

Hubungan *Flare X9.3* dengan Magnetosfer dan Ionosfer selama Siklus Matahari ke-24 pada Kejadian *Coronal Mass Ejection (CME)* 6 September 2017

Sucy Lestari Wirma, Marzuki*, Afrizal
Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas,
Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 20 November 2020
Direvisi: 05 Desember 2020
Diterima: 15 Januari 2021

Kata kunci:

Aktivitas Matahari
CME
Badai Geomagnet
Badai Ionosfer
Kototabang
Sumedang

Keywords:

Solar Activity
CME
Geomagnetic Storm
Ionospheric Storm
Kototabang
Sumedang

Penulis Korespondensi:

Marzuki
Email: marzuki@sci.unand.ac.id

ABSTRAK

Telah dilakukan analisis hubungan *flare X9.3* dengan magnetosfer dan ionosfer berdasarkan kejadian CME 6 September 2017. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kategori badai geomagnet dan ionosfer sebagai akibat dari siklus matahari ke-24. Data penelitian yang digunakan berupa komponen *H* medan magnet bumi stasiun geomagnet Kototabang dan frekuensi kritis lapisan F2 (*f*0F2) stasiun CADI Sumedang. Badai geomagnet dan ionosfer pada penelitian ini mewakili gangguan di wilayah khatulistiwa. Penelitian ini menghasilkan indikasi gangguan magnetosfer pada 8 September 2017 yang ditunjukkan dengan penurunan intensitas komponen *H* medan magnet bumi sebesar -250 nT yang dikategorikan sebagai badai sangat kuat dengan skala G3, sementara terdapat penyimpangan *f*0F2 ionosfer di hari yang samasebesar 4.33 MHz. Kriteria badai lemah terdapat pada bulan Januari, Februari dan Juni, kriteria badai sedang terdapat pada bulan April, Agustus dan Oktober, sedangkan kriteria badai kuat terdapat pada Maret, Mei dan Juli. Hal ini menunjukkan bahwa gangguan geomagnet akibat CME 6 September 2017 lebih besar dibandingkan dengan bulan-bulan lainnya.

The analysis of the X9.3 flare relationship with the magnetosphere and ionosphere has been carried out based on the CME event of September 6, 2017. This study aims to determine the category of geomagnetic and ionospheric storms resulting from the 24th solar cycle. The research data used is in the form of the H component of the Earth's magnetic field at the Kototabang geomagnetic station and the critical frequency of the F2 layer (f0F2) of the Sumedang CADI station. Geomagnetic and ionospheric storms in this study represent disturbances in the equatorial region. This research produced the indication of magnetospheric disturbances on September 8, 2017; decreasing the H component intensity of Earth's magnetic field is -250 nT categorized as a powerful storm with G3 scale, while there is 4.33 MHz deviation of the ionosphere f0F2 in the same day. The criteria for weak storms are in January, February, and June. The criteria for moderate storms are in April, August, and October, while intense storms are in March, May, and July. Those show that the geomagnetic disturbances due to CME on September 6, 2017, were more significant than the other months.

Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Aktivitas matahari adalah salah satu penyebab fenomena cuaca antariksa di luar angkasa akibat ketidakstabilan permukaan matahari dan atmosfernya (Benestad, 2006). Luasan penampang medan magnet yang terbentuk di permukaan fotosfer matahari ketika memiliki fluks magnetik yang terkonsentrasi akan menimbulkan *sunspot* (Bray dan Loughhead, 1964). Ketika jumlah dan ukuran *sunspot* bertambah maka terjadi *flaredi* wilayah kromosfer sehingga muncul ledakan yang memancarkan sinar UV dan sinar X. Sinar yang dihasilkan merupakan cikal bakal terjadinya lontaran massa pada bagian korona matahari, yang kemudian dialirkan oleh angin matahari (Hanslmeier, 2004) menuju magnetosfer bumi (Lanza dan Meloni, 2009) yang menyebabkan gangguan berupa badai geomagnet (Kahar dkk., 2018). Selama badai tersebut, juga terjadi gangguan pada ionosfer yang berupa badai ionosfer (Husin dkk., 2017).

