

Studi tentang Karakteristik SC Geomagnet sebagai upaya awal mengembangkan Sistem Deteksi Otomatis Badai Geomagnet

Anwar Santoso

Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa, LAPAN Bandung

Email : war92_2000@yahoo.com

Abstrak

SC (*sudden commencement*) dicirikan oleh kenaikan mendadak intensitas medan magnet. SC dalam makalah ini dibedakan menjadi 2 tipe berdasarkan orientasi arah IMF Bz dengan notasi SC(SI) dan SC(SSC). Tipe SI (*sudden impulse*) adalah SC yang tidak disertai badai geomagnet dan umumnya berkaitan dengan arah utara IMF, sedangkan tipe SSC (*storm sudden commencement*) adalah SC yang disertai badai geomagnet dan umumnya berkaitan dengan arah selatan IMF. Untuk mengetahui karakteristik masing-masing SC (baik SI maupun SSC) maka dalam kegiatan ini akan dilakukan identifikasi ke-3 kriteria SC baik tipe SC(SI) maupun tipe SC(SSC) yaitu amplitudo, perioda dan gradiennya menggunakan data komponen H stasiun Biak tahun 1994-1998. Setelah diidentifikasi kemudian dilakukan analisis menggunakan metode analisis statistik yaitu analisis distribusi data. Hasil analisis diperoleh bahwa SC yang tidak berkaitan dengan badai geomagnet (SC(SI)) memiliki ciri-ciri umum amplitudonya terdistribusi $> 8\text{nT}$, periodanya terdistribusi < 4 menit dan gradiennya terdistribusi $> 2.2\text{nT/menit}$. Sedangkan untuk SC yang berkaitan dengan kejadian badai geomagnet (SC(SSC)) memiliki ciri-ciri umum amplitudonya terdistribusi $> 10\text{nT}$, periodanya terdistribusi < 4 menit dan gradiennya terdistribusi $> 2.7\text{nT/menit}$. Hasil di atas merupakan hasil awal untuk selanjutnya dapat digunakan dalam deteksi SC terutama yang terkait dengan badai geomagnet (SC(SSC)) dan berikutnya mengembangkan sistem deteksi otomatis badai geomagnet.

Kata kunci: SC (*Sudden Commencement*), deteksi otomatis SC geomagnet.

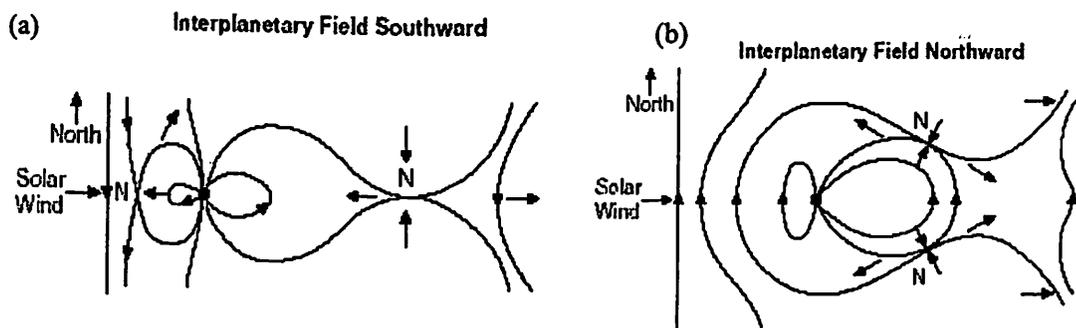
Abstract

SC (*Sudden commencement*) characterized by sudden enhance magnetic field intensity. In this paper, SC divided be 2 type based on Bz IMF orientation-ward there are noticed by SC(SI) and SC(SSC). SI (*Sudden Impulse*) type is SC that not accompanied by geomagnetic storm and commonly related to northward IMF, while SSC (*Storm Sudden Commencement*) type is SC that accompanied by geomagnetic storm and commonly related to southward IMF. To understanding characteristic each SC (both SI and SSC) then in this paper will do identify three criteria of SC that are amplitude, period and gradient by using H component data from Biak station in 1994-1998. After identified then done analysis by using statistical method that is distribution analysis. The result analysis obtained that SC of geomagnetic is characterized by amplitude distributed over 8 nT , period distributed under 4 minutes and gradient distributed over 2.2 nT/minutes . In detail, SC(SI) of geomagnetic is characterized by amplitude distributed over 8 nT , period distributed under 4 minutes and gradient distributed over 2.2 nT/minutes . While SC(SSC) of geomagnetic is characterized by amplitude distributed over 10 nT , period distributed under 4 minutes and gradient distributed over 2.7 nT/minutes . From this result, we can be use such as detection of geomagnetic storm by looking of the SC(SI) or SC(SSC) characteristic and developing to automatically detection of geomagnetic storm.

