

IDENTIFIKASI KARAKTERISTIK PULSA MAGNET (Pc3) MENGUNAKAN DATA MAGNETOMETER LANDAS BUMI STASIUN BIAK

Setyanto Cahyo Pranoto
Pusat Sains Antariksa, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional,
Jl. Dr. Djunjunan No. 133 Bandung, Indonesia, 40173.
setya_cp@yahoo.com

Abstract

Condition of space weather has associate with solar activity. It is now widely accepted that space weather effects may damage critical equipment, such as operational satellites, communications and navigation, Global Positioning (GPS) links, etc. Therefore, it's important to understanding of space weather. The interaction between the solar wind and magnetosphere cause disturbance that is received at the ground base magnetometer as ultra low frequency (ULF) waves. This wave is recognized as a continuous pulse called Pc and irregular pulse called Pi. The Pc and Pi is categorized to more specific pulse based on its period band, such as Pc3 which is in 10-45 sec period band. That is why recognizing and understanding the Pc3 behavior is very important. In this paper was analyzed characteristic of Pc3 magnetic pulsations using the magnetometer data of Biak station. Bandpass filter and fast fourier transform was used to extract Pc3 magnetic pulsations. Amplitude of Pc3 magnetic pulsations has a tendency to increase during the day and night and decreased in the morning and afternoon.

Keywords : space weather, magnetic pulsations, ULF waves

Abstrak

Aktivitas yang terjadi pada matahari sangat mempengaruhi kondisi cuaca antariksa dimana gangguan ini dapat berdampak pada operasional satelit, sistem komunikasi dan navigasi, Global Positioning System (GPS) dan sebagainya. Mengingat dampak yang diakibatkan tersebut, maka sangatlah penting untuk memahami cuaca antariksa saat ini. Manifestasi interaksi antara angin surya dan magnetosfer bumi secara umum dapat diamati melalui pemunculan pulsa magnet. Pembangkitan pulsa ini terjadi pada magnetopause dan menyebar sampai magnetosfer dan ionosfer, sehingga dapat teramati dengan menggunakan magnetometer landas bumi. Pulsa magnet merupakan osilasi gelombang hidromagnetik pada rentang frekuensi gelombang Ultra Low Frequency (ULF) di lingkungan magnetosfer bumi. Berdasarkan bentuk gelombang dan periodenya, gelombang ULF diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu pulsa kontinyu (Pc) dan pulsa iregular (Pi) yang terbagi lagi menjadi beberapa rentang periode diantaranya pulsa magnet Pc3 (10-45s). Dalam penelitian ini dilakukan identifikasi karakteristik terhadap pulsa magnet Pc3 dengan menggunakan data magnetometer landas bumi stasiun Biak. Bandpass filter, fast fourier transform digunakan untuk mengekstraksi pulsa magnet Pc3 dari data variasi medan magnet bumi. Dari hasil penelitian diketahui bahwa amplitudo pulsa magnet Pc3 memiliki kecenderungan mengalami peningkatan pada waktu siang dan malam serta mengalami penurunan pada pagi dan sore hari.

Kata Kunci : angin surya, pulsa magnet, gelombang ULF

1. PENDAHULUAN

Cuaca antariksa merupakan suatu kondisi di antariksa yang menyatakan aktifitas matahari, angin surya, magnetosfer dan ionosfer. Cuaca antariksa ini sendiri sangat dipengaruhi oleh kecepatan dan kerapatan angin surya dan interaksinya dengan magnetosfer bumi. Dampak dari cuaca antariksa ini sangat besar pada bumi, seperti pada operasional satelit, sistem komunikasi dan navigasi, Global Positioning System (GPS) dan sebagainya.