Hubungan antara aktivitas matahari dengan badai geomagnet dan ionosfer (Kamide, 1985, Lusiani dkk., 2011) dapat ditentukan dengan dua cara. Cara pertama adalah dengan mempelajari periodisitas parameter cuaca antariksa dan aktivitas matahari sehingga diperlukan data yang lengkap dalam deret waktu yang panjang. Cara kedua adalah dengan studi terhadap beberapa peristiwa khusus, misalnya ketika terjadi aktivitas matahari yang besar dan berenergi tinggi (Yatini dkk., 2009). Pada penelitian ini menggunakan cara kedua dengan peristiwa khusus, *Coronal Mass Ejection* (CME), yaitu menganalisis pengaruh aktivitas matahari dengan menggunakan peristiwa aktivitas matahari yang sangat besar. Cara yang kedua ini dengan hanya memerlukan deret waktu yang singkat, cara ini dapat membandingkan secara signifikan pengaruh aktivitas matahari pada waktu aktivitas matahari maksimum dengan waktu aktivitas matahari minimum.

CME adalah salah satu aktivitas matahari yang menyebabkan terlontarnya partikel-partikel bermuatan yang kemudian dialirkan oleh angin matahari menuju magnetosfer bumi. Hal ini dapat menimbulkan badai geomagnet (Pranoto, 2010) dan badai ionosfer. Gangguan ini berdampak buruk pada segala aktivitas manusia di luar angkasa dan juga bagi telekomunikasi jarak jauh. Aktivitas matahari yang selalu terjadi periodik setiap sebelas tahun sekali atau disebut juga *Solar Cycle* yang membuat dampak ini akan dirasakan sepanjang tahun. Siklus matahari ke-24 di wilayah aktif AR2673 memunculkan *flare* kelas X9.3 yang sangat kuat dan disertai CME dengan kecepatan lontaran mencapai 1571 km/s pada 6 September 2017. CME ini akan sampai di bumi setelah 1-4 hari yang dapat menyebabkan badai geomagnet maupun badai ionosfer (Davies, 2008).

Penentuan besar gangguan magnetosfer akibat CME 6 September 2017 telah dilakukan oleh Tassev (2017). Mereka memperhitungkan gangguan magnetosfer di wilayah lintang tinggi dan lintang tengah tanpa memperhitungkan gangguan di wilayah lintang rendah. Dari penelitian tersebut gangguan geomagnet di lintang tengah dan lintang rendah digambarkan dengan indeks Kp yang diukur dari pesawat ruang angkasa NOAA/SWPC, USA. Indeks Kp pada penelitian tersebut bernilai 8 dengan skala G4 dan dikategorikan sebagai badai sangat kuat. Selain itu, mereka juga mengukur parameter angin matahari dan meneliti proses kejadian aktivitas matahari yang mencakup 3 wilayah luar angkasa yaitu matahari (fotosfer dan korona), ruang antarplanet dan magnetosfer bumi. Penentuan besar gangguan ionosfer akibat CME 6 September 2017 telah dilakukan oleh Atici dan Sagir (2019). Mereka menggunakan data TEC sebagai penentuan badai ionosfer, namun data TEC masih perlu dikoreksi dan dalam menentukan besar gangguan ini beberapa peneliti juga banyak menggunakan data ionosonda yaitu berupa data frekuensi kritis lapisan F2 (f_oF_2) (Munro, 1957). Dari penelitian tersebut mereka menemukan bahwa penyimpangan ionosfer di lintang tinggi belahan bumi selatan lebih besar jumlahnya dibandingkan di lintang tinggi belahan bumi utara selama badai, dan pengamatan ionosfer di stasiun lintang tengah belahan bumi utara lebih banyak terdeteksi penyimpangan daripada di belahan bumi selatan.

Peristiwa CME 6 September 2017 sebelumnya telah dilakukan oleh banyak peneliti baik dengan memperhitungkan gangguan pada magnetosfer maupun ionosfer di lintang rendah. Lintang rendah juga sangat berpengaruh secara signifikan akibat gangguan tersebut sebagaimana yang telah dilaporkan secara global oleh WDC for *Geomagnetism* Kyoto yang digambarkan dengan indeks Dst. Berdasarkan deskripsi ini, penelitian pada CME 6 September 2017 telah dilakukan dengan memperhitungkan lintang rendah tepatnya di stasiun pengamatan geomagnet Kototabang.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan data komponen H medan magnet bumi bulan Januari-Oktober 2017 yang diperoleh dari rekaman stasiun magnetometer *fluxgate* LAPAN Agam dan data frekuensi kritis lapisan F2 bulan September 2017 yang diperoleh dari rekaman stasiun ionosonda CADI (*Canadian Advanced Digital Ionosonde*) LAPAN Sumedang.

