

# PENENTUAN *ONSET* PULSAMAGNETIK Pi2 DI LINTANG RENDAH

Eddy Indra Satria, Laode M Musafar, John Maspupu, Mamat Ruhimat, Cucu Eman Haryanto  
Peneliti Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa, LAPAN

## ABSTRACT

The Pi2 magnetic pulsations is one of the irregular magnetic pulsations that excite in the magnetosphere with period of 40 to 150 seconds. The occurrences of Pi2 magnetic pulsations relates to the existence of that substorm onsets, therefore Pi2 magnetic pulsations can be used as indicator of magnetospheric substorm. In this study, we will determine time of onset of Pi2 magnetic pulsations by using method of spline cubic and then we will compare with result which have been determined by Fukuyama et al. (2004) on the onset of Pi2 magnetic pulsation at GUAM (5.61° GM lat., 215° GM Ion.) and we analyzed the onset of Pi2 magnetic pulsations observed from BIK. (-9.73° GM lat., 207.39° GM Ion.) at January, 2<sup>nd</sup>, 2001. We found that the onset of Pi2 magnetic pulsation observed from BIK is 18:17:17 UT. This result consistent with Fukuyama et. al., (2004).

## ABSTRAK

Pulsa magnetik Pi2 adalah salah satu pulsa magnetik yang terjadi di magnetosfer dengan range periode gelombang dari 40 sampai 150 detik, yang memiliki bentuk gelombang *irregular*. Kejadian pulsa magnetik Pi2 selalu berhubungan dengan adanya *onset substorm*, dan oleh karena itu dapat digunakan sebagai indikator yang baik dari *onset substorm*. Di dalam penulisan ini akan ditentukan waktu *onset* dari pulsa magnetik Pi2 dengan menggunakan metode *spline* kubik, kemudian dibandingkan dengan hasil yang telah ditentukan oleh Fukuyama et. al. (2004) telah menganalisa data dari stasiun GUAM (5.61° GM lat, 215° GM Ion) di Amerika sedangkan penelitian ini menganalisis data yang terekam pada stasiun BIK (-9.73° GM lat, 207.39° GM Ion) di Indonesia pada tanggal 2 Januari 2001, dan diketahui bahwa *onset* Pulsa magnetik Pi2 pada tanggal tersebut terjadi pada 18:17:17 UT. Hasil ini konsisten dengan hasil Fukuyama dkk. (2004).

## 1 PENDAHULUAN

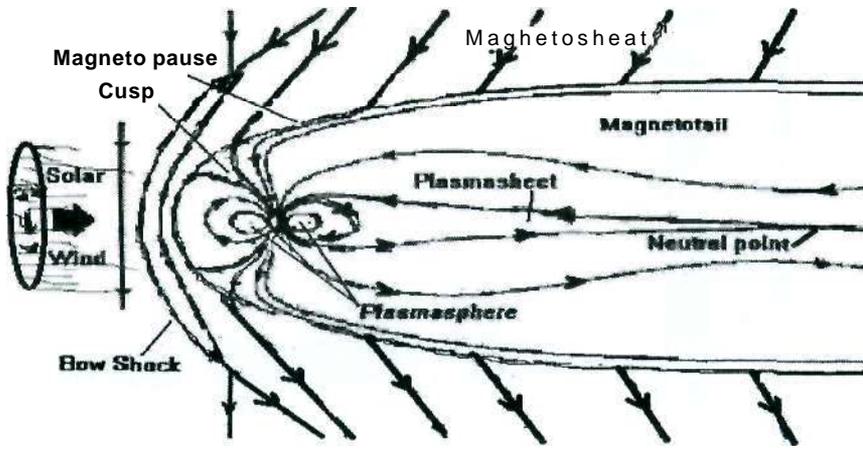
Pulsa geomagnetik diketahui sebagai gelombang ULF (*Ultra Low Frekuensi*) yang secara alami terjadi gelombang magnetohidrodinamik di Magnetosfer Bumi. Gelombang ini mempunyai orde pendek (yaitu beberapa detik sampai beberapa menit saja) dan osilasi amplitudonya lebih kecil dari pada medan utama magnetik bumi. Seperti gangguan periode yang lebih panjang yaitu *storm* dan *substorm* yang bersumber dari matahari. Berlainan dengan medan magnet bumi total dan variasi sekular yang berasal dari internal. Pengamatan para peneliti terdahulu menunjukkan bahwa pulsa geomagnetik dibagi menjadi dua

kelas yaitu pulsa *kontinyu* (Pc) dan pulsa *irregular* (Pi). Pulsa *irregular* dibagi menjadi 2 klasifikasi, yaitu Pi1 dan Pi2 dengan periode yang ditunjukkan pada Tabel 1-1.

