

# STUDI KASUS KEMUNCULAN PULSA MAGNET PC1 DI STASIUN WATUKOSEK (7 34'5" LS 112 40'37" BT) PADA SAAT BADAI

**Visca Wellyanita, Fitri Nureni**  
Pusat Sains Antariksa  
Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional  
Jl. Dr. Djundjunan 133 Bandung 40173 Indonesia  
e-mail: visca.wellyanita@gmail.com

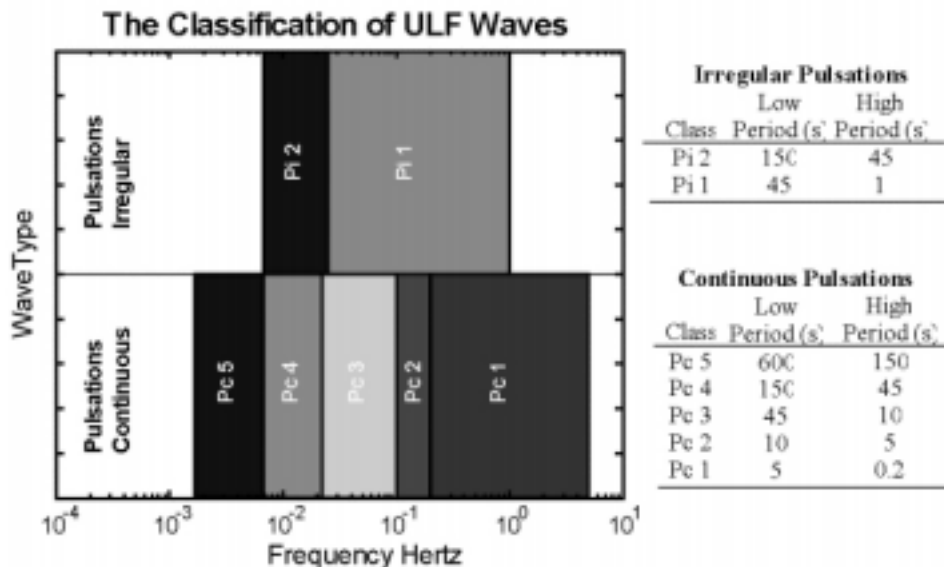
## RINGKASAN

Gelombang ULF diklasifikasikan menjadi dua oleh *International Association of Geomagnetism and Aeronomy* (IAGA) yaitu *continuous pulsations* (Pc) dan *irregular pulsations* (Pi). Penelitian kali ini mengenai kemunculan pulsa magnet Pc1 pada saat terjadi badai di stasiun Watukosek. Pulsa magnet Pc1 terkait dengan peristiwa badai magnet dan dapat teridentifikasi sebelum atau sesudah kejadian badai magnet. Pc1 berada pada rentang periode 0,2 – 10 detik dan diamati di ruang angkasa dan di landas bumi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah membaca data geomagnet komponen H stasiun Watukosek yang telah dihilangkan *noise* dan kemudian difilter *bandpass* pada rentang periode kemunculan pulsa magnet Pc1 yaitu 0,2 - 10 detik. Pulsa Pc1 yang didapatkan kemudian dibuat spektrum dinamik per 1 menit menggunakan metode *wavelet* dengan sampling frekuensi 10 Hz. Kemudian diidentifikasi kehadiran pulsa magnet Pc1 dengan mencari aktivitas sinyal yang puncaknya di bawah 5 detik. Hasil yang diperoleh dari studi kasus kemunculan pulsa magnet Pc1 di Stasiun Watukosek 2013 terdeteksi bahwa pulsa magnet Pc1 paling sering terjadi setelah kejadian badai magnet. Kemunculan pulsa magnet Pc1 ini akan meningkat sekitar 2-5 hari setelah kejadian badai magnet.

### 1 PENDAHULUAN

Gelombang *Ultra Low Frequency* (ULF) diklasifikasikan menjadi dua oleh *International Association of Geomagnetism and Aeronomy* (IAGA) yaitu *continuous*

*pulsations* (Pc) dan *irregular pulsations* (Pi). Pulsa magnet Pc dan Pi ini dibagi kembali menjadi tujuh sub-tipe berdasarkan rentang periodenya seperti yang terlihat pada Gambar 1-1.



Gambar 1-1: Klasifikasi gelombang ULF (Jacobs dkk., 1964)

Penelitian kali ini mengenai kemunculan pulsa magnet Pc1 pada saat terjadi badai di stasiun Watukosek. Pulsa magnet Pc1 terkait dengan peristiwa badai magnet dan dapat teridentifikasi sebelum atau sesudah kejadian badai magnet. Pc1 berada pada rentang periode 0,2 – 10 detik dan diamati di ruang angkasa dan di landas bumi. Menurut Anderson dkk (1996), kemunculan pulsa magnet Pc1 ini berkaitan dengan gelombang *Electromagnetic Ion Cyclotron* (EMIC) yang dibangkitkan karena ada perbedaan temperatur. Teori ini didasarkan atas kehadiran gelombang EMIC di daerah plasmopause yang diduga merupakan daerah pembangkitan pulsa magnet Pc1.

