

# DAMPAK ANOMALI PERALIHAN SIKLUS 23 DAN SIKLUS 24 AKTIVITAS MATAHARI PADA LINGKUNGAN BUMI

THOMAS DJAMALUDDIN

Pusat Sains Antariksa - LAPAN

e-mail: [t\\_djamil@bdg.lapan.go.id](mailto:t_djamil@bdg.lapan.go.id); [t\\_djamil@yahoo.com](mailto:t_djamil@yahoo.com)

Abstrak. Landainya akhir siklus 23 aktivitas matahari yang semula diperkirakan mencapai minimum pada tahun 2005 - 2006 menjadi Desember 2008 berbeda dari pola sebelumnya. Pergeseran minimum siklus 23 tersebut berdampak juga pada pergeseran maksimum siklus 24. Anomali pola ini menarik untuk dikaji terkait dengan kemungkinan dampaknya pada lingkungan bumi. Musim dingin yang ekstrem di bumi belahan utara pada akhir 2009 dan 2010 diduga merupakan dampak lamanya kondisi minimum matahari. Kondisi iklim ekstrem selain disebabkan oleh pemanasan global, diduga terkait juga dengan kondisi anomali aktivitas matahari tersebut. Sementara lingkungan antariksa juga terkena dampaknya dengan lambatnya pembersihan sampah antariksa di orbit rendah.

Kata Kunci: Siklus 23, dampak anomali siklus aktivitas matahari, musim dingin ekstrem

*Abstract. Slow declining of solar eyele 23 which was originally estimated to reach minimum in 2005 - 2006 to be reached in December 2008 is differnt from previous patterns. Minimum shift of solar eyele 23 also affects the niaximum shift in solar eyele 24. Anomaly pattem is interesting to be studied related to possible effects on Earth's environment. Extreme winter in the northern hemisphere at the end of 2009 and 2010 allegedly was the result the length of the minimum condition of solar activity. Extreme elimatie conditions may be not only caused by global warming, but also related to solar activity with such anomalous conditions. While the space environment is also affected by the slow clearing of space debris in low orbit.*

*Keywords: Solar Cycle 23, impaet of solar eyele anomaly, e.vtreme winter*

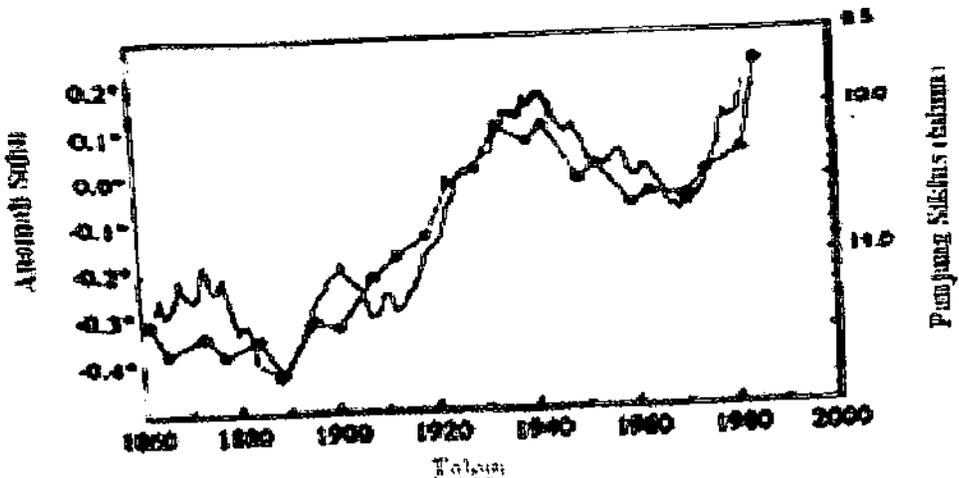
## 1. Pendahuluan

Siklus 23 menunjukkan pola anomali dengan penurunan aktivitas yang sangat lambat. Banyak peneliti yang memprakirakan siklus aktivitas matahari 23 yang bermula pada 1996 akan berakhir pada 2005 atau 2006, ternyata berakhir pada Desember 2008. Panjang siklus 23 menjadi 12,3 tahun, terpanjang ke-3 dalam sejarah pengamatan matahari. Djamiluddin (2011, dan rujukan di dalamnya) telah membahas kondisi anomali aktivitas matahari tersebut, termasuk mekanisme yang diduga menjadi penyebabnya. Kemungkinan besar mekanisme sirkulasi meridional matahari menjadi penyebab anomali tersebut. Hasil pengamatan SOHO menunjukkan bahwa laju aliran meridional pada akhir siklus 23 lebih tinggi dari siklus sebelumnya. Sedangkan model dinamo memperlihatkan panjangnya alur aliran meridional atau *conveyor belt* di matahari yang sampai mendekati kutub. Pergeseran minimum siklus 23 menyebabkan prakiraan siklus 24 juga berubah.

