

KARAKTERISTIK *SUDDEN COMMENCEMENT* DAN *SUDDEN IMPULSE* DI SPD BIAK PERIODE 1992-2001

Anwar Santoso, Habirun, Sity Rachyany, Harry Bangkit
Peneliti Bidang Aplikasi Geomagnet dan Magnet Antariksa, LAPAN
Email : anwar@bdg.lapan.go.id

ABSTRACT

Sudden increase of earth's magnetic field can be distinguished into 2 types, which are sudden commencement (SC) and sudden impulse (SI). SC is referred to the increase of magnetic field with geomagnetic storm and in general related to southward Interplanetary Magnetic Field (MF), while SI is referred to the sudden increase of magnetic field where geomagnetic storm do not occur and in general related to northward IMF. Characteristic of SC and SI are identified on the basis of statistical analysis of amplitude, period and gradient of geomagnetic horizontal (H) component from Biak station in 1992 - 2001. The result shown that the characteristic of SC(H) have a criteria as the amplitude is greater than 10 nT, the period is less than 10 minute and the gradient is greater than 2.48 nT/minutes. While the characteristic of SI(H) have a criteria as the amplitude is greater than 6.1 nT, the period is less than 10 minute and the gradient is greater than 1.63 nT/minutes. Correlation between the three SC(H) parameters with Hmin and duration of Hmin were calculated and the result shown that both the amplitude and period of SC(H) are the good indicator which can be used to predict the intensity and duration of geomagnetic storm.

ABSTRAK

Kenaikan mendadak intensitas medan geomagnet dapat dibedakan menjadi 2 tipe yaitu tipe *Sudden Comencement* (SC) dan tipe *Sudden Impulse* (SI). Tipe SC berupa kenaikan mendadak intensitas medan geomagnet yang diikuti kejadian badai geomagnet dan umumnya berkaitan dengan arah selatan medan magnet antar planet (*Interplanetary Magnetic Field*/IMF), sedangkan tipe SI berupa kenaikan mendadak medan geomagnet yang tidak diikuti kejadian badai geomagnet dan umumnya berkaitan dengan arah utara IMF. Untuk mengetahui karakteristik SC dan SI, dilakukan identifikasi dan analisis statistik terhadap ketiga parameter SC dan SI, yaitu amplitudo, periode dan gradien dari data komponen horizontal (H) geomagnet di Stasiun Pengamat Dirgantara (SPD) Biak tahun 1992-2001. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa karakteristik SC(H) mempunyai kriteria seperti amplitudonya yang lebih besar dari 10 nT, periodenya kurang dari 10 menit dan gradiennya lebih besar dari 2.48 nT/menit. Sedangkan karakteristik

SI(H) mempunyai kriteria seperti amplitudonya lebih besar dari 6.1 nT, periodenya kurang dari 10 menit dan gradiennya lebih besar dari 1.63 nT/menit. Selanjutnya dihitung korelasi antara ketiga parameter SC(H) terhadap H minimum (Hmin) dan durasi Hmin. Hasil korelasi tersebut menunjukkan bahwa amplitudo SC(H) dan periode SC(H) merupakan indikator yang baik yang dapat digunakan untuk memprediksi intensitas dan durasi badai geomagnet.

Kata Kunci : SC, SI, Badai geomagnet

1 PENDAHULUAN

Badai geomagnet adalah fenomena cuaca antariksa sebagai dampak dari hubungan matahari-bumi yang umumnya ditandai oleh terjadinya *Sudden Commencement* (SC) yaitu peningkatan intensitas geomagnet secara mendadak karena terjadinya kompresi pada magnetosfer oleh tekanan dinamik angin surya yang diperkuat oleh medan magnet antar planet (*Interplanetary Magnetic Field/IMF*) dan yang dikenal sebagai *interplanetary shock*.

Pada saat angin surya dan IMF arahnya ke selatan, akan terjadi injeksi partikel dan energi melalui mekanisme rekoneksi yang menyebabkan perubahan medan geomagnet yang dikenal sebagai badai geomagnet. Sebaliknya, pada saat angin surya dan IMF arahnya ke utara, rekoneksi tidak akan terjadi sehingga badai geomagnet juga tidak akan terjadi. Pada saat peristiwa badai geomagnet, medan magnet di permukaan bumi mengalami depresi secara global dengan tingkat depresi yang ditimbulkan berbeda-beda bergantung pada posisi lintang suatu tempat dan mempunyai kecenderungan semakin besar apabila posisi lintang semakin tinggi.

