

## LIMIT BAWAH BILANGAN SUNSPOT UNTUK SUNSPOT YANG BERPOTENSI MELEPASKAN FLARE : METODA PERINGATAN DINI ANTARIKSA

*Bambang Setiahad*

*Indonesian National Institute of Aeronautics and Space (LAPAN)  
WatuKosek, Gempol P.O. Box 04, Pasuruan 67155, East Java, Indonesia  
Email : [bambangsetiahad@rocketmail.com](mailto:bambangsetiahad@rocketmail.com), [bsetiahad@lapan.go.id](mailto:bsetiahad@lapan.go.id)*

**Abstract.** *A flare released from a sunspot group cannot exactly be determined when it will really occur. The only parameters which can be observed are the appearance of the sunspot it self as solar surface phenomenon. We may immediately vote the parameters are the energetic-class of the sunspot group, for example is the Zurichal or McIntosh class. Others are the total area of the sunspot group, and the topological complexity deployment of the spot in the group. The only in-directly parameter to determine a sunspot group to be potentially flare-produced is the sunspot magneto-hydrodynamo time-scale. The time scale might be more than one solar rotation, since we frequently observed big sunspot with complex appearances exhibit relatively long duration-life as much as 30 days to 35 days. We trace the existence of the potentially sunspot group by putting the potentially-number and calculating the sunspot number against calculation within 30 days durations. The calculation can be extracted from our sunspot data structure style developed since year 2000.*

**Abstrak.** *Flare dilepaskan dari grup sunspot tidak dapat ditentukan secara eksak kapan terjadinya. Hanya dari beberapa parameter yang dapat diamati pada permukaan Matahari. Diputuskan parameter tersebut adalah: kelas energi grup sunspot, contohnya kelas Zurich atau kelas McIntosh. Yang lainnya adalah luas total sunspot, dan topologi medan medan magnet sunspot. Parameter yang digunakan secara tidak langsung adalah skala waktu magnetohidrodinamo sunspot. Skala waktu tersebut dapat lebih besar dari pada waktu yang digunakan Matahari untuk sekali putar pada porosnya. Ini berdasarkan hasil pengamatan bahwa sunspot grup besaryang memiliki medan magnet yang sangat rumit dapat berumur dari 30 hari sampai dengan 35 hari. Disini telah dicoba untuk skala waktu magnetohidrodinamo yang bersesuaian dengan 30 hari. Perhitungan ini dapat diekstraksi dari struktur data hasil catatan pengamatan sunspot yang telah dikembangkan sejak tahun 2000*

**Kata kunci:** *Grup Sunspot, potensi melepas flare, limit bawah.*

### 1. Pendahuluan

sunspot atau sunspot grup adalah fenomena di lapisan fotosfer Matahari yang tampak langsung dapat diamati. Berupa bercak-bercak hitam atau bintik-bintik hitam, yang sering menjadi pola hitam yang meluas. Sunspot terlihat berwarna hitam atau gelap karena temperaturnya yang lebih dingin yaitu sekitar 4.000K bila dibandingkan dengan temperatur fotosfer yaitu 6.000K. Reaktif rendahnya temperatur sunspot karena adanya medan magnet yang sangat kuat ~10.000 Gauss sehingga flux meda magnet memperlambat gerak acak partikel plasma di lapisan konvektif fotosfer paling atas. Penghambatan gerak acak ini menyebabkan temperatur sunspot turun hingga mencapai 2.000K. selain itu sunspot juga dapat muncul dan berkembang meluas ataupun mengecil selama 30 hari sampai dengan 35 hari. Sementara ukuran sunspot dapat berkembang dari ukuran garis tengah 10 km hingga 100.000 km. Hal tersebut indikasi dari berkembang dan meluruhnya medan magnet sunspot. Ini disebut juga sebagai dinamika perkembangan medan magnet sunspot. Aktivitas sunspot juga menjalar hingga ke lapisan atas sebagai prominence dan flare, hingga lapisan korona sebagai CME (Coronal Mass Ejection).