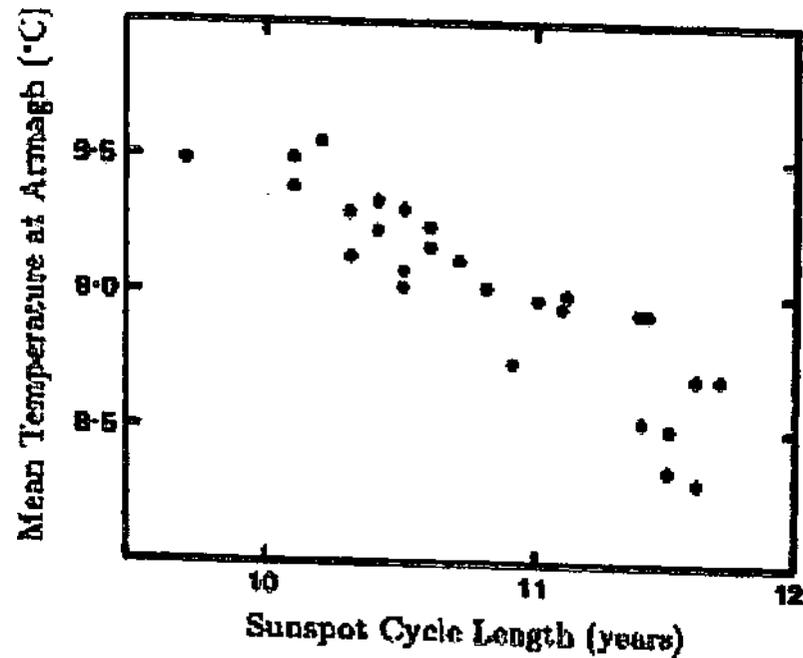
Terkait dengan potensi dampak aktivitas matahari, Djamaluddin (2001, dan rujukan di dalamnya) menunjukkan bukti-bukti empirik pengaruh aktivitas matahari pada iklim. Secara khusus Friis-Christensen dan Lassen (1991, 1994) menunjukkan bahwa perubahan suhu permukaan rata-rata global 1750 - 1990 ternyata berkorelasi sangat baik dengan panjang siklus aktivitas matahari, bukan dengan bilangan sunspotnya. Semakin panjang siklus aktivitas matahari cenderung menyebabkan semakin besar anomali penurunan suhu di belahan bumi utara (Gambar 1-1). Hal ini diperkuat juga dengan hasil Butler (1994) yang menunjukkan hubungan penurunan rata-rata suhu di Observatorium Armagh terkait dengan semakin panjangnya siklus aktivitas matahari (Gambar 1-2). Semakin panjang suatu siklus, suhu permukaan rata-rata cenderung menurun.

Pada sisi lain, aktivitas matahari sangat terkait dengan ketebalan atmosfer yang berkorelasi dengan gaya hambat pada satelit dan objek antariksa lainnya di orbit rendah. Pada saat aktivitas matahari maksimum ada kecenderungan gaya hambat atmosfer bertambah sehingga mempercepat peluruhan ketinggian satelit yang diindikasikan dengan semakin banyaknya jumlah satelit yang jatuh (Djamaluddin, 2005). Penurunan aktivitas matahari yang berkepanjangan pada peralihan siklus 23 ke 24 berpotensi menyebabkan penurunan hambatan atmosfer yang berdampak pada lambatnya proses pembersihan sampah antariksa.

Makalah ini mengulas dampak anomali aktivitas matahari pada peralihan siklus 23 ke 24 aktivitas matahari pada lingkungan bumi. Dua aspek yang mendapat penekanan adalah dampaknya pada parameter iklim dan pada peluruhan orbit satelit.