2.1 Perhitungan Tingkat Gangguan Geomagnet

Tingkat gangguan geomagnet dihitung melalui selisih variasi harian komponen H medan magnet bumi dengan hari tenangnya. Pola hari tenang dikembangkan oleh McPherron (2005) dan dipakai oleh banyak peneliti saat ini seperti Persamaan 1 sebagai berikut (Habirun, 2007).

$$Sq(T, M) = \sum_{m=1}^6 \sum_{n=1}^6 A_{m,n} \cos(mT + \alpha_m) \cos(nM + \beta_n) \quad (1)$$

Keterangan:

$Sq(T, M)$: model pola hari tenang Sq (*Solar Quiet*) dalam waktu T dan bulan M (nT).

$\alpha_m, \beta_n, A_{m,n}$: koefisien yang dapat ditentukan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil (Hakkinen, 2002).

m dan n : jumlah harmonik (periode gelombang variasi harian geomagnetik) yang berperiode dalam 24 jam (yaitu harmonik 1 hingga 6 yang memiliki periode dominan 24, 12, 8, 6, 4 dan 2).

Perhitungan tingkat gangguan geomagnet dinyatakan dengan Persamaan 2 (Hakkinen, 2002, Campbell, 1989) sebagai berikut.

$$D(T, M) = \Delta H(T, M) - Sq(T, M) \quad (2)$$

Keterangan:

$D(T)$: besar tingkat gangguan geomagnet dalam setiap menit (nT).

$\Delta H(T)$: variasi harian komponen H medan magnet bumi dalam setiap menit (nT).

2.2 Perhitungan Tingkat Gangguan Ionosfer

Tingkat gangguan ionosfer dihitung berdasarkan selisih antara nilai variasi harian f^oF2 dengan nilai median f^oF2 . Nilai variasi harian f^oF2 ditentukan dengan proses *scalling* ionogram setiap 30 menit. Proses *scalling* ionogram yaitu proses dengan melakukan pembacaan pada data ionogram (Jiyo, 2017).

Berikut adalah tahapan *scalling* ionogram :

1. Kursor diletakkan pada posisi pixel f^oF2 yang telah ditetapkan.
2. Nilai yang tertera di kiri paling bawah (freq) menunjukkan nilai variasi harian f^oF2 .
3. Kemudian di hitung mediannya.

Tingkat gangguan ionosfer dihitung berdasarkan selisih antara nilai variasi harian f^oF2 dengan nilai median f^oF2 .

2.3 Analisis Data

Besar badai geomagnetik ditandai dengan kenaikan komponen H medan magnet bumi secara mendadak dan diiringi dengan penurunan yang sangat cepat. Sedangkan badai ionosfer ditandai dengan terdapatnya simpangan yang besar antara variasi harian f^oF2 dengan mediannya. Kedua badai digambarkan melalui grafik antara waktu dengan gangguan yang terjadi.

III. HASIL DAN DISKUSI

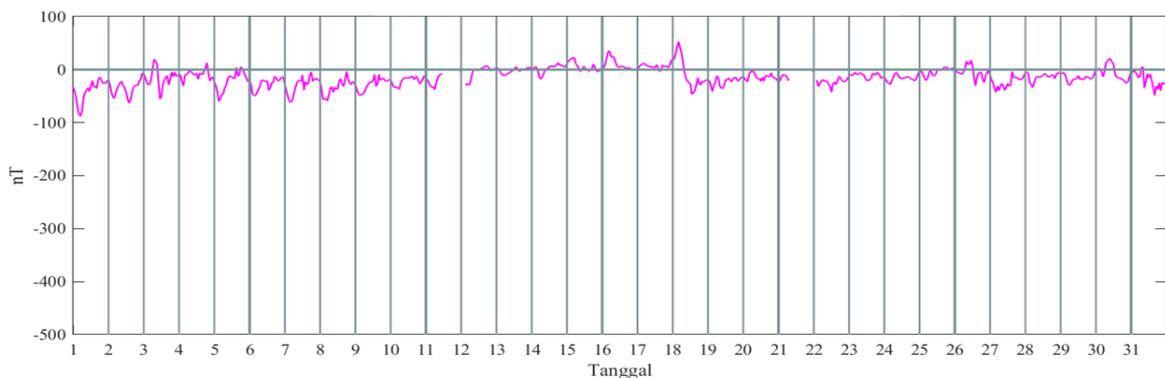
CME 6 September 2017 mengakibatkan peningkatan secara mendadak komponen H medan magnet bumi. Kemudian intensitas meluruh dengan cepat dan meningkat selama beberapa jam, lalu diakhiri dengan pemulihan yang lambat selama 2 hari. Selama badai geomagnet, juga muncul badai ionosfer yang terjadi beberapa jam setelah gangguan pada medan magnet bumi.