## 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pulsa magnet Pc1 ini terkait dengan peristiwa badai magnet. Dapat teridentifikasi sebelum atau sesudah kejadian badai magnet. A. Guglielmi dkk. (2005), menyatakan bahwa nilai maksimum pulsa magnet Pc1 ini terjadi pada 4-7 hari setelah awal badai magnet. McPherron dan Ward (1967) adalah yang pertama kali melakukan penelitian mengenai hubungan antara kehadiran pulsa magnet Pc1 dengan bidang batas *Interplanetary Magnetic Field* (IMF).

Heacock dan Hessler (1965), Kokubun dan Oguti (1968), Olson dan Lee (1983), Kangas dkk. (1986) menyatakan bahwa pulsa magnet Pc1 akan dibangkitkan sesaat setelah kompresi yang terjadi secara tiba-tiba pada magnetosfer yang diakibatkan oleh gelombang kejut yang besar di ruang antarplanet.

Menurut Laporan Olson dan Lee (1983) dari stasiun pengamatan landas bumi menyatakan bahwa kehadiran pulsa magnet Pc1 berhubungan dengan kompresi tiba-tiba di daerah magnetosfer. Kompresi ini tidak merubah rasio tekanan plasma parallel tetapi meningkatkan partikel panas anisotropi.

Erlandson dkk (1996) menyatakan bahwa kompresi yang terkait dengan

kejadian pulsa magnet Pc1 berkaitan dengan substorm pada magnetosferik, dimana pulsa magnet Pc1 ini hadir tepat pada saat terjadinya kompresi. Teori ini didukung pula oleh pernyataan Anderson dan Hamilton pada tahun 1993 yang menyebutkan bahwa kehadiran pulsa magnet Pc1 di ruang angkasa secara signifikan meningkat ketika terjadi kompresi di magnetosferik.

Hasil pengamatan dari Engebretson dkk (2002) bahwa pulsa magnet Pc1 terjadi bersamaan pada saat terjadinya kompresi di daerah magnetosferik meskipun setengah dari peristiwa ini dihubungkan dengan fungsi distribusi lokasi spasial selain akibat dari gelombang EMIC. Sebagian dari kejadian lokal secara spasial ini tidak ada hubungannya dengan kompresi dari magnetosferik. Mereka menjelaskan bahwa fungsi distribusi ini mungkin berkaitan dengan peristiwa injeksi pada malam hari atau arus bersifat tetap di daerah *drift*. Menurut Erlandson dan Ukhorskiy (2001), sebagian kecil dari peristiwa Pc1 ini mungkin memang berkaitan dengan interaksi antar partikel yang membangkitkan *substorm*.

Pada awalnya peristiwa Pc1 yang berada pada selang frekuensi kejadian 0.2- 5 Hz diidentifikasi manual oleh Campbell dan Stiltner pada 1965. Dan kemudian dikembangkan oleh peneliti lainnya Fraser pada 1968, Anderson dkk pada 1992, Fraser dan Nguyen pada 2001 dan Meredith dkk pada 2003. Anderson dkk pada 1992 menggunakan spektrogram dari data dan dikelompokkan masing-masing kolom dengan rata-rata lima puncak yang melebihi ambang batas *power*. Kemudian bersama-sama dengan Erlandson, Anderson pada 1996 mencoba untuk menjadikan masing-masing kolom spektrogram (per 30 detik) sebagai peristiwa gelombang individual dan mencari puncak spektral yang memenuhi ambang batas. Loto'aniu dkk pada 2005 menggunakan ambang batas pada masing-masing durasi dan

intensitas pada komponen magnet dan elektrik dari gelombang individual untuk mengidentifikasi kehadiran kejadian gelombang. Helliwell (1965) mengklasifikasikan peristiwa Pc1 dianalogikan dengan emisi *quasi-periodic* VLF.

Bortnik dkk (2008) mencoba teknik yang lebih sederhana untuk pencarian otomatis dan mengkarakterisasikan gelombang *event* dalam data *time series*. Dalam mendeteksi pulsa magnet Pc1 mereka menggunakan 3 komponen data magnetometer. Data tersebut dapat diaplikasikan secara menyeluruh pada setiap variasi gelombang dan frekuensi, baik gelombang yang dihasilkan dari instrumen landas bumi ataupun dari data satelit. Metode yang digunakan adalah *Fast Fourier Transform* (FFT) untuk membuat spektrogram. Penggunaan metode ini didasari karena spektrogram dinamik merupakan metode untuk menganalisa fenomena gelombang.