Angin surya merupakan sumber bagi proses-proses fisis yang terjadi di magnetosfer bumi dimana pulsa magnetik Pc3 dapat dibangkitkan baik secara eksternal maupun internal terhadap magnetosfer. Pulsa magnetik yang terekam dengan menggunakan magnetometer landas bumi (*ground-based magnetometer*) merupakan indikasi bahwa sinyal di magnetosfer bumi dapat diamati dari permukaan bumi. Pulsa magnet merupakan osilasi gelombang hidromagnetik pada rentang frekuensi gelombang *Ultra Low Frequency -ULF* (1 mHz - 1 Hz) di lingkungan magnetosfer bumi. Berdasarkan bentuk gelombang dan periodenya, gelombang ULF diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu pulsa kontinu (Pc) yang bersifat kuasi-sinusoidal dan pulsa *irregular* (Pi) yang memiliki bentuk gelombang tidak teratur (*Jacobs et al; 1964*). Pulsa magnetik Pc3 merupakan variasi kuasi-sinusoidal pada medan magnet bumi dalam rentang periode 10 – 45 detik. Meskipun terdapat berbagai jenis gelombang ULF yang tereksitasi akibat interaksi medan magnet ruang antar-planet dengan medan magnet bumi namun jenis pulsa magnet yang berkaitan dengan proses di lintang rendah adalah pulsa magnet Pi2 dan Pc3 (*Yumoto, K; 1986*). Pulsa magnet Pi2 berkaitan dengan dinamika magnetosfer bumi di magnetotail bumi yang berada pada sisi malam, sedangkan Pc3 berkaitan dengan interaksi medan magnet bumi dengan medan magnet antar-planet di sisi siang.

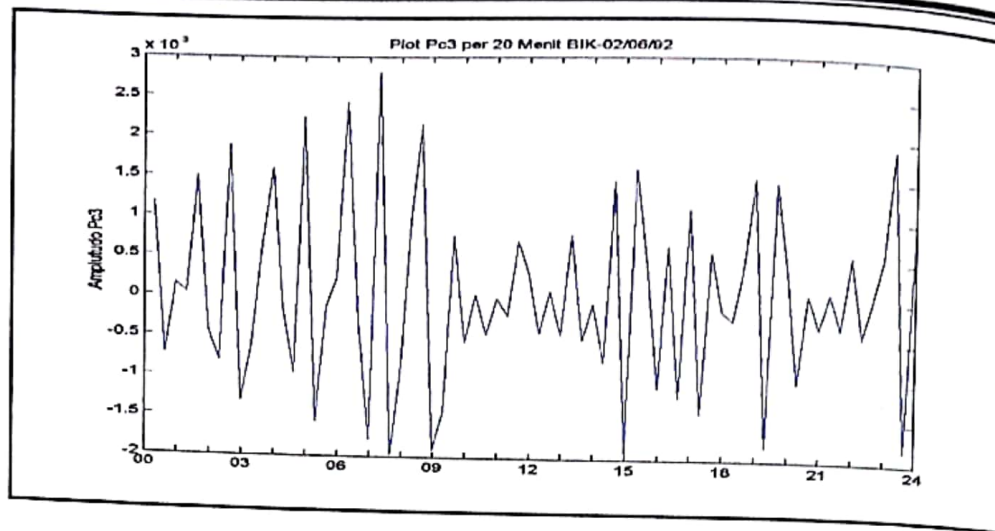
Dengan kata lain, pulsa magnet Pi2 berkaitan dengan substorm magnetosfer sedangkan Pc3 berkaitan dengan badai magnet. Pulsa magnet Pc3 umumnya memiliki amplitudo rendah. Pulsa ini biasanya terpolarisasi disepanjang garis medan magnet dan paling kuat teramati pada daerah dekat plasmopause pagi-hari. Selain itu, pulsa ini memiliki korelasi yang kuat dengan medan magnet antar planet (*Interplanetary Magnetic Field-IMF*).

Dalam penelitian ini dilakukan identifikasi karakteristik pulsa magnet Pc3 menggunakan data magnetometer landas bumi stasiun Biak. Output dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk memprediksi maupun untuk menjelaskan mekanisme pembangkitan pulsa magnet - Pc3.

2. DATA DAN METODE

Dalam penelitian ini digunakan data hasil rekaman magnetometer stasiun pengamatan Biak (-1.08S - 136.05E atau L=1.05) pada rentang waktu 1992-2000. Magnetometer ini terdiri atas tiga komponen variasi medan magnet bumi; H (arah utara-selatan), D (arah timur-barat), Z (arah vertikal) dengan resolusi 1 detik dan merupakan salah satu magnetometer pada jaringan magnetometer global *CPMN*-(*Circum-pacific Magnetometer Network*).