3.1 Tingkat Gangguan pada Magnetosfer

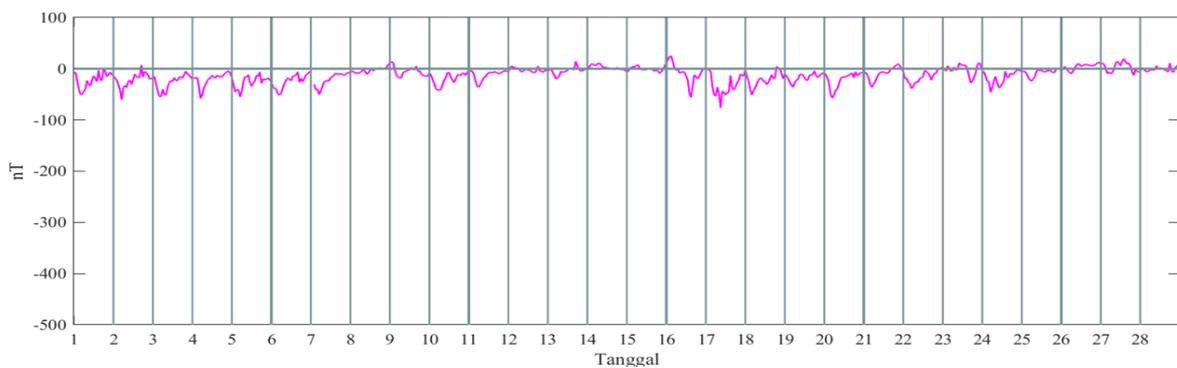
Badai geomagnet diawali dengan penurunan intensitas medan magnet bumi pada 8 September 2017 pukul 00.00 UT sebesar -201 nT, kemudian meningkat menjadi -25 nT pukul 06.00 UT. Kenaikan intensitas tersebut diikuti dengan penurunan yang sangat cepat dan signifikan dalam waktu

yang sangat singkat yaitu mencapai -250 nT pada pukul 12.00 UT. Pemulihan intensitas medan magnet bumi terjadi selama lebih kurang 24 jam, yang dimulai pada 9 September 2017 kemudian berakhir pada 10 September 2017. Tingkat kekuatan geomagnet yang ditunjukkan pada Gambar 9 memiliki kategori sebagai badai sangat kuat yaitu dengan rentang nilai intensitas antara 200 nT hingga 300 nT.

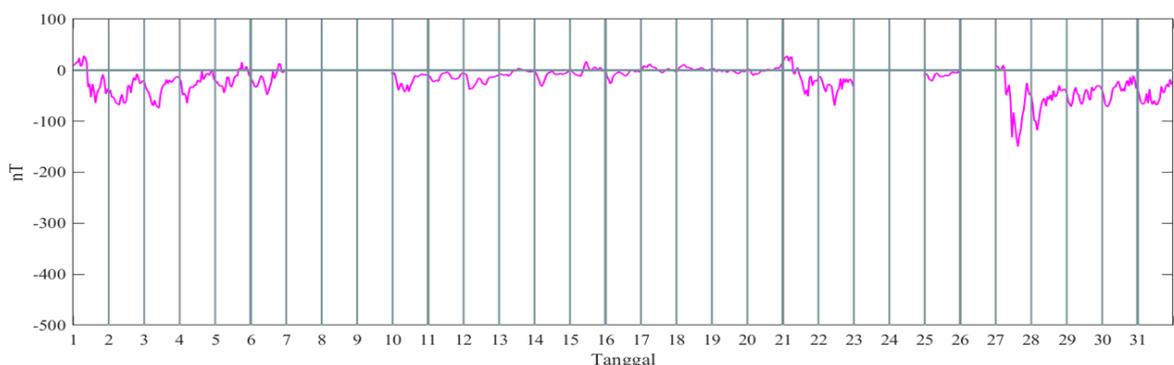
Kategori badai geomagnet didapatkan berbeda-beda setiap bulannya yang bervariasi terhadap tingkatan aktivitas matahari yang terjadi (Gambar 1-10). Intensitas badai saat terjadi CME di bulan September didapatkan lebih besar dibandingkan dengan intensitas saat tidak terjadinya CME. Gambar tersebut menghasilkan grafik yang dinyatakan dalam besar intensitas gangguan dalam nT terhadap waktu terjadinya gangguan geomagnet di tahun 2017. Grafik tersebut menggambarkan bahwa bulan Januari (Gambar 1), Februari (Gambar 2), Juni (Gambar 6), terdapat badai lemah yaitu rentang antara -30 nT hingga -50 nT. Pada 22 April (Gambar 4), 17 Agustus (Gambar 8), 28 September (Gambar 9) dan 26 Oktober (Gambar 10) terdapat gangguan dengan intensitas -50 nT hingga -100 nT badai sedang. Kemudian, pada 27 Maret (Gambar 3), 28 Mei (Gambar 5) dan 16 Juli (Gambar 7) terdapat gangguan diantara -100 nT dan -200 nT yang dikategorikan sebagai badai kuat. Pada 8 September 2017 (Gambar 9) terdapat gangguan diantara -200 nT dan -300 nT yang dikategorikan sebagai badai sangat kuat.