Key words: SC (*Sudden Commencement*), automatic detection, SC geomagnet

1. PENDAHULUAN

SC (*sudden commencement*) merupakan gangguan geomagnet yang disebabkan oleh kenaikan arus magnetopaus sebagai akibat dari kompresi mendadak magnetosfer oleh tekanan dinamik angin surya dan diperkuat oleh IMF (*interplanetary magnetic field*). SC dicirikan dengan kenaikan mendadak dan sesaat intensitas medan geomagnet sebelum fase utama badai geomagnet. Untuk memudahkan pembahasan, maka pada makalah ini SC dibedakan menjadi 2 tipe yaitu SC dengan notasi SC(SI) dan SC(SSC). SC(SI) umumnya terjadi bersamaan dengan arah utara IMF (IMF Bz+) dan dicirikan dengan kenaikan mendadak dan cepat intensitas medan geomagnet yang tidak diikuti dengan peristiwa badai geomagnet. Sedangkan SC(SSC) umumnya terjadi bersamaan dengan arah selatan IMF (IMF Bz-) dan dicirikan dengan kenaikan mendadak dan cepat intensitas medan geomagnet yang diikuti dengan peristiwa badai geomagnet. Ilustrasi sederhana tentang mekanisme pembentukan tipe SC berdasarkan orientasi arah IMF ditunjukkan pada Gambar 1-1 (Russell, 2006).



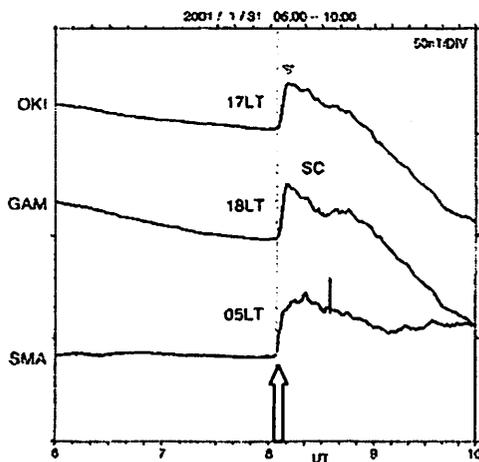
Gambar 1-1. Ilustrasi arah datang IMF dan angin surya pada saat "interplanetary shock" (a) arah selatan terjadi rekoneksi yang efektif dan (b) arah utara rekoneksi tidak terlihat jelas terjadi (Russell, 2006).

Badai geomagnet merupakan salah satu kejadian utama dari gangguan cuaca antariksa. Dua peristiwa di permukaan matahari yang dipercaya sebagai pembangkit gangguan di bumi adalah CME (*coronal mass ejection*) dan *coronal hole* (Nagatsuma, 2002). Ketika CME terjadi di permukaan matahari, partikel berenergi terlontarkan bersamaan dengan angin surya dalam kecepatan tinggi menuju bumi dan akan sampai dalam waktu satu atau dua hari. Sebagai akibatnya akan terjadi peristiwa "interplanetary shock".

Pada saat *interplanetary shock* terjadi injeksi partikel dan energi ke dalam magnetosfer bumi melalui mekanisme rekoneksi dan semakin intens bersamaan dengan IMF arah selatan (IMFBz-). Selanjutnya, terjadi perubahan arus listrik di seluruh bagian magnetosfer bumi yang diawali dengan kenaikan mendadak (SC) dan diikuti dengan penurunan intensitas medan geomagnet (badai geomagnet). Kejadian ini dinamakan SC(SSC). Sebaliknya, pada saat *interplanetary shock* orientasi IMF mengarah ke utara (IMF Bz+). Maka, akibatnya rekoneksi tidak akan terjadi (kurang efektif) walaupun kenaikan mendadak (SC) tetap masih terjadi. Oleh karena itu badai geomagnet juga tidak akan terjadi. Kejadian badai geomagnet diawali dengan kemunculan SC atau dengan kata lain kemunculan SC diikuti dengan kejadian badai geomagnet dan dikenal sebagai SSC (*Storm Sudden Commencement*). Sedangkan pada peristiwa kemunculan SC yang tidak diikuti dengan kejadian badai geomagnet dikenal dengan SI (*Sudden Impulse*).