Kenaikan mendadak dan sesaat medan geomagnet dibedakan menjadi 2 tipe yaitu SC dan SI. SC umumnya terjadi bersamaan dengan arah selatan IMF dan ditandai oleh kenaikan mendadak dan cepat intensitas medan geomagnet yang diikuti dengan kemunculan badai geomagnet. Sedangkan SI umumnya terjadi bersamaan dengan arah utara IMF dan ditandai oleh kenaikan mendadak dan cepat medan magnet yang tidak diikuti kemunculan badai geomagnet. Karena umumnya kenaikan mendadak intensitas medan geomagnet diawali oleh kemunculan SC atau SI, maka karakteristik SC dan SI sangat penting untuk dipahami sebagai tahap awal dalam rangka pengembangan sistem peringatan dini badai geomagnet.

2 DATA DAN METODOLOGI

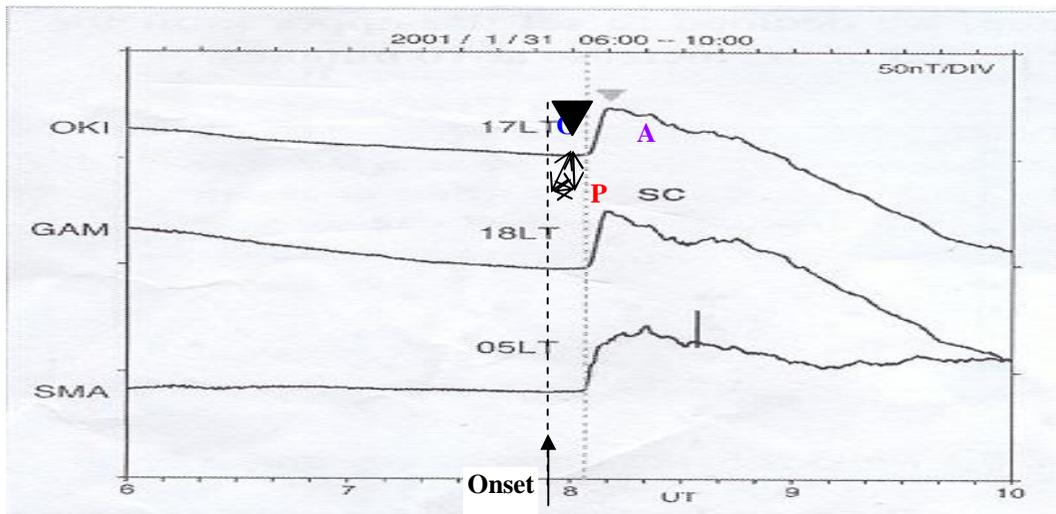
Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

- data komponen H stasiun Biak (207.30° BT; 12.18°LS) dan data komponen H stasiun Okinawa, stasiun Moshiri atau stasiun lain (misalnya data dari stasiun Magadan, Canberra dan Adelaide) yang terletak di sekitar bujur

magnetik 210° BT yang digunakan sebagai bahan pembanding. Keseluruhan data yang digunakan adalah hasil pengamatan dari tahun 1992-2001,

- data kejadian SC/SI yang diperoleh dari [ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/ STP/ SOLAR DATA/ SUDDEN COMMENCEMENT/STORM2.SS/](ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/SUDDEN_COMMENCEMENT/STORM2.SS/),
- indeks Dst sebagai indikasi kejadian badai geomagnet diperoleh dari website <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/omniweb/>,
- tekanan dinamik angin surya untuk menentukan onset SC diperoleh dari <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/omniweb/>.

Identifikasi SC dan SI dari tahun 1992 - 2001 dilakukan dengan menggunakan data kejadian SC, SI dan data indeks Dst. Untuk mengidentifikasi kejadian SC dan SI dilakukan dengan cara yang sama seperti yang dilakukan oleh Russel (2006). Dalam mengidentifikasi kejadian SC dan SI, kadang-kadang sulit dilakukan karena data indeks Dst pada waktu yang bersamaan tidak ada. Selanjutnya, penentuan kriteria SC dan SI dilakukan dengan cara yang sama seperti yang dilakukan oleh Shinohara dkk. (2005) yang ditunjukkan pada Gambar 2-1, dimana tanda panah ke atas adalah titik onset SC atau SI, tanda segitiga terbalik adalah puncak SC atau SI, selisih medan geomagnet ditentukan dari titik onset ke titik puncak yang dinamakan amplitudo (A) SC atau SI, waktu yang dibutuhkan untuk bergerak dari onset sampai ke puncak dinamakan periode (P) SC atau SI dan laju pertumbuhan pola dari onset sampai ke puncak dinamakan gradien (G) SC/SI.