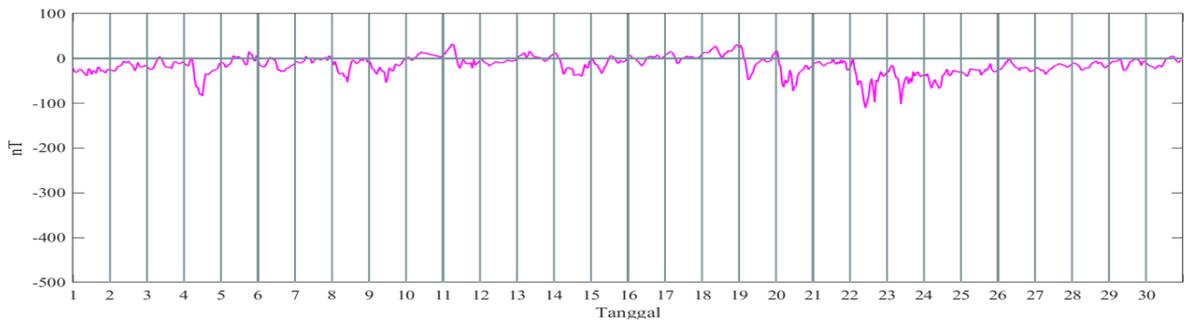
Gambar 1 Grafik Gangguan Medan Magnet Bumi bulan Januari



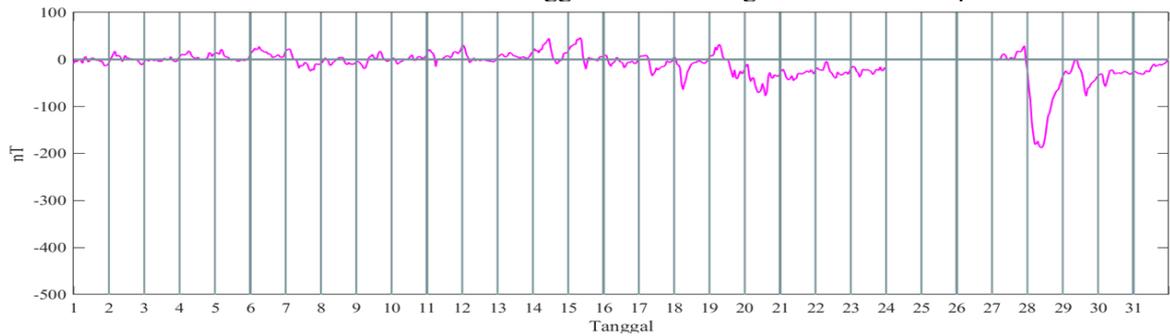
Gambar 2 Grafik Gangguan Medan Magnet Bumi bulan Februari



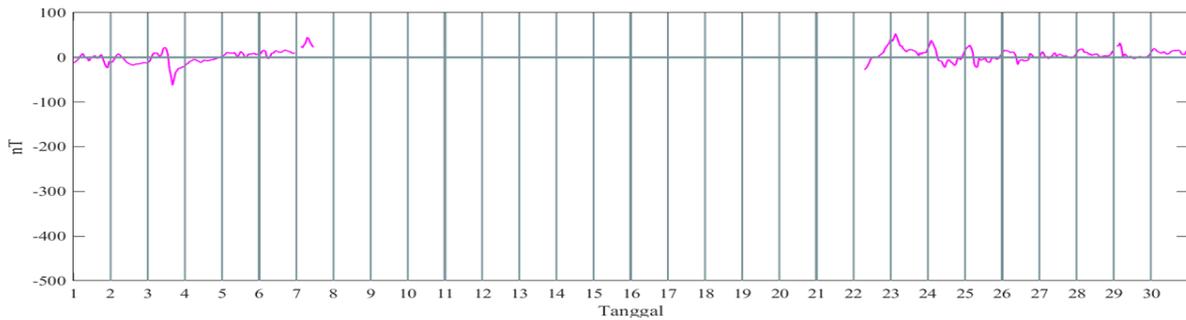
Gambar 3 Grafik Gangguan Medan Magnet Bumi bulan Maret



