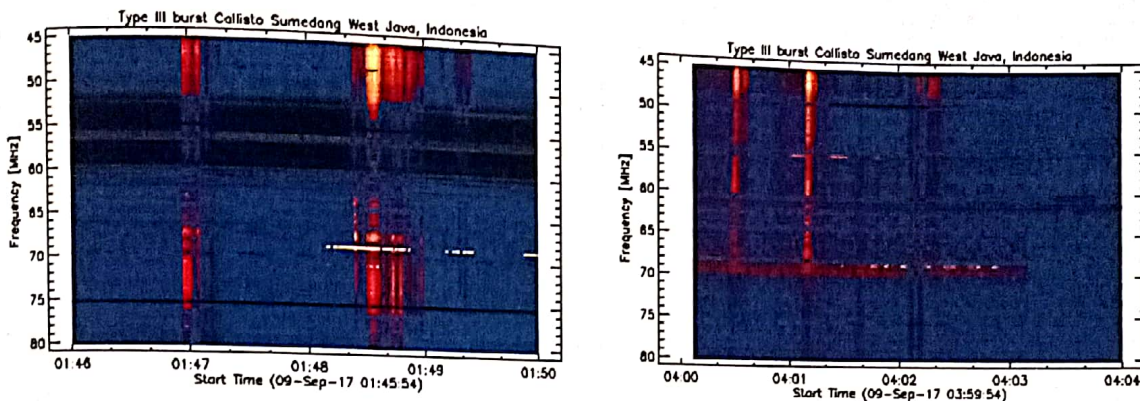
Gambar 4-10. Hasil pemrosesan lanjutan, burst radio Matahari diterima Callisto Sumedang 8 September 2017.

Untuk tanggal 9 September 2017, burst diterima Callisto Sumedang pada pukul 01.46 UT, 04.00 UT seperti pada Gambar 13. Analisis dari pemrosesan lanjutan seperti pada Gambar 14 menunjukkan bahwa burst type III diikuti type V terjadi pada pukul 01.47 UT. Kejadian burst pada waktu ini tidak terdapat dalam laporan NOAA. Kemudian pada pukul 04.00 UT

terjadi burst type III. NOAA melaporkan flare kelas C4.2 terjadi mulai pukul 03.57 UT, puncaknya pada pukul 04.01 UT dan berakhir pukul 04.07 UT namun NOAA tidak melaporkan burst terjadi pada waktu tersebut. Mestinya burst yang diterima Callisto Sumedang berkaitan dengan terjadinya flare ini.



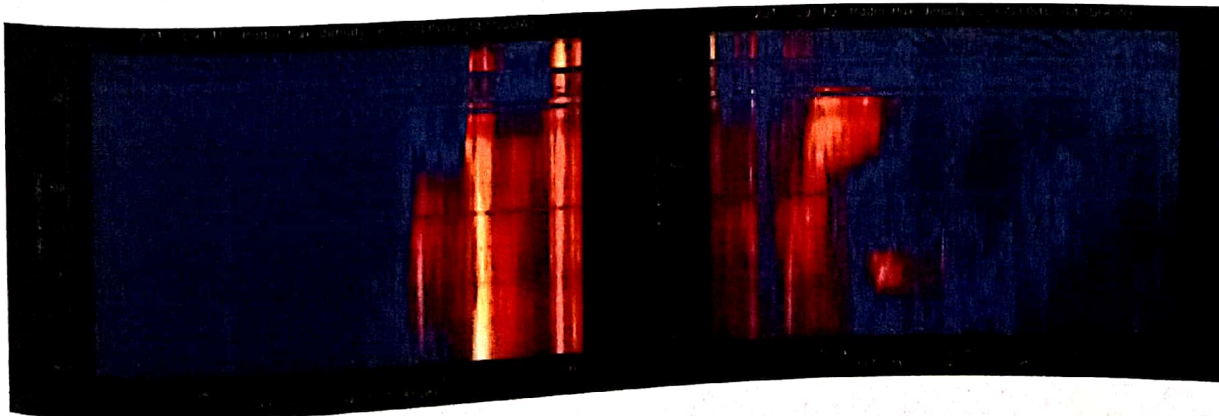
Gambar 4-11. Burst radio Matahari diterima di Callisto Sumedang 9 September 2017 (e-Callisto Network, 2017)