### 3 DATA

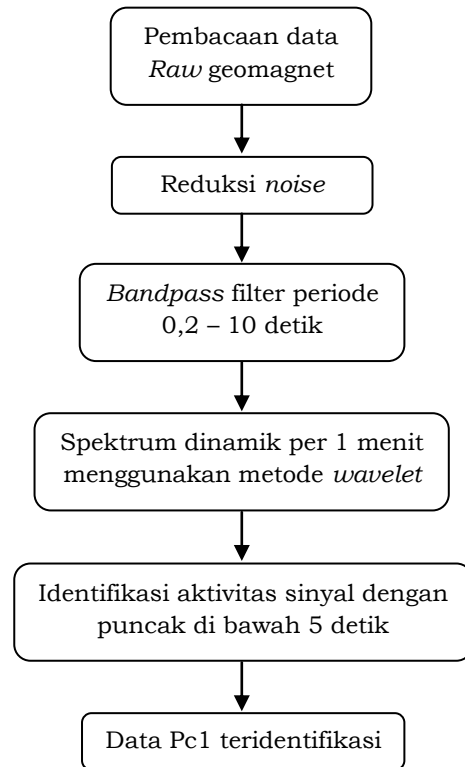
Data yang digunakan adalah data geomagnet komponen H dari Balai Pengamatan Dirgantara (BPD) Watukosek pada tahun 2013 serta indeks Dst yang diambil dari <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/index.html>.

### 4 METODE PENGOLAHAN DATA

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah membaca data geomagnet komponen H stasiun Watukosek yang telah dihilangkan *noise* dan kemudian difilter *bandpass* pada rentang periode kemunculan pulsa magnet Pc1 yaitu 0,2 - 10 detik. Pulsa Pc1 yang didapatkan kemudian dibuat spektrogram dinamik per 1 menit menggunakan metode wavelet dengan sampling frekuensi 10 Hz. Kemudian diidentifikasi kehadiran pulsa magnet

Pc1 dengan mencari aktivitas sinyal yang puncaknya di bawah 5 detik.

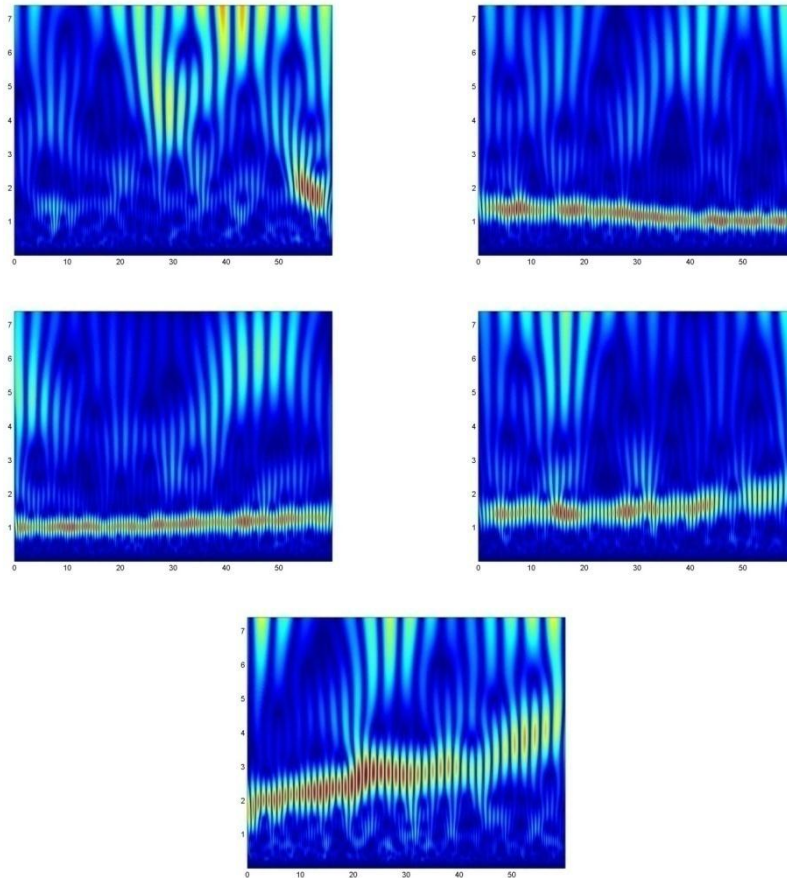
Pulsa Pc1 yang didapatkan dari hasil pengolahan tersebut kemudian dibandingkan dengan indeks Dst dengan melihat kehadirannya pada saat sebelum dan sesudah terjadinya badai untuk dianalisis keterkaitannya.