Ledakan yang berasal dari sunspot yang menghasilkan flare dan secara berurutan juga menghasilkan CME disebut sebagai peristiwa badai Matahari atau solar storm [1]. Ledakan ini merupakan pelepasan energi dari sunspot yang lama sebelumnya secara bertahap dan perlahan dikumpulkan dalam sistem medan magnet sunspot. Pada saat kondisi kritis energi yang sudah terkumpul sudah sangat besar, sehingga manakala sistem medan magnet sunspot tidak mampu lagi menahannya, maka terjadi

pelepasan energi ke ruang antarplanet. Energi tersebut merubah situasi tenang menjadi kekacauan beberapa saat. Dalam fisika terjadi peningkatan entropi di ruang antarplanet.

Energi yang demikian besar itu tidak mungkin dihimpun dalam waktu yang singkat dalam beberapa hari sampai minggu. Diduga proses penimbunan energi memerlukan waktu yang lebih panjang. Secara sekilas dari hasil pengamatan jangka panjang selama hampir 30 tahun terhadap dinamika pertumbuhan sunspot; yaitu kemunculan sunspot, pertumbuhan, hancurnya sunspot sebagai flare, lenyapnya sunspot; disini hanya diperoleh gambaran permukaan bahwa ada skala waktu proses antara 30 hari sampai dengan 35 hari.

Suatu pendekatan sistematis dengan menggunakan data hasil pengamatan sunspot dan parameter-parameternya, kemudian menghitung secara otomatis kemungkinan terjadinya sunspot yang akan melepaskan energinya. Suatu perhitungan bobot yang dinormalisir terhadap luas grup sunspot dan kelas energetiknya dalam skala waktu MHDo akan dibahas dalam makalah ini.

## 2. Sunspot Energetik

Keseluruhan dinamika dalam sunspot atau grup sunspot sesuai dengan teori magnetohidrodinamo (MHDo) adalah hasil dari interaksi nonlinier antara materi plasma Matahari dengan medan magnet. Kerumitan dalam mengaplikasikan teori MHDo dengan penggunaan persamaan differensial lengkap yang memasukkan semua unsur-unsur dalam interaksi nonlinier akan memerlukan waktu yang lama serta fasilitas komputasi yang mahal. Hal ini diduga timbul dari situasi bahwa penumpukan energi di sunspot adalah hasil dari interaksi nonlinier yang bertingkat-tingkat. Dari skala mikro-granula ke makro-granula. Makro-granula yang terbesar yang dapat diamati adalah super-granula. Seluruh tingkatan proses tersebut secara bertahap memburai dan sekaligus berubah skalanya. Dari skala penimbunan energi secara stokastik secara bertahap berubah menjadi pre-deterministik yang kemudian bekerja menjadi rotasi diferensial Matahari dalam skala super-granula.

Kondisi-kondisi syarat batas dalam ruang dan waktu antara proses stokastik dengan proses pre-deterministik dalam mekanisme penimbunan energi di sunspot sampai saat ini banyal yang belum terungkap oleh para ahli fisika Matahari. Sebagian besar ahli berkeyakinan bahwa masih banyak penelitian MHDo dalam sunspot yang harus diungkap dan masih memerlukan waktu skitar sepuluh tahunan kedepan [2]. Sementara itu banyak aktifitas Matahari yang memerlukan aktifitas peringatan dini karena dampaknya terhadap navigasi dan komunikasi, demikian pula pada kegiatan manusia setiap hari. Dampak aktifitas Matahari ternyata lebih nyata dalam kehidupan modern manusia yang banyak menggunakan teknologi nir-kabel dalam berkegiatan. Sangat diperlukan metoda yang lebih langsung daripada menunggu hasil penelitian dan kemajuan dalam bidang fisika Matahari.

Pertama yang adalah kelas energetik dari sunspot atau grup sunspot menurut klasifikasi Zurich atau klasifikasi McIntosh. Kedua jenis klasifikasi tersebut adalah ekspektasi skala penimbunan energi yang dikandung setiap kelas sunspot. Kedua klasifikasi tersebut membagi tingkat perkembangan sunspot atau grup sunspot sejak awal timbul di fotosfer, mencapai keadaan optimal, dan akhirnya menuju pelemahan dan akhirnya tenggelam kedalam fotosfer. Keadaan dan proses tersebut diberi simbol sebagai  $Z(x)$  mengambil dari awal huruf klasifikasi Zurich. Fungsi  $Z(x)$  ini dianggap sebagai fungsi distribusi energi yang menyatakan tingkat perkembangan sunspot mulai dari muncul pertama kali hingga akhirnya tenggelam di fotosfer [6].