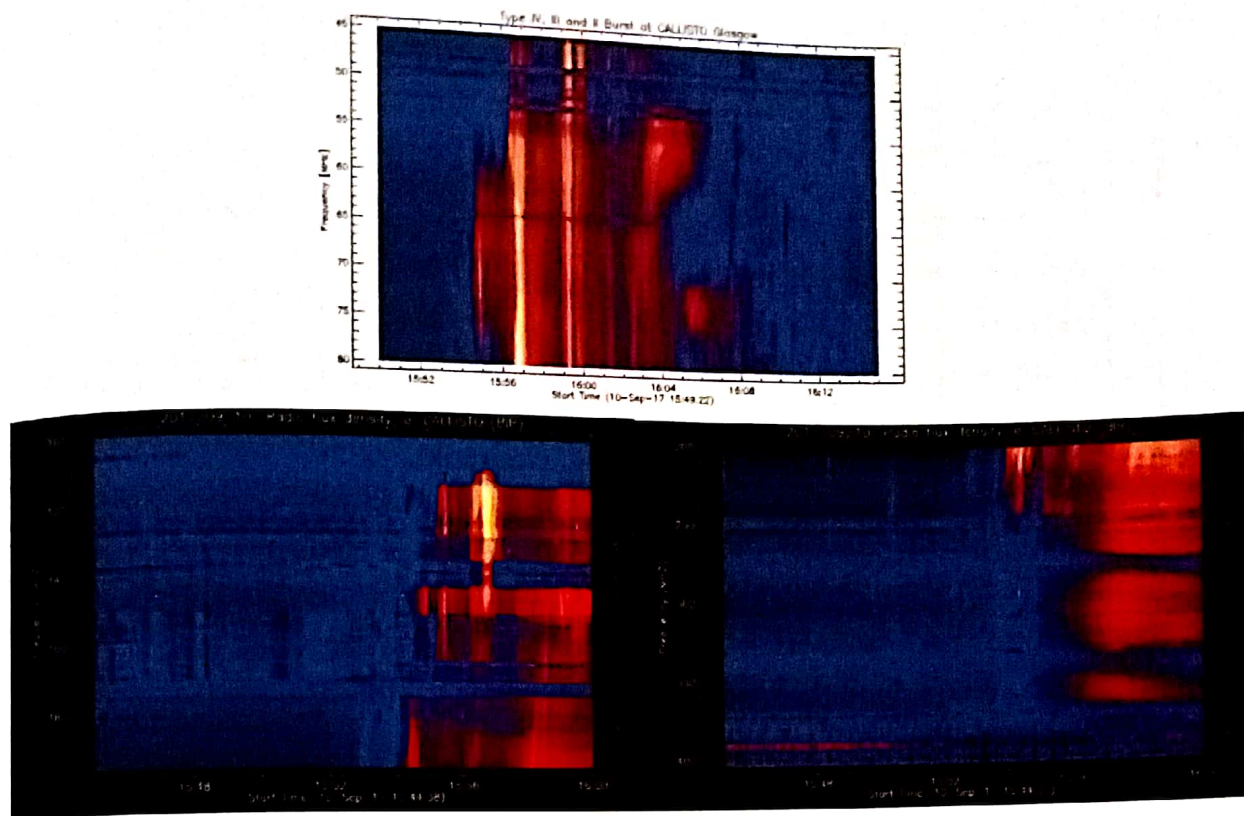


Gambar 4-12. Hasil pemrosesan lanjutan, burst radio Matahari diterima Callisto Sumedang 9 September 2017.

