

ANALISIS KARAKTERISTIK PULSA MAGNETIK PI 2 LINTANG RENDAH

Visca Wellyanita, Fitri Nuraeni, Bachtiar Anwar, La Ode M. Musafar
*Bidang Aplikasi Geomagnet dan Magnet Antariksa
Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa LAPAN-Bandung
wellyanita@yahoo.com*

ABSTRAK

Matahari adalah sumber gangguan bagi bumi, baik berupa gelombang elektromagnetik maupun partikel. Efek dari gangguan tersebut terhadap magnetosfer Bumi dapat diamati sebagai berbagai pulsa magnetik. Salah satu pulsa magnetik tersebut adalah Pi 2 yang mempunyai rentang perioda 40 – 150 detik. Memahami karakteristik pulsa magnetik Pi 2 berdasarkan tipe gangguan dari matahari sangat penting. Dalam penelitian ini, kita mengajukan suatu hipotesis bahwa "karakteristik pulsa magnetik Pi 2 berbeda-beda bergantung kepada tipe gangguan Matahari". Dalam penelitian ini kita akan membuktikan hipotesis tersebut untuk gangguan tipe flare dan CME (Coronal Mass Ejection). Data yang digunakan adalah data variasi komponen H tiga stasiun (Biak, Adelaide, Davao) yang merupakan stasiun geomagnet landas bumi yang termasuk dalam jaringan magnetometer 210 MM (210 magnetic meridian) Circum-pan Pasific Magnetometer Network (CPMN).

Dari pulsa magnetik Pi 2 yang teramati selama tahun 2001, didapatkan lima kejadian yang berkaitan dengan peristiwa flare besar kelas X. Pulsa magnetik Pi 2 yang berkaitan dengan CME teramati sebanyak dua peristiwa selama tahun 2001. Durasi Pi 2 akibat flare cenderung lebih lama (lebih dari 400 detik) dibandingkan durasi Pi 2 akibat CME (kurang dari 400 detik). Amplitudo pulsa Pi 2 akibat flare berkisar dari 0.46 – 1.04 nT, sedangkan amplitudo Pi 2 akibat CME berkisar 0.56 – 2.92 nT.

ABSTRACT

Electromagnetic wave and particles from the sun is the source of disturbances on earth. Effect from those disturbances to earth magnetosphere can be observed as magnetic pulses. One of the magnetic pulse is Pi2 which has period between 40-150 second. Understanding the characteristic of Pi2 magnetic pulse based on the solar disturbance type is very important. In this research we propose a hypothesis that the characteristic of magnetic pulse Pi2 is different, depend on the solar disturbance type. The research will prove the hypothesis for flare and CME (Coronal Mass Ejection) solar disturbance types. Data that will be used is the variation of H component from three station (Biak, Adelaide, Davao) which are ground base geomagnetic stations that are part of 210 Magnetic Meridian Circum-pan Pasific Magnetometer Network (CPMN).

From the observed magnetic pulse Pi2 during 2001; there are five events that can be correlated with class X-flare, two events magnetic pulse Pi2 that are correlated with CME. Pi2 duration that is caused by flare tend to be longer (more than 400 second) than that caused by CME (less than 400 second). The amplitude of magnetic pulse Pi2 that is caused by flare is in interval 0.46-1.04 nT, while the amplitude of magnetic pulse Pi2 caused by CME is in interval 0.56-2.92 nT.

1. PENDAHULUAN

Menurut International Association of Geomagnetism and Aeronomy (IAGA), pulsa magnetik diklasifikasikan menjadi dua, yaitu *continuous pulsations* (Pc) dan *irregular pulsations* (Pi). Pulsa magnetik Pc dan Pi ini dibagi kembali menjadi tujuh

Geomagnet dan Magnet Antariksa (2009), 45-57

© 2009 Massma Publishing, Jakarta.

sub-tipe berdasarkan rentang periodenya. Pulsa magnetik yang irregular (Pi) dibagi menjadi 2 bagian, yaitu Pi 1 dan Pi 2. Dengan rentang periode Pi 1 adalah 1 – 40 detik, sedangkan pulsa magnetik Pi 2 rentang periodenya adalah antara 40 – 150 detik¹.

Matahari adalah sumber gangguan bagi bumi, baik berupa gelombang elektromagnetik maupun partikel. Efek dari gangguan tersebut terhadap magnetosfer Bumi dapat diamati sebagai berbagai pulsa magnetik. Salah satu pulsa magnetik tersebut adalah Pi 2 yang mempunyai rentang periode 40 – 150 detik. Memahami karakteristik pulsa magnetik Pi 2 berdasarkan tipe gangguan dari matahari sangat penting. Dalam penelitian ini, kita mengajukan suatu hipotesis bahwa “karakteristik pulsa magnetik Pi 2 berbeda-beda bergantung kepada tipe gangguan Matahari”. Dalam penelitian ini kita akan membuktikan hipotesis tersebut untuk gangguan tipe flare dan CME (Coronal Mass Ejection).