Kedua adalah luas daerah sunspot atau grup sunspot yang terlihat di fotosfer yang tampaknya juga mengikuti pola umum sunspot dalam menimbun energi medan magnetnya, yaitu bertambah dan mencapai maksimum dan setelah itu akan menyempit dan menghilang. Proses perkembangan luas sunspot ini dinyatakan sebagai  $L(x)$  [6]. Bentuk fungsi dari  $L(x)$  ini serupa dengan bentuk fungsional dari  $Z(x)$  yang memiliki nilai maksimum dan kemudian meluruh. Dari pengamatan sunspot adalah sebagai berikut; sunspot akan timbul sebagai bintik-bintik hitam kecil dengan luasan yang kecil; setelah itu berkembang dengan cepat menjadi beberapa bintik-bintik hitam dengan mulai tampak polaritas medan magnetnya; hampir bersamaan luas dan panjangnya berubah membesar dengan cepat.

Ketiga adalah jumlah titik-titik hitam dari sunspot atau grup sunspot yang dinyatakan dengan  $S(x)$ . fungsi tersebut sebanding langsung dengan jumlah titik-titik hitam di sunspot atau grup sunspot. Jika diasumsikan bahwa medan magnet selalu memenuhi sifat bi-polarinya, maka bilangan  $\frac{1}{2}$  harus ditambahkan untuk mewakili jumlah berkas medan magnet yang terlihat sebagai titik-titik hitam sunspot. Fungsi ini mempunyai kecenderungan yang sama dengan dua fungsi terdahulu, yaitu memiliki sifat bertambah, mencapai maksimum, dan akhirnya meluruh. Fungsi ini dituliskan sebagai  $S(X)$ . Secara fisika fungsi tersebut menyatakan berapa jumlah fluks medan magnet yang berkembang dan meluruh dalam bentuk sunspot atau grup sunspot di fotosfer. Semua ini tanpa harus mendalami bagaimana dinamika timbul dan tenggelamnya fluks medan magnet di sunspot. Fungsi ini juga secara implisit membawa informasi koordinat heliografik dari sunspot, sehingga posisi dari akan terjadinya badai Matahari dapat ditentukan.

### 3. Komputasi

Pengamatan untuk menentukan energetik dari sunspot dari tempat pengamatan Matahari di Watukosek dilakukan setiap hari pada saat cuaca cerah dan diperkirakan akan mendapatkan data dengan kualitas yang cukup baik. Data yang optimal dapat diperoleh antara jam 00:00 UT sampai sekitar 02:00 UT. Pengamatan akan ditunda atau dihentikan jika cuaca tidak memungkinkan untuk dilakukan pengamatan. Parameter perubahan-perubahan cuaca ini juga dicatat dalam setiap laporan harian pengamatan sunspot. Parameter cuaca lokal dijadikan catatan dan data yang bukan utama, tetapi setiap saat dapat diperlukan bila estimasi pengaruh cuaca diperlukan dalam analisa data sunspot. Catatan tambahan tersebut adalah daya lihat sekitar, stabilitas bayangan Matahari, dan sintilasi di atmosfer pada saat observasi. Sesuai dengan perjanjian internasional pengamatan sunspot hal-hal tersebut harus di sertakan dalam laporan karena kualitas data sunspot mempunyai kebergantungan jangka panjang terhadap iklim global. Hasil sampingan dari pengamatan sunspot memang menunjukkan perlahan tapi pasti cuaca global akan juga memberikan pengaruh timbal balik dengan cuaca lokal.

Sebelum data hasil pengamatan sunspot boleh digunakan untuk komputasi peringatan dini harus dijamin bahwa telah dipenuhi prosedur internasional pengamatan dan pengambilan data sunspot. Setiap tempat pengamatan sunspot harus terlebih dulu memperoleh sertifikasi dari badan sunspot internasional yang berkedudukan di Belgia. Disebut sebagai SIDAC atau Solar Influence Data Analysis Center.