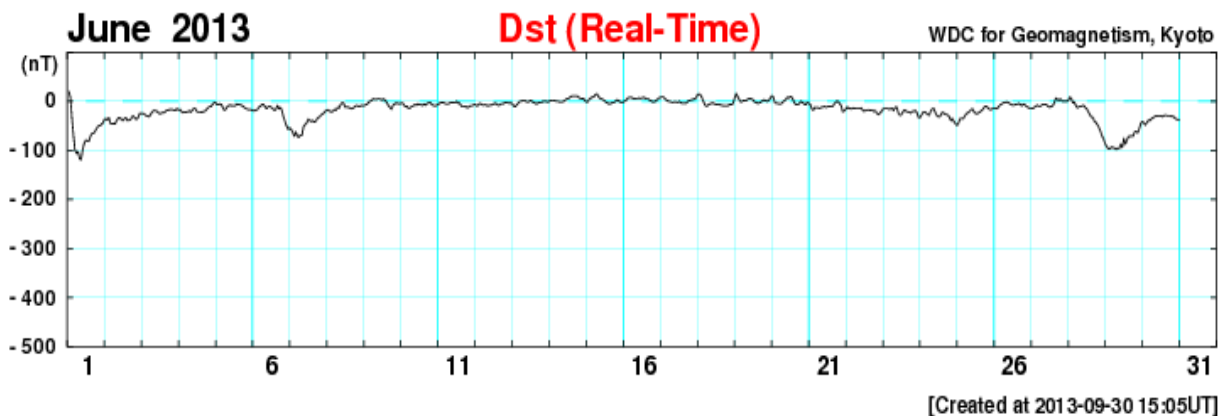
Gambar 4-1: Diagram Alir Identifikasi Pulsa Magnet Pc1

### 5 HASIL

Pada pengolahan data stasiun Watukosek bulan Juni 2013 didapatkan banyak sekali kejadian pulsa magnet Pc1. Pada tanggal 2 Juni 2013 terdapat 21 kejadian pulsa magnet Pc1 dalam 1 hari. Salah satu contoh kehadiran pulsa magnet Pc1 ini terlihat pada Gambar 5-1. kejadian pulsa magnet Pc1 akan mencapai nilai maksimum beberapa hari setelah kejadian badai magnet. Menurut A. Guglielmi dkk., menyatakan bahwa nilai maksimum pulsa magnet Pc1 ini terjadi pada 4-7 hari setelah awal badai magnet.



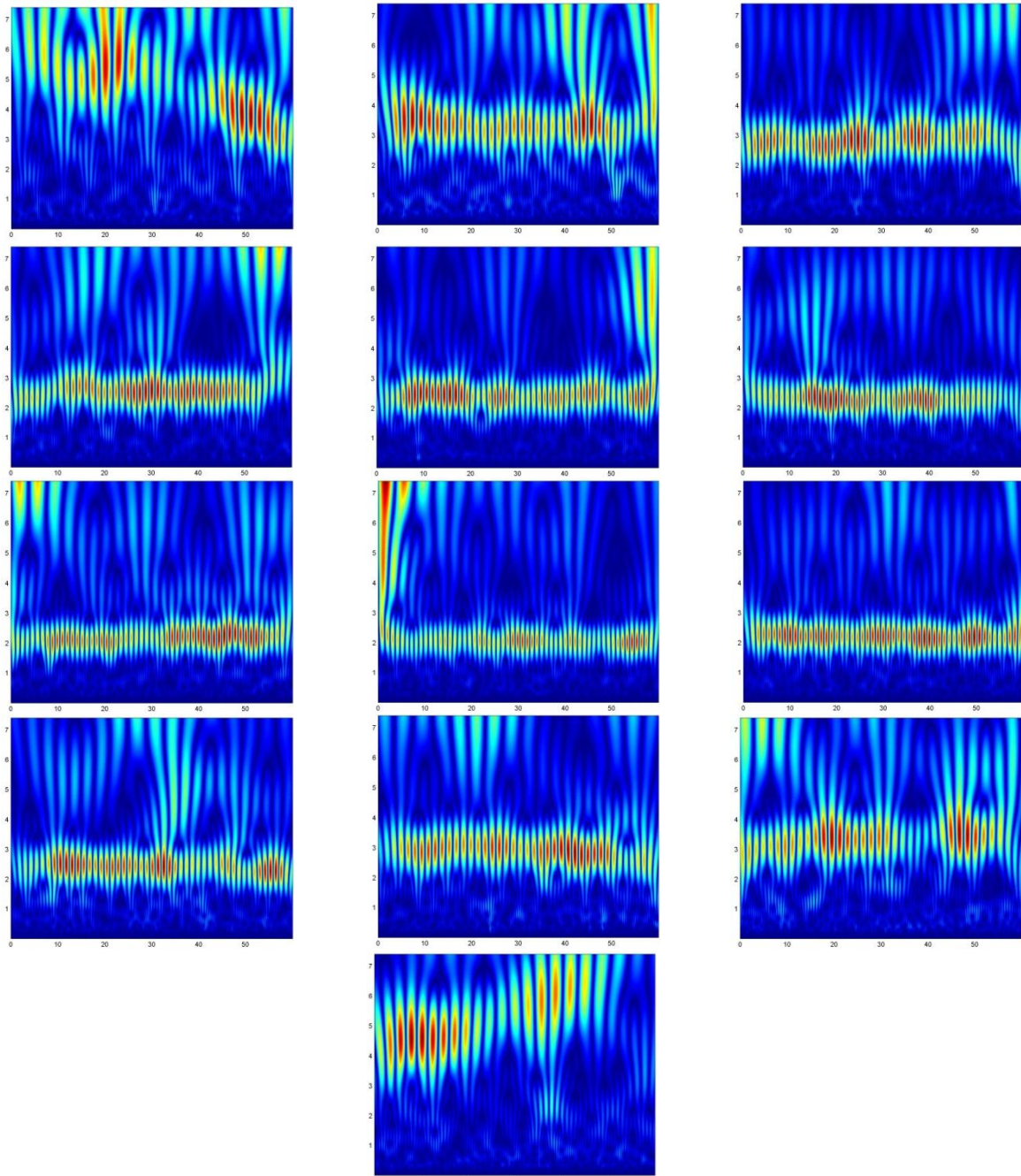
Gambar 5-1: Pulsa Magnet Pc1 dengan sumbu x menunjukkan waktu, sumbu y menunjukkan periode, dan warna menunjukkan intensitas pada tanggal 2 Juni 2013 yang berlangsung selama 5 menit