Pulsa magnetik Pi 2 adalah pulsa magnetik dalam kategori kelompok pulsa irregular. Penamaan ini berdasarkan dari sifat kemunculannya yang tidak teratur². Selain itu pulsa magnetik Pi 2 merupakan pulsa magnetik yang bersifat impulsif dan kompresif. Pulsa magnetik Pi 2 merupakan pulsa magnetik yang kejadiannya bersifat global, terdeteksi pada lintang rendah, menengah ataupun lintang tinggi.

Musafar dkk telah melakukan analisis kemunculan pulsa magnetik Pi 2 berkaitan dengan flare besar kelas X pada tahun 1999. Dalam penelitian ini, kami akan melakukan analisis kemunculan Pi 2 untuk flare besar kelas X pada tahun 2001. Dengan demikian akan diperoleh pemahaman yang lebih baik mengenai karakteristik pulsa magnetik Pi 2 akibat flare.

Tujuan dari penelitian ini adalah dapat diperolehnya karakteristik pulsa magnetik Pi 2 di lintang rendah berdasarkan tipe gangguan Matahari akibat flare besar kelas X dan CME.

Penelitian ini memfokuskan pada karakteristik pulsa magnetik Pi 2 akibat dari gangguan matahari yaitu flare besar kelas X dan CME.

2. METODOLOGI

Data primer yang digunakan adalah data variasi geomagnet komponen H stasiun Biak (BIK) selama rentang waktu Januari – Desember 2001, sedangkan sebagai data pembanding adalah data sekunder variasi geomagnet komponen H tahun 2001 dari dua stasiun lintang rendah lainnya yaitu stasiun Adelaide (ADL) dan stasiun Davao (DAV). Ketiga stasiun yang diambil merupakan stasiun geomagnet landas bumi yang termasuk dalam jaringan magnetometer 210 MM (210 *magnetic meridian*) *Circum-pan Pasific Magnetometer Network* (CPMN). CPMN ini terpasang sepanjang meridian 210 magnetik dari lintang tinggi kutub utara sampai dengan kutub selatan (Tabel 2.1).

Tabel 2.1. Tiga stasiun pengamatan geomagnetik CPMN lintang rendah yang digunakan untuk pengolahan data

Stasiun Name	Station code	Geographic		Geomagnet	
		Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
Biak	BIK	-1.08	136.05	-12.02	206.92
Adelaide	ADL	-34.67	138.65	-46.72	213.34
Davao	DAV	7.07	125.60	-1.37	196.53

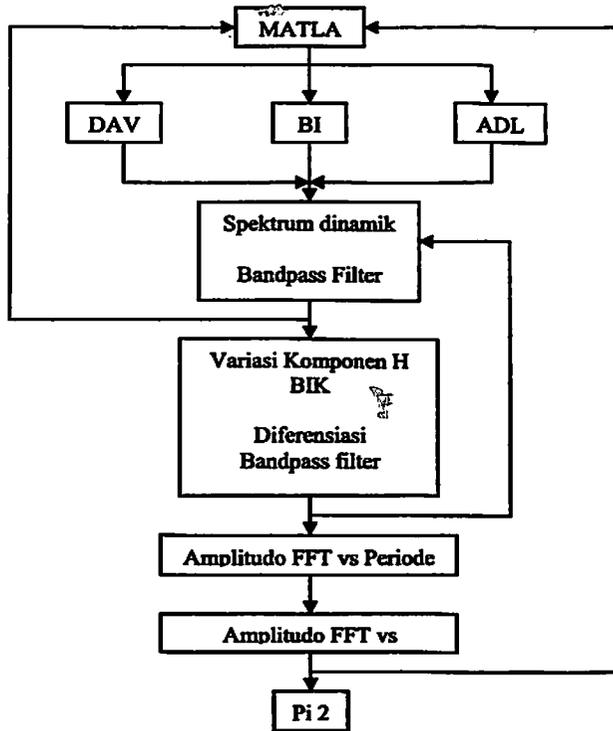
ANALISIS KARAKTERISTIK PULSA MAGNETIK PI 2 LINTANG RENDAH

Identifikasi pulsa magnetik Pi 2 pada penelitian ini menggunakan data variasi geomagnet komponen-H (utara – selatan). Untuk mengidentifikasi kehadiran pulsa magnetik Pi 2 ini diperlukan pembuatan *user interface* pengolahan data geomagnet. *User interface* ini dibuat dengan menggunakan program Matlab (dengan alur seperti yang diperlihatkan pada gambar 1) sehingga akan membantu dalam mengidentifikasi pulsa magnetik Pi 2 secara cepat. Identifikasi pulsa magnetik ini akan menggunakan metode *Bandpass Filter*³ dan *Fast Fourier Transform (FFT)*⁴.

Dalam membangun *user interface* ini dibuat menjadi 4 *windows*, yaitu sebagai berikut :

Windows pertama menampilkan grafik *spectrum dynamic* dari komponen H tiga stasiun untuk melihat pemunculan Pi 2. *Spectrum dynamic* yang dilihat adalah spektrum yang bernilai tinggi pada rentang periode 40 – 150 detik. Selain itu, pada *windows* pertama ditampilkan grafik diferensiasi data variasi geomagnet Komponen H ketiga stasiun.