Laporan harus juga mengikut sertakan waktu pengamatan dalam standar waktu UT, untuk Watukosek waktu operasi mulai dari jam 00:00 UT sampai dengan 08:00 UT. Atau dalam WIB adalah jam 07:00 WIB sampai dengan jam 15:00 WIB. Matahari bagus diamati dari Watukosek dari jam 00:00 UT sampai dengan 07:00 UT. Setelah itu temperatur sekitar meningkat dan stabilitas bayangan Matahari menjadi berkurang. Karena sunspot adalah fenomena yang bergerak lambat, maka pencatatan waktu adalah rata-rata dari waktu awal pencatatan data dan waktu akhirnya. Hasil ini dianggap sebagai waktu definitif pencatatan sunspot. Ukuran gambar dari data internasional adalah ukuran kertas B4. Lembar kertas tersebut dianggap sebagai laporan pengamatan sunspot hari itu. Setelah itu parameter waktu seperti bulan, tanggal, tahun harus tercatat dengan jelas. Semua hal yang tertulis dalam kertas pengamatan ditulis dalam bahasa Internasional.

Prosedur internasional yang sama telah diadopsi oleh National Astronomical Observatory of Japan (NAOJ) sejak tahun 1940. Di Watukosek prosedur di NAOJ kemudian dipelajari dan diterapkan dalam pengamatan harian sejak November 1987. Prosedur tambahan yang tidak tercantum dalam pengamatan sunspot di NAOJ adalah catatan digital dalam bentuk kode ASCII yang mencatat seluruh hasil pengamatan kedalam bentuk kode ASCII. Termasuk nama pengamat hari itu. Data ASCII dimasukkan kedalam data base sunspot lapis kedua. Untuk membaca data ASCII tersebut hanya diperlukan pembuatan software pendek dan sederhana [3]. Karena kode ASCII dapat dibaca oleh sembarang editor, maka data dapat dengan mudah dibaca dan jika perlu ditransmisikan tanpa kesulitan. Kode tersebut dirancang dapat dianalisa oleh sembarang software dalam lingkungan sembarang operating system.

Keluaran dari data ASCII dicantumkan dalam Gambar 1 di bawah ini [4]. Gambar menunjukkan harga atau bilangan sunspot yang penting, yaitu **R**. Selain itu gambar memuat bilangan grup dan bilangan titik-hitam sunspot. Selain harga total untuk belahan Matahari seluruhnya juga dicantumkan untuk belahan utara dan selatan Matahari. Gambar 2 adalah hasil pembacaan kesebandingan harga bilangan **R** dengan kemungkinan terjadinya sunspot yang melepaskan badai Mataharinya. Hasil olahan ini dimungkinkan dengan adanya posisi heliografik dari sunspot yang berupa proyeksi ortografik dan perhitungan berdasarkan metoda yang dibahas dalam pasal 2.

**December 2014**

Date	Time (UT) hhmm	North			South			Total			Obsr	No. Skt
		g	f	R	g	f	R	g	f	R		
01	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	NW	----
02	0513	2	11	19.34	3	34	39.94	5	45	59.28	AT	326
03	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	AT	----
04	0335	3	6	22.46	2	28	29.95	5	34	52.42	NW	327
05	0140	1	2	7.49	2	13	20.59	3	15	28.08	AT	328
06	0040	0	0	0.00	2	4	14.98	2	4	14.98	YD	329
07	0212	0	0	0.00	2	6	16.22	2	6	16.22	SA	330
08	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	AT	----
09	0045	1	8	11.23	3	13	26.83	4	21	38.06	NW	331
10	0013	2	10	18.72	3	22	32.45	5	32	51.17	NO	332
11	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	AT	----
12	0135	3	17	29.33	5	16	41.18	8	33	70.51	NW	333
13	0007	3	19	30.58	4	25	40.56	7	44	71.14	AT	334
14	0037	5	22	44.93	6	28	54.91	11	50	99.84	SA	335
15	0135	4	18	36.19	5	39	55.54	9	57	91.73	AT	336
16	0043	4	28	42.43	5	47	60.53	9	75	102.96	NO	337
17	0100	3	9	24.34	4	67	66.77	7	76	91.1	NW	338
18	0243	3	9	24.34	4	45	53.04	7	54	77.38	NO	339
19	0117	4	19	36.82	4	56	59.9	8	75	96.72	AT	340
20	0008	3	9	24.34	3	76	66.14	6	85	90.48	YD	341
21	0042	2	5	15.6	3	85	71.76	5	90	87.36	SA	342
22	0215	4	15	34.32	3	45	46.8	7	60	81.12	NW	343
23	0212	2	9	18.1	4	30	43.68	6	39	61.78	NO	344
24	0035	2	4	14.98	4	20	37.44	6	24	52.42	NW	345
25	0230	2	3	14.35	4	33	45.55	6	36	59.9	YD	346
26	0033	4	8	29.95	4	19	36.82	8	27	66.77	SA	347
27	0034	2	4	14.98	3	27	35.57	5	31	50.54	SA	348
28	0020	1	2	7.49	2	16	22.46	3	18	29.95	YD	349
29	0210	1	2	7.49	3	15	28.08	4	17	35.57	AT	350
30	0055	1	2	7.49	4	25	40.56	5	27	48.05	NW	351
31	0240	1	2	7.49	4	18	36.19	5	20	43.68	NO	352
Mean				20.18			41.65			61.82		