Tabel 1-1: PERIODE PULSA IRREGULAR

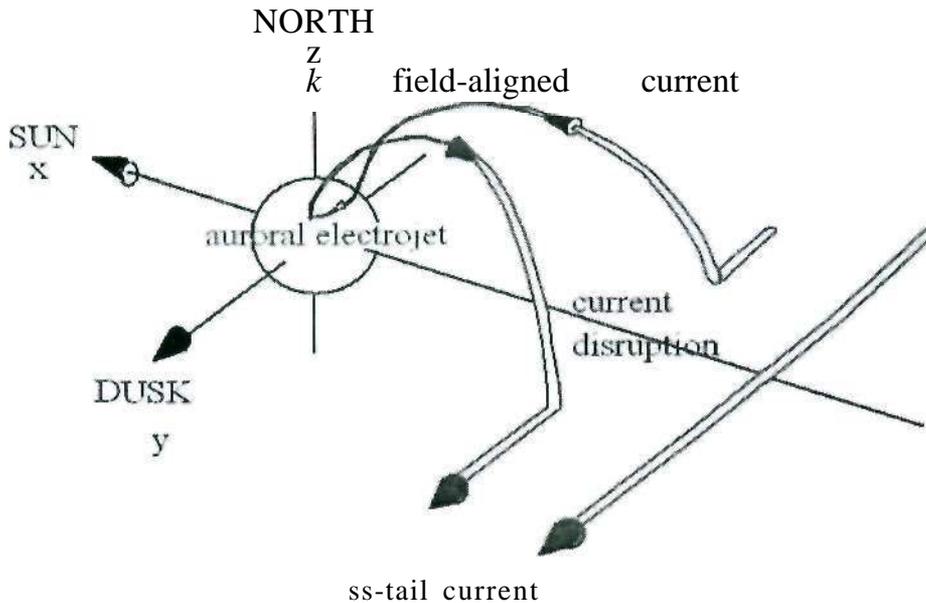
Klasifikasi	PeriodE (sec)
Pi1	1 - 40
Pi2	40 - 150

Penggolongan pada Tabel 1-1 yang telah diterima oleh perkumpulan internasional untuk Geomagnetisme dan Aeronomy (IAGA) pada tahun 1964 berdasarkan karakteristik yang mereka amati. Pada penelitian perkembangan



Solar wind connection

Gambar 1-1: Gambar skematik memperlihatkan mekanisme penyaluran gelombang dari matahari sampai di bumi, dimana partikel-partikel yang dibawa oleh angin matahari menjalar menyusuri magnetopause, masuk melalui magnetotail menuju bumi



Gambar 1-2: Gambar skematik memperlihatkan akibat rekoneksi di ekor magnet yang menghasilkan arus *cross-tail*, arus *field-aligned* dan arus *disruption*

karakteristik pulsa magnetik Pi2 diamati pada daerah lintang rendah dan ekuator ditentukan data ground magnetometer stasiun lintang rendah Biak (-9.73°GM lat, 207.39° GM Ion) di Indonesia dan stasiun ekuator DAV (-1.37°GM lat, 196.53° GM Ion) di Filipina dengan dibantu dari stasiun-stasiun CPMN/210<sup>0</sup> (*Circum Pan Pacific Magnetometer Net Work*) lainnya, yaitu Chokurdakh, Tixie

dll. Sehingga kita dapat mengidentifikasi pulsa magnetik Pi2 yang diharapkan. Pulsa magnetik Pi2 adalah gelombang ULF transien dan impulsif dengan frekuensi 6,6 - 25 mHz, yang terjadi berkaitan erat dengan substorm magnetosferik.

Pulsa magnetik Pi2 merupakan indikator dari penyaluran gelombang hydromagnetik yang diakibatkan oleh rekoneksi di bagian ekor magnet dekat

bumi atau *fase expansif substorm* yang menjalar secara horizontal menuju ekuator bumi dan lintang rendah (Gambar 1-1).