Windows kedua berisikan tiga grafik, yaitu grafik variasi komponen H geomagnet, grafik differensiasi data variasi medan magnet dan grafik data yang sudah difilter bandpass pada rentang waktu yang dianggap sebagai rentang waktu kehadiran Pi 2. Filtering yang digunakan adalah *band-pass filter*, gunanya untuk mengekstraksi pulsa magnetik Pi 2. Selain itu pada *windows* kedua berisikan *space* untuk interval waktu tertentu yang diduga berisikan Pi 2 yang akan diidentifikasi selanjutnya. Tombol proses berfungsi untuk menampilkan ketiga grafik yang akan ditampilkan pada *windows* kedua ini. Tombol parameter gunanya untuk menghasilkan perhitungan durasi, simpangan maksimum, frekuensi dan energi. Perhitungan durasi diperoleh dari input yang didapat dengan cara menekan *mouse* pada grafik hasil filter bandpass pada posisi yang dianggap permulaan dan akhir Pi 2. Simpangan diperoleh dari input dengan menekan *mouse* pada grafik hasil filter bandpass pada posisi simpangan maksimum dan minimum pulsa yang dianggap sebagai Pi 2. Frekuensi Pi 2 didapat dengan melihat frekuensi maksimum dari data hasil FFT. Energi diperoleh dengan cara menjumlahkan luas daerah di bawah kurva. Tombol simpan hasil berfungsi untuk menyimpan semua hasil perhitungan dalam format .txt.



Gambar 2.1. Diagram alur pembuatan software menggunakan Matlab

Windows ketiga berisi plot antara amplitudo FFT vs periode, data yang di FFT adalah *raw* data komponen H pada interval waktu yang diperkirakan mengandung pulsa magnetik Pi 2.

Windows keempat berisi hasil plot antara amplitudo FFT vs frekuensi data yang sudah difilter bandpass. Plot FFT amplitudo vs frekuensi berguna untuk perhitungan frekuensi pulsa magnetik Pi 2 dengan mengambil frekuensi maksimum. Data yang digunakan adalah data yang sudah di filter bandpass pada rentang periode kehadiran pulsa magnetik Pi 2, yaitu pada rentang periode antara 40 -150 detik.

Selain melakukan pembuatan *user interface* untuk mengidentifikasi kehadiran pulsa magnetik Pi 2, dilakukan kompilasi dan pengecekan kualitas data medan magnet komponen H dari jaringan magnetometer pada bujur magnetik 210 derajat. Kemudian data-data itu diolah dengan menggunakan *user interface* yang telah dibangun untuk mendapatkan karakteristik pulsa magnetik secara individu.

Dari kejadian pulsa magnetik Pi 2 yang telah diolah, diidentifikasi kejadian pulsa magnetik Pi 2 yang berkaitan dengan gangguan matahari yaitu dari

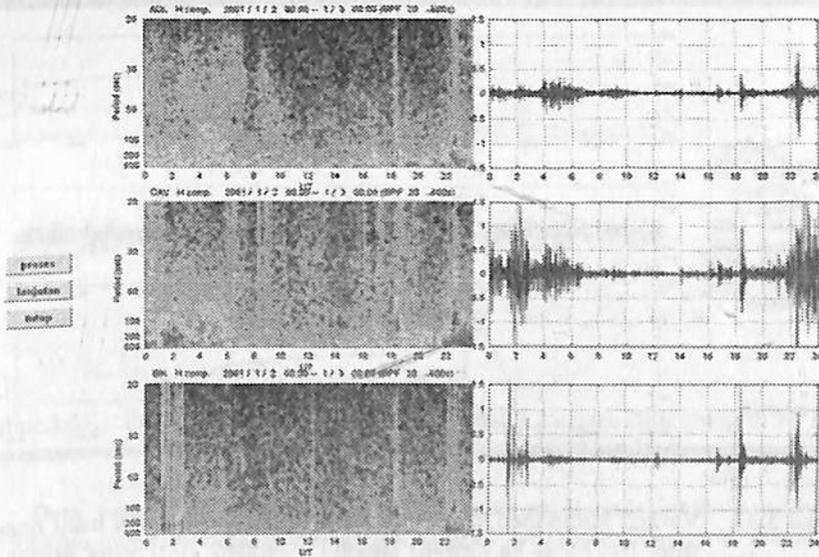
ANALISIS KARAKTERISTIK PULSA MAGNETIK PI 2 LINTANG RENDAH

peristiwa flare besar kelas X dan CME. Kemudian dilakukan analisis tentang hubungan sumber gangguan dengan kemunculan pulsa magnetik Pi2.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Salah satu contoh hasil pengolahan data geomagnet untuk mengetahui keberadaan pulsa magnetik Pi 2 adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2-2. Gambar 2-2 menampilkan pengolahan data geomagnet ke tiga stasiun yang digunakan pada tanggal 2 Januari 2001. Penempatan stasiun Biak diakhir dikarenakan stasiun Biak merupakan stasiun yang akan diolah datanya, sehingga pengerjaan selanjutnya mengacu pada data dari stasiun Biak.