Berdasarkan kejadian SSC dan SI, maka pada tahun 2003 Shinohara dkk. (2005) mencoba membangun sistem deteksi badai geomagnet melalui kelompok space weather dari *National Institute of Information and Communication Technology* (NICT). Dalam kegiatan tersebut mereka membangun jaringan magnetometer yang mampu mendapatkan data secara

near-real-time (interval 12 menit) dan mengembangkan sistem jaringan dengan software yang aplikatif dan otomatis dalam mendeteksi SC(SSC/SI). Sebelum mengembangkan sistem tersebut, mereka terlebih dahulu melakukan karakterisasi SC(SSC/SI), terutama SC(SSC) yang terkait dengan respon badai geomagnet dengan menggunakan data komponen H yang berasal dari stasiun Okinawa, Guam, Yap, Sao Luiz dan Santa Maria hasil pengamatan bulan Januari 2000 sampai dengan Oktober 2003 yang diolah menggunakan analisis statistik. Dari hasil penelitian tersebut mereka menemukan fakta bahwa badai geomagnet dengan $Dst < -100$ nT umumnya berkaitan dengan SSC dengan ciri-ciri mempunyai amplitudo di atas 7 nT, periode kenaikan di bawah 10 menit dan laju pertumbuhan maksimum di atas 2.5 nT/menit. Salah satu contoh data komponen H pada saat terjadi badai geomagnet untuk kejadian badai tanggal 31 Januari 2003 ditunjukkan pada Gambar 1-2.



Gambar 1-2. Contoh kejadian badai geomagnet yang terjadi pada tanggal 31 Januari 2003 dengan SC yang teramati dalam selang waktu pukul 06 – 10 UT (Shinohara dkk., 2005)

Tanda panah ke atas adalah titik *onset* SC(SSC/SI) dan tanda segitiga terbalik adalah puncak SC(SSC/SI). Selisih medan geomagnet dari titik onset ke titik puncak dinamakan amplitudo SC(SSC/SI). Waktu yang dibutuhkan dari onset sampai puncak dinamakan periode SC(SSC/SI) dan laju dari onset sampai ke puncak dinamakan gradien SC(SSC/SI)).

2. DATA DAN METODOLOGI

Data yang digunakan dalam kegiatan ini meliputi (1) kejadian SC yang diperoleh dari ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/SUDDEN_COMMENCEMENT/STORM2.SS/, (2) indeks Dst sebagai indikasi kejadian badai geomagnet, (3) tekanan dinamik angin surya untuk membantu menentukan onset SC, dan (4) komponen H stasiun Biak, juga dilengkapi dengan komponen H stasiun Okinawa sebagai bahan perbandingan. Keseluruhan data merupakan hasil pengamatan dari tahun 1994-1998. Pertimbangannya adalah karena pada tahun-tahun tersebut aktivitas matahari minimum sehingga diharapkan karakteristik SC yang diteliti dapat mewakili semua kondisi aktivitas matahari. Adapun langkah-langkah yang dilakukan untuk mencapai tujuan meliputi :

- (1) Studi literatur tentang karakteristik SC, terutama yang terkait dengan badai geomagnet.
- (2) Mengumpulkan data kejadian SC (SSC / SI) melalui alamat ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/SUDDEN_COMMENCEMENT/STORM2.SS/. Hal ini dilakukan untuk memfokuskan kegiatan terutama saat badai geomagnet sepanjang tahun 1994-1998. Selain

informasi kejadian badai, dalam website tersebut juga diberikan informasi pemicu (aktivitas matahari) yang menyebabkan fenomena ini. Contoh daftar kejadian SC ditunjukkan pada Tabel 2-1.

Tabel 2.1. Contoh format data kejadian SC yang diperoleh dari internet.

Tahun	Bln	Tgl	Onset	Kelas SC			
1996	06	19	0245	2A	0B	0C	0si
1996	07	01	1320	0A	3B	2C	0si

- (3) Selain mengumpulkan data kejadian SC juga dilakukan pengumpulan data kejadian badai geomagnet berdasarkan data indeks Dst hasil pengamatan tahun 1994-1998. Selanjutnya melakukan pengelompokan apakah data kejadian SC pada Tabel 2-1 yang diikuti oleh badai geomagnet (SC(SSC)) atau tidak SC(SI). Dalam kegiatan ini dibutuhkan data indeks Dst (indeks indikasi badai geomagnet).
- (4) Melakukan identifikasi SC menggunakan data komponen H stasiun Biak (dilengkapi data komponen H stasiun Okinawa) berdasarkan waktu kejadian SC dari langkah (2) dan waktu kejadian badai geomagnet dari langkah (3). Selanjutnya melakukan penentuan karakteristik SC meliputi : (a) amplitudo SC, (b) perioda SC, dan (c) gradien SC-nya. Hasilnya ditabulasikan seperti pada Tabel 2-2.