Salah satu sumber dari pulsa magnetik Pi2 malam hari adalah perubahan yang tiba-tiba di dalam konfeksi atau konfigurasi magnetosfer selama *fase expansif substorm* (Akasofu, 1980) disebabkan aliran plasma dari daerah rekoneksi (atau arus disruption) atau oleh formasi *substorm current wedge* (Mc. Pherron et. al, 1973) yang diperlihatkan Gambar 1-2.

Polarisasi pulsa magnetik Pi2 pada sektor tengah malam yang menghasilkan osilasi bagian *substorm current wedge* yang dibawa sejajar medan atau *field-aligned current* (Lester et. al., 1984) dan pulsa magnetik Pi2 lintang tinggi malam hari secara umum dianggap dibangkitkan oleh osilasi *transient* dari garis medan auroral (Baumjohann and Glass Meier, 1984., Yumoto, 1986; 1988) seperti diperlihatkan Gambar 1-2.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari pulsa magnetik Pi2, yaitu menentukan onset pulsa magnetik Pi2 di stasiun Biak dan sebagai studi kasusnya adalah hasil yang dikemukakan oleh Fukuyama et. al. (2004).

## 2 METODE DAN PENGOLAHAN DATA

Pengambilan dan pengolahan data dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- Membaca data variasi medan magnetik J-Format dengan resolusi satu detik. Sebelum melakukan pembacaan kami merubah data asli (dari stasiun) dengan J-Format, dengan maksud agar data satu hari yang terpotong akibat pergantian memori-card atau lampu mati, sehingga data dapat tersambung.
- *Removing-Noise* pada tiga komponen variasi medan magnetik. Pembuatan *software removing-noise*, untuk menghilangkan *noise* pada ketiga komponen variasi medan magnetik yang disebabkan penyambungan data pada J-Format

yang diakibatkan oleh alam sekitarnya atau akibat dari *receiver* itu sendiri.

- Differensiasi data untuk ketiga komponen variasi medan magnetik. Pembuatan *software* untuk menghilangkan *noise* (pemulusan) terhadap data.
- *Band-pass-filter* 40-150 detik hasil differensiasi data. Pembuatan *software* untuk mendapatkan pulsa yang kita kehendaki yaitu pada *range* 40-150 detik (pulsa magnetik Pi2).
- Konfirmasi dengan kehadiran *bay-magnetic negative* data lintang aurora atau kejadian substorm melalui indek elektrojet aurora. Untuk meyakinkan pulsa magnetik Pi2 yang didapatkan, maka harus dikonfirmasi dengan kehadiran *bay-magnetic negative* data lintang aurora (lintang tinggi) atau dengan kejadian substorm melalui indeks elektrojet-aurora (indek AE atau AL).
- Ekstraksi data pulsa magnetik Pi2. Setelah tahapan-tahapan di atas kita lakukan untuk menentukan *onset* pulsa magnetik Pi2 kita membuat *software* dengan waktu yang pendek di sekitar data Pi2 yang kita kehendaki sebagai contoh: data kita ekstraksi untuk selang waktu 3 menit sampai 5 menit yaitu lebih panjang dari periode pulsa magnetik Pi2.

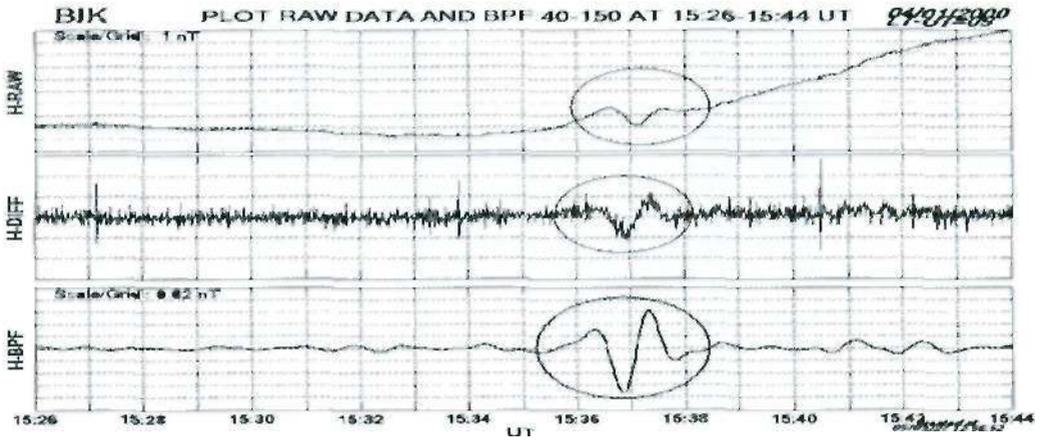
Untuk menentukan *onset* pulsa magnetik Pi2 yang perlu diperhatikan, adalah