Gambar 2-2 (kiri) merupakan grafik *spectrum dynamic* data geomagnet komponen H dari tiga stasiun yang berada pada bujur magnetik 210° , yaitu pada bujur magnetik yang sama dengan stasiun Biak. Gambar 2-2 (kanan) merupakan data yang sudah difilter bandpass pada rentang periode 40-150.



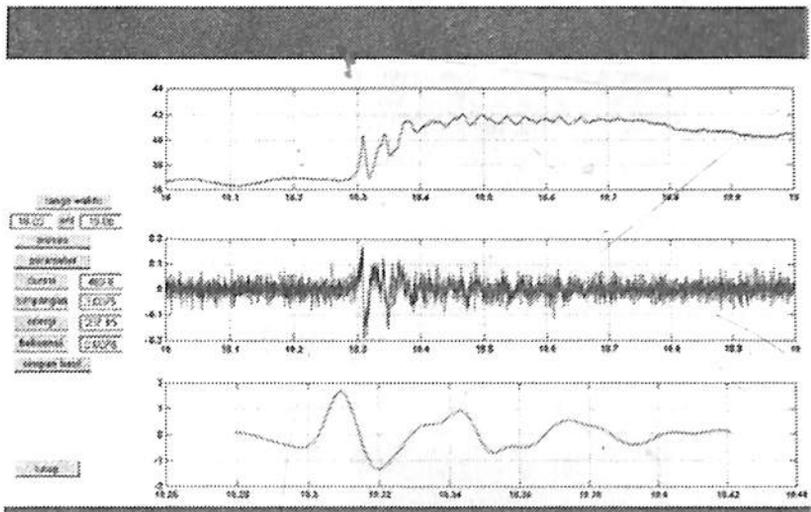
Gambar 2.2. Plot spektrum dan bandpass selama 24 jam dari 3 stasiun (dari atas ke bawah ADL, DAV, dan BIK) pada tanggal 2 Januari 2001

Skala spektrum dinamik dari tinggi ke rendah ditunjukkan dengan gradasi warna dari merah ke biru. Warna merah menunjukkan nilai intensitas yang tinggi sedangkan biru menunjukkan nilai intensitas yang rendah. Untuk mengidentifikasi pulsa magnetik Pi 2, dipilih spektrum dinamik yang berintensitas tinggi serta berdiri sendiri (bukan berupa garis, tetapi hanya berupa titik). Selain itu pulsa magnetik Pi 2

merupakan fenomena global sehingga data yang dipilih hanya data yang berintensitas tinggi dan harus terjadi bersamaan pada ketiga stasiun yang digunakan.

Pada contoh pengolahan data geomagnet tanggal 2 Januari 2001 terlihat bahwa ada *spot* atau titik yang berintensitas tinggi di rentang waktu jam 18.00 UT (*Universal Time*) - 19.00 UT. Titik ini terjadi secara global di ketiga stasiun, sehingga dapat dianggap bahwa di daerah ini diperkirakan akan terjadi kemunculan pulsa magnetik Pi 2. Untuk membuktikan data tersebut merupakan pulsa magnetik Pi 2 maka dilakukan pengolahan data selanjutnya yaitu mencari nilai besaran energi, frekuensi, durasi serta simpangan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3-3.

Pada gambar 3 terdapat tiga grafik : variasi komponen H khusus stasiun yang diolah (stasiun Biak), grafik *differensiasi* data variasi geomagnet dan grafik data yang sudah difilter bandpass pada periode 40-150 detik, yang semuanya berada pada rentang waktu pemunculan pulsa magnetik Pi 2.



Gambar 3.3. Variasi komponen H stasiun Biak, differensiasi, dan hasil bandpass filter (dari atas ke bawah) tanggal 2 Januari 2001 yang berada pada rentang waktu perkiraan kemunculan pulsa magnetik Pi 2

Pada grafik *bandpass filter* akan terlihat pulsa yang diperkirakan sebagai pulsa magnetik Pi 2 berada pada pukul 18.18 UT. Setelah melalui proses filter didapatkan besaran durasi, simpangan, energi dan frekuensi. Sebagai contoh pulsa magnetik Pi 2 tanggal 2 Januari 2001 ini mempunyai nilai frekuensinya adalah 0.0078 Hz dan nilai energinya adalah 207.15 dengan besarnya simpangan 3.0075 nT dan durasi 469.8 detik.

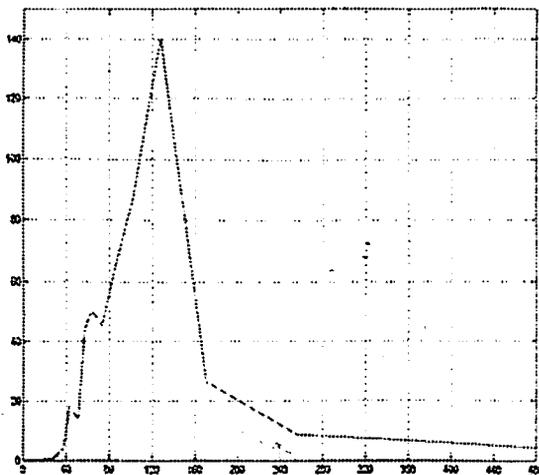
Bandpass filter meloloskan periode pada rentang 40 – 150 detik dan menghasilkan besaran durasi dan simpangan dari pulsa magnetik Pi 2. Pengolahan

ANALISIS KARAKTERISTIK PULSA MAGNETIK PI 2 LINTANG RENDAH

data pulsa magnetik Pi 2 dengan menggunakan FFT menghasilkan besaran energi dan frekuensi.