Tabel 2-2. Contoh tabel untuk Tabulasi Hasil identifikasi SSC badai geomagnet sepanjang tahun 1994-1998.

	Kejadian SSC	Amp(SSC)	Period(SSC)	Grad(SSC)	Depr(H)	Time	
1							
2							
3	1994	21-Feb	8.1	2	4.05	-209.8	14.55
4	1998	3-May	14.9	5	2.98	-275.5	5.33

- (5) Analisis data menggunakan analisis statistik – distribusi pola data pengamatan.

3. HASIL DAN ANALISA

Hasil pengolahan data komponen H stasiun Biak sepanjang tahun 1994-1998 ditampilkan seperti pada Tabel 3-1 dan Tabel 3-2. Selanjutnya berdasarkan Tabel 3-3 dan Tabel 3-4 dibuat grafik pola distribusi ke-3 kriteria SC(SI) dan SC(SSC) tahun 1994-1998. Hasilnya ditunjukkan pada Gambar 3-1.

Dari Gambar 3-1 diperoleh fakta bahwa umumnya amplitudo SC(SSC) terdistribusi > 10nT, perioda SC(SSC) terdistribusi < 4 menit dan gradien SC(SSC) terdistribusi > 2.7nT/menit. Sedangkan untuk data SC(SI) diperoleh fakta bahwa umumnya amplitudo SC(SI) terdistribusi > 8nT, perioda SC(SI) terdistribusi < 4 menit dan gradien SC(SI) terdistribusi > 2.2nT/menit.

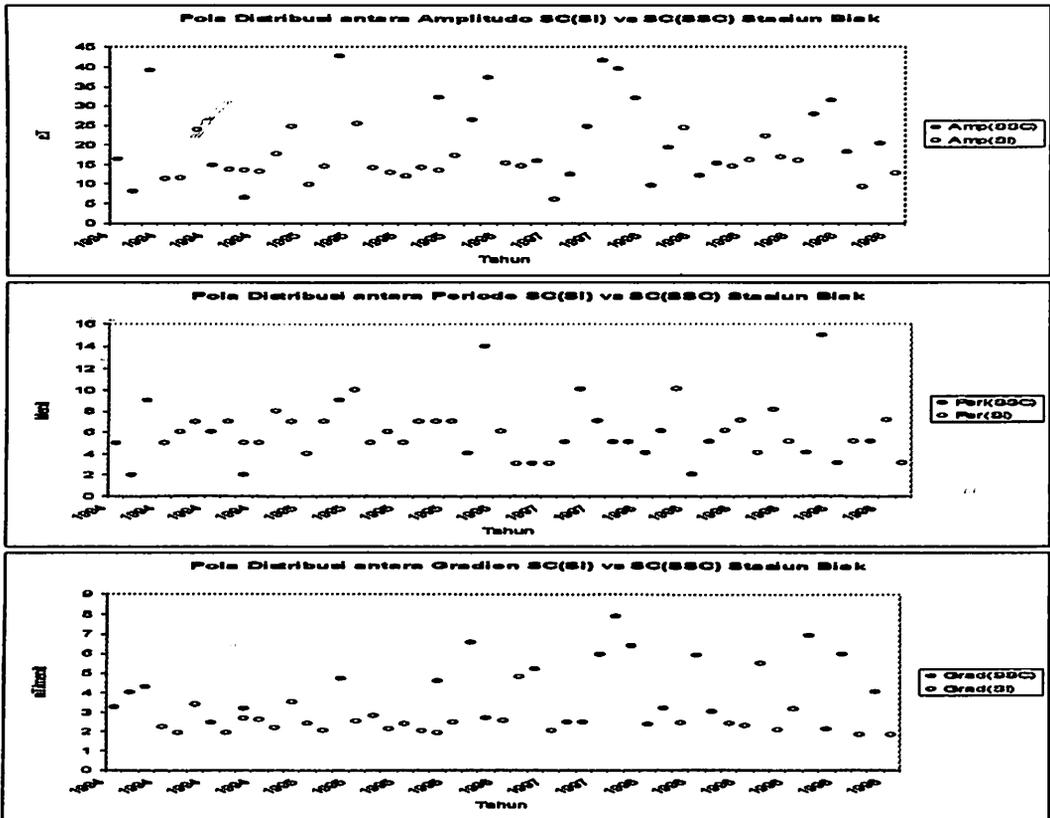
Jika hasil ini dibandingkan dengan hasil penelitian Shinohara dkk., (2005) maka terdapat perbedaan pada nilai ke-3 kriteria SC(SSC/SI) di antara kedua stasiun. Fakta ini diduga karena adanya perbedaan respon medan geomagnet di masing-masing stasiun akibat perbedaan posisi lintang.

