

## PREDIKSI BINTIK MATAHARI UNTUK SIKLUS 24 SECARA NUMERIK

**John Maspupu**

*Pussainsa LAPAN, Jl. Dr. Djundjuran No. 133 Bandung 40173,  
Tlp. 0226012602 Pes. 106. Fax. 0226014998  
Email: john\_mspp@yahoo.com*

### **Abstrak**

Makalah ini membahas suatu prediksi kondisi akhir atau minimum berikutnya dari bintik matahari untuk siklus 24. Teknik yang digunakan untuk memprediksi kondisi akhir bintik matahari tersebut adalah secara numerik yang melibatkan penggabungan konsep beda hingga (*finite difference*) dan model Xanthakis. Selain itu data yang digunakan untuk keperluan prediksi tersebut adalah data rata-rata bulanan bilangan bintik matahari selama 2 (dua) siklus matahari (mulai dari siklus 22 sampai siklus 23) yang bersumber dari SPD-LAPAN di Watukosek. Sedangkan tujuannya adalah untuk memperkirakan waktu tercapainya kondisi akhir dan bilangan bintik matahari (BBM) pada saat itu. Ternyata menurut hasil prediksi ini aktivitas bintik matahari terendah untuk siklus 24 diperkirakan terjadi pada bulan Juni 2023. Sedangkan minimum rata-rata bilangan bintik matahari pada saat itu diperkirakan sebesar 7,23. Dengan demikian kontribusi dari hasil prediksi ini adalah sebagai tambahan informasi yang terkait dengan penurunan aktivitas di matahari serta dampaknya pada lingkungan antariksa dan kondisi iklim di bumi.

**Kata kunci:** *Prediksi ; Bilangan Bintik Matahari ; Siklus ke-24.*

### **PENDAHULUAN**

Dari hasil-hasil observasi matahari, telah ditemukan bahwa aktivitas di matahari setidaknya terdiri dari tiga jenis peristiwa. Ketiga fenomena aktivitas matahari ini antara lain dikenal dengan sebutan *flare*, lontaran masa korona atau *CME* (*coronal mass ejection*) dan bintik matahari (*sunspot*). *Flare* merupakan suatu fenomena ledakan di matahari sebagai akibat terbukanya salah satu kumparan medan magnet pada bagian matahari. Sedangkan *CME* merupakan fenomena pelontaran sebagian masa dari lapisan terluar matahari atau atmosfer matahari yang suhunya mencapai sekitar dua juta derajat Celcius (daerah korona) ke arah bumi. Kemudian bintik matahari adalah suatu peristiwa pemunculan bintik-bintik hitam di permukaan matahari. Daerah bintik matahari memiliki medan magnet yang sangat besar yaitu sekitar 1000 sampai 4000 Gauss.

Selain itu suhu di bintik matahari relatif lebih rendah dibandingkan dengan daerah lain di permukaan matahari. Kemunculan bintik matahari juga dapat mengindikasikan tingkat aktivitas matahari. Itu berarti jika jumlah bintik di permukaan matahari banyak maka aktivitas matahari pun tinggi. Sebaliknya jika jumlah bintik di permukaan matahari sedikit maka aktivitas matahari pun rendah.

Selanjutnya periode satu siklus matahari biasanya berkisar antara 9 sampai 15 tahun, namun rata-rata satu siklus matahari menurut hasil pengamatan adalah 11 tahun. Setiap siklus matahari yang terlihat pada perilaku kurva banyaknya bintik matahari (BBM) umumnya memiliki 3 kondisi bintik matahari yaitu kondisi awal bintik matahari (minimum), kondisi puncak bintik matahari (maksimum) dan kondisi akhir bintik matahari (minimum). Sedangkan waktu antara kondisi awal bintik matahari sampai kondisi puncak bintik matahari tidak selalu sama dengan waktu antara kondisi puncak bintik matahari sampai kondisi akhir bintik matahari. Aktivitas matahari pada saat kondisi awal dan akhir bintik matahari biasanya cenderung rendah, sebaliknya

