

PENENTUAN WAKTU *ONSET SUDDEN* COMMENCEMENT KOMPONEN H GEOMAGNET DI BIAK

Anwar Santoso

Peneliti Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa, LAPAN
Email : anwar@bdg.lapan.go.id; war92_2000@yahoo.com

ABSTRACT

In automatic detection of Sudden Commencement (SC) and other related phenomena, studi on determination of onset time of SC is the main focus to be understood, as well as SC characteristic. In this paper, SC were divided into SC (SI) and SC (SSC). SC (SI) is SC that is not followed by geomagnetic storm while SC (SSC) is SC that followed by geomagnetic storm. Until now many methods have been used to determine the onset time of time series data. One of the methods is filtering method of time series data. In this paper, determination of onset time of SC is done by filtering method to differential value of time series data to specify one limit value of cut off as the SC onset criteria. In this activity, we used minutely H component data from Biak observatory during year 2000 and H component data from Okinawa observatory as comparator of SC existence. It is obtained that the onset time of SC (SSC) generally occur at point where cut-off amplitude of data differential value is greater than 4 nT/minute, while the onset SC(SI) generally occur at a point where amplitude cut-off of data differential value is greater than 2 nT/minute. By using this result, the onset times of SC (SSC) and SC (SI) can be detected automatically.

ABSTRAK

Dalam kegiatan deteksi otomatis *Sudden Commencement* (SC) dan fenomena lain yang terkait, studi tentang penentuan *onset* SC merupakan fokus utama yang harus dipahami, selain juga karakteristik SCnya sendiri. Dalam makalah ini SC dibedakan menjadi SC (SI) yaitu SC yang tidak diikuti oleh peristiwa badai geomagnet dan SC (SSC) yaitu SC yang diikuti oleh peristiwa badai geomagnet (SC (SSC)). Sampai saat ini sudah banyak metode yang telah digunakan untuk menentukan *onset* data deret waktu. Salah satu dari metode tersebut adalah dengan metode pemfilteran diferensial data deret waktu. Demikian juga dalam kegiatan ini, penentuan *onset* SC dilakukan dengan metode pemfilteran terhadap diferensial data deret waktu untuk menetapkan satu harga batas yang merupakan kriteria *onset* SC. Adapun data yang digunakan adalah data komponen H meridian dari stasiun Biak tahun 2000 dan didukung dengan data komponen H stasiun Okinawa sebagai pembanding keberadaan SC. Dari analisis data diperoleh bahwa *onset* SC (SSC) umumnya terdapat pada titik ketika diferensial data *dicut-off* pada amplitudo > 4 nT/menit, sedangkan *onset* SC (SI) umumnya terdapat pada titik ketika diferensial data *dicut-off* pada amplitudo > 2 nT/menit. Dengan kedua harga *cut-off* di atas maka kriteria *onset* SC (SSC) dan SC (SI) dapat dilakukan secara otomatis.

Kata Kunci : *Cut-off*, *Onset* SC, Badai geomagnet

1 PENDAHULUAN

Sudden Commencement (SC) merupakan gangguan geomagnet yang

disebabkan oleh kenaikan mendadak arus magneto-pause karena kompresi mendadak magnetosfer oleh tekanan

dinamik angin surya yang diperkuat oleh *Interplanetary Magnetic Field* (IMF) yaitu suatu kumpulan medan magnet pada ruang antar planet. SC dibedakan menjadi dua yaitu (1) SSC, yaitu SC yang keberadaannya diikuti dengan kejadian badai geomagnet, dan (2) SI, yaitu SC yang keberadaannya tidak diikuti dengan kejadian badai geomagnet, hanya berupa impuls. Pada makalah ini, notasi SSC merupakan kependekan dari kata *Sudden Storm Commencement* dan notasi SI merupakan kependekan dari kata *Sudden Impulse*. Kedua fenomena yaitu SSC maupun SI dipengaruhi oleh orientasi arah IMF pada saat *interplanetary shock* (Russel, 2006). SSC terjadi bersamaan dengan IMF yang mengarah ke selatan (komponen B_z (-)), sedangkan SI terjadi bersamaan dengan IMF yang mengarah ke utara (komponen B_z (+)). Dalam kegiatan identifikasi kejadian SC secara otomatis menggunakan data deret waktu, maka langkah utama yang harus dilakukan adalah menentukan *onset* SC. Hal ini dikarenakan dengan ditentukannya *onset* SC secara tepat maka identifikasi SC dapat dilakukan dengan benar.