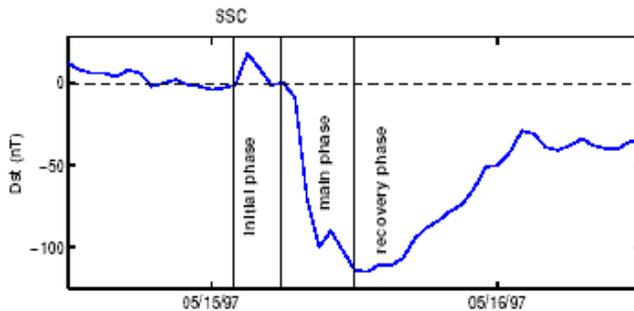


Gambar 2-1: Contoh pola komponen H dari stasiun Okinawa (OKI), Guam (GAM) dan Santa Maria (SMA) saat kejadian badai geomagnet yang terjadi pada tanggal 31 Januari 2003 dengan SC yang teramati di sekitar pukul 06 – 10 UT (Shinohara dkk., 2005)

Selanjutnya, dalam menentukan kriteria amplitudo, periode dan gradien baik SC maupun SI serta Hmin digunakan data komponen H dari stasiun Biak tahun 1992-2001. Kemudian ditentukan korelasi antara ketiga parameter SC(H) tersebut terhadap Hmin dan durasi Hmin.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam mengidentifikasi badai geomagnet, indeks yang biasanya digunakan untuk mengindikasikan intensitas badai geomagnet adalah indeks Dst (*Disturbance storm*). Menurut Sugiura (1964) pola indeks Dst pada saat badai geomagnet ditandai oleh 3 fase kejadian, yaitu fase awal (*initial phase*), fase utama (*main phase*) dan fase pemulihan (*recovery phase*). Pembagian ketiga fase tersebut seperti yang terlihat pada Gambar 3-1.



Gambar 3-1: Contoh pola indeks Dst pada saat badai geomagnet (Sugiura, 1964)

Sedangkan menurut Gonzales dan Tsurutani (1987) dan Gonzales dkk. (1994), intensitas badai geomagnet diklasifikasikan seperti pada Tabel 3-1.

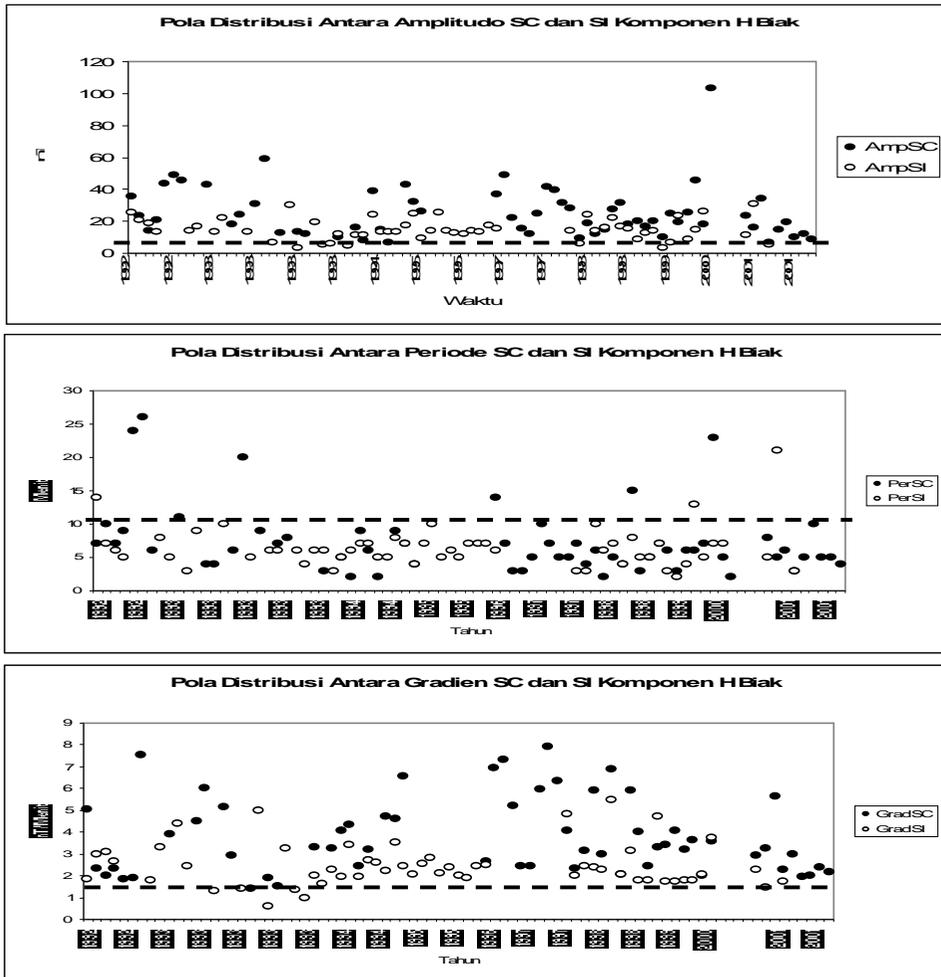
Tabel 3-1: KLASIFIKASI INTENSITAS BADAI GEOMAGNET BERDASARKAN POLA INDEKS Dst, (Gonzales dan Tsurutani, 1987; Gonzales dkk., 1994)