pada saat kondisi puncak bintik matahari, aktivitasnya sangat tinggi. Berdasarkan perhitungan data-data pengamatan ternyata, matahari saat ini sedang menjalani siklus yang ke- 24 dan puncaknya diprediksi akan terjadi pada bulan Juni 2014 (lihat Maspupu J., 2010b). Oleh karena itu muncul pemikiran selanjutnya untuk memprediksi kondisi akhir bintik matahari selama siklus ke-24 dan inilah yang melatarbelakangi penentuan judul makalah tersebut di atas. Dengan demikian tujuan pembahasan makalah ini adalah memprediksi bilangan bintik matahari minimum pada saat kondisi akhir siklus ke-24. Namun yang menjadi masalah adalah bilamana terjadinya kondisi akhir dari siklus ke-24 ini? Dan berapa besar bilangan bintik matahari minimum pada saat itu? Untuk itu perlu disusun suatu metodologi yang melibatkan penggabungan konsep matematik secara numerik yaitu beda hingga (*finite difference*) dan model prediksi minimum Xanthakis. Selain itu, manfaat hasil prediksi ini adalah sebagai tambahan informasi yang terkait dengan penurunan aktivitas di matahari serta dampaknya pada lingkungan antariksa dan kondisi iklim di bumi.

### METODE PENELITIAN

Data  $T_D$  (*time of descending*) yang digunakan dalam penelitian ini dihitung berdasarkan data-data olahan rata-rata bulanan bilangan bintik matahari selama 2 (dua) siklus matahari (mulai dari siklus 22 sampai siklus 23) yang bersumber dari SPD-LAPAN di Watukosek. Sedangkan metode yang digunakan dalam penelitian ini, menyangkut teknik numerik dari formulasi beda hingga (lihat Curtis F. G., 1980 dan Hoffman Joe D., 2001) yang dilanjutkan dengan model prediksi minimum dari Xanthakis (lihat Xanthakis J.,1965).

Selanjutnya tahapan kegiatan penelitian yang dilakukan ini dapat dijabarkan dalam beberapa langkah berikut :

- i).Kompilasi data rata-rata bulanan bilangan bintik matahari selama 2 (dua) siklus (siklus 22 s/d 23) dari SPD-LAPAN di Watukosek.
- ii).Seleksi tahun-tahun terjadi bilangan bintik matahari maksimum dan minimum ( $T_{Hmaks}$  &  $T_{Hmin}$ ), juga besarnya rata-rata bulanan bilangan bintik matahari minimum ( $R_{min}$ ) untuk siklus 22 dan siklus 23.
- iii).Hitung selang waktu kenaikan  $T_R$  (selang waktu antara min. sampai maks.) dan selang waktu penurunan  $T_D$  (selang waktu antara maks. sampai min. berikutnya) untuk siklus 22 dan siklus23.
- iv). Gunakan formulasi ekstrapolasi beda hingga (lihat Sastry S. S.,1979) untuk memprediksi  $T_D$  siklus 24 sebagai berikut,

$$T_D(N) = T_D(0) + p \frac{\Delta T_D(0)}{1!} + p(p-1) \frac{\Delta^2 T_D(0)}{2!} + \dots + p(p-1)\dots(p-n+1) \frac{\Delta^n T_D(0)}{n!}$$

dengan  $p = \frac{N_n - N_0}{h}$  dan  $h = N_n - N_{n-1} = \dots = N_1 - N_0$ . Sedangkan galatnya

$$(error) \text{ dihitung dengan relasi } E(T_D) = p(p-1)\dots(p-n) \frac{\Delta^{n+1} T_D(0)}{(n+1)!}.$$

- v). Perkirakan  $T_{Hmin}$  untuk kondisi akhir siklus N , (dalam hal ini N = 22, 23, 24).
- vi). Gunakan model prediksi minimum dari Xanthakis (lihat Xanthakis J.,1965) untuk menentukan kondisi akhir rata-rata bulanan bilangan bintik matahari minimum yaitu,  $\overline{R_{min. pred}} \propto \overline{R_{min. obs.}} \cos^2 \frac{\pi}{2T_D} t + g_2$  dengan ketentuan sebagai berikut:
  - a).  $g_2 = -3l_R \sin \frac{\pi}{8} t$ , untuk  $T_D \geq 7,5$ .
  - b).  $g_2 = -2l_R \sin \frac{\pi}{6} t$ , untuk  $6 \leq T_D < 7,5$ .
  - c).  $g_2 = -l_R \sin \frac{\pi}{5} t$ , untuk  $T_D < 6$ .

Sedangkan  $l_R = 6,3$  adalah konstanta estimasi berdasarkan kuadrat terkecil (*least square estimation*) dari data-data olahan observasi.