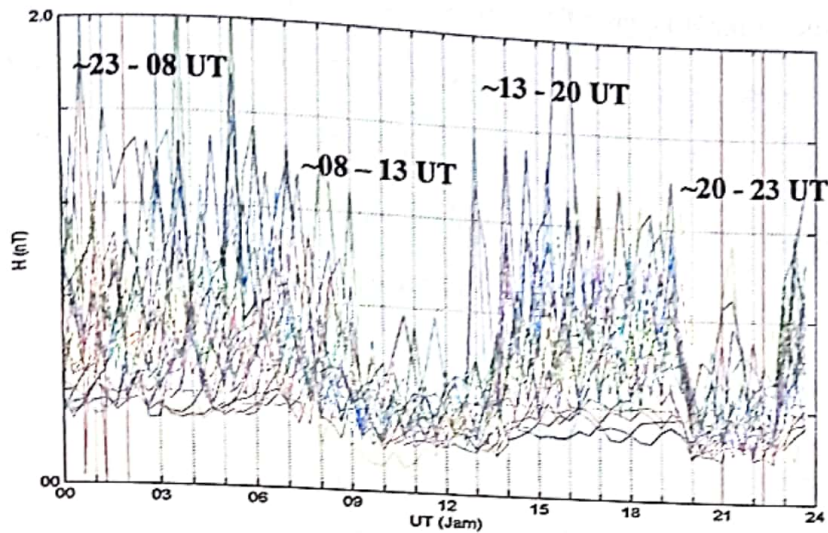
Untuk mengidentifikasi pulsa magnet Pc3 hanya digunakan komponen H medan magnet bumi, karena gangguan angin surya terhadap medan magnet bumi bersifat dominan pada komponen tersebut. Untuk ekstraksi pulsa magnet Pc3 dari data variasi medan magnet dilakukan dengan menerapkan teknik *Butterworth filter*, serta *Fast Fourier Transform* untuk menghitung power spektrum dari sinyal ULF (Musafar, L. M; 2009), dengan perataan per 20 menit. Dalam penelitian ini juga dilakukan analisis terhadap pulsa magnet Pc3 terkait kejadian badai magnet dan kondisi angin surya.



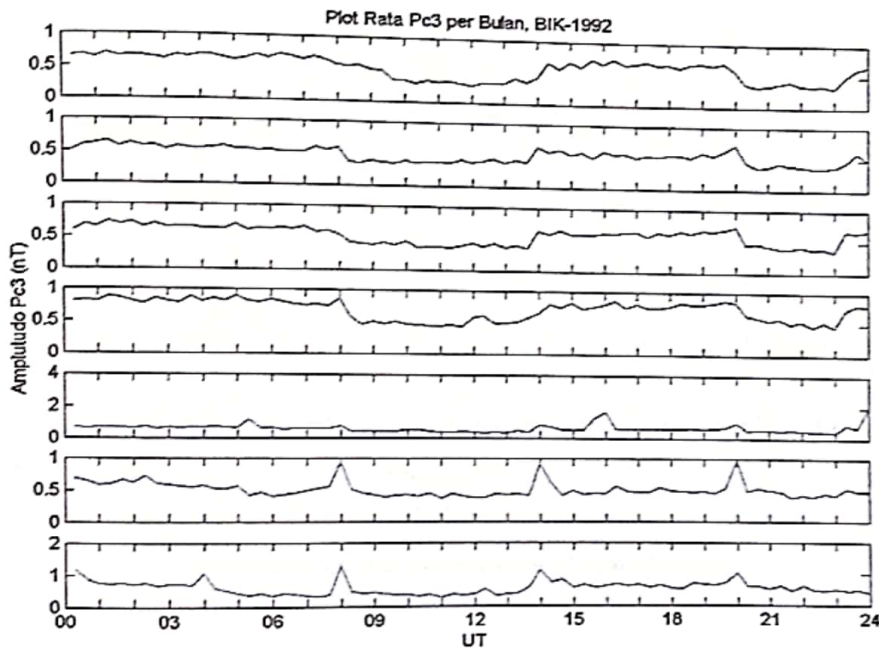
Gambar 2.1: Plot Pulsa Magnet Pc3 dengan perataan per 20 menit, data Biak 02/06/92.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil ekstraksi diketahui bahwa amplitudo pulsa magnet Pc3 memiliki kecenderungan mengalami peningkatan pada waktu siang dan malam serta mengalami penurunan pada pagi dan sore hari, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1. Masing-masing kurva dalam gambar tersebut merepresentasikan amplitudo pulsa magnet Pc3 pada hari tertentu dalam bulan tersebut. Amplitudo pulsa magnet Pc3 pada bulan Juni tahun 1992 terlihat bahwa pada rentang waktu $\sim 23 - 08$ UT ($08 - 17$ LT) dan $\sim 13 - 20$ UT ($22 - 05$ LT) amplitudo pulsa magnet Pc3 mengalami peningkatan. Sedangkan, pada rentang waktu $\sim 08 - 13$ UT ($17 - 22$ LT) dan $\sim 20 - 23$ UT ($\sim 05 - 08$ LT) amplitudo pulsa magnet Pc3 mengalami penurunan. Peningkatan dan penurunan amplitudo pulsa magnet Pc3 ini berkaitan dengan kekuatan sumber medan pulsa magnet Pc3 yaitu angin surya. Pembangkitan pulsa magnet Pc3 dipicu oleh interaksi antara angin surya dengan medan magnet bumi yang selanjutnya membangkitkan ketidakstabilan Kelvin-Helmoltz di magnetopause. Selanjutnya, gangguan menjalar ke arah pagi dan petang dan merambat melalui mekanisme resonansi garis medan magnet (*field-line resonance*) dan akhirnya dapat terdeteksi oleh magnetometer di permukaan bumi.