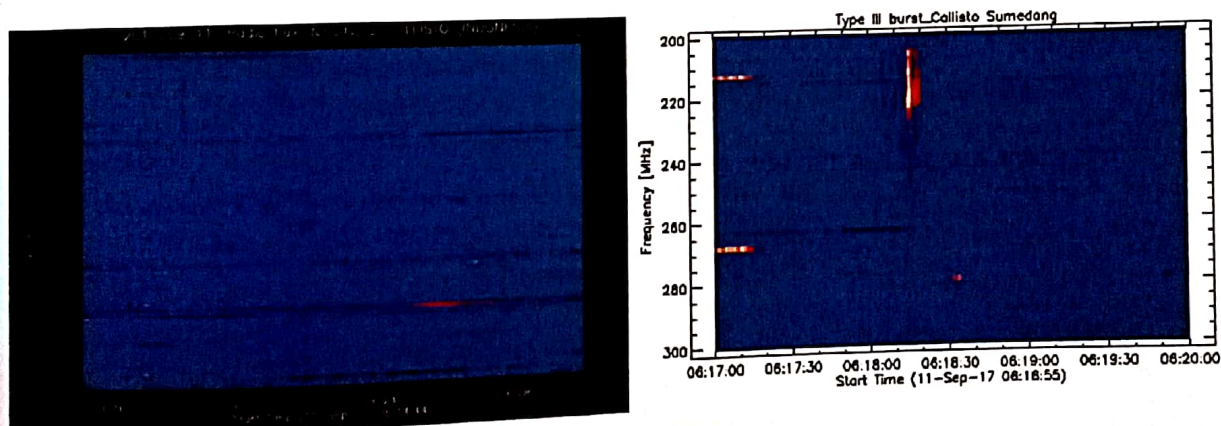
Pada tanggal 10 hingga 12 September 2017 aktifitas Matahari terlihat sudah mulai menurun. Callisto Sumedang masih mencatat burst yang terjadi pada pukul 06.18 UT. Analisis lanjutan menunjukkan bahwa burst type III terjadi pada pukul 06.18 UT, dan NOAA tidak melaporkan adanya burst pada waktu tersebut. Namun ternyata dari laporan NOAA dan pencatatan fluks sinar x dari SWPC diperoleh bahwa pada 10 November 2017 masih terjadi flare kelas X8.2 pada pukul 15.35 UT dengan puncaknya pada pukul 16.06 UT dan berakhir pada pukul

16.31 UT, yang merupakan kejadian flare kedua terbesar setelah sebelumnya terjadi flare kelas X9.3 pada tanggal 6 September 2017. Callisto Sumedang tidak mencatat penerimaan burst pada waktu tersebut karena waktu pengamatan siang hari di Indonesia hanya hingga pukul 11.00 UT. Namun dari jaringan e-Callisto, stasiun Glasgow Scotlandia mencatat burst pada frekuensi 45 hingga 80 MHz, dan stasiun Birr Irlandia mencatat pada frekuensi 100-180 MHz, dan 200 hingga 400 MHz, yang terjadi mulai pukul 15.54 UT seperti pada Gambar 4-11.





Gambar 4-13. Burst radio Matahari diterima di Callisto pada 10 September 2017 dan hasil analisis over lap waktu kejadian untuk stasiun Callisto Glasgow serta burst yang diterima di Birr Irlandia (e-Callisto Network, 2017)



Gambar 4-14. Burst radio Matahari yang diterima Callisto Sumedang pada 11 September 2017 dan hasil analisis lanjutan