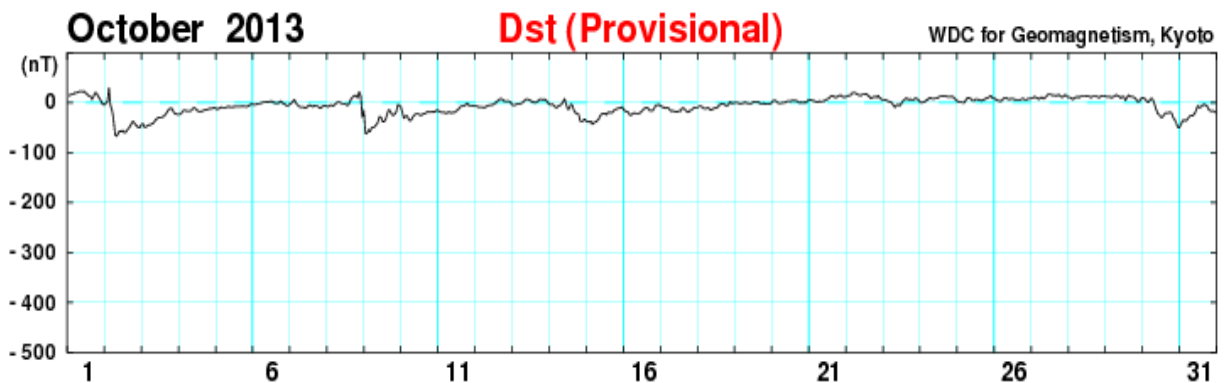
Gambar 5-2: Indeks Dst dengan sumbu x adalah waktu dalam sebulan dan sumbu y adalah amplitudo pada bulan Juni 2013. ([http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst\\_realtime](http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_realtime))

Pada Gambar 5-3 menunjukkan hasil pengolahan data geomagnet pada rentang pulsa magnet Pc1 pada tanggal 10 Oktober 2013 pukul 23:33 UT sampai 23:51 UT yang berlangsung selama 13 menit. Pulsa magnet Pc1 ini berkaitan dengan fasa pemulihan akibat

badai geomagnet skala menengah yang terjadi pada Oktober 2013. Dimana puncak badai terjadi pada tanggal 9 Oktober 2013 sebesar -62 nT pada pukul 01.00 dan fasa pemulihan badai tersebut berlangsung sampai tanggal 12 Oktober 2013.



