

ANALISIS RESPON MEDAN MAGNET BUMI BERDASARKAN LINTANG PADA SAAT BADAI GEOMAGNETIK TAHUN 2020

ANALYSIS OF THE GEOMAGNETIC FIELD RESPONSE BASED ON LATITUDE DURING GEOMAGNETIC STORMS IN 2020

Lailatul Husna Lubis¹, Evi Kusumayani^{2*}, Yosi Setiawan³

^{1,2}Universitas Islam Negeri Sumatera Utara; Jl. William Iskandar Ps. V, Medan Estate, Deli Serdang, Sumatera Utara, Indonesia, 20371; (061) 6615683

³Bidang Geofisika Potensial, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika; Jl. Angkasa 1 No. 2, Jakarta Pusat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta, Indonesia, 10610; (022) 2031881

Received: 2022, May 25th

Accepted: 2022, October 4th

Keywords:

Geomagnetic storm;

Geomagnetic field;

FFT;

Solar regular.

Correspondent Email:

evi.kusumayani@uinsu.ac.id

How to cite this article:

Lubis, L.H., Kusumayani, E., & Setiawan, Y. (2022).

Analisis Respon Medan Magnet Bumi Berdasarkan Lintang Pada Saat Badai Geomagnetik Tahun 2020.

JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi), 08(03), 186-196.

Abstrak. Badai geomagnet terjadi akibat masuknya angin surya berkecepatan tinggi karena lontaran massa korona bersama dengan medan magnet. Badai geomagnet dipercaya membawa dampak besar di lintang tinggi dan semakin menurun sampai ke lintang rendah ekuator magnet. Penelitian ini untuk mengetahui bahwa tidak selamanya respon medan magnet di ekuator yang paling kecil. Penelitian ini menggunakan data variasi medan magnet bumi dari Stasiun Geofisika Deli Serdang (TUN) dan 5 observatorium magnet bumi dari INTERMAGNET (CKI, PHU, IRT, GNG, CSY) dan badai geomagnetik pada tahun 2020. Pengolahan data variasi harian diawali dengan menghitung FFT dari seluruh sinyal yang terekam pada saat terjadi badai geomagnetik untuk memperoleh nilai SR (*solar regular*). Selanjutnya pada data variasi harian dari stasiun, nilai SR dihilangkan untuk mendapatkan nilai gangguan dari matahari. Data harian dibagi dalam interval tiga jam. Nilai simpangan maksimum di setiap interval kemudian dihitung pada komponen H dan Z. Hasil analisis menunjukkan bahwa TUN (lintang geomagnetik $-3,74^\circ$) yang berlokasi di ekuator (lintang paling kecil), respon medan geomagnetik saat terjadi badai geomagnetik tidak menunjukkan nilai yang paling kecil. Stasiun yang memberikan respon paling kecil adalah CKI (lintang geomagnetik $-21,55^\circ$) dan IRT (lintang geomagnetik $48,12^\circ$) kemudian stasiun yang memberikan respon paling tinggi adalah CSY (lintang geomagnetik $-80,49^\circ$) yang berlokasi di dekat kutub selatan.

Abstract. Geomagnetic storms occur due to the entry of high-speed solar winds due to the ejection of the corona mass and the magnetic field. Geomagnetic hurricanes are believed to have a large impact at high latitudes and decrease down to low latitudes at the magnetic equator. This research is to find out that the magnetic field response at the equator is not always the smallest. The data used in this study are data on variations in the earth's magnetic field from the Deli Serdang Geophysics Station (TUN) and 5 earth magnetic observatories from INTERMAGNET (CKI, PHU, IRT, GNG, CSY) and Geomagnetic Storms in 2020. The daily variation data processing

© 2022 JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi). This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

begins by calculating the FFT of all recorded signals during geomagnetic storms to obtain regular solar SR values. Furthermore, the daily variation data from the station is then removed from the SR (solar regular) value to get the interference value from the sun. Next, the daily data is divided into three-hour intervals. The maximum deviation value in each interval is then calculated for components H and Z. The analysis results show that the TUN (geomagnetic latitude $-3,74^{\circ}$) located at the equator (the smallest latitude), the response of the geomagnetic field during a geomagnetic storm does not show the highest value. small. The stations that gave the lowest response were CKI (geomagnetic latitude $-21,55^{\circ}$) and IRT (geomagnetic latitude $48,12^{\circ}$) then the station that gave the highest response was CSY (geomagnetic latitude $-80,49^{\circ}$) located near the poles south.

1. PENDAHULUAN

Fenomena geomagnetik diawali dari energi matahari yang di transfer ke magnetosfer bumi melalui angin matahari. Energi angin matahari atau energi surya yang masuk ke magnetosfer disebut sebagai rekoneksi magnetik, hal ini bisa terjadi ketika kondisi medan magnet antar planet yaitu IMF Bz (*interplanetary magnetic field*) mengarah ke utara dan medan magnet magnetopause mengarah ke selatan Echer dkk. (2013). Baker dan Martyn (1953) menyatakan bahwa pada kondisi siang hari ortogonalitas dari medan listrik dan medan magnetik di atas ekuator magnet dapat menyebabkan aliran *Equatorial Electrojet* (EEJ) dengan medan listrik Sq normal dan konduktivitas yang besar ke arah *Equatorial Electrojet* (EEJ). Fenomena EEJ menurut Agha (2014) menunjukkan bahwa Aktivitas ionosfer memiliki hubungan yang cukup kuat untuk ketinggian lapisan E di wilayah dip ekuator.