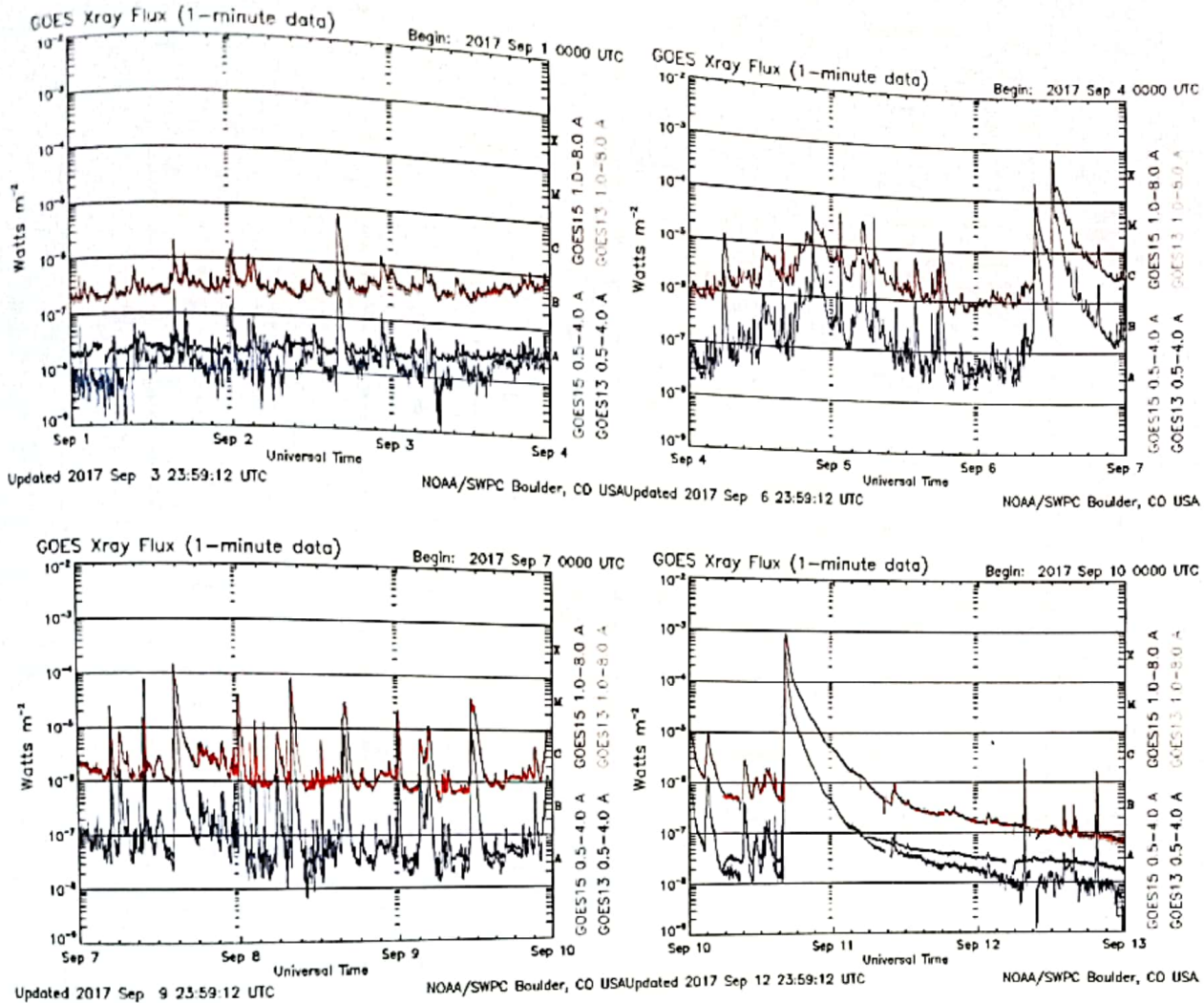
Analisis lanjutan dengan melakukan over lap waktu kejadian yang diterima di Glasgow Scotlandia terlihat menerima burst type IV, type III dan type II dengan intensitas lemah hingga sedang sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4-12. Laporan NOAA juga menyebutkan bahwa burst yang diterima di stasiun Callisto berada pada rentang waktu terjadinya flare X8.2 tersebut. Ini menunjukkan keterkaitan antara burst yang diterima Callisto dengan flare X8.2 yang terjadi pada 10 September 2017.