Gambar 1: Contoh luaran hasil pembacaan data ASCII untuk menghitung bilangan sunspot **R** dan basic data untuk menghitung potensi terjadinya flare **P**.

**4. Limit bawah**

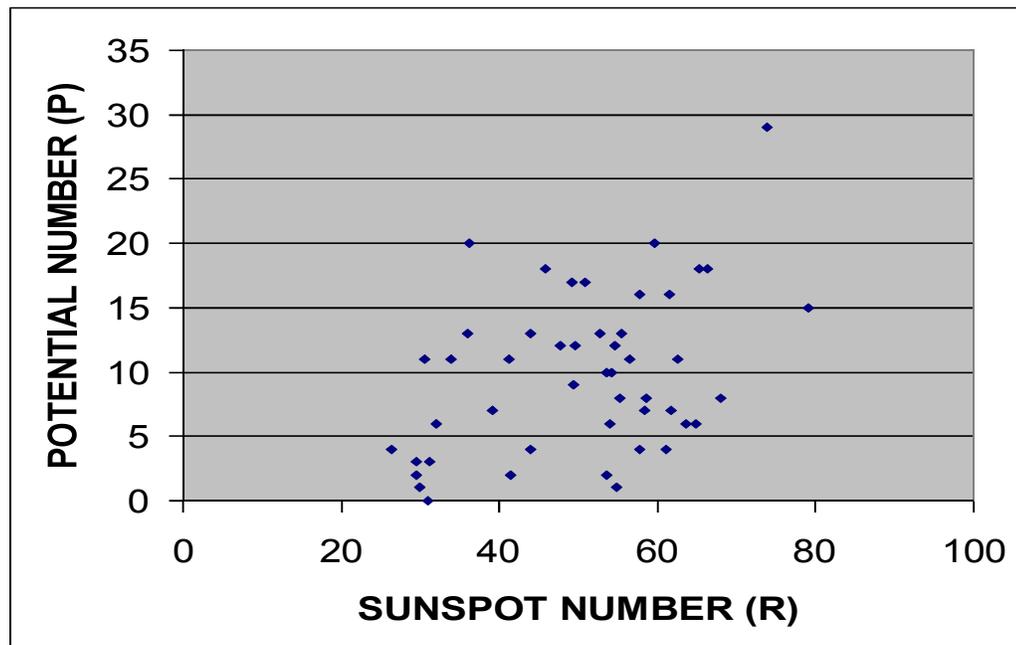
Dalam kegiatan peringatan dini aktivitas Matahari perlu diketahui seberapa harga limit bawah dari bilangan **R** dari suatu sunspot masih dapat menghasilkan pelepasan energinya untuk menghasilkan flare, CME, dan badai Matahari. Hasil ini akan membantu kita kapan peringatan dini diberikan kepada operator satelit komunikasi, satelit navigasi, dan stasiun antariksa internasional. Dan kapan situasi aman kembali untuk kegiatan komunikasi dan navigasi. Selain itu kita juga bisa memberikan waktu berapa lama durasi bahaya dan berapa lama koridor aman sebelum datangnya badai Matahari.