Pulsa magnetik Pi 2 merupakan fenomena global yang akan terdeteksi pada stasiun manapun di lintang tinggi, lintang menengah maupun lintang rendah. Apabila didapatkan bentuk pulsa magnetik yang mirip dengan pulsa magnetik Pi 2, tetapi tidak terdeteksi secara global (tidak teramati pada stasiun lainnya), maka pulsa tersebut tidak dapat disebut sebagai pulsa magnetik Pi 2.

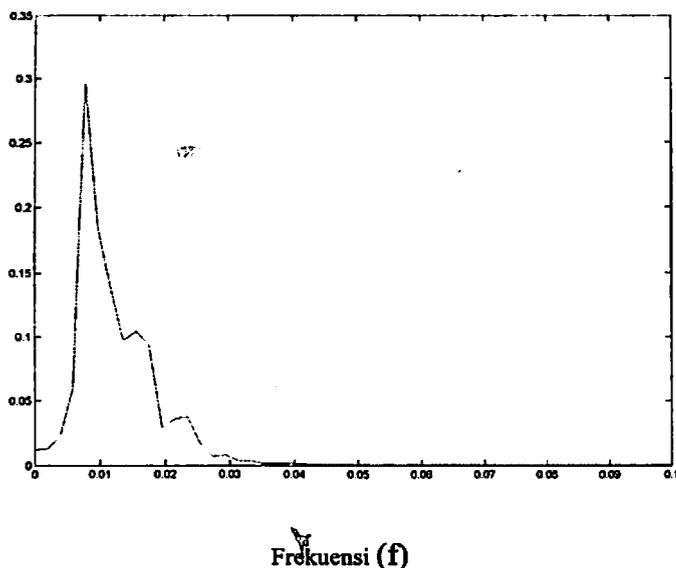
Plot amplitudo FFT vs periode untuk raw data pada tanggal 2 Januari 2001 ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Plot raw data komponen H tanggal 2 Januari 2001 yang di FFT pada rentang waktu yang diperkirakan mengandung Pi 2

Data yang di FFT adalah raw data komponen H pada interval waktu yang diperkirakan mengandung pulsa magnetik Pi 2. Plot ini digunakan untuk meyakinkan bahwa interval waktu yang diambil sudah mengandung pulsa magnetik Pi 2. Caranya dengan melihat puncak dari data yang berada pada rentang periode 40 – 150 detik dan hanya mempunyai satu puncak saja (1 *peak*).

Hasil dari plot amplitudo FFT vs frekuensi data yang sudah difilter bandpass pada tanggal 2 Januari 2001 ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Plot hasil FFT data bandpass pada tanggal 2 Januari 2001 yang diperkirakan mengandung pulsa magnetik Pi 2

Plot FFT amplitudo vs frekuensi digunakan untuk perhitungan frekuensi pulsa magnetik Pi 2 dengan mengambil frekuensi maksimum. FFT ini dilakukan hanya pada data komponen H yang telah di *bandpass filter* yang berada pada interval waktu yang diperkirakan mengandung pemunculan pulsa magnetik Pi 2 saja. Nilai FFT yang ditunjukkan pada grafik tanggal 2 Januari 2001 di atas adalah 0.0078.

Syarat lain suatu pulsa disebut sebagai pulsa magnetik Pi 2 adalah apabila puncak dari frekuensi atau periode hasil dari FFT pulsa magnetik berada pada rentang periode pulsa magnetik Pi 2.

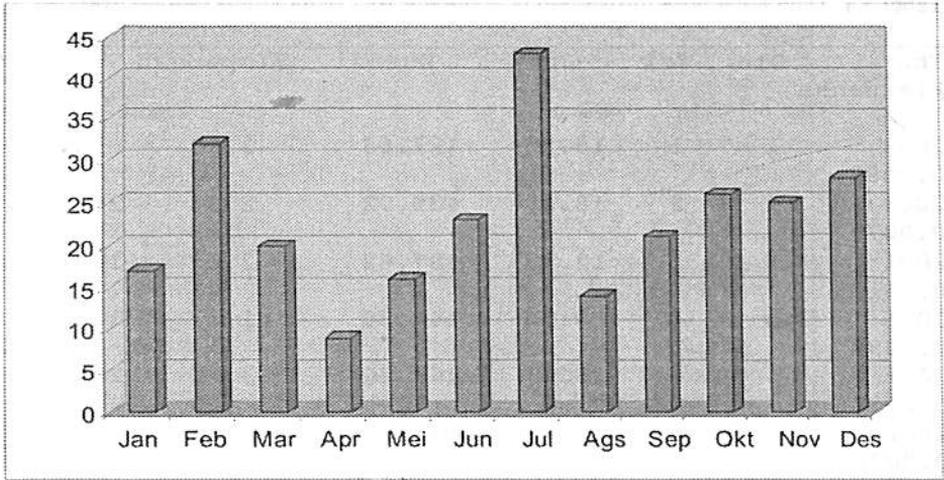
Setelah pemrosesan selesai, dan didapatkan pulsa magnetik Pi 2, maka semua data hasil perhitungan disimpan dalam sebuah folder dalam format txt (Tabel 3-1). Data yang disimpan dalam folder hasil perhitungan pulsa magnetik Pi 2 adalah tahun, bulan, tanggal, jam, durasi, simpangan, energi dan frekuensi. Penyimpanan data ini adalah untuk mempermudah dalam melakukan karakterisasi pulsa magnetik Pi 2 dan dalam melakukan analisis keterkaitan antara pulsa magnetik Pi 2 dengan gangguan matahari.