Selanjutnya pada 11 September 2017, Callisto Sumedang masih menerima burst pada pukul 06.18 UT. Analisis lanjutan menunjukkan burst type III yang terjadipada frekuensi antara 200 hingga 240 MHz. NOAA tidak melaporkan kejadian burst pada waktutersebut.

Pada Gambar 4-15 ditunjukkan perekaman fluks sinar X (GOES X-ray flux) oleh SWPC pada periode 1 hingga 12 September 2017. Dari Identifikasi yang dilakukan menunjukkan terjadi 62 kali flare kelas C, 27 kali flare kelas M, dan 4 kali flare kelas X, dengan dua flare terbesar

adalah kelas X9.3 terjadi pada 6 September 2017 dan kelas X8.2 terjadi pada 10

September 2017.



Gambar 4-15. X-ray flux selama periode badai Matahari (SWPC NOAA)

Tabel 4-1 Daftar Burst dan Flare periode 1 sd 12 September 2017 sesuai NOAA Events Report

No.	Tanggal	Mulai (UT)	Maks (UT)	Akhir (UT)	Kelas Flare	Sumber (No.)
1	1/9/2017	1708	1714	1719	C1.2	2674
2	1/9/2017	2344	2351	2359	C1.4	2674
3	1/9/2017	1531	1537	1541	C2.0	2674
4	2/9/2017	302	306	326	C1.0	2674
5	2/9/2017	222	230	235	C1.1	2674
6	2/9/2017	2156	2203	2233	C1.5	2672
7	2/9/2017	1526	1541	1556	C7.7	2672
8	2/9/2017	418	441	454	C1.0	2674
9	3/9/2017	2045	2050	2055	C1.1	2673
10	3/9/2017	218	222	229	C1.1	2674
11	4/9/2017	218	222	229	C1.2	2673
12	4/9/2017	333	338	342	C2.4	2673
13	4/9/2017	1133	1138	1142	C2.9	2673
14	4/9/2017	808	819	824	C4.1	2673
15	4/9/2017	1629	1646	1650	C8.3	2673
16	4/9/2017	1212	1225	1233	M1.0	2673
17	4/9/2017	1805	1822	1831		2673