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik SC Geomagnet Lintang Rendah

Seperti telah diketahui bahwa injeksi partikel dan energi ke dalam magnetosfer bumi akan terjadi pada saat *interplanetary shock* melalui mekanisme rekoneksi. Akibatnya, perubahan arus listrik secara mendadak terjadi di seluruh bagian magnetosfer bumi. Fenomena ini dinamakan SC (*Sudden Commencement*). Apabila bersamaan dengan kejadian SC orientasi IMF B_z mengarah ke arah selatan maka badai geomagnet akan terjadi. Hal ini dikarenakan arah selatan IMF B_z merupakan kunci masuknya partikel-partikel dan energi dari angin surya (pertemuan antara B_z selatan dan

garis gaya medan magnet bumi ke utara menimbulkan daerah lubang). Sebaliknya apabila saat kejadian SC, orientasi IMF B_z mengarah ke utara maka badai geomagnet tidak terjadi, hanya berupa impuls saja.

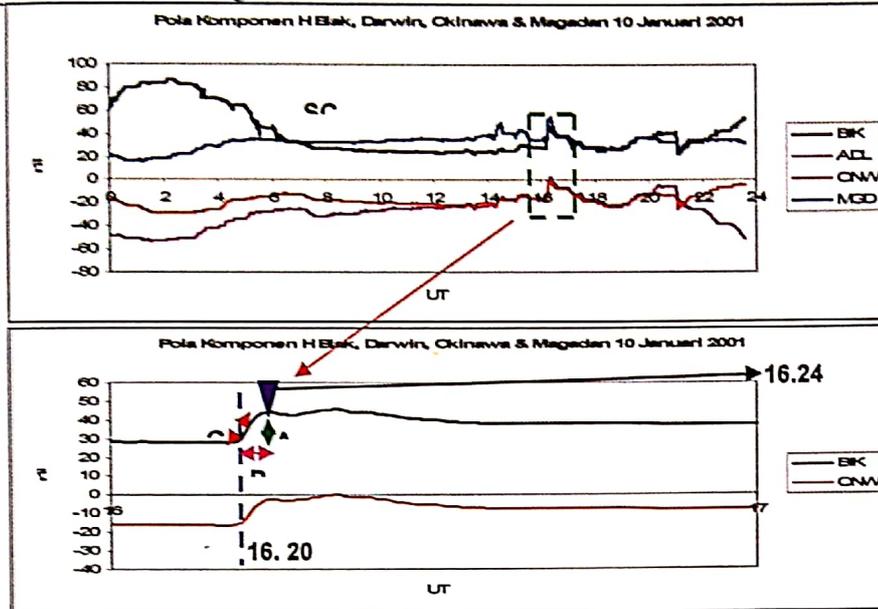
Shinohara dkk., (2005) menyatakan bahwa karakteristik SC komponen H ditentukan dari 3 kriteria meliputi: (1) amplitudo SC, (2) periode SC, dan (3) gradien SC, seperti ditunjukkan pada Gambar 2-1. (Pada Gambar 2-1, A: amplitudo SC adalah titik dengan variasi H mencapai maksimum setelah *onset* SC yang ditentukan dengan $H_{max} - H_{onset}$, G : laju rata-rata variasi H dari *onset* sampai puncak dan P : periode SC adalah waktu yang dibutuhkan variasi H dari *onset* SC sampai H mencapai maksimum yang ditentukan dengan $T_{max} - T_{onset}$).