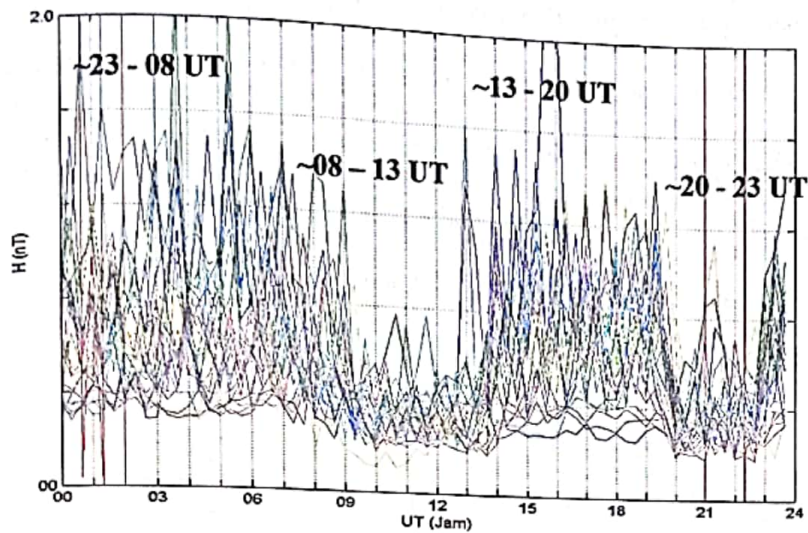


Gambar 3.1 : Amplitudo pulsa magnet Pc3 Juni 1992 di stasiun biak.

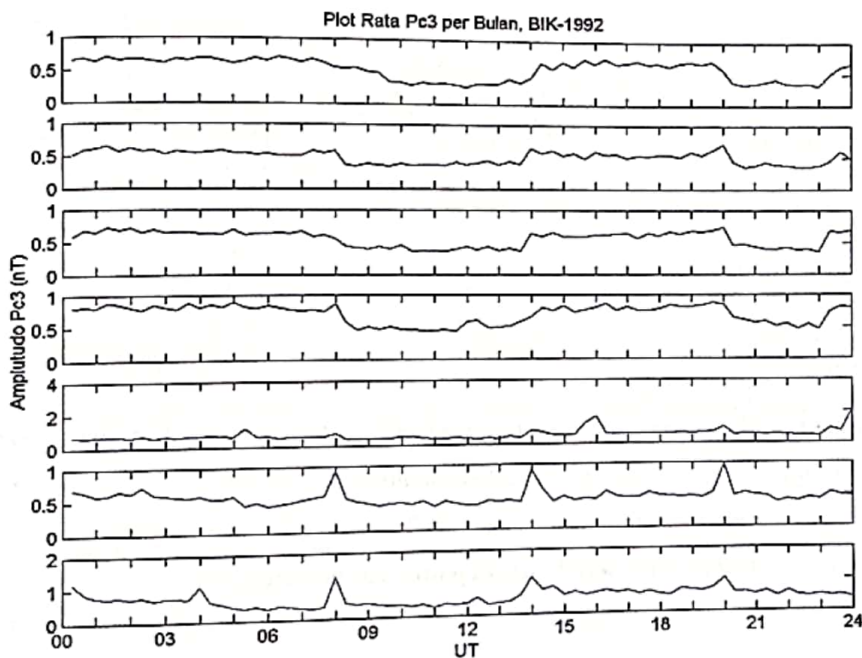


Gambar 3.2 : Plot pulsa magnet Pc3 selama rentang waktu Juni – Desember 1992.