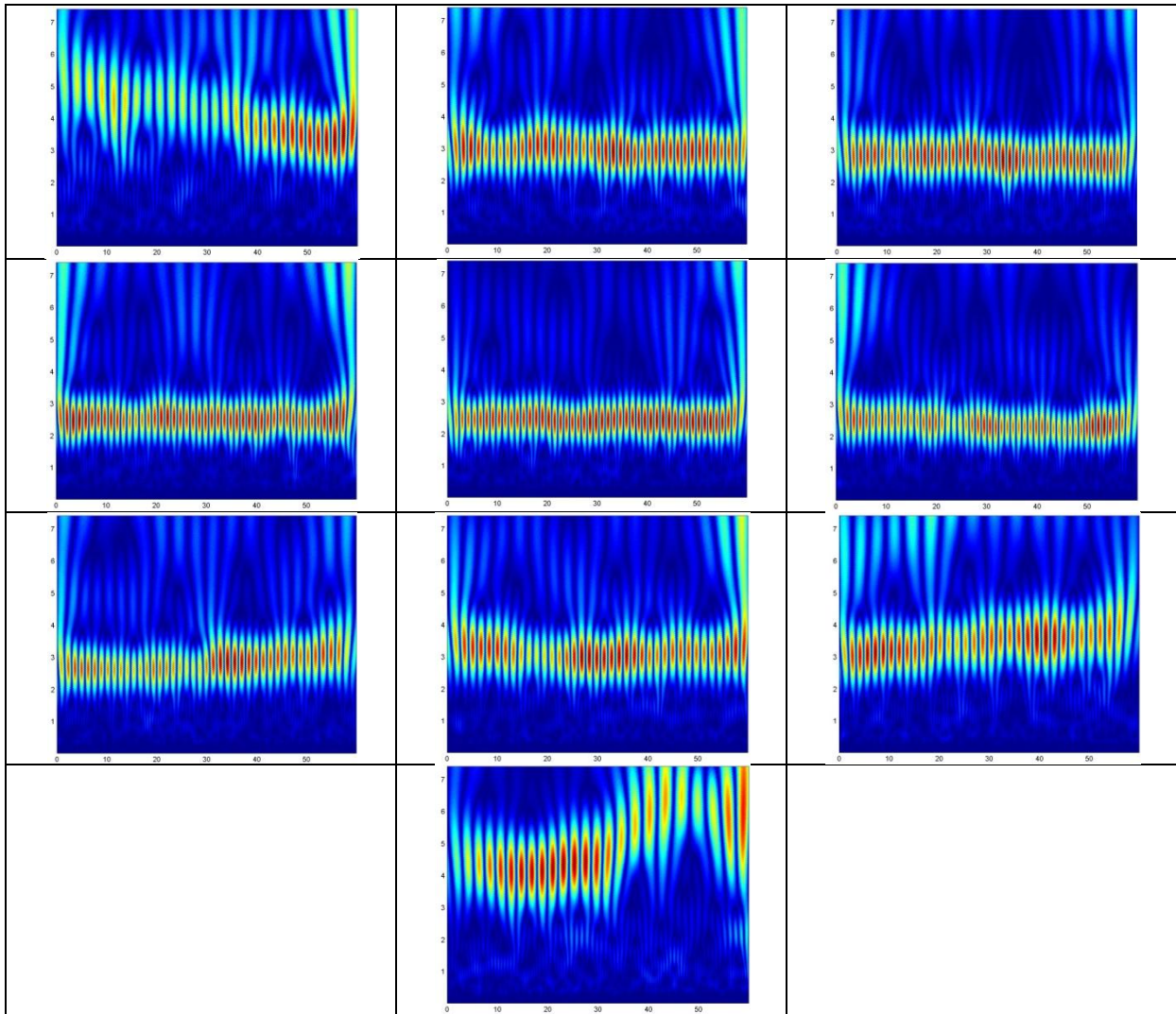
Gambar 5-3: Pulsa Magnet Pc1 dengan sumbu x menunjukkan waktu, sumbu y menunjukkan periode, dan warna menunjukkan intensitas pada tanggal 10 Oktober 2013 pukul 23:33 UT sampai 23:51 UT yang berlangsung selama 13 menit



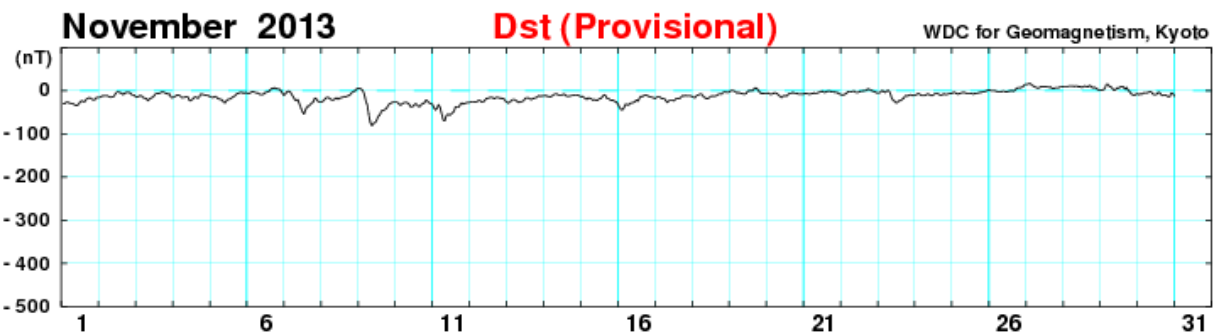
Gambar 5-4: Indeks Dst dengan sumbu x adalah waktu dalam sebulan dan sumbu y adalah amplitudo pada bulan Oktober 2013. ([http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst\\_realtime](http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_realtime))