Kelas	Dst (nT)
Lemah	$-30 > Dst \geq -50$
Sedang	$-50 > Dst \geq -100$
Kuat	$-100 > Dst \geq -200$
Sangat Kuat	$Dst < -200$

Badai sedang (*Moderate storm*) umumnya terjadi pada saat aktivitas matahari maksimum dan saat aktivitas matahari minimum yang disebabkan aliran angin surya berkecepatan tinggi yang berasal dari *Co-rotating Interaction Regions* (CIRs) (Richardson dkk., 2001). Sedangkan badai kuat (*Intense storm*) umumnya terjadi pada saat aktivitas matahari maksimum yang disebabkan oleh lontaran massa korona (*Coronal Mass Ejection/CME*) (Gosling dkk., 1991; Richardson dkk., 2001).

Hasil identifikasi kejadian SC dan SI menggunakan komponen H stasiun Biak dari tahun 1992-2001 adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3-2, dimana karakteristik SC dan SI di stasiun Biak mempunyai kriteria sebagai berikut,

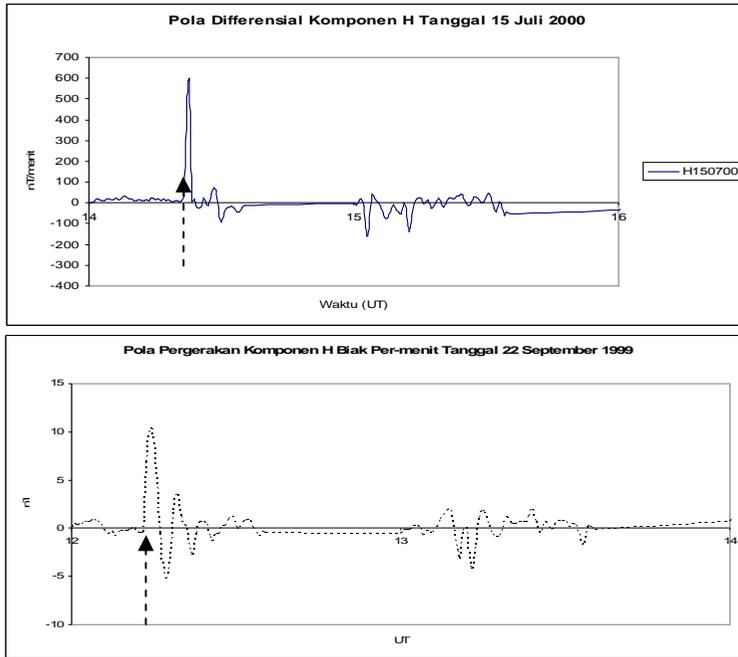
- untuk SC, amplitudonya lebih besar dari 10 nT, periodenya kurang dari 10 menit, dan gradiennya lebih besar dari 2.48 nT/menit,
- untuk SI, amplitudonya lebih besar dari 6.1 nT, periodenya kurang dari 10 menit, dan gradiennya lebih besar dari 1.63 nT/menit



Gambar 3-2: Pola Distribusi amplitudo, periode dan gradien SC dan SI komponen H di stasiun Biak dari tahun 1992-2001

Hal ini berarti bahwa untuk menentukan kejadian badai geomagnet dengan tipe SC, maka variasi medan geomagnet komponen H stasiun Biak harus *difilter* sesuai dengan karakteristik SC yaitu amplitudo > 10 nT, periode < 10 menit dan gradien > 2.48 nT/menit. Namun kenyataannya bahwa dengan batas pemfilteran tersebut, tidak semua kejadian yang

terdeteksi adalah kejadian SC. Artinya terjadi tumpang tindih (*overlap*) antar kejadian SC dan SI. Untuk itu, dilakukan klasifikasi gradien SC dan SI di stasiun Biak. Gambar 3-3 menunjukkan pola pergerakan komponen H di stasiun Biak untuk kejadian SC dimana tanda panah menunjukkan kejadian SC yang disertai badai geomagnet sangat kuat dengan amplitudo *interplanetary shock* lebih besar dari 40 nT/menit. Hasil klasifikasi amplitudo gradien SC dan SI di stasiun Biak dari tahun 1992-2001 ditunjukkan pada Tabel 3-2.