2.2 Metode Penentuan Onset SC Geomagnet

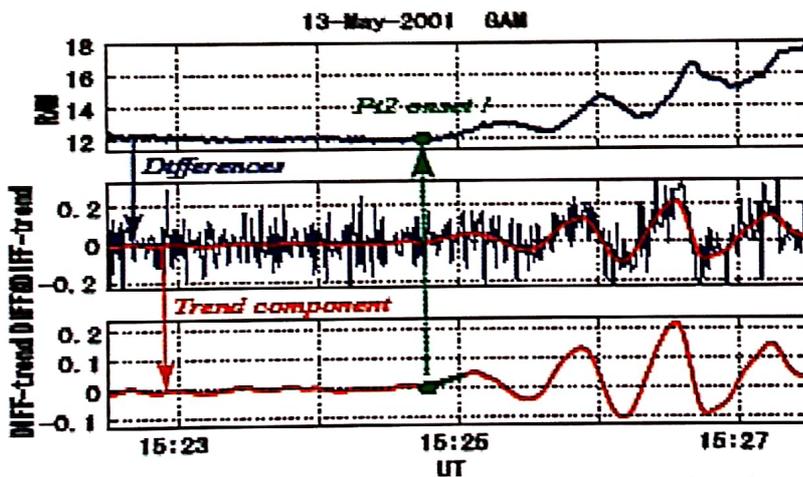
Menurut Fukuyama et al., (2005), *onset* data deret waktu komponen H di lintang rendah atau menengah didefinisikan sebagai $dH/dt > 0$. Berdasarkan persamaan diferensial tersebut, *onset* didefinisikan sebagai titik dengan harga diferensial data yang bersebelahan mulai menunjukkan sebuah nilai keluaran positif naik. Ilustrasinya ditunjukkan pada Gambar 2-2.

Dalam makalahnya, Fukuyama et al., (2005) menggunakan rujukan Statistikal Bayesian untuk mengestimasi *onset* Pi2. Dikatakan bahwa dengan metode ini hasil penentuan *onset* Pi2 lebih akurat dan objektif. Adapun langkah yang dilakukan adalah pertama, mengidentifikasi pulsa Pi2 dengan *bandpass-filter* komponen H dalam periode 40 - 150 detik. Setelah itu mendefresial komponen H pada area yang dicurigai sebagai pulsa Pi2. Selanjutnya menentukan inklinasi optimal (α) dengan menggunakan rujukan Bayesian. Terakhir

menghitung ABIC (Akaike Bayesian Information Criterion). Harga minimum ABIC ini didefinisikan sebagai onset Pi2.



Gambar 2-1: Contoh definisi 3 kriteria SC komponen H Biak tanggal 10 Januari 2001 dan metode penentuan ke-3 kriteria tersebut (tanda segitiga terbalik adalah titik onset)



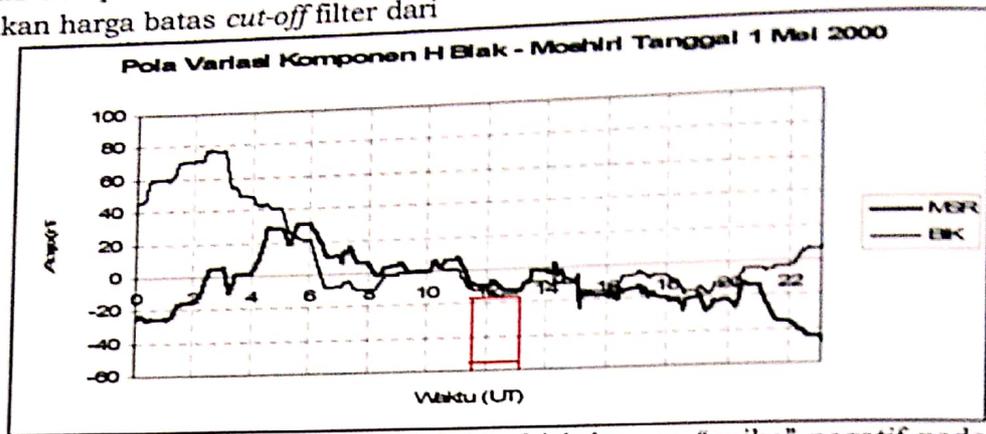
Gambar 2-2: Ilustrasi metode penentuan onset Pi2 menurut definisi Fukuyama et al., (2005)

Dalam makalah ini akan dilakukan penentuan onset SC menggunakan metode yang hampir sama dengan metode yang telah diperkenalkan oleh Fukuyama et al., (2005) namun dengan sedikit perbedaan yaitu kalau pada metode Fukuyama tersebut setelah pendiferensialan data kemudian dilakukan kalibrasi menggunakan kriteria ABIC untuk menentukan onset Pi2 maka dalam kegiatan ini setelah pendiferensialan data kemudian dilakukan penetapan limit cut-off pola diferensialnya yang memenuhi