Power spektrum dari pulsa magnet Pc3 stasiun Biak dihitung dengan menggunakan *Fast Fourier Transform-FFT*. Gambar 3.3 memperlihatkan plot dari power spektrum pada rentang waktu 1992-2000. Sedangkan untuk melihat frekuensi dominan pulsa magnet Pc3 dilakukan perhitungan distribusi tahunan seperti ditunjukkan pada gambar 3.4. Dari gambar tersebut terlihat bahwa selama rentang waktu 1992-



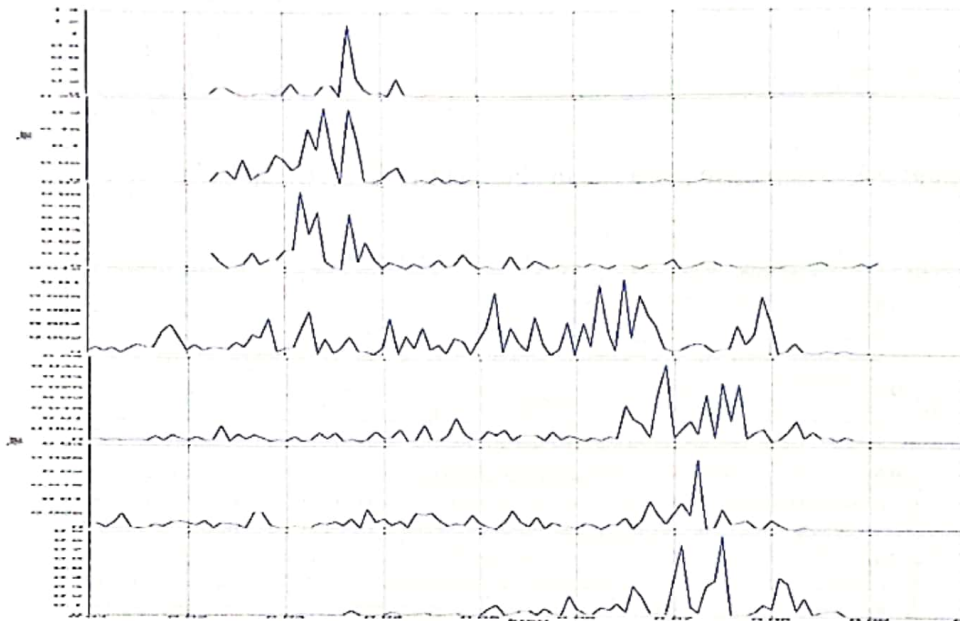
Gambar 3.1 : Amplitudo pulsa magnet Pc3 Juni 1992 di stasiun biak.



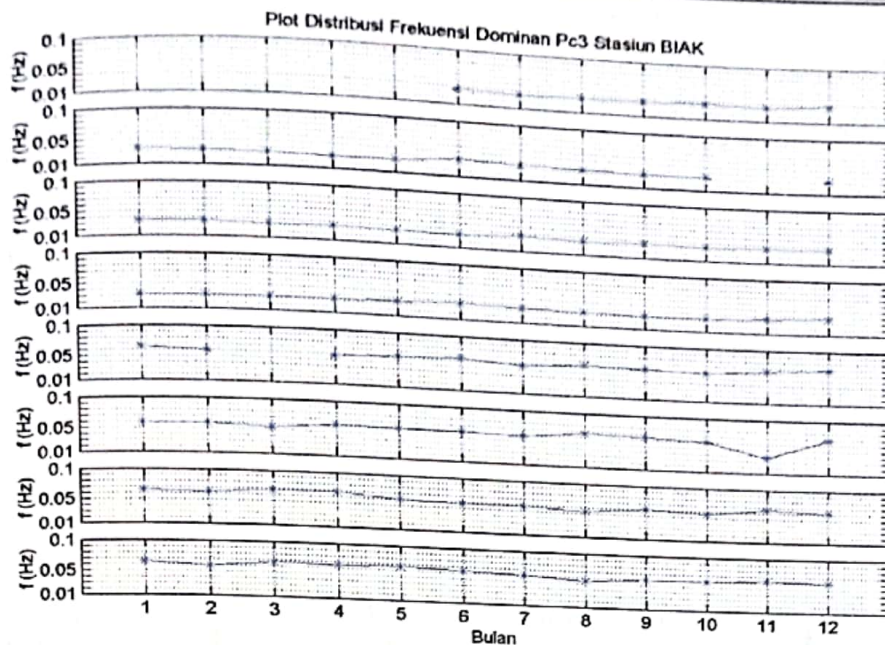
Gambar 3.2 : Plot pulsa magnet Pc3 selama rentang waktu Juni – Desember 1992.