Gambar 3-3: Contoh pola pergerakan komponen H stasiun Biak pada saat kejadian SC (atas) dan SI (bawah)

Tabel 3-2: DISTRIBUSI AMPLITUDO GRADIEN SC DAN SI SEPANJANG TAHUN 1992-2001

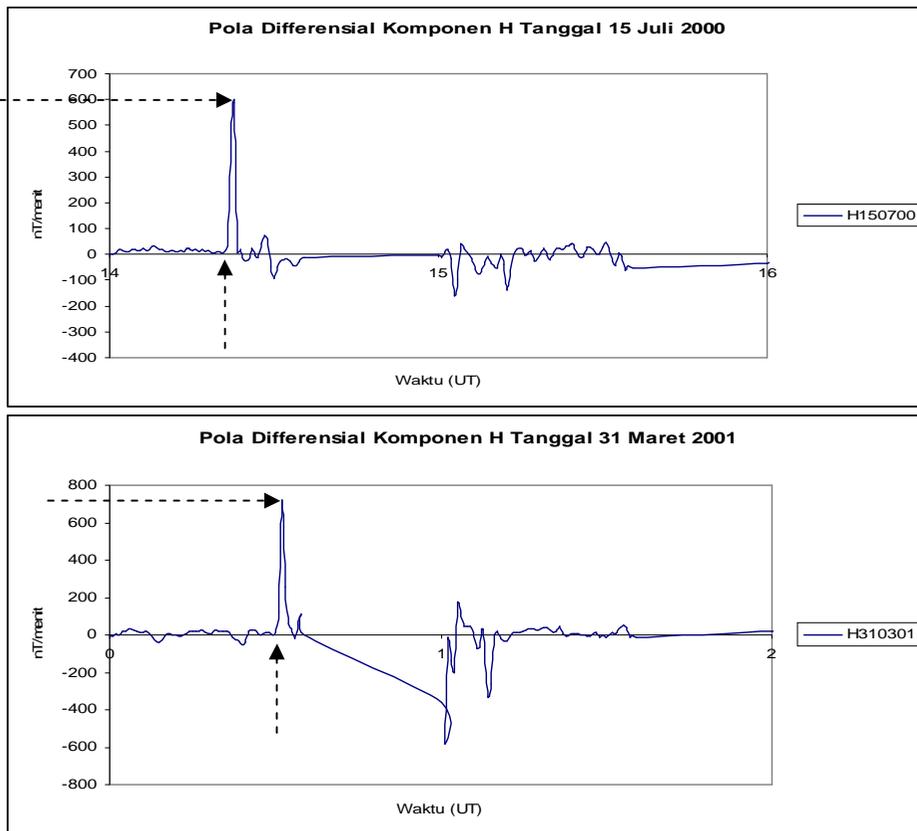
Data Analisis Tahun 1992 - 2001							
Amp	SI	SSC	Banyaknya Kemunculan SI/SSC per-kelas		Prob. SI/SSC terjadi di kelas ini		
					%SI	%SSC	
0-10nT	13	7	65.00	35.00	23.21428571	11.66666667	
10-20nT	31	23	57.41	42.59	55.35714286	38.33333333	
20-30nT	11	11	50.00	50.00	19.64285714	18.33333333	
30-40nT	1	8	11.11	88.89	1.785714286	13.33333333	
40-50nT	0	8	0.00	100.00	0	13.33333333	
50-60nT	0	1	0.00	100.00	0	1.666666667	
60-70nT	0	0	0.00	0.00	0	0	
70-80nT	0	0	0.00	0.00	0	0	
80-90nT	0	0	0.00	0.00	0	0	
90-100nT	0	0	0.00	0.00	0	0	
100-110nT	0	1	0.00	100.00	0	1.666666667	
110-120nT	0	0	0.00	0.00	0	0	
120-130nT	0	0	0.00	0.00	0	0	
130-140nT	0	1	0.00	100.00	0	1.666666667	
	56	60			100	100	
			Hmin = -3.0635(Amp(H)) - 58.323				
			R = -0.69132				



Selain itu, dengan memberikan batas *cut-off* gradien lebih besar dari 40 nT/menit maka dapat dipastikan bahwa kemungkinan besar fenomena yang terdeteksi adalah kejadian SC yang terkait dengan kejadian badai geomagnet kuat ($Dst < -250$ nT). Selanjutnya dilakukan studi kasus untuk kejadian SC(H) dan SI(H).