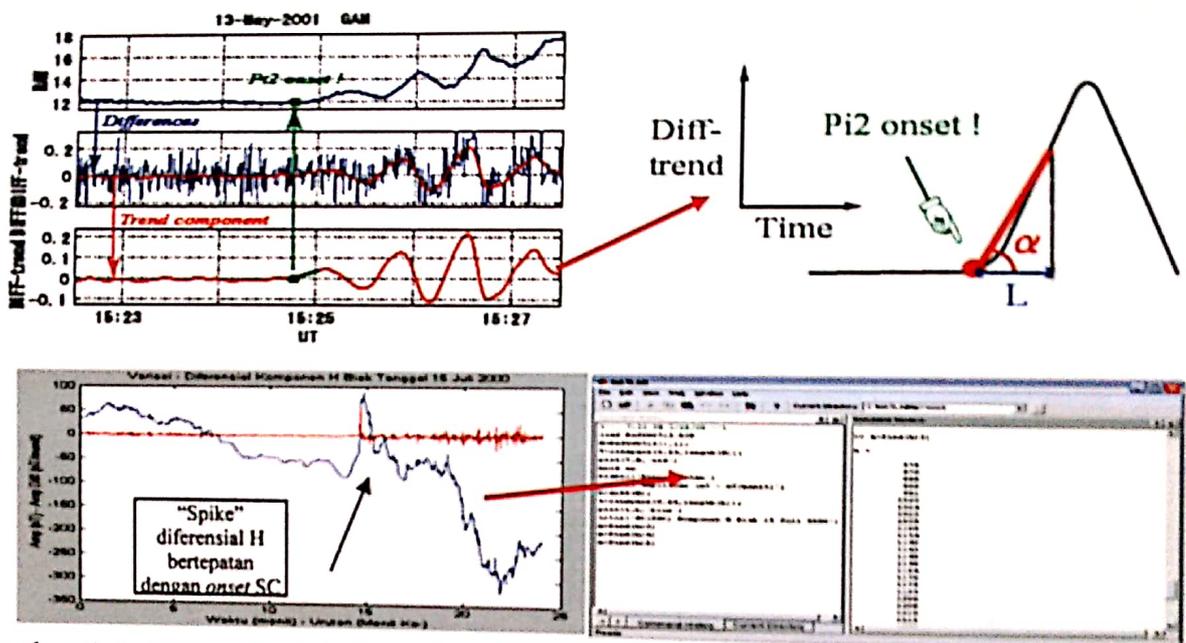
kriteria onset SC. Perbedaan ini dilakukan karena antara pulsa Pi2 dan SC memiliki bentuk pola yang berbeda. Pi2 berbentuk pulsa ireguler sedangkan SC berbentuk pola tersentak (*sudden*). Pada umumnya amplitudo SC berharga positif, namun ada juga yang negatif seperti ditunjukkan pada Gambar 2-3. Dalam metode Saito (1961), onset pulsa Pi2 ditentukan dengan cara mendiferensial pulsa Pi2 dan kemudian mengkalibrasi dengan kriteria ABIC, sedangkan dalam kegiatan ini onset SC ditentukan dengan cara men-

deferensial komponen H dan kemudian menentukan harga batas *cut-off* filter dari

"spike" pola diferensialnya (Gambar 2-4).



Gambar 2-3: Contoh SC komponen H Biak-Moshiri dengan "spike" negatif pada tanggal 1 Mei 2000



Gambar 2-4: Atas : Contoh bentuk pulsa Pi2 (*Pusation irregularity*) dan ilustrasi teknik kalibrasi *onset* menggunakan kriteria ABIC. Bawah, bentuk pulsa SC (*Sudden commencement*) dan ilustrasi teknik penentuan batas "cut-off" harga derensial komponen H

3 DATA DAN METODE PENELITIAN

Data yang digunakan pada kegiatan ini adalah komponen H menitan stasiun Biak dan tabel kejadian SC tahun 2000. Alasan pemilihan tahun 2000 sebagai bahan analisis adalah bahwa tahun 2000 adalah saat puncak aktivitas matahari pada siklus ke-23 dan beberapa kejadian badai besar tunggal terjadi pada tahun ini. Maksud badai besar tunggal adalah badai yang tidak berangakai (berurutan).