Respon geomagnetik terhadap badai geomagnetik bergantung pada lintang magnetnya. Intensitas yang paling tinggi diamati pada kondisi lintang paling tinggi (area kutub bumi). Selanjutnya menurun ke arah lintang terendah yang berupa ekuator magnet, namun hal ini bertentangan dengan pernyataan Santoso (2012) yang menyatakan bahwa respon badai geomagnetik di daerah ekuator bukan merupakan respon yang paling kecil. Menurut Santoso (2016), respon medan geomagnet pada saat terjadinya badai geomagnet di Biak memiliki respon yang lebih besar dari pada wilayah ekuator magnet.

Analisis terhadap respon geomagnetik pada saat terjadi badai geomagnetik bisa dilakukan berdasarkan indeks aktivitas geomagnetik. Indeks aktivitas ini ditujukan untuk mengkarakterisasi kondisi medan magnet yang digunakan untuk membuat karakterisasi medan magnet yang bersifat lokal, regional maupun global. Berdasarkan beberapa pernyataan sebelumnya maka perlu dilakukan analisis respon komponen H dan Z berdasarkan lintang dengan menggunakan data pada kom-ponen H dan Z untuk medan geomagnetik dari seluruh kejadian badai geomagnetik kuat pada tahun 2020.

Efek paling maksimal yang bisa ditimbulkan oleh badai geomagnetik adalah dapat meng-ganggu kegiatan manusia di bumi maupun di luar angkasa. Sebagai contoh infrastruktur kelistrikan di bumi dapat terganggu atau dapat menjadi kerusakan serius akibat ledakan matahari ketika terjadi badai geomagnetik. Aktivitas matahari dapat menimbulkan kerusakan pada jaringan listrik dan peralatan elektronik yang sangat sensitif. Peristiwa yang pernah terjadi ketika badai geomagnetik itu dikenal dengan peristiwa Carrington, pada tahun 1859 peristiwa ini terjadi ditandai dengan aurora terang dan terjadi laporan bahwa sistem telegraf tidak berfungsi dengan baik. Penelitian ini membahas terjadinya badai geomagnetik tahun 2020 berdasarkan posisi lintang stasiun. Dalam hal ini akan ditunjukkan bahwasanya posisi lintang tidak selalu rendah dengan menyesuaikan pernyataan dari Santoso (2012). Proses Perekaman data menggunakan proton magnetometer untuk

mengukur medan magnet total yang dilakukan secara kontinu, dimana diketahui bahwa sensor proton bekerja berdasarkan proses dari inti proton yang mengakibatkan perubahan medan magnet bumi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Aktivitas di daerah permukaan matahari seperti flare atau CME (*Coronal Mass Ejection*) sangat mempengaruhi nilai medan geomagnetiknya. Ketika flare atau CME (*Coronal Mass Ejection*) terjadi, angin surya (*solar wind*) akan membawa partikel bermuatan dan medan magnet yang terlontar dari permukaan matahari, partikel itu akan bergerak dalam ruang antar planet yang akhirnya menuju bumi (Jankowski & Sucksdorff, 1996). Menurut (Masrury & Bayu, 2018) fungsi gabungan kerapatan dan kecepatan juga mempengaruhi kondisi badai geomagnetik dan angin surya.

Badai geomagnetik juga mengakibatkan arus yang cukup kuat di atmosfer serta perubahan ionosfer dan sabuk radiasi, di mana akan terjadi pemanasan di wilayah ionosfer dan di bagian atas yang sering dikenal termosfer. Di bagian kutub, arus ini akan berinteraksi dengan gas di bagian atmosfer dan memancarkan aurora (tirai cahaya). Seluruh arus yang timbul akibat badai geomagnetik serta deviasi magnetik yang dihasilkan, akan digunakan dalam perhitungan Indeks Kp. Indeks tersebut merupakan gangguan magnetis dari planet. Salah satu dari tiga skala cuaca antariksa NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) disebut dengan indeks Kp. Indeks ini digunakan untuk menggambarkan cuaca antariksa (Santoso, 2016). Keindahan aurora yang di ciptakan oleh badai geomagnetik tidak berarti sesuatu yang indah di bumi, namun hal ini juga mengganggu sistem navigasi di bumi seperti Sistem Satelit Navigasi Global (GNSS) dan merusak jaringan listrik yang disebabkan oleh arus induksi geomagnetik (GIC) (Lapan, 2021).

Badai geomagnetik atau badai matahari tidak selamanya berbahaya bagi manusia di bumi. Badai ini hanya mempengaruhi beberapa ketidakstabilan jaringan internet atau jaringan listrik dan badai ini juga tidak

membahayakan tubuh manusia karena bumi masih diselubungi oleh atmosfer. Pada saat badai geomagnetik terjadi, penduduk yang berada di garis lintang paling utara dan selatan bumi dapat melihat tampilan aurora yang sangat indah yang di akibatkan oleh badai geomagnetik (Santoso, 2017).

3. METODE PENELITIAN

Pemantauan badai magnetik tahun 2020 dari intermagnetik berlokasi di Australia (CKI dan GNG), Vietnam (PHU), Rusia (IRT), dan Antartika (CSY). Sebagai pembanding digunakan data geomagnetik Stasiun Geofisika Deli Serdang (TUN). Perbandingan dilakukan dengan cara membandingkan nilai Amplitudo maksimum di komponen horizontal (H) dan vertikal (Z) pada saat terjadi badai geomagnetik. Data DST indeks juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi kejadian badai geomagnetik kuat. Dalam penelitian ini akan digunakan data lima observatorium magnet bumi untuk INTERMAGNET dalam mengidentifikasi kejadian dan intensitas badai geomagnetik pada tahun 2020 (Kyoto, 2021).