**ANALISIS KARAKTERISTIK PULSA MAGNETIK PI 2
LINTANG RENDAH**

Tabel 3.1. Data hasil perhitungan pulsa magnetik Pi 2 pada bulan Januari 2001

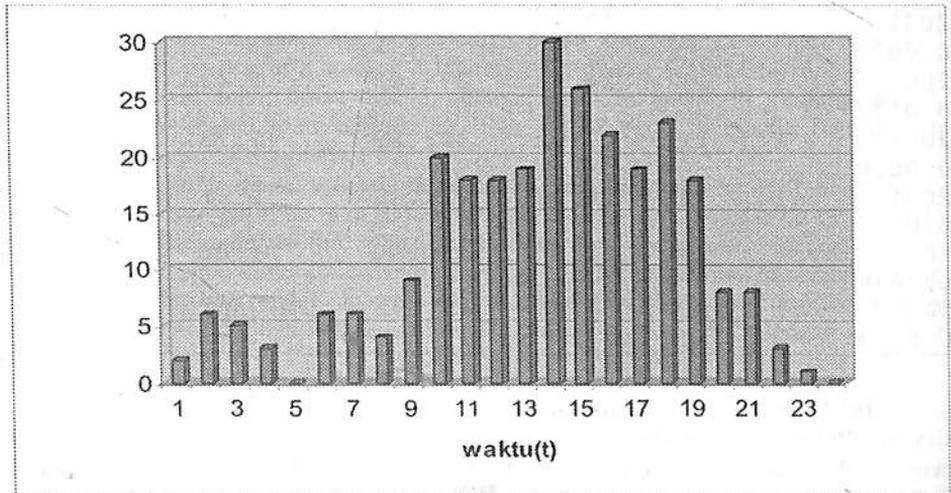
Thn Frekuensi	Bln	Tgl	Jam	Durasi	Simpangan	Energi
2001 0.0098	1	1	10.95	427.68	0.90	72.8627
2001 0.0078	1	2	18.28	439.02	2.98	205.7097
2001 0.0117	1	3	12.73	487.62	2.07	184.1824
2001 0.0098	1	4	9.56	442.80	1.37	104.3289
2001 0.0117	1	4	15.58	367.20	3.70	204.3247
2001 0.0078	1	6	14.90	507.87	0.59	61.1806
2001 0.0098	1	7	21.18	360.45	0.64	40.9889
2001 0.0098	1	9	12.12	359.64	1.82	92.2444
2001 0.0117	1	9	18.22	390.24	0.97	53.2682
2001 0.0078	1	10	12.51	416.34	0.92	71.3857
2001 0.0098	1	10	14.16	505.44	0.38	29.2499
2001 0.0098	1	10	13.98	369.36	1.11	56.2870
2001 0.0137	1	11	14.63	379.08	1.47	76.0988
2001 0.0098	1	11	17.62	412.29	0.73	32.8143
2001 0.0098	1	14	11.97	411.48	1.31	78.2671
2001 0.0078	1	20	8.34	510.30	1.80	157.4702
2001 0.0117	1	21	16.96	457.92	1.29	70.1106

Telah teramati 263 kejadian pulsa magnetik Pi 2 yang terdeteksi pada 3 stasiun CPMN lintang rendah selama tahun 2001. Dengan distribusi kehadiran pulsa magnetik Pi 2 setiap bulannya adalah seperti Gambar 3-6. Kehadiran pulsa magnetik Pi 2 terdistribusi merata setiap bulannya, tetapi yang terbanyak adalah pada bulan Juli 2001. Pada pengolahan data dalam mengidentifikasi keberadaan pulsa magnetik Pi 2 ini diketahui bahwa pulsa magnetik Pi 2 merupakan fenomena global yang akan terekam pada stasiun pengamatan manapun.



Gambar 3.6. Frekuensi kehadiran pulsa magnetik Pi 2 pada rentang waktu Januari – Desember 2001

Pulsa magnetik Pi 2 yang teramati selama tahun 2001 sebagian besar terdistribusi pada pukul 10.00 – 19.00 UT atau sekitar pukul 19.00 – 04.00 LT waktu lokal (Gambar 3-7).