Langkah pengolahan datanya sebagai berikut,

- Menentukan kejadian SC yang hendak diolah. Contoh tabel kejadian SC ditunjukkan pada Tabel 3-1,
- Melakukan pengecekan *Onset* SC untuk memastikan kebenaran informasi *onset* SC yang telah diperoleh dari langkah a,
- Selanjutnya, dilakukan penentuan SC menggunakan program Matlab,
- Selanjutnya dilakukan identifikasi penentuan *onset* SC (data deret waktu)

merujuk pada metode definisi Fukuyama et al., (2005).

Tabel 3-1: CONTOH DATA KEJADIAN SC YANG TELAH DIPEROLEH OLEH NGDC, BOULDER-USA

Tahun	Bln	Tgl	Onset	Jumlah Stasiun Pengamat	Probabilitas
2000	07	10	0638	5A 6B 3C	Osi
2000	07	13	0942	4A 4B 7C	Osi
2000	07	14	1532	7A 3B 0C	Osi
2000	07	15	1437	17A 0B 0C	Osi
2000	07	19	1527	7A 10B 2C	Osi

Keterangan Tabel: Notasi A maksudnya kejadian teramati dengan sangat jelas, B maksudnya kejadian teramati relatif jelas dan C maksudnya kejadian teramati walaupun masih meragukan. Sedangkan notasi si maksudnya jumlah stasiun yang mencatat kejadian SI (*sudden impulse*)

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah hasil identifikasi SC komponen H stasiun Biak menggunakan metode filter *cut-off* amplitudo diferensial komponen H. Penetapan batas *cut-off* dilakukan terutama pada titik dimana *spike* diferensial komponen H terjadi di titik *onset* SC. Hasil penetapannya kemudian ditabulasikan, seperti ditunjukkan pada Tabel 4-1 untuk SSC dan Tabel 4-2 untuk SI.

Pada Tabel 4-1, ditunjukkan 9 kejadian badai geomagnet dengan intensitas besar yaitu dengan harga $Dst < -100$ nT yang terjadi sepanjang tahun 2000. Dari analisis terhadap limit *cut-off* harga diferensial data SSC diperoleh informasi bahwa limit *cut-off* > 4 nT/menit terkait dengan kejadian badai geomagnet dengan intensitas $Dst < -200$ nT. Ini berarti untuk diferensial data yang ter-*cut-off* pada harga > 4 nT/menit dapat dipastikan bahwa kemungkinan badai yang akan terjadi berada pada intensitas $Dst < -200$ nT. Akan tetapi untuk kasus kejadian badai geomagnet yang seharusnya ter-*cut-off* pada harga > 4 nT/menit maka titik *onset* yang diharapkan akan menjadi

kabur (banyak sekali kategori *onset* yang terdeteksi). Sedangkan untuk kejadian badai geomagnet badai dengan intensitas -100 nT $< Dst < -200$ nT, limit *cut-off* diferensial datanya berkisar antara 2 - 3 nT/menit. Hal ini perlu diperhatikan karena sebagian besar harga limit *cut-off* untuk diferensial data SI berada di sekitar 2-3 nT/menit. Fenomena ini dapat dimengerti karena pembatasan untuk kategori SI dan SSC adalah harga $Dst = -100$ nT. Dalam realitanya tidak jarang ditemui peristiwa SC SI terjadi dengan komponen H terdepresi minimum (H_{min}) berada di sekitar harga -100 nT, misalnya $H_{min} = -92$ nT. Realita lainnya adalah ada beberapa kejadian SSC dengan amplitudo SC kecil sehingga limit *cut-off* diferensial datanya juga kecil yaitu 2 nT/menit walaupun harga H_{min} -nya berada pada harga $H_{min} = -150$ nT. Bentuk SSC seperti ini diduga sebagai bentuk badai dengan tipe GS (*Gradually storm*). Oleh karena itu diperlukan studi lanjutan untuk melakukan penetapan secara tegas antara tipe badai SSC dan GS. Hal ini supaya kasus di atas tidak ditemukan lagi.