3.1 Kejadian SC(H) pada tanggal 15 Juli 2000 dan 31 Maret 2001

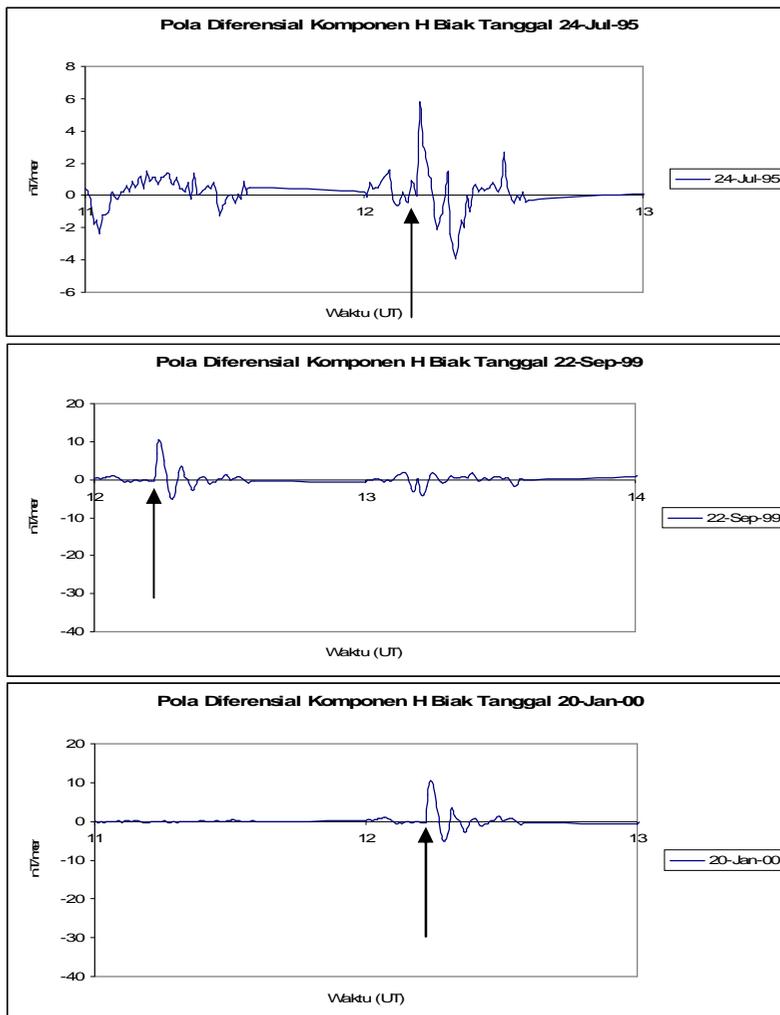
Contoh kejadian SC dengan gradien SC yang besar dan diikuti kejadian badai geomagnet dengan intensitas kuat ($Dst < -250$ nT) terjadi pada tanggal 15 Juli 2000 dengan indeks $Dst = -372$ nT dan pada tanggal 31 Maret 2001 dengan indeks $Dst = -400$ nT. Dari hasil plot gradien komponen H di stasiun Biak pada tanggal-tanggal tersebut, terlihat bahwa amplitudo gradien menunjukkan nilai yang sangat besar dengan puncaknya 600 nT/menit yang terjadi tanggal 15 Juli 2000, dan 657 nT/menit pada tanggal 31 Maret 2001 (lihat Gambar 3-4). Hal ini menunjukkan bahwa dengan batas *cut-off* gradien > 40 nT/menit akan terdeteksi kenaikan mendadak medan geomagnet komponen H di stasiun Biak, sehingga diduga akan terjadi badai geomagnet kuat dengan indeks $Dst < -250$ nT.



Gambar 3-4: Contoh pola pergerakan komponen H stasiun Biak per-menit (gradien) saat kejadian badai geomagnet tipe SC

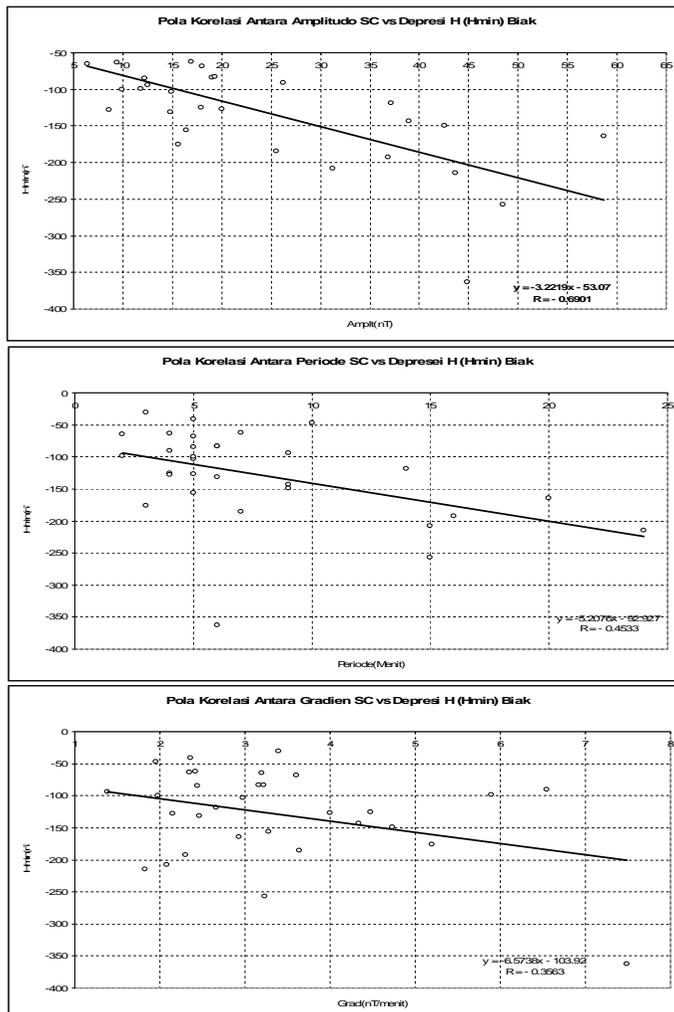
3.2 Kejadian SI(H) pada tanggal 24 Juli 1995, 22 September 1999 dan 20 Januari 2000