17	4/9/2017	536	549	605	M1.2	2673
18	4/9/2017	1511	1530	1533	M1.5	2673
19	4/9/2017	1959	2002	2006	M1.5	2673
20	4/9/2017	1846	1937	1952	M1.7	2673
21	4/9/2017	2210	2214	2219	M2.1	2673
22	4/9/2017	2028	2033	2037	M5.5	2673
23	5/9/2017	2000	2112	2120	C1.5	2673
24	5/9/2017	1230	1234	1239	C2.2	2673
25	5/9/2017	1614	1619	1622	C3.7	2673
26	5/9/2017	1711	1715	1719	C4.6	2673
27	5/9/2017	1326	1334	1351	C6.9	2673
28	5/9/2017	30	35	41	C9.8	2673
29	5/9/2017	342	351	404	M1.0	2673
30	5/9/2017	1737	1743	1751	M2.3	2673
31	5/9/2017	433	453	507	M3.2	2673
32	5/9/2017	633	640	643	M3.8	2673
33	5/9/2017	103	108	111	M4.2	2673
34	6/9/2017	617	622	629	C1.6	2673
35	6/9/2017	729	734	748	C2.7	2673
36	6/9/2017	2333	2339	2344	M1.2	2673
37	6/9/2017	1921	1930	1935	M1.4	2673
38	6/9/2017	1551	1556	1603	M2.5	2673
39	6/9/2017	857	910	917	X2.2	2673
40	6/9/2017	1153	1202	1210	X9.3	2673
41	7/9/2017	916	920	924	C2.3	2673
42	7/9/2017	2054	2057	2059	C2.5	2673
43	7/9/2017	2257	2300	2302	C2.7	2677
44	7/9/2017	1200	1214	1228	C3.0	2673
45	7/9/2017	1840	1844	1849	C4.5	2673
46	7/9/2017	1804	1828	1836	C5.2	2673
47	7/9/2017	2124	2137	2147	C5.4	2673
48	7/9/2017	619	628	642	C8.2	2673
49	7/9/2017	949	954	958	M1.4	2673
50	7/9/2017	459	502	508	M2.4	2673
51	7/9/2017	2350	2359	14	M3.9	2673
52	7/9/2017	1011	1015	1018	M7.3	2673
53	7/9/2017	1420	1436	1455	X1.3	2673
54	8/9/2017	210	213	215	C1.2	2673
55	8/9/2017	1229	1233	1240	C1.2	2673
56	8/9/2017	936	939	941	C1.3	2673
57	8/9/2017	330	334	337	C1.4	2673
58	8/9/2017	1045	1049	1051	C1.6	2673
59	8/9/2017	2010	2014	2016	C1.7	2673
60	8/9/2017	635	638	641	C1.7	2673
61	8/9/2017	1121	1127	1134	C1.7	2673
62	8/9/2017	1815	1818	1820	C1.7	2673
63	8/9/2017	2316	2321	2323	C2.0	2673
64	8/9/2017	2218	2224	2230	C2.4	2673
65	8/9/2017	624	627	629	C2.9	2673

66	8/9/2017	136	140	142	C5.3	2673
67	8/9/2017	1209	1213	1215	C5.9	2673
68	8/9/2017	704	708	710	C6.0	2673
69	8/9/2017	339	343	345	M1.2	2673
70	8/9/2017	219	224	229	M1.3	2673
71	8/9/2017	2333	2345	2356	M2.1	2673
72	8/9/2017	1509	1547	1604	M2.9	2673
73	8/9/2017	740	749	758	M8.1	2673
74	9/9/2017	36	39	46	C1.0	2673
75	9/9/2017	623	629	640	C1.4	2673
76	9/9/2017	1449	1453	1458	C1.4	2673
77	9/9/2017	717	727	740	C1.5	2673
78	9/9/2017	651	656	658	C1.7	2673
79	9/9/2017	1620	1632	1640	C1.7	2673
80	9/9/2017	1909	1915	1920	C1.8	2673
81	9/9/2017	357	401	407	C4.2	2673
82	9/9/2017	2100	2111	2125	C4.7	2673
83	9/9/2017	302	309	325	C6.3	2673
84	9/9/2017	414	428	443	M1.1	2673
85	9/9/2017	2204	2353	41	M1.1	2673
86	9/9/2017	1050	1104	1142	M3.7	2673
87	10/9/2017	1523	1526	1528	C1.0	2673
88	10/9/2017	1419		1425	C1.6	2673
89	10/9/2017	902	920	934	C2.9	2673
90	10/9/2017	240	309	325	C9.0	2673
91	10/9/2017	1535	1606	1631	X8.2	2673
92	12/9/2017	1903	1920	1928	C1.6	2680
93	12/9/2017	722	729	734	C3.0	2680