*Gambar 1-1.* Rata-rata tahunan suhu permukaan (darat-udara) di belahan bumi Utara (garis penuh) berkorelasi dengan panjang siklus aktivitas matahari (minimum ke minimum dan maksimum ke maksimum; garis bertitik). [Dari Friis-Christensen dan Lassen, 1994]



*Gambar 1-2.* Hubungan rata-rata temperatur udara permukaan di Armagh, Inggris (berpusat pada tahun-tahun bilangan bintang matahari maksimum dan minimum) terhadap panjang siklus aktivitas matahari, [dari Butler, 1994].

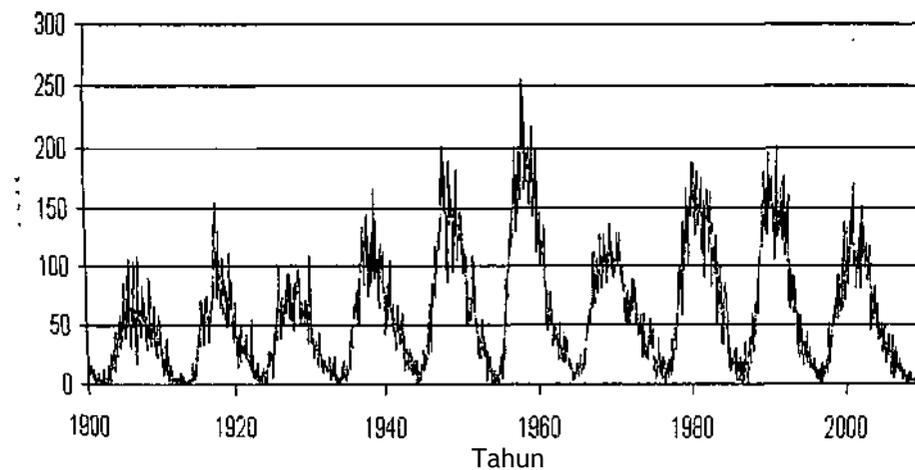
## 2. Kondisi Umum Anomali Siklus 23

Data bilangan sunspot dari SIDC (Solar Influence Data Analysis Center, <http://sidc.oma.be/sunspot-data/>) menunjukkan bahwa siklus 23 merupakan siklus terpanjang ke-3 sepanjang sejarah pengamatan sunspot (Tabel 2-1). Pada akhir siklusnya pun, aktivitas matahari sangat rendah. Bahkan saat minimum peralihan siklus 23 ke siklus 24, jumlah hari tanpa sunspot tergolong terlama selama abad 20. Pada Gambar 2-1 ditunjukkan siklus bilangan sunspot sejak 1900 - 2010. Terlihat pada akhir siklus 14 (awal siklus 15, sekitar Juni 1913), akhir siklus 16 (awal siklus 17, September 1933), akhir siklus 18 (awal siklus 19, April 1954), dan pada akhir siklus 23 (awal siklus 24, Desember 2008) bilangan sunspot sangat sedikit. Pada Tabel 2-2 ditunjukkan secara lebih nyata bahwa sekitar tahun-tahun minimum tersebut banyak hari tanpa sunspot, dan yang terbanyak terjadi sekitar minimum akhir siklus 23.

Tabel 2-1.  
Panjang Siklus Aktivitas Matahari

Siklus	Awal Siklus	Panjang siklus (Tahun)	Siklus	Awal Siklus	Panjang siklus (Tahun)
1	1755.376 (Mei)	11.083	13	1890.125 (Feb)	11.997
2	1766.459 (Jun)	8.999	14	1902.122 (Feb)	11.332
3	1775.458 (Jun)	9.254	15	1913.454 (Jun)	9.667
4	1784.712 (Sep)	13.664	16	1923.121 (Feb)	10.585
5	1798.376 (Mei)	12.08	17	1933.706 (Sep)	10.417
6	1810.456 (Jun)	12.832	18	1944.123 (Feb)	10.163
7	1823.288 (Apr)	10.587	19	1954.286 (Apr)	10.505
8	1833.875 (Nov)	9.665	20	1964.791 (Okt)	11.414
9	1843.540 (Jul)	12.419	21	1976.205 (Mar)	10.5
10	1855.959 (Des)	11.247	22	1986.705 (Sep)	9.919
11	1867.206 (Mar)	11.754	23	1996.624 (Agu)	12.334
12	1878.960 (Des)	11.165	24	2008.958 (Des)	

SSN1900-2009



**Gambar 2-1.** Siklus aktivitas matahari 1900 - 2010. Terlihat jumlah sunpot paling rendah terjadi sekitar 1913 (akhir siklus 14), 1933 (akhir siklus 16), 1954 (akhir siklus 18), dan 2008 (akhir siklus 23).