Power spektrum dari pulsa magnet Pc3 stasiun Biak dihitung dengan menggunakan *Fast Fourier Transform-FFT*. Gambar 3.3 memperlihatkan plot dari power spektrum pada rentang waktu 1992-2000. Sedangkan untuk melihat frekuensi dominan pulsa magnet Pc3 dilakukan perhitungan distribusi tahunan seperti ditunjukkan pada gambar 3.4. Dari gambar tersebut terlihat bahwa selama rentang waktu 1992-

1996 frekuensi pulsa magnet Pc3 stasiun biak cenderung stabil berada pada frekuensi 0.03-0.05 Hz. Sedangkan pada rentang waktu 1997-2000 berada pada rentang frekuensi 0.05-0.07 Hz. Hal ini mungkin terkait dengan kondisi angin-surya selama fase turun atau fase naik aktivitas matahari pada rentang waktu tersebut, karenanya perlu dilakukan analisis lebih lanjut mengenai hubungan antara pulsa magnet Pc3 dengan parameter angin surya.

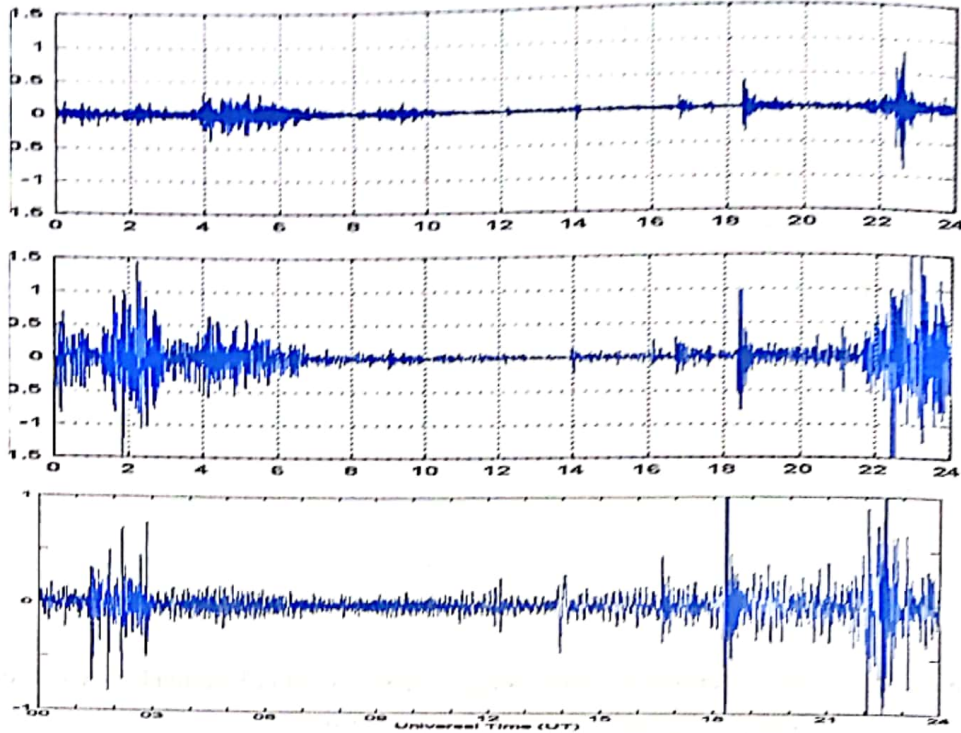


Gambar 3.3 : Plot power spektrum pulsa magnet Pc3 stasiun biak, tahun 1992, 1993, 1995, 1997, 1998, 1999 dan 2000. Sumbu horizontal merepresentasikan frekuensi pada rentang pulsa magnet Pc3 (10 – 45 s), sedangkan sumbu vertikal merepresentasikan besarnya power dari pulsa tersebut.