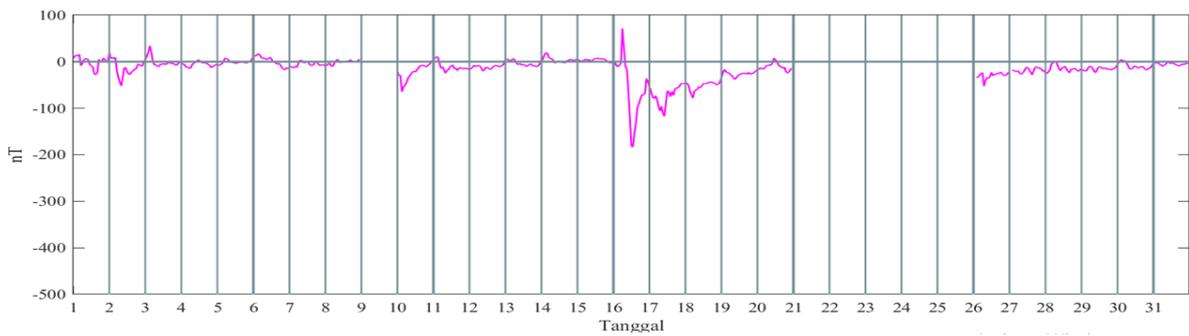
Gambar 4 Grafik Gangguan Medan Magnet Bumi bulan April



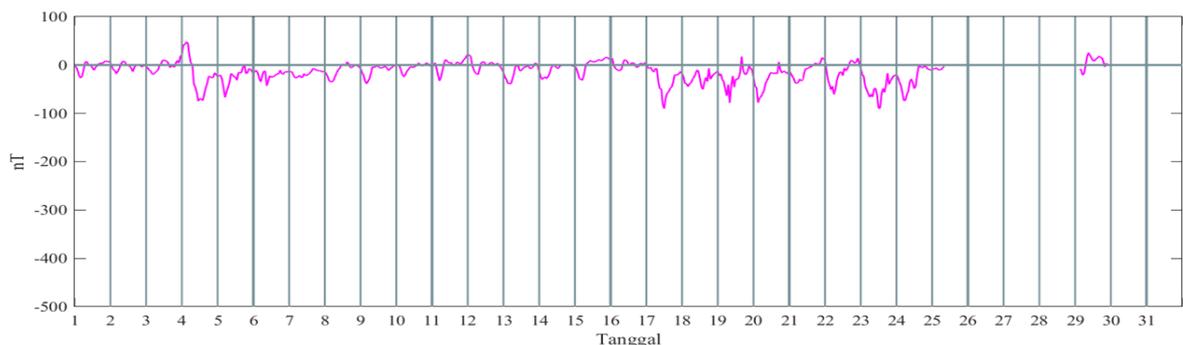
Gambar 5 Grafik Gangguan Medan Magnet Bumi bulan Mei



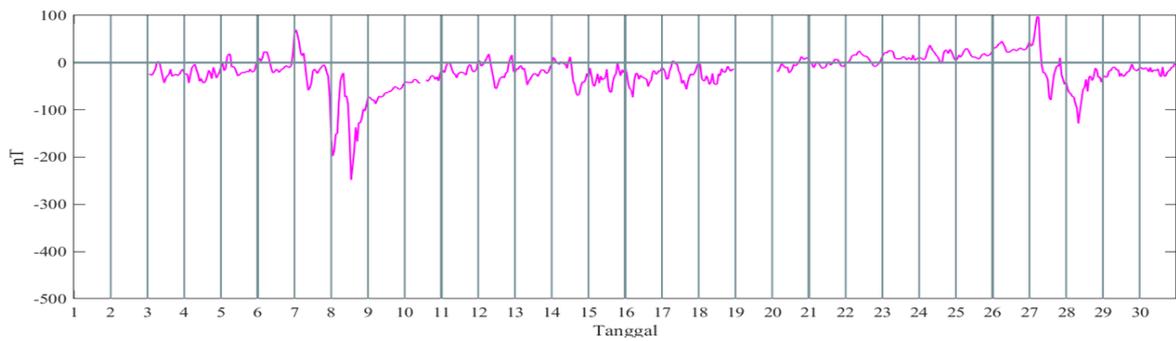
Gambar 6 Grafik Gangguan Medan Magnet Bumi bulan Juni