K-index adalah estimasi dari yang disebut *SR-curve (solar regular)*, yang merupakan kurva imajiner untuk hari dalam kondisi magnet yang tenang. Metode FFT digunakan untuk mengestimasi nilai SR. Prinsip kerja metode dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata antara puncak maksimum dan minimum dari sebuah sinyal yang telah dihubungkan ke masing-masing puncaknya oleh garis penghubung. Selanjutnya, hasil rata-rata akan dihitung ulang dengan prosedur yang sama untuk melihat pola data. Hasil yang akan diperoleh digunakan untuk analisis geo-magnetik yang lebih akurat. Data yang digunakan sebagai tren juga harus di perhatikan agar di dalam data harian tersebut tidak terdapat gangguan medan magnet, sehingga hasil analisis geomagnetik yang di peroleh akurat. Data variasi harian dari stasiun kemudian dihilangkan nilai SR-nya untuk mendapatkan nilai gangguan dari matahari. Setelah itu, data harian dibagi dalam interval tiga jam. Nilai simpangan maksimum di setiap interval kemudian dihitung pada komponen H dan Z.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini hanya membahas empat (4) kejadian badai geomagnetik yang terjadi sepanjang tahun 2020. Analisisnya akan menunjukkan bahwa tidak selamanya respon badai geomagnetik di daerah ekuator menunjukkan nilai yang paling kecil. Hal ini bersesuaian dengan penelitian Santoso (2012) menyatakan bahwa respon badai geomagnetik di daerah ekuator bukanlah yang paling kecil. Pengolahan pertama yang harus dilakukan dalam menganalisis badai geomagnetik adalah mengetahui variasi perubahan badai geomagnetik. Variasi ini akan menunjukkan bahwa terdapat perubahan data *K-index* yang menandakan terdapat kejadian badai magnet pada tanggal 20 April, 19 dan 23 Oktober dan 10 November 2020.

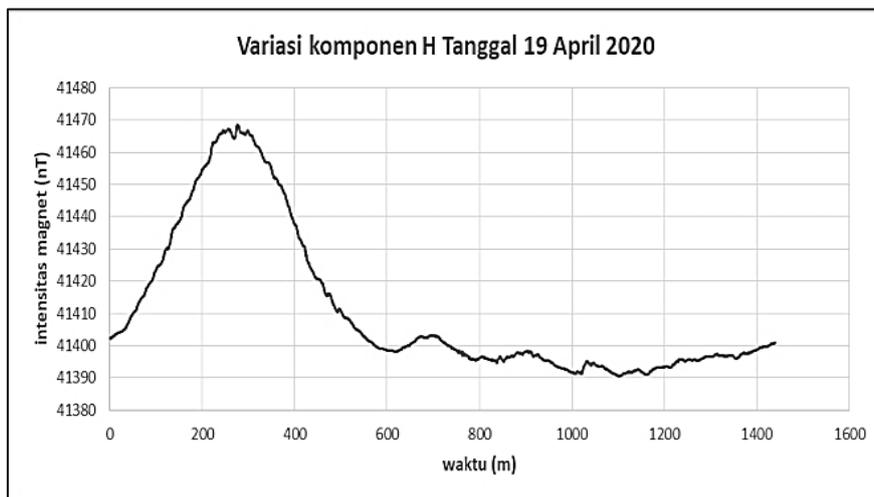
Kemudian, data variasi harian dari stasiun dihilangkan nilai SR-nya untuk mendapatkan nilai gangguan dari matahari. Setelah itu, data harian dibagi dalam interval tiga jam. Nilai simpangan maksimum di setiap interval kemudian dihitung pada komponen H dan Z.

Hasil analisis dan pengolahan data di setiap kejadian badai geomagnetik akan diuraikan secara lengkap pada saat terjadi badai geomagnetik tanggal 20 April 2020. Kemudian *even* kejadian badai geomagnetik tanggal 19 dan 23 Oktober, 10 November 2020 tetap dilakukan pengolahan yang sama seperti 20 April 2020.

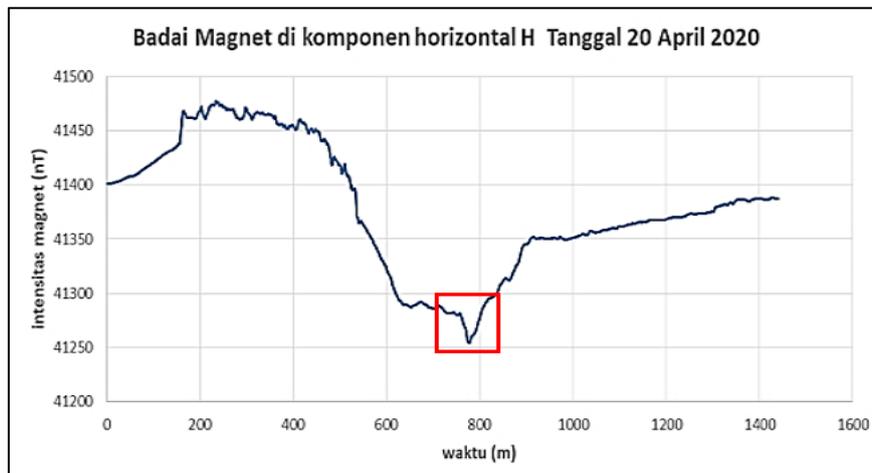
4.1. Variasi Perubahan Badai Magnetik

Pengolahan data menghasilkan nilai tingkat gangguan medan magnet berupa nilai indeks dari masing-masing stasiun pengamat. Dari hasil masing-masing stasiun pengamat diperoleh bahwa indeks mengalami kenaikan pada saat kejadian badai magnet, yang menunjukkan besarnya tingkat gangguan medan magnet yang terjadi pada magnetosfer dan ionosfer bumi.

Keadaan ketika medan geomagnetik terganggu, dapat dilihat pada **Gambar 1** dan **Gambar 2**. Kejadian ini umumnya disebabkan oleh aktivitas gangguan matahari yang menyebabkan nilai variasi komponen H geomagnetik berfluktuasi yang terlihat pada data pada bulan April 2020 dari stasiun pengamat geomagnetik.