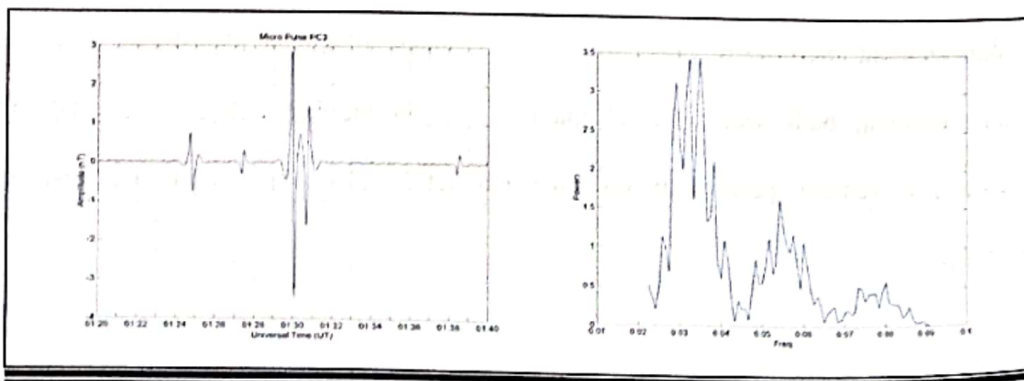
Gambar 3.4 : Plot Distribusi frekuensi Dominan pulsa magnet Pc3 stasiun biak, tahun 1992, 1993, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999 dan 2000.

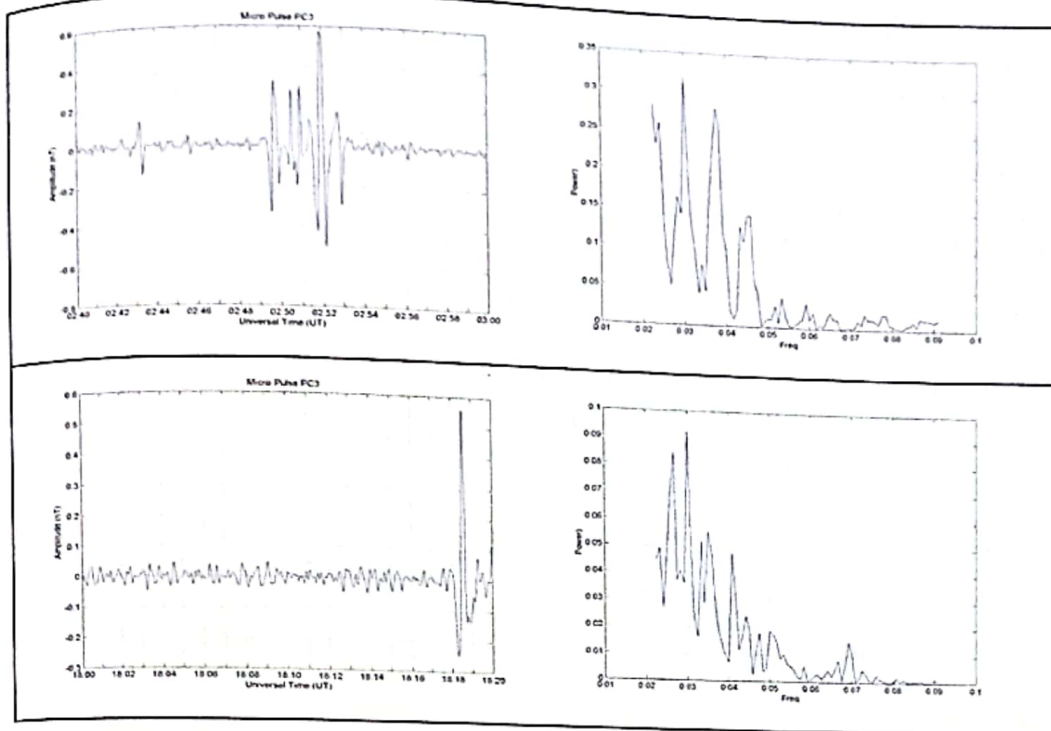
Pulsa magnet merupakan fenomena global yang akan terdeteksi pada stasiun manapun di lintang tinggi, lintang menengah maupun lintang rendah. Apabila didapatkan bentuk pulsa magnet yang mirip dengan pulsa magnet Pc3, tetapi tidak terdeteksi secara global (tidak teramati pada stasiun lainnya), maka pulsa tersebut tidak dapat disebut sebagai pulsa magnetik Pc3. Salah satu contoh identifikasi pulsa magnet Pc3 dari sinyal ULF ditunjukkan pada Gambar 3.5. Gambar 3.5 menampilkan sinyal ULF (periode 10-600s) pada stasiun Adelaide (ADL), Davao (DAV) dan Biak (BIK) tanggal 02 Januari 2001. Diperkirakan terjadinya kemunculan dari pulsa magnet Pc3 pada rentang waktu 01-03UT, 18-19UT dan 22-23UT. Untuk membuktikan bahwa pada waktu tersebut merupakan pulsa magnet Pc3, maka dilakukan identifikasi terhadap karakteristiknya, baik secara visual maupun dengan melihat frekuensinya. Hal ini dikarenakan rentang periode antara pulsa magnet Pc3(10-45s) dengan Pi 2(40-150) beririsan.