- Memilih kasus pulsa magnetik Pi2 tunggal dan mengabaikan kasus Pi2 yang terjadi beruntun.
- Menetapkan kriteria *onset* pulsa magnetik Pi2 lintang rendah dengan meninjau definisi pulsa magnetik Pi2 lintang rendah dan ekuator oleh Saito (1961) yaitu pulsa Pi2 lintang rendah dan menengah diawali oleh  $dH/dt > 0$ . Dan adanya fluktuasi non periodik pada fase awal pulsa magnetik Pi2 yang dinamakan *initial perturbation* bagi Pi2 (Fukuyama et. al., 2004).

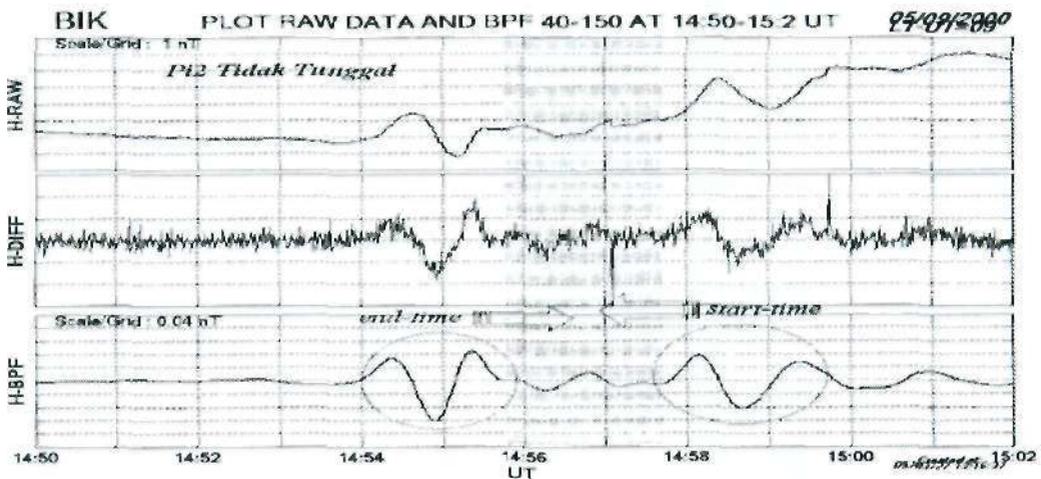
Initial perturbation bagi Pi2 akan diselidiki melalui perubahan gradient

pada data variasi harian dan diferensiasinya serta data pada pra-pulsa Pi2 yang dapat mengakibatkan tereksitasinya pulsa magnetik Pi2 (Gambar 2-3)

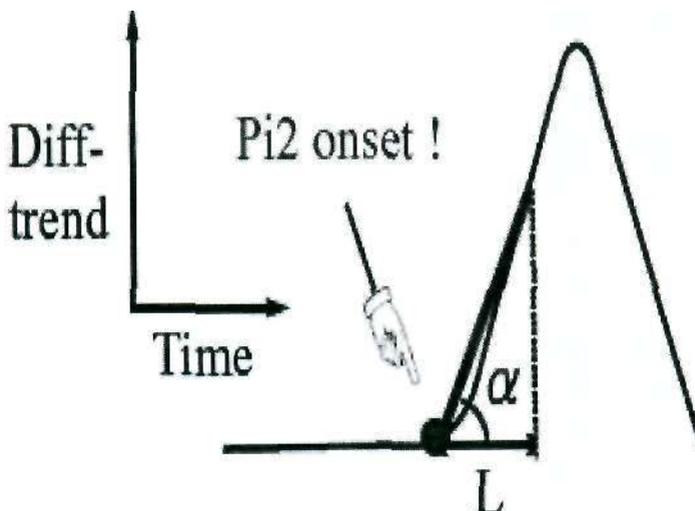
Dengan kriteria onset yang akan kita tetapkan, gradien efektif bagi tereksitasinya pulsa magnetik Pi2 akan dihitung dengan menggunakan metode numerik (*spline kubik*).