Gambar 1. Aktivitas badai magnet di komponen horizontal sebelum terjadi badai magnet.

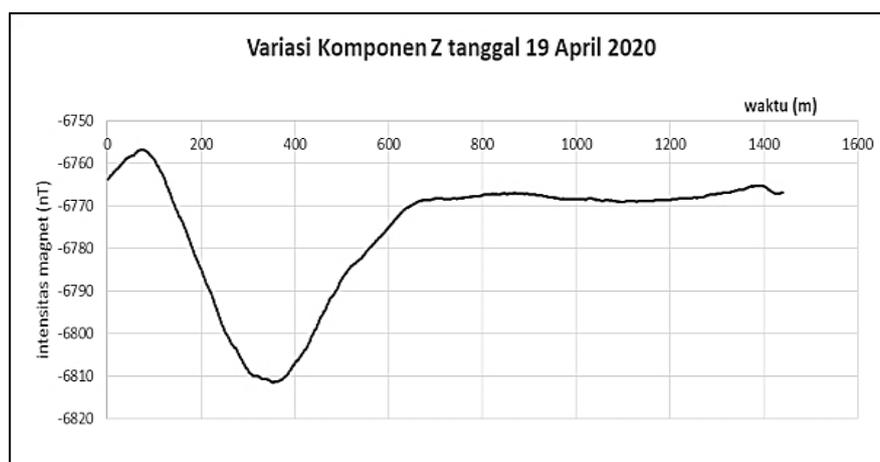


Gambar 2. Aktivitas badai magnet di komponen horizontal pada saat terjadi badai magnet. Kotak merah adalah indikasi awal terjadinya badai.

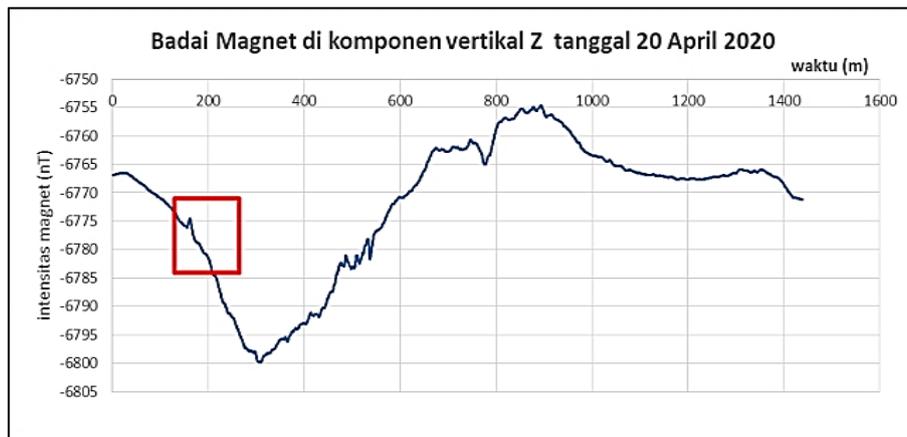
Gambar 1 menunjukkan variasi harian komponen H sebelum terjadi badai magnet pada tanggal 19 April 2020. Kemudian pada **Gambar 2** pada saat terjadi badai magnet menunjukkan komponen H berfluktuasi yang menyatakan bahwa terjadi badai magnet pada tanggal 20 April 2020. Awal badai magnet pada pukul 03.00, kemudian puncak badai magnet nya sekitar 10 jam kedepan. Badai magnet mengalami kenaikan dan stabil sekitar 2 jam kemudian.

Pada saat terjadi aktivitas gangguan matahari, variasi harian komponen H geomagnetik akan menjadi berfluktuasi,

kompleks dan dinamis. Dari **Gambar 3** sebelum terjadi badai magnet dan **Gambar 4** pada saat terjadi badai magnet di komponen vertikal (Z). **Gambar 3** menunjukkan variasi harian komponen Z sebelum terjadi badai magnet. Kemudian **Gambar 4** menunjukkan variasi harian komponen Z berfluktuasi yang menyatakan bahwa terjadi badai magnet pada tanggal 20 April 2020 sama seperti pada komponen H. Awal badai magnet pada pukul 03.00, kemudian puncak badai magnet nya sekitar 5 jam kedepan. Badai magnet mengalami kenaikan dan stabil kurang lebih 7 jam kemudian.



Gambar 3. Aktivitas badai magnet di komponen vertikal sebelum terjadi badai magnet.



Gambar 4. Aktivitas badai magnet di komponen vertikal pada saat terjadi badai magnet. Kotak merah adalah indikasi awal terjadinya badai.