Gambar 3.5 : Plot sinyal Ultra Low Frequency-ULF (10-600s) pada stasiun (a) Adelaide-ADL, (b) Davao-DAV dan (c) Biak-BIK tanggal 02/01/2001.

Gambar 3.6 memperlihatkan bandpass filter sinyal ULF pada rentang pulsa Pc3 dan FFT nya pada pukul 01:30UT, 02:53UT dan 18:18UT. Walaupun frekuensi dominan dari sinyal ULF ini berada pada rentang pulsa Pc3 (0.02-0.04Hz) namun jika dilihat secara visual pulsa pada gambar (a) dan (c) ini bersifat *irregular* dan terdiri dari satu puncak (*peak*) saja sehingga bukan merupakan pulsa Pc3 melainkan pulsa Pi2 (Musafar, 2004). Hal ini berbeda dengan kemunculan pulsa Pc3 pada pukul 02:49-02:53UT seperti ditunjukkan pada gambar (b) yang terdiri dari beberapa puncak (*peak*).





Gambar 3.6 : Plot sinyal Ultra Low Frequency-ULF (10-45s) (kiri) dan energinya (kanan), pukul (a) 01:30UT, (b) 02:53UT dan (c) 18:18UT pada stasiun biak 02/01/2001.

4. KESIMPULAN

Telah dilakukan identifikasi karakteristik pulsa magnet pc3 menggunakan data magnetometer landas bumi stasiun biak dimana amplitudo pulsa magnet Pc3 memiliki kecenderungan mengalami peningkatan pada waktu siang dan malam serta mengalami penurunan pada pagi dan sore hari. Selama rentang waktu 1992 – 1996 frekuensi dominan pulsa magnet Pc3 berada pada rentang frekuensi 0.03-0.05 Hz, sedangkan pada rentang waktu 1997-2000 berada pada rentang frekuensi 0.05-0.07 Hz. Hal ini mungkin terkait dengan fase aktivitas matahari pada rentang waktu tersebut, karenanya perlu dilakukan analisis lebih lanjut mengenai hubungan antara pulsa magnet Pc3 dengan parameter angin surya. Telah dilakukan juga identifikasi pulsa magnet Pc3 dengan pulsa magnet Pi2 secara visual dari data variasi medan magnet di lintang rendah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional-LAPAN dan Grup 210 MM / CPMN atas ijin penggunaan datanya.

DAFTAR PUSTAKA

- Jacobs, J. A., Kato, Y., Mashushita, S., Troitskaya, V. A., *Classification of Geomagnetic Micropulsations*, J. Geophys. Res. 69, 180 – 181, 1964.
- Musafar., *Characteristics of Low Latitude Magnetic Pulsation*, Master thesis, Graduate of Sciences, Kyushu University, Japan, 2004.
- Musafar, L. M., *Pc3 Magnetic Pulsations Recorded By Ground-Based Magnetometer At Biak*, Prosiding Seminar Nasional, Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA, Yogyakarta 16 Mei 2009, FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta, 2009.
- Yumoto, K., *Generation And Propagation Mechanisms Of Low-Latitude Magnetic Pulsations – A review*, J. Geophys., 60, 79-105, 1986.