Tabel 3-1. Tabulasi hasil pengolahan data 3 kriteria SC(SI) meliputi (i) amplitudo SC(SI), (ii) perioda SC(SI) dan (iii) gradien SC(SI) sepanjang tahun 1994-1998.

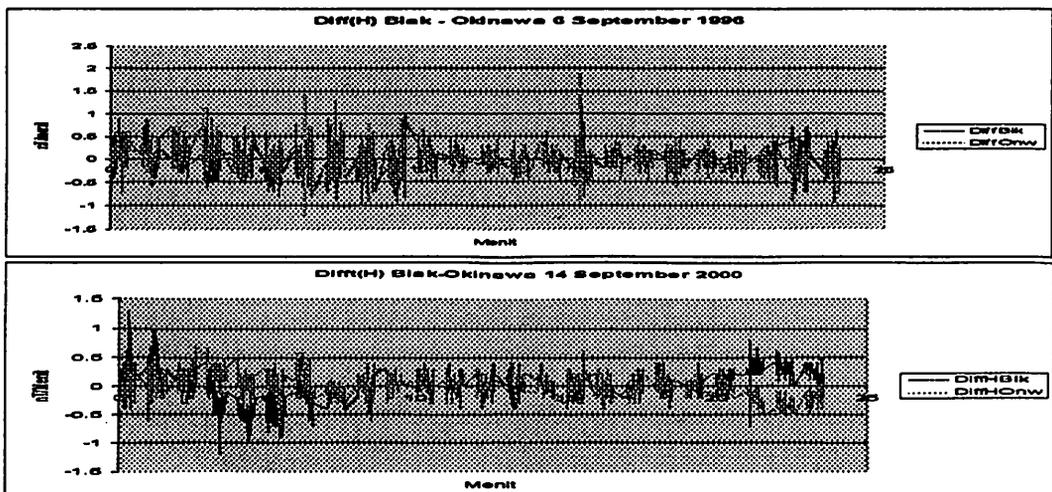
Kejadian SI			Ampl	Per	Grad	Kejadian SI			Ampl	Per	Grad
1	1994	2-Apr	11.3	5	2.26	16	1995	18-Oct	13.3	7	1.9
2	1994	24-Aug	11.6	6	1.933	17	1995	15-Dec	17.1	7	2.44
3	1994	29-Oct	24	7	3.428	18	1996	2-Dec	15.1	6	2.52
4	1994	9-Nov	13.7	7	1.96	19	1997	9-Jan	14.4	3	4.8
5	1994	6-Dec	13.5	5	2.7	20	1997	26-May	6	3	2
6	1994	23-Dec	13.1	5	2.62	21	1998	30-Apr	24.2	10	2.42
7	1995	4-Mar	17.6	8	2.2	22	1998	8-May	14.3	6	2.38
8	1995	4-Mar	24.7	7	3.53	23	1998	15-May	15.9	7	2.27
9	1995	23-Mar	9.7	4	2.425	24	1998	29-May	21.9	4	5.475
10	1995	13-May	14.4	7	2.06	25	1998	10-Jun	16.5	8	2.06
11	1995	24-Jul	25.3	10	2.53	26	1998	25-Jun	15.6	5	3.12
12	1995	24-Jul	14	5	2.8	27	1998	6-Oct	9	5	1.8
13	1995	17-Aug	12.8	6	2.13	28	1998	23-Oct	12.5	7	1.79
14	1995	22-Aug	11.8	5	2.36	29	1998	28-Dec	14.2	3	4.73
15	1995	5-Sep	14	7	2						

Tabel 3-2. Tabulasi 3 kriteria SC(SSC).