Tabel 4-1: DAFTAR BATAS HARGA CUT-OFF DIFERENSIAL KOMPONEN H STASIUN BIAK UNTUK MENENTUKAN ONSET SSC

SSC

No.	Tanggal	Onset	Cut-off	Dst (nT)
1	14 - 02 - 2000	07.31 UT	H > 2	-67
2	08 - 06 - 2000	09.10 UT	H > 3	-90
3	13 - 07 - 2000	09.42 UT	H > 3	-43
4	15 - 07 - 2000	14.37 UT	H > 5	-301
5	11 - 08 - 2000	02.01 UT	H > 2.5	-106
6	03 - 10 - 2000	00.54 UT	H > 4	-79
7	05 - 10 - 2000	03.26 UT	H > 3	-182
8	06 - 11 - 2000	09.47 UT	H > 2	-152
	10 - 11 - 2000	06.28 UT	H > 4	-96

Tabel 4-2: DAFTAR BATAS HARGA CUT-OFF DIFERENSIAL KOMPONEN H STASIUN BIAK UNTUK MENENTUKAN ONSET SI

SI

No.	Tanggal	Onset	Cut-off	Dst	No.	Tanggal	Onset	Cut-off	Dst
1.	11-01-2000	14.28 UT	H > 2	-81	15.	23 - 07 - 2000	10.41 UT	H > 1.5	-68
2.	27-01-2000	14.53 UT	H > 3	-24	16.	26 - 07 - 2000	18.57 UT	H > 2	-44
3.	05-02-2000	15.44 UT	H > 1	-34	17.	28 - 07 - 2000	06.34 UT	H > 3	-51
4.	11-02-2000	02.58 UT	H > 2	-36	18.	10 - 08 - 2000	05.01 UT	H > 2	-65
5.	11-02-2000	23.52 UT	H > 2	-36	19.	11 - 08 - 2000	18.46 UT	H > 2.5	-51
6.	01-05-2000	15.09 UT	H < -2	-32	20.	04 - 09 - 2000	18.33 UT	H > 2	-36
7.	04-06-2000	15.01 UT	H > 2	-33	21.	06 - 09 - 2000	17.01 UT	H > 2	-10
8.	11-06-2000	08.01 UT	H > 2	-36	22.	15 - 09 - 2000	04.50 UT	H > 2	-21
9.	12-06-2000	02.44 UT	H > 1	-33	23.	15 - 09 - 2000	19.12 UT	H > 2	-21
10.	12-06-2000	22.08 UT	H > 2	-33	24.	12 - 10 - 2000	22.27 UT	H > 2	-21
11.	23-06-2000	13.02 UT	H > 3	-25	25.	28 - 10 - 2000	09.54 UT	H > 2	-19
12.	10-07- 2000	06.38 UT	H > 2	-19	26.	31 - 10 - 2000	17.14 UT	H > 2	-26
13.	14-07- 2000	15.32 UT	H > 3	-28	27.	04 - 11 - 2000	02.21 UT	H > 2	-50
14.	19-07- 2000	15.26 UT	H > 2	-36					

5 KESIMPULAN

Dalam studi ini, telah didapatkan harga limit cut-off diferensial data untuk penentuan onset yaitu untuk SSC terutama yang berintensitas $H_{min} < -200$ nT dengan harga cut-off > 4nT/menit dan untuk SI dengan harga cut-off > 2nT/menit. Sedangkan untuk SSC yang berintensitas > -200nT penetapan harga limit cut-off-nya harus dilakukan lebih hati-hati karena berada di sekitar limit cut-off SI.

DAFTAR RUJUKAN

Fukuyama Keiko, Tomoyuki Highuci,
Teiji Uozumi, Hideaki Kawano,
Kiyohumi Yumoto, 2005.

Determination of Onset Times of Low Latitude Pi2 Magnetic Pulsations.
Russell, C. T., 2006. *The Solar Wind Interaction with the Earth's Magnetosphere: Tutorial*, Department of Earth and space sciences and Institute of Geophysics and Space Physics of University of California, Los Angeles.
Shinohara M., Kikuchi T., and Nozaki K., 2005. *Automatic Realtime Detection of Sudden Commencement of Geomagnetic Storms*, Journals of the National Institute of Information and Communications Technology, Vol. 52 Nos. 3/4.