Contoh kejadian SI, yaitu kejadian kenaikan mendadak medan geomagnet yang tidak disertai dengan peristiwa badai geomagnet, terjadi pada tanggal 24 Juli 1995, tanggal 22 September 1999 dan tanggal 20 Januari 2000. Dari hasil plot gradien komponen H di stasiun Biak pada tanggal-tanggal tersebut, terlihat bahwa amplitudo gradien nilainya cukup besar tetapi tidak melebihi harga 40 nT/menit (batas cut-off untuk mendeteksi SC). Hal ini menunjukkan bahwa amplitudo gradien lebih kecil dari batas *cut-off* yaitu 40nT/menit, sehingga dapat diperkirakan kenaikan mendadak medan geomagnet komponen H di stasiun Biak yang terdeteksi tersebut bukan kejadian badai geomagnet, tetapi kejadian SI seperti yang terlihat pada Gambar 3-5.



Gambar 3-5: Contoh pola diferensial komponen H stasiun Biak per-menit saat kejadian SI

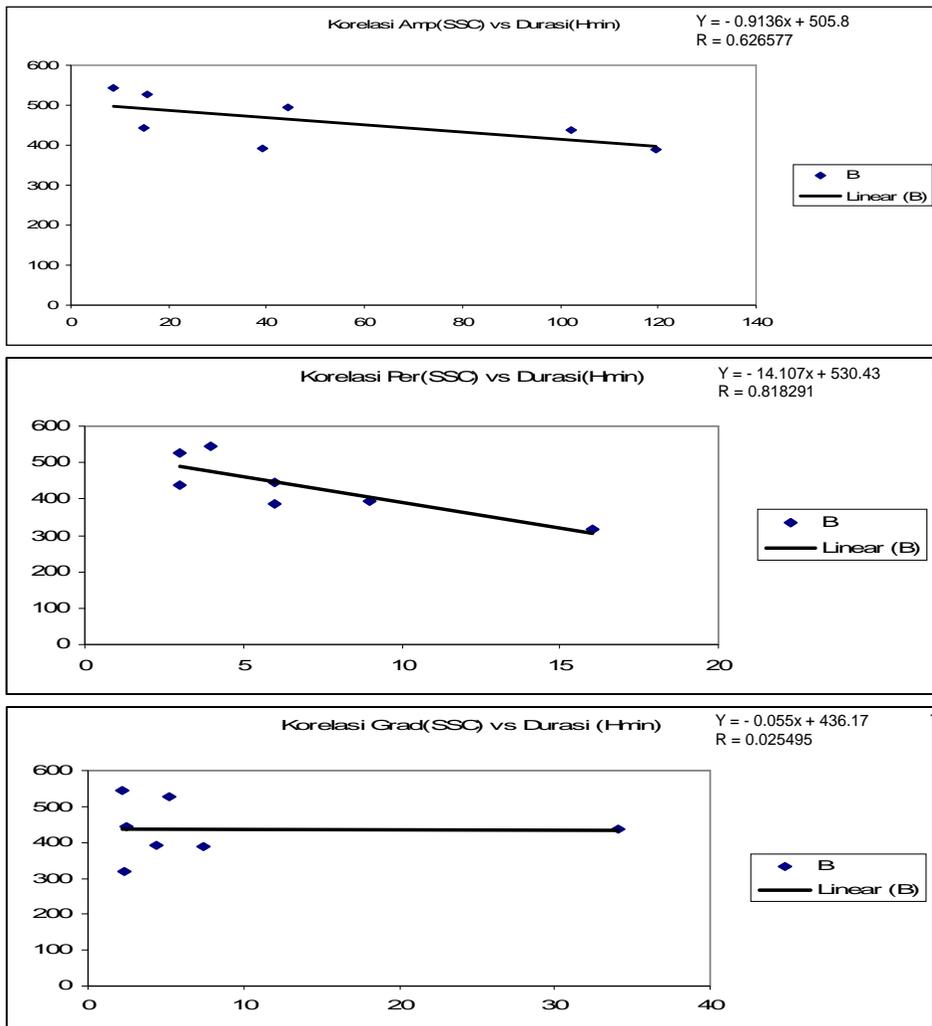
Selain dari kenaikan mendadak medan geomagnet yang diduga sebagai SC, yang perlu diketahui selanjutnya adalah seberapa besar intensitas badai dan kapan badai geomagnet tersebut akan terjadi. Hal ini penting untuk diketahui sebagai upaya dalam rangka membangun sistem peringatan dini badai geomagnet. Untuk menjelaskan seberapa besar intensitas badai geomagnet yang akan terjadi, maka dilakukan perhitungan korelasi SC(H) dengan depresi minimum H di stasiun Biak. Hasilnya seperti terlihat pada Gambar 3-6., dimana korelasi antara Amplitudo SC(H), Periode SC(H) dan Gradien SC(H) terhadap Hmin masing-masing adalah -0.69, -0.45 dan -0.36. Tanda minus menunjukkan bahwa semakin besar harga kriteria SC, maka semakin kuat intensitas badai geomagnet terjadi. Hal ini ditunjukkan oleh depresi komponen H yang semakin besar dan harga komponen H yang semakin kecil.