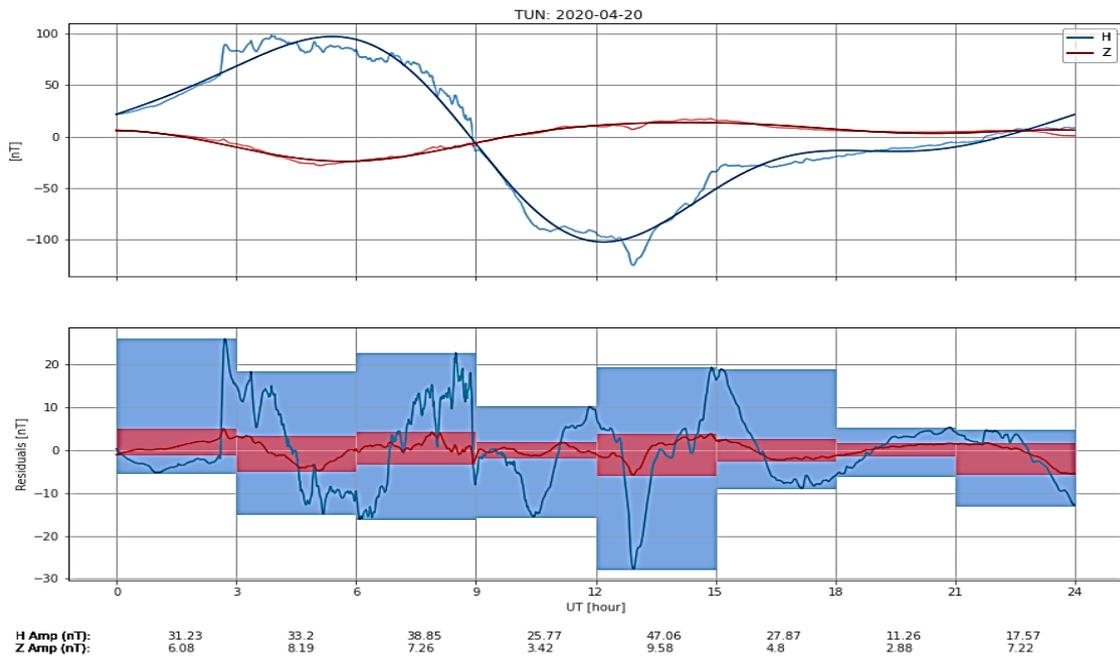
Perubahan aktivitas badai magnet di komponen vertikal dan komponen horizontal menunjukkan bahwa pada tanggal 20 April terjadi badai magnet. Berdasarkan data yang dianalisis variasi harian komponen mengalami penurunan nilai secara drastis mencapai -59 nT, kemudian naik secara perlahan dalam waktu tiga hari dan stabil dalam waktu tiga hari. Pola badai geomagnetik yang terjadi hampir sama persis dengan pernyataan Moos pada tahun 1910 bahwasanya terjadi peningkatan secara tiba-tiba komponen medan magnet yang diikuti dengan penurunan nilai yang signifikan dalam kurun waktu beberapa jam, dan diakhiri dengan pemulihan yang lambat dalam kurun waktu 2-3 hari. Hal tersebut menunjukkan ciri-ciri terjadinya badai geomagnetik yang cukup signifikan di bagian magnetosfer dan ionosfer bumi yang tercatat oleh stasiun pengamat geomagnetik di permukaan bumi.

4.2. Solar Regular

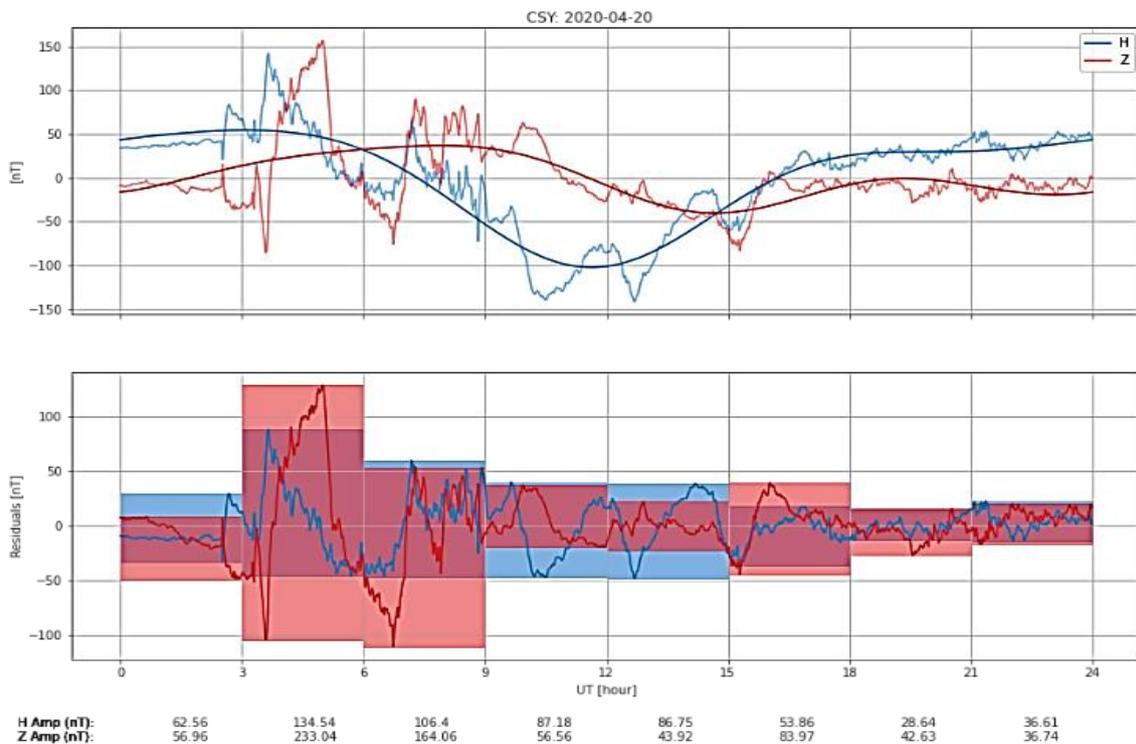
Selanjutnya, data pada saat terjadi badai dihitung nilai SR-nya (*solar regular*) menggunakan metode FFT. Kemudian, data variasi harian dari stasiun dihilangkan nilai

SR-nya untuk mendapatkan nilai gangguan dari matahari. Setelah itu, data harian dibagi dalam interval tiga jam. Nilai simpangan maksimum di setiap interval kemudian dihitung pada komponen H dan Z. Pada **Gambar 5** dan **Gambar 6** didapatkan pola atau tren data hari tenang dari stasiun pengamat TUN. Dari stasiun pengamat TUN diperoleh H maksimum sebesar 47,06 nT dan Z maksimum sebesar 9,58 nT, yang perubahannya dapat dilihat pada **Gambar 5**. Kemudian dari **Gambar 5** juga dijelaskan perubahan badai magnet di setiap 3 jam.