Gambar 2-1: Contoh pulsa magnetik Pi2 tunggal dari stasiun Biak tanggal 4 Januari 2000 dari jam 15:26 - 15:44



Gambar 2-2: Contoh pulsa magnetik Pi2 ganda dari stasiun Biak tanggal 5 September 2000 dari jam 14:50 - 15:02

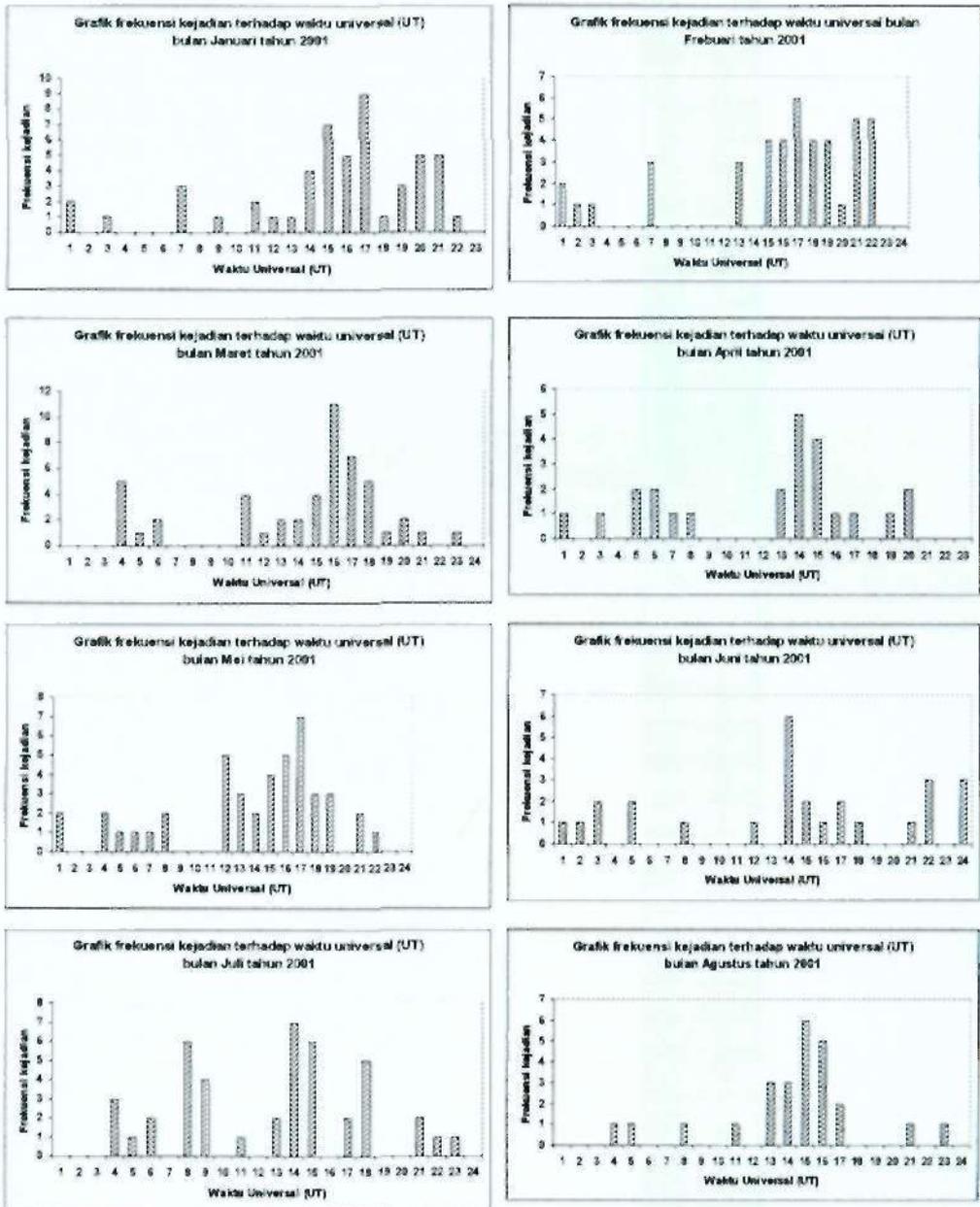


Gambar 2-3: Menunjukkan titik onset pulsa magnet Pi2

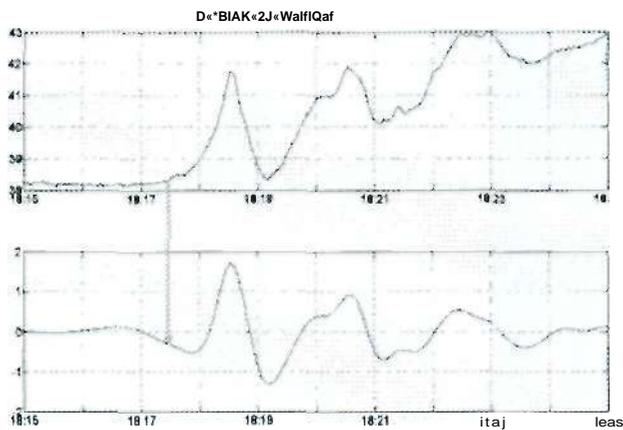
### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengolahan data stasiun Biak (-9.73°GM lat., 207.39° GM Ion.) diperoleh sekitar 869 pulsa magnetik Pi2, yang diperoleh dari pengolahan data tahun 2000 sampai 2001 dengan memperlihatkan kejadian pada tengah malam, yaitu antara jam 14.00 - 18.00 UT. (Gambar 3-1)