Gambar 3-6: Hasil korelasi antara ke-3 kriteria SC terhadap depresi komponen H stasiun Biak

Sebagai contoh untuk amplitudo SC(H), makin besar amplitudo SC(H), maka depresi terhadap komponen H juga semakin besar, sehingga menyebabkan harga komponen H semakin kecil. Dari ketiga korelasi tersebut terlihat bahwa harga korelasi antara amplitudo SC dengan Hmin adalah yang paling besar, yaitu -0.69 bila dibandingkan harga korelasi antara kedua parameter SC(H) lainnya terhadap Hmin. Hal ini menunjukkan bahwa amplitudo SC(H) merupakan indikator yang baik yang dapat digunakan sebagai masukan untuk memprediksi intensitas badai geomagnet.

Sedangkan untuk menjelaskan kapan badai geomagnet akan terjadi, maka dilakukan perhitungan korelasi SC(H) terhadap durasi waktu dari onset SC(H) sampai komponen H di stasiun Biak mencapai minimum pada saat fase utama badai geomagnet (Durasi Hmin). Hasilnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3-7.



Gambar 3-7: Grafik korelasi antara ke-3 kriteria SC(H) terhadap durasi Hmin dari tahun 1992-2001

Besarnya korelasi antara amplitudo SC(H), periode SC(H) dan gradien SC(H) terhadap durasi Hmin, masing-masing adalah - 0.63, - 0.82 dan - 0.03. Dari ketiga harga korelasi tersebut terlihat bahwa harga korelasi antara periode SC(H) dengan durasi Hmin adalah yang terbesar. Hal ini berarti menunjukkan bahwa periode SC(H) adalah merupakan indikator yang baik yang dapat digunakan sebagai masukan untuk memprediksi durasi badai geomagnet.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa karakteristik SC(H) di stasiun Biak ditandai oleh amplitudonya yang lebih besar dari 10 nT, periodenya kurang dari 10 menit, dan gradiennya lebih besar dari 2.48 nT/menit. Sedangkan karakteristik SI(H) di stasiun Biak ditandai oleh amplitudonya yang lebih besar dari 6.1 nT, periodenya kurang dari 10 menit, dan gradiennya lebih besar dari 1.63 nT/menit.

Dari hasil korelasi antara ketiga parameter SC(H) terhadap Hmin dan durasi Hmin ditunjukkan bahwa amplitudo SC(H) dan periode SC(H) di stasiun Biak merupakan indikator yang baik yang dapat digunakan untuk memprediksi intensitas dan durasi 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.
- Gonzalez W. D.; J. A. Joselyn; and Y. Kamide; H. W. Kroehl; G. Rostoker; B. T. Tsurutani and V. M. Vasyliunas, 1994. *What is a Geomagnetic Storm ?*, J. Geophys. Res., 99.
- Gonzalez W. T. and B. T. Tsurutani, 1987. *Criterion of Interplanetary Parameters Causing Intense Magnetic Storm (Dst < -100nT)*, Planet Space Sci., 35.
- Gosling J. T.; D. J. McComas; J. L. Phillips; S. J. Barnes, 1991. *Geomagnetic Activity Associated With Earth Passage of Interplanetary Shock Disturbances and Coronal Mass Ejections*, J. Geophys. Res., 96.
- Richardson I. G.; E. W. Cliver; and H. V. Cane, 2001. *Sources of Geomagnetic Storms for Solar Minimum and Maximum Conditions During 1972-2000*, J. Geophys. Res., 28.
- 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.
- Sugiura M., 1964. *Hourly Values of Equatorial Dst for the IGY*, Annual Inter. Geophys. Year, 35, pp. 9, Pergamon, New York.