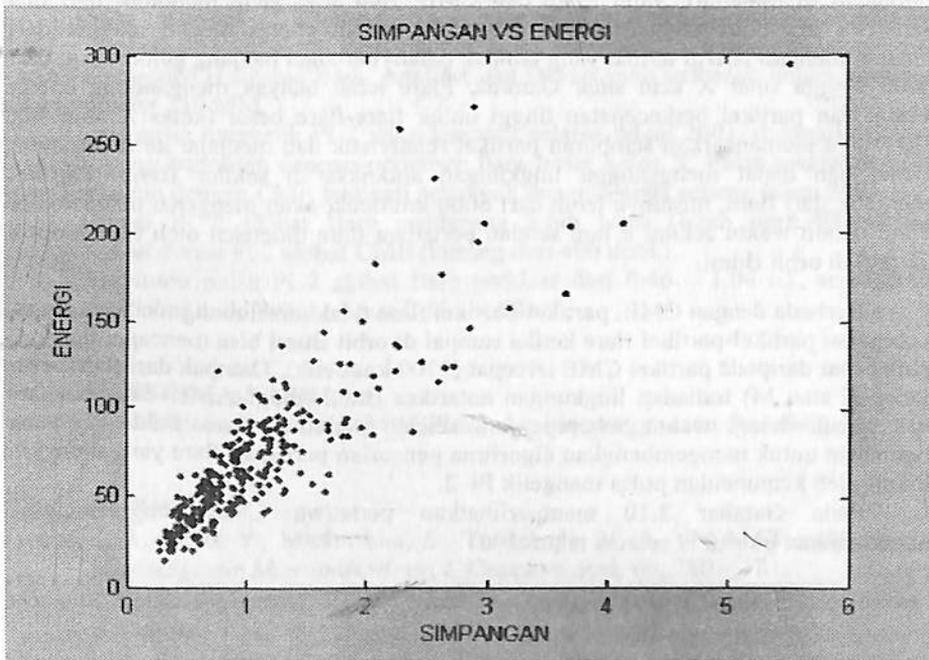


Gambar 3.7. Kehadiran pulsa magnetik Pi 2 menurut rentang waktu kejadiannya per jam. Terlihat bahwa pulsa magnetik Pi 2 sebagian besar terdistribusi pada pukul 10.00 – 19.00 UT.

ANALISIS KARAKTERISTIK PULSA MAGNETIK PI 2 LINTANG RENDAH

Kehadiran pulsa magnetik merupakan konfirmasi bahwa pulsa magnetik Pi 2 pada umumnya merupakan fenomena malam hari. Tetapi ada juga pulsa magnetik Pi 2 yang teramati pada siang hari. Pulsa magnetik Pi 2 yang terjadi pada siang hari bukan merupakan pembangkitan pulsa magnetik Pi 2 yang berkaitan dengan pembangkitan arus sejajar garis medan selama substorm magnetosferik. Tetapi merupakan pengaruh dari gangguan matahari terutama gangguan yang diakibatkan oleh flare.

Pada Gambar 3-8 diperlihatkan distribusi simpangan terhadap energi. Dimana plot dari simpangan terhadap energi ini merupakan garis linier, simpangan berbanding lurus dengan energi pulsa magnetik Pi 2. Apabila simpangannya besar maka energi pulsa magnetik Pi 2 juga akan semakin besar.



Gambar 3.8. Distribusi Simpangan terhadap Energi.

Pada Gambar 3.9, diperlihatkan lima flare kelas X disertai dengan kemunculan pulsa Pi 2 pada hari yang sama. Untuk mengetahui apakah suatu flare mempunyai kemungkinan membangkitkan pulsa Pi 2, dapat dilihat dari waktu mulai flare (flare start) dan waktu mulai Pi 2 (Pi 2 start). Agar suatu flare menjadi penyebab dari kemunculan pulsa Pi 2, maka persyaratan yang harus dipenuhi adalah bahwa waktu mulai flare lebih dulu (awal) dari waktu kemunculan Pi 2. Dari lima event tersebut, hanya empat event yang memenuhi sementara satu event, yaitu 28-12-2001 tidak terpenuhi karena waktu mulai flare 20:02 sedangkan waktu mulai Pi 2 pukul 02:22 (2.38).

Observation Date	Flare start	Flare End	Pi2 Start	X-Class	Flare Intensity	NOAA No.	Pi2 Duration	amplitude	energy	frequency
2001-04-03	0325	0455	12.97	X	1.2	9415	524.07	0.86	90.5287	0.0098
2001-09-24	0932	1109	20.62	X	2.6	9632	400.95	1.04	59.2514	0.0078
2001-12-11	0758	0814	19.35	X	2.8	9733	463.32	0.66	46.6435	0.0098
2001-12-11	0758	0814	19.67	X	2.8	9733	310.23	0.46	32.9294	0.0098
2001-12-28	2002	2132	02.38	X	3.4		434.97	0.67	31.3238	0.0078

Gambar 3.9. Flare kelas X yang terkait dengan peristiwa kemunculan pulsa Pi2.