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Metode numerik yang melibatkan penggabungan konsep beda hingga (*finite difference*) dan model Xanthakis ini telah digunakan untuk memprediksi minimum siklus-siklus lainnya ( $N = 22, 23$ ). Hasil serta akurasi dapat dilihat pada Tabel 3-5 dan Tabel 3-6. Selanjutnya pembahasan makalah ini mengkompilasikan data rata-rata bulanan bilangan bintik matahari selama 2 (dua) siklus, mulai dari siklus 22 sampai siklus 23 (tahun 1987 sampai tahun 2009) yang diperoleh dari SPD-LAPAN di Watukosek sesuai dengan langkah i) di bagian metodologi dan dapat dilihat pada Tabel 3-1.

Dari data rata-rata bulanan selama 2 (dua) siklus matahari ini diseleksi tahun-tahun minimum dan maksimum dari bilangan bintik matahari serta  $R_{\min}$  untuk kedua siklus ( $N = 22, 23$ ), sesuai dengan langkah ii) di bagian metodologi. Kemudian kondisi awal tahun minimum bilangan bintik matahari untuk siklus 24 atau kondisi akhir tahun minimum bilangan bintik matahari untuk siklus 23, ditentukan berdasarkan kriteria minimum dari pendekatan spline kubik yaitu Agustus 2008 (lihat Maspupu J., 2010a). Sedangkan tahun maksimum bilangan bintik matahari untuk siklus 24 diprediksi secara numerik dengan menggunakan metode atau formulasi ekstrapolasi Newton-Gregory (lihat Maspupu J., 2010b). Semua hasil observasi dan perhitungan  $R_{\min}$  pada tahun minimum bilangan bintik matahari serta prediksi tahun maksimum bilangan bintik matahari untuk siklus 24, ini ditabulasikan dalam Tabel 3-2.

Tabel 3-1. Rata-rata bulanan bilangan bintik matahari SPD-LAPAN Watukosek

No	BULAN	TAHUN	R(MEAN)	No	BULAN	TAHUN	R(MEAN)
1	2	3	4	1	2	3	4
1	Januari	1987	6.47	45	September		116.98
2	Februari		2.36	46	Oktober		137.84
3	Maret		11.4	47	Nopember		129.02
4	April		33.12	48	Desember		136.01
5	Mei		25.13	49	Januari	1991	159.29
6	Juni		25.13	50	Februari		193.2
7	Juli		36.76	51	Maret		199.17
8	Agustus		34.97	52	April		171.98
9	September		44.90	53	Mei		174.57
10	Oktober		54.83	54	Juni		192
11	Nopember		31.74	55	Juli		213.35
12	Desember		18.83	56	Agustus		206.22
13	Januari	1988	38.34	57	September		159.58
14	Februari		21.29	58	Oktober		194.47
15	Maret		44.34	59	Nopember		139.78
16	April		61.45	60	Desember		228.59
17	Mei		35.64	61	Januari	1992	245.84
18	Juni		73.89	62	Februari		242.54
19	Juli		74.86	63	Maret		293.16
20	Agustus		81.72	64	April		177.44
21	September		90.23	65	Mei		161.56
22	Oktober		111.93	66	Juni		143.42
23	Nopember		105.76	67	Juli		196.72
24	Desember		133.34	68	Agustus		160.7

*John Maspupu / Prediksi Bintik Matahari*

25	<b>Januari</b>	<b>1989</b>	124.96	69	September		101.17
26	Februari		126.26	70	Oktober		126.77
27	Maret		101.09	71	Nopember		110.88
28	April		88.08	72	Desember		102.85
29	Mei		105.54	73	<b>Januari</b>	<b>1993</b>	86.14
30	Juni		142.12	74	Februari		124.69
31	Juli		86.25	75	Maret		105.73
32	Agustus		118.37	76	April		106.08
33	September		121.39	77	Mei		88.75
34	Oktober		108.3	78	Juni		72.77
35	Nopember		123.44	79	Juli		78.22
36	Desember		99.89	80	Agustus		50.54
37	<b>Januari</b>	<b>1990</b>	127.92	81	September		27.19
38	Februari		96.84	82	Oktober		57.99
39	Maret		121.13	83	Nopember		37.56
40	April		123.67	84	Desember		51.1
41	Mei		99.57	85	<b>Januari</b>	<b>1994</b>	68.82
42	Juni		99.41	86	Februari		36.06
43	Juli		141.57	87	Maret		31.28
44	Agustus		173.17	88	April		20.9