Kemudian di stasiun pembanding (CKI) diperoleh nilai amplitudo maksimum di komponen H sebesar 135,54 nT, dan nilai amplitudo maksimum di komponen Z sebesar 233,04 nT. Dari nilai di atas dapat diketahui bahwa pada saat terjadi badai magnet, terjadi penurunan yang secara mendadak sebagaimana terlihat pada **Gambar 6**. Dari hasil perbandingan nilai indeks stasiun pengamat TUN dengan nilai stasiun pengamat CKI, terdapat perbandingan nilai yang sangat banyak. Hal ini dikarenakan stasiun pengamat CKI berada di lintang tertinggi sedangkan stasiun pengamat TUN berada di ekuator.



Gambar 5. Variasi harian dan kurva SR dari stasiun pengamat TUN (atas) dan amplitudo maksimum dalam interval tiga jam (bawah) pada komponen H (biru) dan komponen Z (merah) pada hari tenang.



Gambar 6. Variasi harian dan kurva SR dari stasiun pengamat CSY (atas) dan amplitudo maksimum dalam interval tiga jam (bawah) pada komponen H (biru) dan komponen Z (merah) pada hari badai.

4.3. Perbandingan Komponen Horizontal (H) dan Komponen Vertikal (Z) Pada Saat Terjadi Badai

Respon terhadap badai geomagnetik di stasiun pengamat di lintang tinggi sedikit lebih besar dibandingkan badai geomagnetik di stasiun yang berada didekat ekuator. Hal ini telah ditunjukkan oleh Santoso (2012) dan Veenadhari (2006) bahwa Hasil dari analisis dijelaskan dibawah ini:

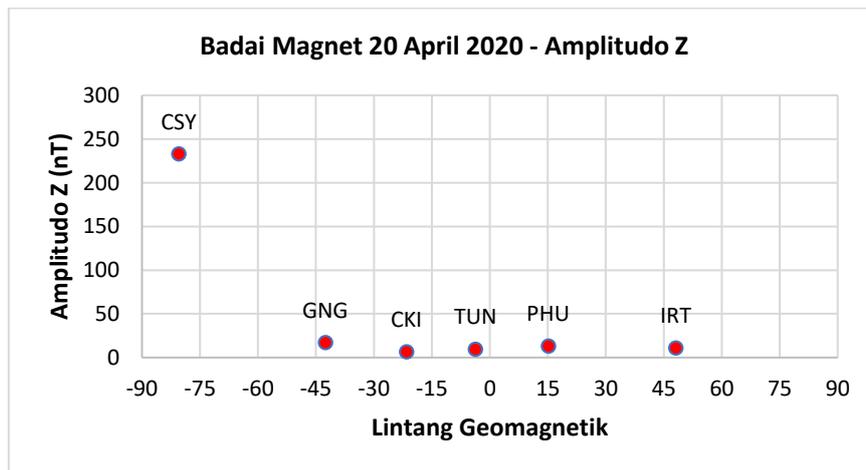
4.3.1. Badai Magnet Pada Tanggal 20 April 2020

Badai magnet pada tanggal 20 April memiliki nilai *DST index* yang paling besar dibandingkan dengan badai magnet yang terjadi pada tanggal 19 dan 23 Oktober, dan 10 Desember 2020 yang nilai *DST indeks*-nya sebesar -59 nT. Kemudian hasil pengolahan perbandingan amplitudo komponen H dengan amplitudo komponen Z dapat dilihat pada **Gambar 7** dan **Gambar 8**. **Gambar 7** merupakan grafik amplitudo di komponen Z terdapat pola atau tren, yang menunjukkan amplitudo badai magnet terjadi lebih besar di lintang tinggi dibandingkan di ekuator. Di stasiun pengamat CSY memiliki nilai amplitudo sebesar 134,56 nT. nilai amplitudo tersebut merupakan nilai

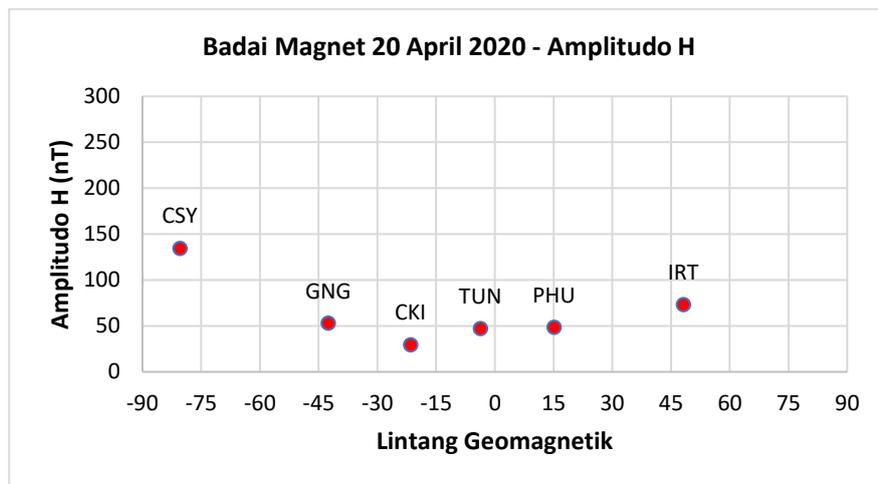
amplitudo di komponen Z yang paling tinggi pada saat terjadi badai magnet di tanggal 20 April 2020 di komponen H. Kemudian di daerah ekuator memiliki nilai terendah terdapat di stasiun pengamat TUN. Hal ini dikarenakan stasiun pengamat CSY berlokasi di lintang tertinggi. Grafik nilai amplitudo komponen Z dapat dilihat pada **Gambar 7**.