Pada Gambar 5-5 menunjukkan hasil pengolahan data geomagnet pada rentang pulsa magnet Pc1 pada tanggal 13 November 2013 pukul 00:38 UT sampai 00:47 UT yang berlangsung selama 10 menit. Pulsa magnet Pc1 ini berkaitan dengan fasa pemulihan akibat badai geomagnet skala menengah yang

terjadi di bulan November 2013. Dimana puncak badai terjadi pada tanggal 9 November 2013 sebesar -81 nT pada pukul 09.00 dan pada tanggal 11 November 2013 sebesar -70 nT pada pukul 08.00 dan fasa pemulihan badai tersebut berlangsung sampai tanggal 12 November 2013.



Gambar 5-5: Pulsa Magnet Pc1 dengan sumbu x menunjukkan waktu, sumbu y menunjukkan perioda, dan warna menunjukkan intensitas pada tanggal 13 November 2013 pukul 00:38 UT sampai 00:47 UT yang berlangsung selama 10 menit



Gambar 5-6: Indeks Dst dengan sumbu x adalah waktu dalam sebulan dan sumbu y adalah amplitudo pada bulan November 2013. ([http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst\\_realtime](http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_realtime))

Tabel 5-1: PERSENTASE KEJADIAN PULSA MAGNET Pc1 PADA SAAT TERJADI BADAI MAGNET DENGAN INDEKS Dst &lt; - 50 nT.

No.	Tanggal Badai	Persentase Kejadian Pc1			Rata-rata Amplitudo Pc1(nT)
		Sebelum Onset (%)	Fase Utama (%)	Fase Pemulihan (%)	
1	17 Januari 2013	11	36	53	~ 0.1
2	26 Januari 2013	23	32	45	~ 0.1
3	17 Maret 2013	10	42	48	~ 0.1
4	29 Maret 2013	26	27	47	~ 0.1
5	24 April 2013	15	33	52	~ 0.1
6	1 Mei 2013	34	21	45	~ 0.1
7	18 Mei 2013	21	40	39	~ 0.1
8	25 Mei 2013	21	40	39	~ 0.1
9	1 Juni 2013	27	36	37	~ 0.1
10	7 Juni 2013	37	15	48	~ 0.1
11	29 Juni 2013	20	41	39	~ 0.1
12	6 Juli 2013	19	41	40	~ 0.1
13	14 Juli 2013	22	26	52	~ 0.1
14	27 Agustus 2013	11	23	66	~ 0.1
15	2 Oktober 2013	19	33	48	~ 0.1
16	9 Oktober 2013	29	31	40	~ 0.1
17	30 Oktober 2013	15	26	59	~ 0.1
18	7 November 2013	31	18	49	~ 0.1
19	9 November 2013	31	18	49	~ 0.1
20	8 Desember 2013	28	22	50	~ 0.1
Persentase Kejadian Pc1 Per Tahun		23	30	47	

Pada studi kasus kemunculan pulsa magnet Pc1 di Stasiun Watukosek pada 2013 terdeteksi bahwa pulsa magnet Pc1 paling sering terjadi setelah kejadian badai magnet. Kemunculan pulsa magnet Pc1 ini akan meningkat sekitar 2-5 hari setelah kejadian badai magnet.

Parameter amplitudo dihitung dari hasil *bandpass* filter data geomagnet komponen H pada rentang periode dan rentang waktu 1 pulsa Pc1 yang teridentifikasi. Didapatkan bahwa amplitudo rata-rata pulsa magnet Pc1 ini berkisar antara 0.1 nT.

## 6 PENUTUP

Pada studi kasus kemunculan pulsa magnet Pc1 di Stasiun Watukosek 2013 terdeteksi bahwa pulsa magnet Pc1 paling sering terjadi setelah kejadian badai magnet. Kemunculan pulsa magnet Pc1 ini akan meningkat sekitar 2-5 hari setelah kejadian badai magnet.

Dengan menganalisa hasil *bandpass* filter data geomagnet komponen H didapatkan bahwa Amplitudo rata-rata pulsa magnet Pc1 sebesar 0.1 nT.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- Kepala LAPAN Bapak Thomas Djamaluddin, M.Sc., Kepala Pusat Sains Antariksa Ibu Clara Y. Yatini, M.Sc., atas dukungannya dalam program penelitian mengenai pulsa magnet Pc1,
- Kepala Balai Pengamatan Dirgantara (BPD) Watukosek Bapak Drs. Bambang Suhandi untuk dukungan data geomagnet yang digunakan dalam penelitian ini,
- Prof. Kiyohumi Yumoto, *Space Environment Reseach Center*, Universitas Kyushu – Jepang dan seluruh staf MAGDAS,
- Bapak Laode M. Musafar M.Sc., atas arahan, diskusi dan waktu yang telah diluangkan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan,
- Rekan-rekan kerja di bidang Geomagnet dan Magnet Antariksa untuk diskusi-diskusinya.