89	Mei		21.86	137	Mei		44.21
90	Juni		28.41	138	Juni		54.36
91	Juli		35.15	139	Juli		60.3
92	Agustus		23.23	140	Agustus		73.93
93	September		26.1	141	September		83.35
94	Oktober		43.1	142	Oktober		42.19
95	Nopember		18.33	143	Nopember		55.79
96	Desember		23.88	144	Desember		75.29
97	<b>Januari</b>	<b>1995</b>	19.16	145	<b>Januari</b>	<b>1999</b>	49.05
98	Februari		26.68	146	Februari		61.8
99	Maret		27.4	147	Maret		64.15
100	April		22.06	148	April		62.75
101	Mei		16.89	149	Mei		100.66
102	Juni		16.87	150	Juni		139.98
103	Juli		15.72	151	Juli		107.25
104	Agustus		15.78	152	Agustus		93.7
105	September		12.6	153	September		69.6
106	Oktober		17.88	154	Oktober		102.34
107	Nopember		10.25	155	Nopember		127.94
108	Desember		8.07	156	Desember		71.88
109	<b>Januari</b>	<b>1996</b>	9.18	157	<b>Januari</b>	<b>2000</b>	96.58
110	Februari		4.6	158	Februari		99.43
111	Maret		8.69	159	Maret		143.15
112	April		4.68	160	April		125.47
113	Mei		6.1	161	Mei		114.36
114	Juni		9.81	162	Juni		128.29
115	Juli		7.68	163	Juli		174.38
116	Agustus		14.96	164	Agustus		116.44
117	September		1.93	165	September		112.51

*Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA,  
Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, 14 Mei 2011*

118	Oktober		0.23	166	Oktober		87.74
119	Nopember		14.63	167	Nopember		94.93
120	Desember		7.44	168	Desember		95.82
121	<b>Januari</b>	<b>1997</b>	3.23	169	<b>Januari</b>	<b>2001</b>	91.98
122	Februari		7.97	170	Februari		73.25
123	Maret		7.22	171	Maret		109.04
124	April		13.36	172	April		117.62
125	Mei		17.57	173	Mei		100.26
126	Juni		13.12	174	Juni		142.06
127	Juli		8.39	175	Juli		79.4
128	Agustus		21.05	176	Agustus		117.71
129	September		38.8	177	September		167.23
130	Oktober		18.82	178	Oktober		121.75
131	Nopember		32.78	179	Nopember		100.73
132	Desember		31.31	180	Desember		141.38
133	<b>Januari</b>	<b>1998</b>	28.92	181	<b>Januari</b>	<b>2002</b>	116.96
134	Februari		30.86	182	Februari		109.85
135	Maret		49.76	183	Maret		86.4
136	April		44.26	184	April		123.49

185	Mei		124.63	234	Mei		21.22
186	Juni		82.28	235	Juni		13.06
187	Juli		105.46	236	Juli		11.46
188	Agustus		106.44	237	Agustus		10.4
189	September		111.32	238	September		13.23
190	Oktober		89.41	239	Oktober		8.11
191	Nopember		80.5	240	Nopember		17.72
192	Desember		85.49	241	Desember		11.12
193	<b>Januari</b>	<b>2003</b>	78.05	242	<b>Januari</b>	<b>2007</b>	15.56
194	Februari		45.27	243	Februari		9.63
195	Maret		59.22	244	Maret		3.98
196	April		58.36	245	April		2.97
197	Mei		53.66	246	Mei		9.38
198	Juni		71.2	247	Juni		10.34
199	Juli		73.99	248	Juli		8.59
200	Agustus		63.63	249	Agustus		5.01
201	September		41.68	250	September		2.04
203	Oktober		58.26	251	Oktober		0.83
204	Nopember		47.8	252	Nopember		0.28
205	Desember		36.64	253	Desember		10.72
206	<b>Januari</b>	<b>2004</b>	33.04	254	<b>Januari</b>	<b>2008</b>	0.78
207	Februari		37.81	255	Februari		1.02
208	Maret		41.52	256	Maret		7.23
209	April		36.48	257	April		1.92
210	Mei		38.81	258	Mei		1.96
211	Juni		42.89	259	Juni		1.66
212	Juli		53.04	260	Juli		0
213	Agustus		42.07	261	Agustus		0
214	September		26.35	262	September		0.29
215	Oktober		41	263	Oktober		1.66