Gambar 8 merupakan grafik amplitudo di komponen H terdapat pola atau tren badai magnet terjadi lebih besar di lintang tertinggi dibandingkan di ekuator. Di stasiun pengamat CSY memiliki nilai amplitudo sebesar 233,04 nT. Nilai amplitudo tersebut merupakan nilai amplitudo di komponen H yang paling tinggi pada saat terjadi badai magnet di tanggal 20 April 2020.

Kemudian nilai amplitudo tertinggi kedua dari stasiun pengamat IRT memiliki nilai amplitudo sebesar 73,14 nT. Dan amplitudo terendah terdapat di stasiun pengamat CKI sebesar 29,5 nT. Sedangkan di daerah ekuator memiliki nilai amplitudo 9,58 nT. Hal ini dikarenakan stasiun pengamat CSY dan stasiun pengamat IRT terdapat di lintang tinggi. Pola grafik nilai amplitudo di komponen H dapat dilihat pada **Gambar 8**.



Gambar 7. Grafik amplitudo maksimum komponen vertikal Z pada saat terjadi badai magnet.



Gambar 8. Grafik amplitudo maksimum komponen horizontal H pada saat terjadi badai magnet.

Tabel 1. Nilai amplitude di komponen horizontal dan vertikal di setiap stasiun pengamat.

Stasiun Pengamat	Lintang Geografis	Lintang Geomagnetik	Amplitudo Z (nT)	Amplitudo H (nT)
CKI	-12,187°	-21,55°	6,75	29,5
CSY	-66,282°	-80,49°	233,04	134,56
GNG	-31,356°	-42,54°	17,16	52,93
IRT	52,165°	48,12°	10,99	73,14
PHU	21,029°	15,13°	13,43	48,65
TUN	3,517°	-3,74°	9,58	47,06

4.3.2. Badai Magnet Pada Tanggal 19 Oktober 2020

Badai magnet yang terjadi pada tanggal 19 Oktober tahun 2020 memiliki nilai DST indeks sebesar -13 nT. Grafik amplitudo di komponen Z, dimana terdapat pola atau tren yang menunjukkan amplitudo badai magnet terjadi lebih besar di lintang tinggi dibandingkan di ekuator. Stasiun pengamat CSY memiliki nilai Amplitudo sebesar 123,84 nT. Nilai amplitudo tersebut merupakan nilai amplitudo di komponen yang paling tinggi pada saat terjadi badai magnet di tanggal 19 Oktober 2020 di komponen Z. Kemudian nilai amplitudo di daerah ekuator memiliki nilai terendah di stasiun pengamat TUN sebesar 3,75 nT.

Kemudian grafik amplitudo di komponen H terdapat pola atau tren yang menunjukkan amplitudo badai magnet terjadi lebih besar di lintang tinggi dibandingkan di ekuator. Stasiun pengamat CSY memiliki nilai

amplitudo sebesar 134,69 nT. Nilai amplitudo tersebut merupakan nilai amplitudo di komponen H yang paling tinggi pada saat terjadi badai magnet di tanggal 19 Oktober 2020. Kemudian nilai amplitudo yang terendah terdapat di stasiun pengamat GNG sebesar 22,08 nT. Kemudian nilai amplitudo di daerah ekuator sebesar 27,84 nT.

4.3.3. Badai Magnet Pada Tanggal 23 Oktober 2020

Badai magnet yang terjadi pada tanggal 19 Oktober tahun 2020 memiliki nilai DST indeks sebesar -38 nT dan ini merupakan nilai DST indeks yang besar kedua saat terjadi badai geomagnetik di sepanjang tahun 2020. Grafik amplitudo di komponen Z terdapat pola atau tren, yang menunjukkan amplitudo badai magnet terjadi lebih besar di lintang tinggi dibandingkan di ekuator. Stasiun pengamat CSY memiliki nilai amplitudo sebesar 161,43 nT.

Nilai amplitudo tersebut merupakan nilai amplitudo di komponen yang paling tinggi pada saat terjadi badai magnet di tanggal 23 Oktober 2020 di komponen Z. Kemudian nilai amplitudo yang paling terendah terdapat di stasiun pengamat IRT, dengan nilai amplitudo 13 nT. Sedangkan nilai amplitudo di daerah ekuator stasiun pengamat TUN sebesar 11,84 nT.

Dibandingkan di ekuator, stasiun pengamat CSY memiliki nilai amplitudo sebesar 219,98 nT. Nilai amplitudo tersebut merupakan nilai amplitudo di komponen H yang paling tinggi pada saat terjadi badai magnet pada tanggal 23 Oktober 2020. Kemudian nilai amplitudo terendah terdapat di stasiun pengamat CKI sebesar 33,76 nT. Sedangkan nilai amplitudo di daerah ekuator di stasiun pengamat TUN sebesar 33,77 nT.

4.3.4. Badai Magnet Pada Tanggal 10 Desember 2020

Grafik amplitudo di komponen Z pada saat badai magnet. Terdapat pola atau tren, yang menunjukkan amplitudo badai magnet terjadi lebih besar di lintang tinggi dibandingkan di ekuator. Stasiun pengamat CSY memiliki nilai amplitudo sebesar 358,05 nT. Nilai amplitudo tersebut merupakan nilai amplitudo di komponen yang paling tinggi pada saat terjadi badai magnet pada tanggal 10 Desember 2020 di komponen Z. Kemudian nilai amplitudo terendah terdapat di stasiun pengamat IRT sebesar 4,94 nT dan nilai amplitudo di daerah ekuator stasiun pengamat TUN sebesar 7,06 nT.