5. KESIMPULAN

Callisto Sumedang beroperasi mengamati aktifitas Matahari burst radio Matahari pada saat terjadinya badai Matahari awal September 2017 dengan cukup baik. Burst yang diterima di stasiun Callisto Sumedang sebagian besar sesuai dengan laporan NOAA dan pencatatan fluks sinar x pada SWPC, namun sebaliknya masih terdapat penerimaan Callisto yang tidak tercatat pada laporan NOAA maupun SWPC. Pengamatan dengan Callisto Sumedang hanya dapat dilakukan saat waktu pengamatan Matahari, yaitu pukul 00 hingga 11 UT, sehingga burst yang terjadi di luar waktu tersebut tidak dapat dideteksi. Flare kelas X9.3 yang terjadi pada 6 September 2017 dan flare kelas X8.2 yang terjadi pada 10 September 2017 berkaitan dengan burst yang diterima di Callisto Sumedang maupun jaringan e-Callisto. Namun tidak semua burst yang

diterima Callisto berkaitan dengan kejadian flare yang terjadi pada awal September 2017.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan di LAPAN Sumedang dalam pengoperasian dan pemeliharaan Callisto selama ini. Terima kasih kepada Kepala Pusat Sains Antariksa yang telah mengokomidir dan membiayai kegiatan penelitian dan pengembangan Callisto di Indonesia.

DAFTAR RUJUKAN

Anonim (2017a), Scientists observe largest solar flare in 12 years, University of Sheffield, published on September 11th, 2017, retrieved 20 November 2017 from <https://phys.org/news/2017-09-scientists-largest-solar-flare-years.html>

Anonim (2017b), Two significant solar flares imaged by NASA's SDO, provided by NASA's Goddard Space Flight Center, published on September 6th, 2017, retrieved 20 November 2017 from <https://phys.org/news/2017-09-significant-solar-flares-imaged-nasa.html>

Anonim (2017c), SDO captures image of mid-level flare, provided by NASA's Goddard Space Flight Center, published on September 5th, 2017, retrieved 20 November 2017 from <https://phys.org/news/2017-09-sdo-captures-image-mid-level-flare.html>

Benz, Arnold O., C. Monstein, H. Meyer (2005), "Callisto, A New Concept for Solar Radio Spectrometers", *Solar Physics* (2005) 226: 143-151, Springer.

Fazekas, Andrew (2017), How the Strongest Solar Flare in a Decade Is Affecting Earth, *National Geographic*, published on September 6th, 2017, retrieved on 20 November 2017 from <https://news.nationalgeographic.com/2017/09/sun-solar-flare-strongest-auroras-space-science/>

Gopalswamy, Nat (2009), "Coronal Mass Ejection and Space Weather", *CAWSES, Selected Papers from 2007 Kyoto Symposium*, edited by T. Tsuda et al., Terrapub, Tokyo.

Manik, T., and Peberlin Sitompul (2015), *Radio Interference Measurement For Optimum Solar Radio Observation Using Callisto Spectrometer At Sumedang*

Indonesia. The 4th International Symposium for Sustainable Humanosphere (ISSH) A Forum of Humanosphere Science School (HSS) Bandung, 22-23 December 2014.

Manik, T., P. Sitompul, M. Batubara, T. Harjana, C. Y. Yatini, C. Monstein (2016), *Solar Radio Observation using Callisto Spectrometer at Sumedang West Java Indonesia: Current Status and Future Development Plan in Indonesia*, ASP Conference Series Vol. 504.

Manik, T., P. Sitompul, dan M. Batubara (2017), Jaringan internasional e-Callisto untuk pengamatan semburan radio Matahari real-time, *Prosiding SNSA2016*.

Monstein, Ch. and D. Baludansky (2013), "Solar radio observation and radio interference monitoring in Roztoky", *Contribution Astronomy Observation Skalnaté Pleso* 43, 81-93.

Monstein, Christian (2017), e-Callisto International Network of Solar Radio Spectrometer, [www.e-Callisto.org](http://soleil.i4ds.ch/solarradio/callisto), <http://soleil.i4ds.ch/solarradio/callisto> Quicklooks/?date=20170903.

SPWC NOAA (2017), NOAA Events report periode 1-12 September 2017. (<http://www.swpc.noaa.gov/>)

Williamson, Samuel P. (2009), "The National Space Weather Program", Document No. FCM-P30-2010, Washington, DC, June 2010.