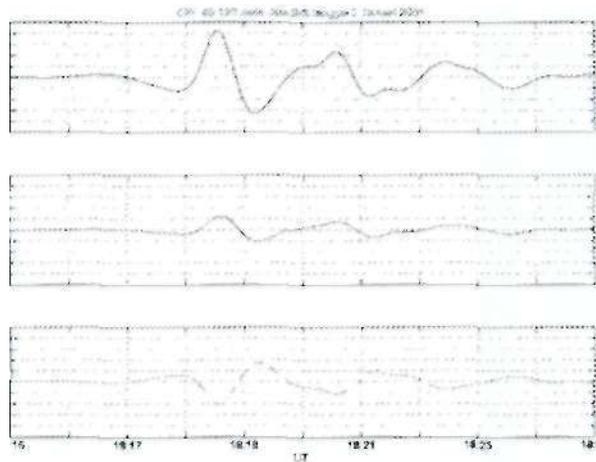
Kemudian dari masing-masing kejadian pulsa magnetik Pi2, dihitung waktu onset dengan metode numerik *spline* kubik, dari hasil perhitungan dengan menggunakan program Matlab dengan metode di atas kita akan mendapatkan hasilnya dari gradien maksimum.



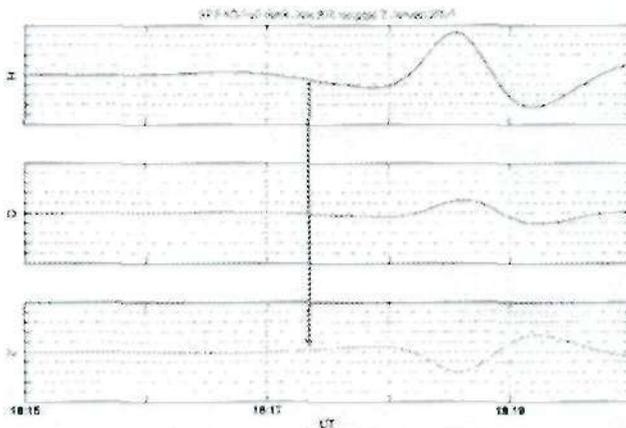
Gambar 3-1: Hasil Identifikasi pulsa magnetik Pi2 di stasiun Biak (-9.73°GM lat., 207.39° GM Ion.), dominan terjadi pada malam hari yaitu antara jam 14.00 - 18.00 waktu Universal (UT)