216	Nopember		38.73	264	Nopember		3.14
217	Desember		14.57	265	Desember		0
218	<b>Januari</b>	<b>2005</b>	26.61	266	<b>Januari</b>	<b>2009</b>	0
219	Februari		26.28	267	Februari		0.27
220	Maret		22.87	268	Maret		0.8
221	April		22.72	269	April		0
222	Mei		38.16	270	Mei		0.71
223	Juni		34.32	271	Juni		3.08
224	Juli		36.61	272	Juli		3.42
225	Agustus		35.44	273	Agustus		0
226	September		21.47	274	September		3.52
227	Oktober		4.5	275	Oktober		4.23
228	Nopember		12.93	276	Nopember		2.88
229	Desember		33.2	277	Desember		9.15
230	<b>Januari</b>	<b>2006</b>	12.22	278	<b>Januari</b>	<b>2010</b>	12.06
231	Februari		3.47				
232	Maret		10.47				
233	April		29.33				

Tabel 3-2. Hasil observasi dan perhitungan  $\overline{R_{\min}}$  pada kondisi akhir tahun-tahun minimum dan maksimum BBM untuk siklus N = 22, 23, 24.

Siklus ke- N	$T_R$ (time of rise)	$T_D$ (time of desc.)
22	4.50	4.58
23	3.75	8.08

Catatan : Data dengan notasi \*) adalah hasil prediksi (lihat Maspupu J., 2010b).

1996 – 10 artinya tahun 1996 bulan ke- 10 (bulan Oktober), begitu juga 2008 – 8 artinya tahun 2008 bulan ke- 8 (bulan Agustus) dan seterusnya.

Dari hasil Tabel 3-2., kemudian dihitung  $T_R$  (selang waktu antara min. sampai maks.) dan  $T_D$  (selang waktu antara maks. sampai min. berikutnya) untuk siklus N = 22, 23 sesuai dengan langkah ii) di bagian metodologi. Hasil perhitungan ini telah ditabulasikan dalam Tabel 3-3.

Tabel 3-3. Hasil perhitungan  $T_R$  (selang waktu antara min. s/d maks.) dan  $T_D$  (selang waktu antara maks. sampai min. berikutnya) pada BBM untuk siklus N = 22, 23.

Siklus ke- N	Kondisi akhir Tahun Minimum	Tahun Maksimum	Kondisi akhir $\overline{R_{\min}}$ obs.
22	1996 - 10	1992 - 3	0.23
23	2008 - 8	2000 - 7	0.0
24	?	2014 - 6 *	?

Kemudian lakukan prediksi  $T_D$  untuk siklus 22, 23 dan 24 dengan menerapkan langkah iv) dari bagian metodologi ini pada hasil-hasil di Tabel 3-3. Hasil penerapannya dapat dilihat pada tabel di bawah ini yaitu Tabel 3-4.

Tabel 3-4. Hasil perhitungan  $T_D$  ( $T_{DHit.}$ ) dan prediksi  $T_D$  ( $T_{DPred.}$ ) untuk  $N = 22, 23, 24$ .

Siklus ke-N	$T_{DHit.}$	$T_{DPred.}$
22	4.58	5.7
23	8.08	5.3
24	?	<b>9.07</b>

Nilai-nilai prediksi  $T_D$  atau  $T_{DPred.}$  dari tabel 3-4 di atas ini, selanjutnya digunakan untuk memperkirakan tahun terjadinya bilangan bintik matahari minimum ( $T_{Hminpred.}$ ). Hasil-hasil penerapan langkah v) di bagian metodologi ini dapat dilihat pada Tabel 3-5.

Tabel 3-5. Hasil observasi kondisi akhir  $T_{Hmin}$  dan prediksi  $T_{Hmin}$  selama  $N = 22, 23, 24$ .

Siklus ke- N	Kondisi akhir $T_{Hmin obs.}$	Kondisi akhir $T_{Hmin pred.}$	% Galat ( $E_p$ )
22	1996 - 10	1997 - 11	24.5
23	2008 - 8	2005 - 11	33.66
24	?	<b>2023 - 6</b>	<b>32.74</b>

Kemudian untuk prediksi rata-rata bulanan  $R_{min}$  selama  $N = 22, 23, 24$ , dapat menggunakan model Xanthakis seperti pada langkah vi) di bagian metodologi. Sedangkan hasil perhitungan prediksi tersebut di atas telah dicantumkan dalam Tabel 3-6.