Bilangan **R** digunakan sebagai variabel bebas yang fundamental untuk menentukan limit bawah yang dikaitkan dengan sunspot yang potensial menghasilkan badai. Bilangan **R** sering digunakan untuk penjejak dalam mencari dan meneliti proses-proses dalam pengembangan awal suatu penelitian. Contohnya adalah penggunaan bilangan **R** untuk mencari hubungan dengan jumlah kejadian flare. Penelitian ini pada akhirnya menemukan mekanisme baru terjadinya flare. Yaitu suatu pencilan menunjukkan adanya mekanisme rekoneksi medan magnet dalam proses flare. Walaupun kejadiannya sangat jarang jenis flare tersebut tidak selalu didahului adanya sunspot. Sejak itu banyak sekali diskusi yang melibatkan teori MHD untuk menjelaskan proses tersebut [5]. Beberapa penelitian lain menggunakan bilangan **R** untuk kesebandingan dengan kejadian CME.

Baik flare maupun CME mempunyai asal yang sama yaitu sunspot yang melepaskan energinya. Aliran energi ini mempengaruhi lapisan-lapisan di atasnya hingga ke Korona dan runag antarplanet. Tahun-tahun berikutnya ahli fisika Matahari mencoba meneliti bagaimana proses dilepasnya energi yang sangat besar dengan menggunakan teori MHS (magnetohirostatis) untuk mempelajari kondisi kritis sesaat sebelum energi terlepas dari sunspot. Umumnya hasil penelitian terbagi dalam tiga kategori. Pertama, pendekatan menggunakan fungsi analitik untuk mempelajari apakah ada kondisi kritis yang akan dilalui, dan setelah itu konfigurasi akan berubah cepat. Kedua, mencari model fungsio gangguan dalam orde terendah untuk mengetahui apakah situasi akan menuju ledakan pelepasan energi. Ketiga, membuat harga awal dan menggunakannya kedalam pemecahan numerik untuk melihat tahap demi tahap propagasi energi yang di bebaskan dari sunspot.

Penjelasan di atas menunjukkan bahwa sebab dan akibat sunspot membebaskan energi yang demikian besar bukanlah mudah. Hingga hari ini penelitian semakin intensif setelah diketahui bahwa akibat ledakan atau pelepasan energi dari sunspot mampu mempengaruhi kondisi fisis hingga ke dekat orbit Bumi, bahkan hingga memasuki atmosfer Bumi mempengaruhi komunikasi dan navigasi.

Cara langsung yaitu dengan menggunakan bilangan sunspot **R** dengan skala waktu  $MHD_0 \cdot 1/T_0$  kemudian menyertakan perhitungan dari hasil kali  $Z(x) \otimes L(x) \otimes S(x)$  yang dibagi atau dinormalisir terhadap bobot kombinasi dari hasil kali  $Z(x) \otimes L(x)$ . Hasil-hasil dari prosedur ini dapat dibaca dari data ASCII pengamatan sunspot. Setiap kali selesai pengamatan data parameter sunspot ditambahkan kedalam catatan data ASCII dengan cara 'append'. Hasilnya dituliskan sebagai file dengan kode MMYYYY.SSX. Dengan prosedur ini peringatan dini aktifitas di Watukosek secara implisit dipoeruntukan 24 jam kedepan [6][7]. 'Cross-check' dapat dilakukan dengan mengakses data Dst-index untuk 'real-time' dari Universitas Kyoto dui Jepang.



Gambar 2: Grafik plot bilangan potensi flare **P** terhadap bilangan sunspot number **R** dari tahun 2012 sampai dengan 2014 di LAPAN Watukosek. Perhitungan menurut perumusan  $P=(1/T_0)Z(x).L(x).S(x)/Z(x).L(x)$ . Limit bawah untuk bilangan potensi dapat dilihat ketika bilangan sunspot lebih kecil dari 20.

## 5. Diskusi

Bilangan **R** yang sudah lama digunakan sejak 1700, memberikan cara yang langsung dalam hal memperkirakan apakah daerah aktif sunspot akan tetap tenang ataupun akan bergejolak dan segera

melepaskan simpanan energinya ke ruang antarplanet. Dengan mengetahui secara eksplisit limit bawah bilangan sunspot  $R$ , yaitu harga terkecil dimana sunspot tidak akan membebaskan energinya, maka diharapkan kita bisa memberikan berita bahwa tidak ada gangguan dari Matahari yang mengganggu navigasi dan komunikasi dalam rentang waktu beberapa hari mendatang. Ataupun juga bilaman terjadi pelepasan energi dari sunspot yang akan segera berpengaruh ke Bumi [8].