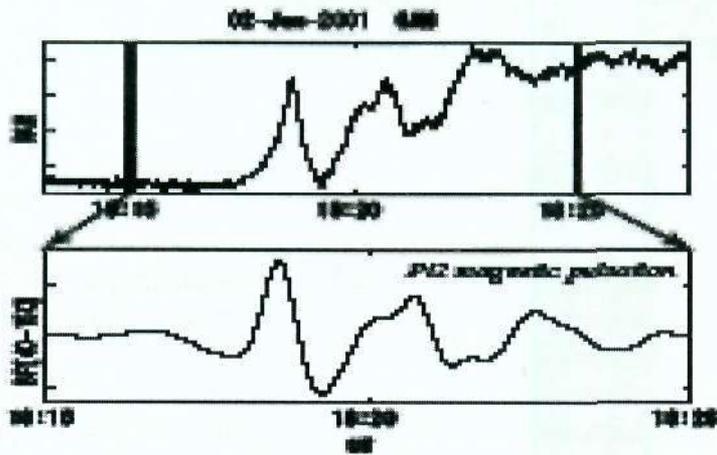
Gambar 3-2: Data pulsa magnetik Pi2 sebelum difilter dari stasiun Biak ( $-9.73^{\circ}$ GM lat.,  $207.39^{\circ}$  GM Ion.) dari jam 18.15 sampai jam 18.26 UT



Gambar 3-3: Data pulsa magnetik Pi2 di stasiun Biak ( $-9.73^{\circ}$ GM lat.,  $207.39^{\circ}$  GM Ion.) setelah difilter dari jam 18.15 sampai 18.26 UT



Gambar 3-4: Contoh dari hasil ekstraksi pulsa magnetik Pi2 di stasiun Biak ( $-9.73^{\circ}$ GM lat.,  $207.39^{\circ}$  GM Ion.) tanggal 02 Januari 2001, komponen H, D dan Z dari jam 18.15 sampai jam 18.20



Gambar 3-5: Contoh gambar pulsa magnetik Pi2 (stasiun GUAM =5.61° GM lat., 215° GM Ion.) pada tanggal 02 Januari 2001 (Fukuyama K. et al., 2004).

Hasil perhitungan yang diperoleh gradien maksimum dari ketiga komponen medan geomagnetik pada tanggal 02 Januari 2001 di stasiun Biak (-9.73° GM lat., 207.39° GM Ion.), adalah

- Gradien komponen H adalah - 0.0114
- Gradien komponen D adalah - 0.0036
- Gradien komponen Z adalah + 0.0055

Dari hasil di atas dapat ditentukan titik waktu *onset* pulsa magnetik Pi2 adalah pukul 18:17:17. Setelah itu dibandingkan dengan hasil yang telah dihitung oleh Fukuyama et.al. pada stasiun GUAM (5.61° GM lat, 215° GM Ion.) pada tanggal 02 Januari 2001. (Gambar 3-5)

#### 4 KESIMPULAN

Hasilnya ditentukan bahwa inisial gangguan pulsa magnetik Pi2 adalah sangat penting didalam perhitungan onset Pi2, namun akan memberikan kontribusi yang penting terhadap pemicu pulsa magnetik Pi2 dan sangat berhubungan erat dengan fenomena lain di Magnetosfer dan klari-fikasi dengan prioritas utama dari inisial gangguan pulsa magnetik Pi2.

Dari contoh kasus pulsa magnetik Pi2 pada tanggal 02 Januari 2001 (stasiun BIAK, -9.73° GM lat., 207.39° GM Ion.) dapat ditentukan bahwa onset pulsa magnetik Pi2 terjadi pada pukul 18:17:17 UT, hal ini sesuai atau sama dengan hasil yang diketemukan Fukuyama et. al. (Gambar 3-5).

#### DAFTAR RUJUKAN

- Fukuyama K. et. al., 2004. Determinant of onsets of low-latitude Pi2 magnetic pulsations.
- Musafar, 2004. *Characteristic of Low Latitude Pi2 Magnetic Pulsations*, Master Thesis, Graduate School of Sciences, Faculty of Sciences, Kyushu University.
- Saito T., K. Yumoto, dan Y. Koyama, 1976. *Magnetic pulsation Pi2 as a sensitive indicator of magnetospheric substorm*, Planet Space Sci., 24, 1025.
- Sutcliffe P. R., and Nielsen, 1990. STARE observations of Pi2 pulsations, Geophys. Res. Lett., 17, 603.
- Sutcliffe P. R., and K. Yumoto, 1991. *On the cavity mode nature of low-latitude Pi2 pulsations*, J. Geophys. Res., 96, 1543.