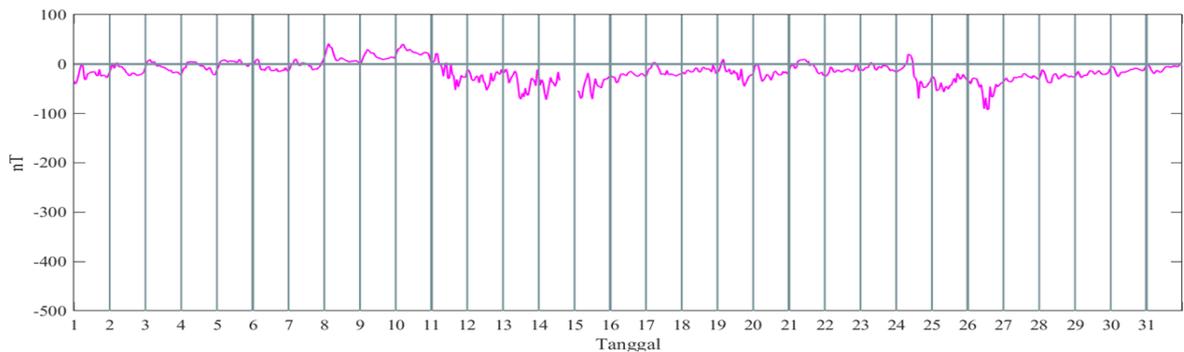
Gambar 7 Grafik Gangguan Medan Magnet Bumi bulan Juli



Gambar 8 Grafik Gangguan Medan Magnet Bumi bulan Agustus



Gambar 9 Grafik Gangguan Medan Magnet Bumi bulan September

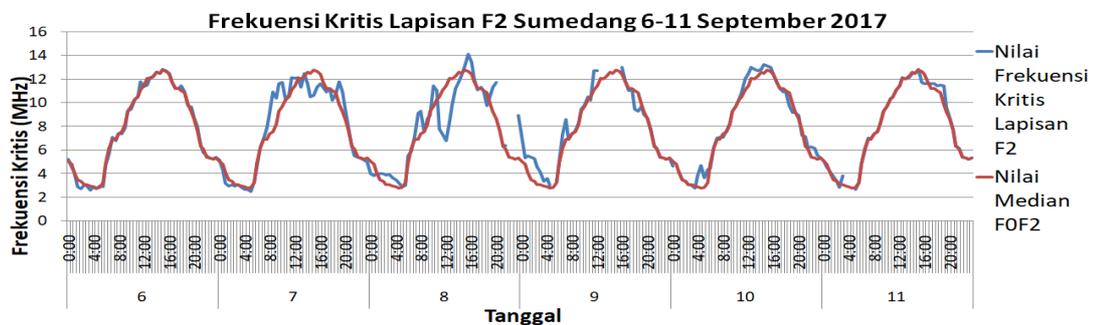


Gambar 10 Grafik Gangguan Medan Magnet Bumi bulan Oktober

3.2 Tingkat Gangguan pada Ionosfer

Aktivitas matahari pada kasus CME 6 September 2017, juga mengakibatkan gangguan pada ionosfer. Berdasarkan Gambar 11, badai ionosfer diawali dengan f_0F_2 mengalami kenaikan pada 8 September 2017 pukul 07.30 UT sebesar 9.09 MHz yang kemudian diiringi penurunan sebesar 8.95 MHz. Pukul 10.00 UT, f_0F_2 mengalami peningkatan hingga 11.4 MHz kemudian mengalami penurunan yang sangat signifikan menjadi 6.77 MHz tepat pada pukul 11.30 UT. Penurunan frekuensi tersebut juga diikuti kenaikan frekuensi secara mendadak mencapai 14.1 MHz pada pukul 15.30 UT. Penyimpangan f_0F_2 sangat besar terhadap mediannya terjadi pukul 11.30 UT dengan besar deviasi 4.33 MHz, kemudian terjadi pemulihan beberapa jam setelah itu.

Gangguan pada ionosfer diindikasikan dengan terjadinya badai positif dan badai negatif. Badai positif merupakan gangguan ionosfer yang berada diatas median f_0F_2 , sedangkan badai negatif merupakan gangguan ionosfer yang berada di bawah median f_0F_2 . Hal ini sering terjadi ketika munculnya badai ionosfer akibat aktivitas matahari.