Tabel 3-6. Hasil observasi kondisi akhir rata-rata bulanan  $R_{min}$  dan prediksi rata-rata bulanan  $R_{min}$  serta rata-rata bulanan  $R_{maks}$  selama  $N = 22, 23, 24$ .

Siklus ke- N	Kondisi akhir $\overline{R_{min obs.}}$	$\overline{R_{maks obs.}}$	Kondisi akhir $\overline{R_{min pred.}}$	% Galat ( $E_p$ )
22	0.23	293.16	3.70	1.184
23	0.0	174.38	0.01	0.006
24	?	<b>85.96 *</b>	<b>7.23</b>	

Catatan : Data dengan notasi \* ) adalah hasil prediksi (lihat Maspupu J., 2010b).

Hasil prediksi rata-rata  $R_{min}$  atau  $\overline{R_{min pred.}}$  untuk kondisi akhir siklus 24 atau kondisi awal siklus 25 adalah sebesar **7,23** unit dan ini dikategorikan pada kelompok I (*Group I*) dari siklus-siklus bintik matahari (lihat Setiahadhi B., et.al., 1996).

## KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan makalah ini, ternyata aktivitas bintik matahari terkecil untuk kondisi akhir siklus 24 atau kondisi awal siklus 25 diperkirakan terjadi pada bulan **Juni 2023** dengan galat (*error*) metodenya sebesar **32,74 %** (lihat Tabel 3-5). Sedangkan minimum rata-rata bilangan bintik matahari pada saat itu diperkirakan sebesar **7,23** dengan galat (*error*) yang bervariasi untuk setiap siklus (lihat Tabel 3-6). Dari hasil-hasil prediksi siklus matahari ke-24 yang dimulai dengan kondisi awal minimum pada bulan Agustus 2008 (lihat Maspupu J., 2010a), kemudian kondisi puncak maksimum di bulan Juni 2014 (lihat Maspupu J., 2010b) dan kondisi akhir minimum berikutnya pada bulan Juni 2023, maka dapat diperkirakan bahwa panjangnya siklus matahari ke-24 sekitar

14,8 tahun. Oleh karena itu disarankan agar hasil prediksi kondisi akhir minimum siklus 24 ini perlu dibandingkan dengan hasil prediksi dari peneliti-peneliti lainnya untuk diuji secara teoritis, sehingga nantinya dapat diketahui hasil prediksi mana yang mendekati kondisi idialnya. Selain itu hasil-hasil prediksi ini harus dikonfirmasi dengan hasil-hasil observasi matahari di masa mendatang untuk melihat seberapa besar fakta penyimpangannya.

#### **UCAPAN TERIMAKASIH**

Secara khusus saya ucapkan terima kasih kepada Ka. SPD Watukosek yaitu Bapak Bambang Setiahad, drs. MSc. beserta seluruh stafnya yang telah memberikan data rata-rata bilangan bintik matahari selama 2 (dua) siklus untuk digunakan dalam penelitian ini.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

Curtis F. G., 1980. *Applied Numerical Analysis*, Addison Wesley Publishing Co., New-York.

Hoffman Joe D., 2001. *Numerical Methods for Engineers and Scientists*, Marcel Dekker Inc., New-York.

Maspupu J., 2010a. "Penyelidikan Bilangan Bintik Matahari Minimum dengan Pendekatan Spline Kubik", *Prosiding Seminar Nasional Matematika*, FMIPA- UNY, Yogyakarta, hal.237-242.

Maspupu J., 2010b. "Ekstrapolasi Puncak Kurva Bilangan Bintik Matahari pada Siklus 24", *Prosiding Seminar Nasional Matematika*, FMIPA – UKSW, Salatiga, hal. 735-741.

Sastry S. S., 1979. *Method of Numerical Analysis*, Prentice Hall of India, New-Delhi.

Setiahad B., et.al., 1996. "Prediction of 22nd and 23rd Sunspot Activity Cycle", *Solar-Terrestrial Predictions-V: Proceedings of Workshop at Hitachi, Japan*, pp. 89-92.

Xanthakis J.,1965. "The Different Indices of Solar Activity and the Time of Rise", *Proceedings of NATO Advanced Study Institute on Solar Physics*, Athens, Greece, pp. 157 -227.