Pemilihan bilangan  $R$  bukannya tanpa alasan. Harga tersebut adalah bilangan yang telah lama digunakan dalam penelitian aktivitas Matahari yang telah terstruktur secara akademis sejak dimulainya penelitian Matahari internasional tahun 1700. Selain itu penggunaan bilangan  $R$  dipilih karena satu-satunya bilangan yang mencerminkan peristiwa-peristiwa dilapisan bawah fotosfer yang tidak mudah dilihat ataupun diamati dengan teleskop Matahari. Karena alasan tersebut bilangan  $R$  sering dipakai dalam studi magnetohidrodinamo pembangkitan sunspot dan pelepasan flare dari permukaan Matahari. Karena keterbatasan data dalamnya lapisan Matahari, interpretasi lebih lanjut tidak diharapkan akan memperoleh gambaran baru proses-proses di dalam Matahari. Walaupun demikian metoda ini telah banyak dipakai dan mempermudah kita untuk memberikan peringatan dini terhadap operator komunikasi dan navigasi satelit.

Penelitian ini terbuka untuk konsep-konsep baru yang lain ataupun modifikasi dari konsep ini. Masih terbuka untuk mengembangkan konsep ini menjadi lebih lengkap dan lebih akademis dengan melibatkan lebih banyak konsep-konsep matematika kedalam penelitian ini. Hasilnya diharapkan akan menambah referensi ke-ilmuan khusus untuk peringatan dini akibat-akibat aktivitas Matahari.

#### Daftar Pustaka

- [1]. Budhi, G.S., Adipranata, R., Setiahadhi, B., Adrian, H.N. (2012), Solar Storm Type Classification Using Probabilistic Neural Network Compared with the Self-Organizing Map, *Journal Ilmiah Kursor*, V. 6, No. 4, pp. 211-220.
- [2]. Setiahadhi, B. (2005), Problems of Equilibrium and Instabilities on Solar Coronal Magnetic Fields and Its Evolution Towards Energetic Energy Liberation: Effects to Interplanetary Space, *National Seminar on Mathematics*, Diponegoro University, p. E.1.
- [3]. Setiahadhi, B. (2007), Daily Observational Sunspot ASCII Data for Long-Term Solar Magnetohydrodynamo Studies at Lapan Watukosek, *Proceedings of National Conference on Computer Science & Information Technology*, Faculty of Computer Science, University of Indonesia, pp. 137-142.
- [4]. Setiahadhi, B. (2007), Solar Observation Procedures to Obtain the Watukosek White Light Solar ASCII Data for Statistical Space Warnings, *Proceedings of International Conference on Rural Information and Communication Technology 2007*, ITB Research Center on ICT, pp. 101-105. (ISBN 978-979-15509-1-8).
- [5]. Setiahadhi, B. (2007), MHD Numerical Simulation of Interactions Between the Solar Storm and the Planet, *Prosiding Seminar Nasional Sistem dan Teknologi Informasi (SNASTI)*, STIKOM, Surabaya, pp. III 1-5, (ISBN 978-979-8968-30-3).
- [6]. Setiahadhi, B. (2010), Solar Flare Occurrence by Considering the Zurich Classification, Area of Active Region and Magnetic Topology: Warning to Solar Activity, *Univ. Negeri Yogyakarta*, pp. 375-385.
- [7]. Setiahadhi, B. (2011), Solar Eruption on 4 January 2011: Case Study for Space Early Warning, *Seminar Nasional Pendidikan Matematika, LSM XIX*, Univ Neg Yogya, pp. 139-149, (ISBN 978-979-17763-3-2).
- [8]. Setiahadhi, B. (2009), Global MHD Simulation of the Magnetospheric Response due to Transient Solar Wind Studied at LAPAN Watukosek 2009: The Space Early Warnings, *Prosiding Nasional Pascasarjana IX – ITS*, Surabaya, ISBN: 978-979-96565-5-1