Gambar 11 Grafik Gangguan Ionosfer Bumi

IV. KESIMPULAN

Flare X9.3 memiliki hubungan dengan magnetosfer dan ionosfer, berdasarkan kejadian CME 6 September 2017 pada siklus matahari ke-24, khusus di wilayah lintang rendah atau ekuator, aktivitas matahari memunculkan badai sangat kuat pada magnetosfer, serta badai positif dan badai negatif pada ionosfer. Badai geomagnet yang dihasilkan telah konsisten dengan indeks Dst yaitu mencapai

intensitas paling besar -250 nT yang dikategorikan sebagai badai sangat kuat. Sementara 3 jam kemudian muncul badai ionosfer yang dapat mencapai frekuensi kritis lapisan F2 sebesar 14.1 MHz. Penyimpangan f_0F_2 ionosfer terbesar adalah bernilai 4.33 MHz. Besar intensitas badai geomagnet akibat CME 6 September 2017 menunjukkan lebih signifikan dibandingkan dengan badai geomagnet di bulan-bulan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Atici, R. dan Sagir, S., 2019, Global Investigation of The Ionospheric Irregularities During The Severe Geomagnetic Storm on September 7-8 2017, *Journal Of Geodesy and Geodynamics*, Vol. 300, Institute of Seismology China Earthquake Administration, hal 1-11.
- Benestad, R.E., 2006, *Solar Activity and Earth's Climate*, Second Edition, Springer, Norway.
- Bray, R.J. and Loughhead, R.E., 1964, *Sunspot*, Vol.7, Chapman & Hall, London.
- Campbell, W.H., 1989, *Quiet Daily Geomagnetic Fields*, Birkhauser, Berlin.
- Davies, K., 2008, *Ionospheric Radio*, The Institution of Engineering and Technology, London.
- Habirun, 2007, Penentuan Model Pola Hari Tenang Stasiun Geomagnet Tangerang Menggunakan Deret Fourier, *Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara*, Vol. 3, Peneliti Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa, hal. 108-116.
- Hakkinen, L.V.T., Pulkkinen, T.I., Nevanlinna, H., Pirloja, R.J. dan Tanskanen, E.I., 2002, Effects of Induced Currents on Dst and Magnetic Variations at Midlatitude Stations, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 107, Finnish Meteorological Institute, hal. 1-7.
- Hanslmeier, R., 2004, *The Sun and Space Weather*, Vol. 277, Springer, Austria.
- Husin, A., Dani T. dan Warsito A., 2017, Analisis Dampak Flare Tipe X September 2014 Terhadap Sistem Navigasi dan Posisi Berbasis Satelit dari Pengamatan GISTM Kupang, *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF 2017*, No. 1, Vol. 6, Universitas Nusa Cendana, hal 73-80.
- Jiyo, 2017, Mengamati Kerapatan Elektron dan Ketinggian Lapisan Ionosfer, *Bulletin Cuaca Antariksa ISSN 2303-2707 Juli-September 2017*, No.1, Vol. 6, Pusat Sains Antriksa LAPAN, hal 8-10.
- Kahar, G.V., Wahid, A. dan Sutaji, H.I., 2018, Analisis Kejadian Badai Magnetik Berdasarkan Data Variasi Harian Magnetik di Kota Kupang, *Jurnal Fisika Sains dan Aplikasinya*, Vol. 3, Universitas Nusa Cendana, hal 12-20.
- Kamide, Y., 1985, Solar Wind Magnetosphere Coupling, Vol. 66, *Terra Scientific Publishing*, hal. 666-668.
- Lanza, R. dan Meloni, A., 2009, *The Earth's Magnetism : An Introduction for Geologist*, Springer, Italy.
- Lusiani, Mumpuni, E.S. dan Utama, J.A., 2011, Analisis Kaitan Badai Geomagnet Dengan Badai Ionosfer Sebagai Dampak Kejadian Lontaran Massa Korona Matahari (Oktober-November 2003), *Prosiding Seminar Himpunan Astronomi Indonesia*, Bandung.
- Munro, G.H., 1957, Traveling Ionospheric Disturbances In The F Region, *Radio Research*, Electrical Engineering Department University of Sydney, hal. 91-112.
- Pranoto, S.C., 2010, Studi Tentang Badai Magnet Menggunakan Data Magnetometer di Indonesia. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIV Jateng & DIY*, hal 284-288.
- R.L McPherron, 2005, Calculation of the Dst Index, *Presentation at LWS CDAW Workshop Fairfax*, Virginia.
- Tassev, Y.K., Tomova, D., Velinov, P.I. dan Mateev, L., 2017, Analysis of Extreme Solar Activity in Early September 2017: G4-Severe Geomagnetic Storm (07-08.09) and GLE72 (10.09) in Solar Minimum, *Bulgarian Academy of Sciences*, hal 1437-1444.
- Yatini, Y.C., Jiyo dan Ruhimat M., 2009, Badai Matahari dan Pengaruhnya pada Ionosfer dan Geomagnet di Indonesia, *Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara*, No. 1, Vol. 4, Peneliti Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa LAPAN, hal. 17-24.