Peristiwa pulsa magnetik Pi 2 diperiksa keterkaitannya dengan peristiwa gangguan di Matahari, yaitu Flare dan CME. Ada sifat yang menonjol dari dua peristiwa ini. Flare sangat efisien dalam mengubah energi medan magnet dari sunspot menjadi energi termal yang tampak dalam berbagai panjang gelombang, dari radio hingga sinar X atau sinar Gamma. Flare lebih banyak mengandung energi termal dan partikel berkecepatan tinggi untuk flare-flare besar (kelas X atau M). Flare juga memancarkan semburan partikel relativistik dan menjalar ke ruang antar planet dan dapat mengganggu lingkungan antariksa di sekitar Bumi. Partikel energetik dari flare, misalnya lebih dari 6000 km/detik, akan mengenai magnetosfer Bumi dalam waktu sekitar 6 jam setelah peristiwa flare dideteksi oleh sistem optik (X-ray) di orbit Bumi.

Berbeda dengan CME, partikel-partikel flare tidak terselubung medan magnet. Kecepatan partikel-partikel flare ketika sampai di orbit Bumi bisa mencapai tiga kali lebih besar daripada partikel CME tercepat (2700 km/detik). Dampak dari flare besar (kelas X atau M) terhadap lingkungan antariksa Bumi (magnetosfer dan Ionosfer) bisa terjadi dalam waktu beberapa jam setelah peristiwa flare. Fakta ini yang digunakan untuk mengembangkan algoritma pencarian peristiwa flare yang mungkin diikuti oleh kemunculan pulsa magnetik Pi 2.

Pada Gambar 3.10 memperlihatkan peristiwa CME yang mungkin memunculkan pulsa Pi2 selama tahun 2001.

Obs. Date	Det Time	Det	Pi2 Start Time	Pi2 Duration	Pi2 Amplitude	Pi2 Energy	Pi2 Freq
2001-09-26	02:00:00	-102	03.53	393.66	2.92	195.603	0.0078
2001-10-23	01:00:00	-165	13.07	279.45	0.98	58.0126	0.0098
2001-10-23	01:00:00	-165	13.19	483.57	0.65	58.2201	0.0098
2001-10-23	01:00:00	-165	13.61	460.69	0.84	66.6854	0.0078
2001-09-26	02:00:00	-102	17.04	307.8	0.56	34.0524	0.0098
2001-09-26	02:00:00	-102	17.63	264.05	1.34	53.8554	0.0117

Gambar 3.10. Hasil query untuk mencari keterkaitan peristiwa CME dengan kemunculan pulsa

CME mengandung kerapatan partikel tinggi dan medan magnet yang kuat. Dengan demikian, CME yang mengenai magnetosfer Bumi cenderung

ANALISIS KARAKTERISTIK PULSA MAGNETIK PI 2 LINTANG RENDAH

mengakibatkan badai magnet sangat besar (*severe geomagnetic storm*). Interaksi CME dengan magnetosfer dapat dimonitor dari penurunan Dst index hingga -100 nT atau lebih.

Dengan membandingkan dua tabel tersebut, tampak adanya perbedaan karakteristik pulsa Pi 2 akibat flare dan CME. Durasi Pi 2 akibat flare cenderung lebih lama (lebih dari 400 detik) dibandingkan durasi Pi 2 akibat CME (kurang dari 400 detik). Amplitudo pulsa Pi 2 akibat flare berkisar dari 0.46 – 1.04 nT, sedangkan amplitudo Pi 2 akibat CME berkisar 0.56 – 2.92 nT.

4. KESIMPULAN

Pulsa magnetik Pi 2 yang teramati pada rentang waktu Januari – Desember 2001 sebanyak 263 kejadian. Pengamatan pulsa magnetik Pi 2 menggunakan data variasi komponen H stasiun Biak, Adelaide, dan Davao yang termasuk dalam jaringan magnetometer 210 MM.

Dari pulsa magnetik Pi 2 yang teramati selama tahun 2001, didapatkan lima kejadian yang berkaitan dengan peristiwa flare besar kelas X. Pulsa magnetik Pi 2 yang berkaitan dengan CME teramati sebanyak dua peristiwa selama tahun 2001.

Durasi Pi 2 akibat flare cenderung lebih lama (lebih dari 400 detik) dibandingkan durasi Pi 2 akibat CME (kurang dari 400 detik).

Amplitudo pulsa Pi 2 akibat flare berkisar dari 0.46 – 1.04 nT, sedangkan amplitudo Pi 2 akibat CME berkisar 0.56 – 2.92 nT.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada grup 210 MM / CPMN atas ijin penggunaan data-datanya.

DAFTAR PUSTAKA

- Jacobs, J. A., Kato, Y., Mashushita, S., Troitskaya, V. A., 1964, *Classification of Geomagnetic Micropulsations*, J. Geophys. Res. 69, 180 – 181.
- Musafar, 2004, *Characteristics of Low Latitude Magnetic Pulsation*, Master thesis, Graduate of Sciences, Kyushu University, Japan.
- Smith, S.W., 1999, *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing*, California Technical Publishing, San Diego, California 2nd, 271 – 276.
- Hayes, M.H., 1999, *Schaum's Outline of theory and problems of Digital Signal Processing*, McGraw-Hills, 262 - 286.