Kemudian grafik amplitudo di komponen H juga terdapat pola atau tren yang menunjukkan amplitudo badai magnet terjadi lebih besar di lintang tinggi dibandingkan di ekuator. Stasiun pengamat CSY memiliki nilai amplitudo sebesar 297,61 nT. Nilai amplitudo tersebut merupakan nilai amplitudo di komponen H yang paling tinggi pada saat terjadi badai magnet pada tanggal Desember 2020. Kemudian nilai amplitudo yang terendah terdapat di stasiun pengamat IRT sebesar 23,04 nT. Sedangkan di daerah ekuator stasiun pengamat TUN 43,64 nT.

Dampak badai magnet di ekuator memang tidak terlalu berpengaruh pada bumi namun perlu untuk dilakukan kajian lanjutan. Di bagian ekuator, menunjukkan

variasi medan geomagnet dibagian ekuator menunjukkan peringatan kuat yang diikuti arus listrik. Dimana arus tersebut dikenal sebagai *Equatorial Electrojet* (EEJ) yang mengalir ke arah timur sepanjang garis ekuator.

Medan magnet internal yang dimiliki oleh bumi akan dibangkitkan dari efek *dynamo* arus listrik dalam fluida lapisan terluar, sedangkan matahari akan menghasilkan medan magnet eksternal. Variasi medan magnet bumi atau geomagnet disebabkan oleh kopling antara medan magnet internal dan eksternal yang menyebabkan variasi medan magnet bumi (geomagnet). Variasi medan geomagnet sangat dipengaruhi dan dikendalikan oleh variasi aktivitas matahari. Ketika kondisi tenang variasi harian medan geomagnet dipengaruhi oleh efek *dynamo* berkombinasi dengan *Equatorial Electrojet* (EEJ) dan menimbulkan badai geomagnet. Ketika badai geomagnet EEJ akan mengalami perubahan lebih intens saat terjadi pada fase utama maupun saat fase pemulihan (Chapman, 1951).

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan perbandingan nilai amplitudo di komponen H dan komponen Z dari stasiun pengamat medan magnet dapat disimpulkan bahwa:

- a. Respon medan geomagnetik di ekuator bukanlah yang paling rendah. Pada penelitian ini, stasiun yang memberikan respon paling kecil saat terjadi badai magnet adalah stasiun CKI yang berlokasi pada lintang geomagnetik -21.5° dan IRT pada lintang geomagnetik 48.12° . Sedangkan stasiun TUN yang berlokasi di dekat ekuator (lintang geomagnetik -3.47°) memberikan respon yang lebih besar dibandingkan stasiun CKI. Untuk stasiun yang memberikan respon paling tinggi adalah stasiun CSY yang berlokasi di Antartika (lintang geomagnetik -80.49°).
- b. Badai magnetik disebabkan adanya EEJ (*Equatorial Electro Jet*) dan CEJ (*Counter Electro Jet*) di sekitar ekuator. EEJ (*Equatorial Electro Jet*) adalah arus listrik yang mengalir ke arah timur sepanjang garis ekuator. CEJ (*Counter Electro Jet*)

adalah medan listrik yang muncul selama fase pemulihan badai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak BMKG Kelas 1 Deli Serdang yang sudah membantu dalam proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agha S. O., A. G. A. (2014). An Espository Study on The Equatorial Electrojet. *Journal of Physical and Agricultural Sciences*, 2(2).
- Baker W. G. & Martyn D. F. (1953). Electric Currents in the Ionosphere: I. The Conductivity, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Mathematical and Physical Science*, 246(913).
- Chapman, S. (1951). The Equatorial Electrojet as Detected from the abnormal Electriccurrent distribution Above Huancayo, Peru and Elsewhere: *Arch. Metrol. Geophys. Bioklimatol.* A4, 368–390.
- Echer, E., Tsurutani, B.T., & Gonzalez, W.D. (2013). interplanetary origins of moderate (-100 nT < Dst < -50 nT geomagnetic storms during solar cycle 23 (1996-2008). *Space Physics*, 118, 385–392.
- Jankowski, J., & Sucksdorff, C. (1996). Guide for magnetic measurements and observatory practice. *Internasional Association of geomagnetism and aeronomy.*
- Kyoto, D. K. (2021). Data Dst Indeks. <http://wdc.kugi.kyotou.ac.jp/dstae/index>.
- Lapan, P. P. P. S. A. (2021). Badai magnet. <https://www.lapan.go.id>.
- Masrury, M. F. I., & Bayu, M. T. F. N. (2018). Analisis Indeks Aktivitas Geomagnet Pada Saat Badai Magnet 13 Oktober 2016. *Jurnal Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika*, 5(2).
- Santoso, A. (2012). Respon Logitudinal Medan Geomagnet di Sekitar Biak (1.08° LS; 136.05° BT) Saat Badai Geomagnet. *Seminar Nasional Fisika*.
- Santoso, A. (2013). Identifikasi Tipe Badai Geomagnetik Kuat (Dst < -100 nT) Sepanjang Siklus Matahari ke-23 Edisi ke-3. *Pusat Sains Antartika, Lapan.* (3rd ed.).
- Santoso, A. (2016). Analisis Respon Medan Magnet Antara Stasiun di Ekuator Magnet Dan Stasiun Biak Saat Badai Geomagnet Pada Meridian Magnet 210° MM. *Jurnal Sains Dirgantara*, 13(2).
- Santoso, A. (2017). Model Badai Ionosfer Indonesia Trkait Badai Geomagnet. *Jurnal Sains Dirgantara*, 15(1).
- Veenadhari B, A. S. (2006). Space Weather Effects on Low Latitude Geomagnetic Field and Ionospheric Plasma Response. *ILWS Workshop*, 19–24.