## DAFTAR RUJUKAN

- A. Guglielmi, A. Potapov, E. Matveyeva, T. Polyushkina, J. Kangas, 2005. *Temporal and Spatial Characteristics of Pc1 Geomagnetic Pulsations*, Advances in Research, COSPAR publication.
- Anderson, B. J. and Hamilton, D. C., 1993. *Electromagnet Ion Cyclotron Waves Stimulated by Modest Magnetospheric Compression*, J. Geophys. Res. 98, 11369.
- Anderson, B. J., 1996. *Recent Observations of Electromagnet Ion Cyclotron Waves in Space*, Adv. Space. Res. 17, 1041.
- Anderson, B. J., Erlandson, R. E., and Zanetti, L. J., 1992. *A Statistical Study of Pc 1-2 Magnetic Pulsations in the Equatorial Magnetosphere, 1, Equatorial Occurrence Distributions*, J. Geophys. Res., 97, 3075–3088.
- Bortnik, J., J. W. Cutler, C. Dunson, and T. E. Bleier, 2007. *An Automatic Wave Detection Algorithm Applied to Pc1 Pulsation*, Journal of Geophysical Research, Vol. 112, A04204.
- Bortnik, J., J. W. Cutler, C. Dunson, T. E. Bleier, and R. L. Mcpherron, 2008. *Characteristics of Low-Latitude Pc1 Pulsations During Geomagnetic Storms*, Journal of Geophysical Research, Vol. 113, A04201.
- Campbell, W. H. and Stiltner, E. C., 1965. *Some Characteristics of Geomagnetic Pulsations at Frequencies Near 1 c/s*, Radio Sci. 69, 1117.
- Engebretson, M. J., 2002. *Observations of Two Types of Pc 1-2 Pulsations in the Outer Dayside Magnetosphere*, J. geophys. Res. Vol. 107 (A12), 1451.
- Erlandson, R.E., and A. J., Ukhorskiy, 2001. *Observations of Electromagnetic Ion Cyclotron Waves During Geomagnetic Storms: Wave Occurrence and Pitch Angle Scattering*, J. Geophys. Res., 106(A3), 3883–3895.
- Erlandson, R. E., Mursula, K., and Bosinger, T., 1996. *Simultaneous Ground-Satellite Observations of Structured Pc1 Pulsations*, J. Geophys. Res. 101, 27149.
- Fraser, B. J., 1968. *Temporal Variations in Pc1 Geomagnetic Micropulsations*, Planetary Space Sci. 16, 111.
- Fraser, B. J., and T. S. Nguyen, 2001. *Is the Plasmapause a Preferred Source Region of Electromagnetic Ion Cyclotron Waves in the Magnetosphere?*, J. Atmos. Terr. Phys., 63, 1225–1247.
- Heacock, R. R. and Hessler, V. P., 1965. *Pearl-Type Micropulsations Associated with Magnetic Storm Sudden Commencements*, J. Geophys. Res. 70, 1103.
- Helliwell, R. A., 1965. *Whistlers and Related Ionospheric Phenomena*, 349 pp, Stanford Univ. Press, Palo Alto, Calif.
- [http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst\\_realtime/201306/index.html](http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_realtime/201306/index.html).
- Jacobs, J. A., Kato, Y., Mashushita, S., Troitskaya, V. A., 1964. *Classification of Geomagnetic Micropulsations*, J. Geophys. Res. 69, 180 – 181.
- Kangas, J., Aikio, A., and Olson, J. V., 1986. *Multistation Correlation Spectra Associated with Sudden Impulses*, Planetary Space Sci. 34, 543.
- Kokubun, S. and Oguti, T. 1968. *Hydromagnetic Emissions Associated with Storm Sudden*



- Commencements*, Rep. Ionospheric Space Res. Japan 22, 45.
- Loto'aniu, T. M., B. J. Fraser, and C. L. Waters, 2005. *Propagation of Electromagnetic Ion Cyclotron Wave Energy in the Magnetosphere*, J. Geophys. Res., 110, A07214.
- McPherron, R.L., Ward, S.N., 1967. *Correlation between Occurrence of Pearl Pulsations and Interplanetary Magnetic Field Sector Boundaries*. J. Geophys. Res. 72, 393-398.
- Meredith, N. P., R. M. Thorne, R. B. Horne, D. Summers, B. J. Fraser, and R. R. Anderson, 2003. *Statistical Analysis of Relativistic Electron Energies for Cyclotron Resonance with EMIC Waves Observed on CRRES*, J. Geophys. Res., 108(A6), 1250.
- Olson, J. V. and Lee, L. C., 1983. *Pc1 Wave Generation by Sudden Impulses*, Planetary Space Sci. 31, 295.