Kejadian SSC			Amplitudo	Perioda	Gradien	Depresi(H)	Time
1	1994	6-Feb	16.4	5	3.28	-156.1	16.25
2	1994	21-Feb	8.1	2	4.05	-209.8	14.55
3	1994	3-Mar	39	9	4.333333	-143.4	9.11
4	1994	30-Oct	14.8	6	2.466667	-131.5	9.41
5	1994	6-Dec	6.4	2	3.2	-64.9	7.16
6	1995	16-May	42.6	9	4.733333	-149.4	14.27
7	1995	18-Oct	32.1	7	4.585714	-117.4	22.59
8	1995	24-Dec	26.2	4	6.55	-90.9	12.42
9	1996	13-Jan	37.2	14	2.657143	-118.5	11.1
10	1997	15-May	15.6	3	5.2	-175.6	10.47
11	1997	10-Oct	12.2	5	2.44	-84.7	4.44
12	1997	24-Oct	24.5	10	2.45	-70.1	11.37
13	1997	6-Nov	41.6	7	5.942857	-67.3	5.35
14	1997	22-Nov	39.5	5	7.9	-105.4	12.56
15	1997	10-Dec	31.8	5	6.36	-51.7	12.24
16	1998	10-Mar	9.4	4	2.35	-62.9	22.38
17	1998	23-Apr	19	6	3.166667	-83.4	7.53
18	1998	1-May	11.8	2	5.9	-99	13.39
19	1998	3-May	14.9	5	2.98	-275.5	5.33
20	1998	26-Aug	27.6	4	6.9	-50	11.05
21	1998	27-Aug	31.2	15	2.08	-207.9	8.25
22	1998	25-Sep	17.8	3	5.933333	-257.2	6.45
23	1998	19-Oct	20	5	4	-126.9	12.18



Gambar 3-1. Pola Distribusi ke-3 kriteria SC (SSC/SI) komponen H stasiun Biak antara SC(SSC) vs SC(SI) sepanjang tahun 1994-1998.



Gambar 3-2. Contoh gradien komponen H (diferensial komponen H dalam nT/menit) rata-rata pada saat tidak ada SC (tenang)

Sebagai bahan pendukung analisis juga dilakukan pengolahan data berupa diferensiasi (nT/menit) terhadap medan geomagnet komponen H stasiun Biak pada saat kondisi normal

(tenang) yaitu suatu kondisi data tanpa kejadian SC. Contoh hasil diferensiasinya ditunjukkan pada Gambar 3-2.

Dari gambar ini diperoleh gambaran bahwa rata-rata gradien komponen H dalam kondisi tenang adalah < 1.5 nT/menit. Dengan kata lain apabila terjadi pola data komponen H stasiun Biak dengan gradien > 1.5 nT/menit maka diduga kemungkinan besar telah terjadi SC. Apalagi bila gradiennya di atas nilai gradien SC(SI) > 2.2 nT/menit dan nilai gradien SC(SSC) > 2.7 nT/menit. Jika gradien SC komponen H stasiun Biak melebihi nilai SC(SSC) > 2.7 maka dapat diduga kuat akan disertai dengan kejadian badai geomagnet. Dengan diperolehnya nilai 3 kriteria SC baik SSC maupun SI, diharapkan dapat diaplikasikan untuk mendeteksi secara dini adanya kejadian badai geomagnet.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dalam kegiatan ini adalah bahwa SC yang berkaitan dengan kejadian badai geomagnet (SC(SSC)) memiliki ciri-ciri umum : (i) amplitudonya terdistribusi > 10 nT, (ii) periodanya terdistribusi < 4 menit, dan (iii) gradiennya terdistribusi > 2.7 nT/menit. Sedangkan untuk SC yang tidak berkait dengan badai geomagnet (SC(SI)) memiliki ciri-ciri umum : (i) amplitudonya terdistribusi > 8 nT, (ii) periodanya terdistribusi < 4 menit, dan (iii) gradiennya terdistribusi > 2.2 nT/menit. Hal ini merupakan hasil awal yang selanjutnya dapat digunakan dalam mendeteksi SC, terutama yang terkait dengan badai geomagnet (SC(SSC)), dan berikutnya mengembangkan sistem deteksi otomatis badai geomagnet.

DAFTAR RUJUKAN

- C. T. Russell (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.
- Nagatsuma T., (2002), 3-5 Geomagnetic storms, Journal of the Communications Research Laboratory, Vol. 49 No.3, pp. 139-154.
- 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, pp. 197-205.