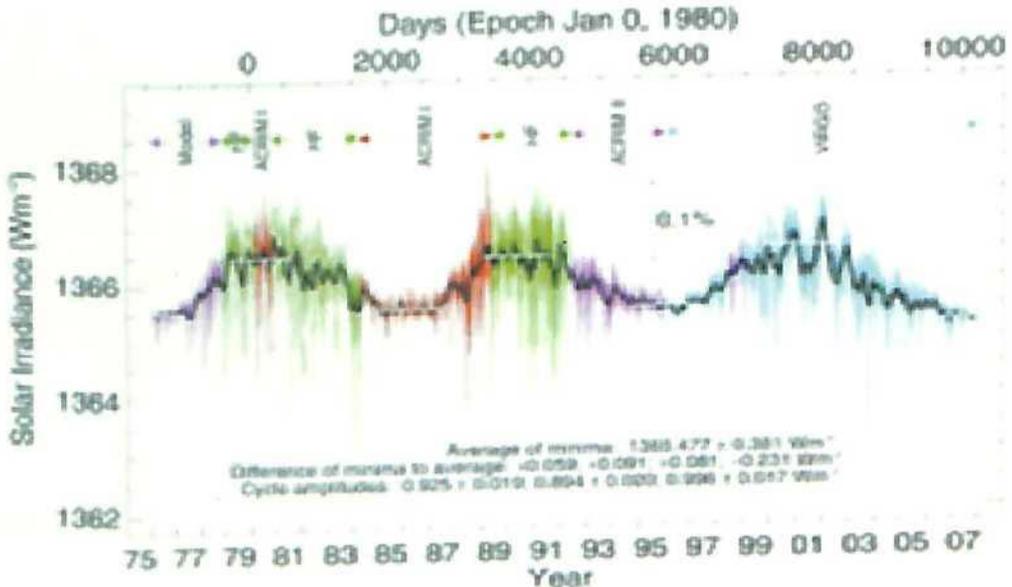
Tabel 2-2.  
Jumlah hari tanpa sunspot sekitar tahun-tahun minimum

Tahun sekitar matahari minimum	Jumlah hari tanpa sunspot dalam 1 tahun	Jumlah hari tanpa sunspot dalam 3 tahun
1911	200	
1912	254	765
1913	311	
1931	43	
1932	108	391
1933	240	
1952	23	
1953	131	395
1954	241	
2007	187	
2008	298	808
2009	323	

Kondisi umum anomali siklus 23 secara rinci dipaparkan oleh NASA (2009). Disebutkan bahwa kondisi akhir siklus 23 sebagai “*very deep solar minimum*” dan suatu keadaan matahari yang digambarkan sebagai yang paling tenang dalam seabad terakhir. Beberapa indikasi kondisi minimum yang sangat dalam ditunjukkan dengan beberapa parameter berikut ini: Pertama, tekanan angin surya terendah dalam 50 tahun terakhir. Pengukuran dengan pesawat *Ulysses* menunjukkan penurunan tekanan angin surya sekitar 20% sejak pertengahan 1990-an, titik terendah sejak tahun 1960-an. Lemahnya angin surya berdampak pada makin banyaknya sinar kosmik dari galaksi yang masuk ke tatasurya, termasuk ke bumi serta relatif berkurangnya badai magnetik dan fenomena aurora.

Kedua, irradiansi (kecerlangan total seluruh panjang gelombang) matahari pada akhir siklus 23 terendah selama 12 tahun terakhir (lihat Gambar 2-2). Hasil pengukuran NASA, kecerlangan matahari sejak 1996 turun sekitar 0,02% pada cahaya tampak dan 6% pada sinar UV ekstrem. Pelemahan ini bisa berdampak berkurangnya pengembangan atmosfer yang berarti juga mengurangi hambatan bagi satelit sehingga kala hidupnya bisa lebih lama, tetapi sekaligus menghambat pembersihan sampah antariksa. Ketiga, pancaran radio matahari juga terendah di antara kondisi minimum dalam 50 tahun terakhir. Pancaran radio matahari pada panjang gelombang 10,7 cm

yang lemah mengindikasikan lemahnya medan magnetik matahari, walau belum bisa dipastikan karena sumber emisi fluks 10,7 sebenarnya juga belum difahami sepenuhnya.



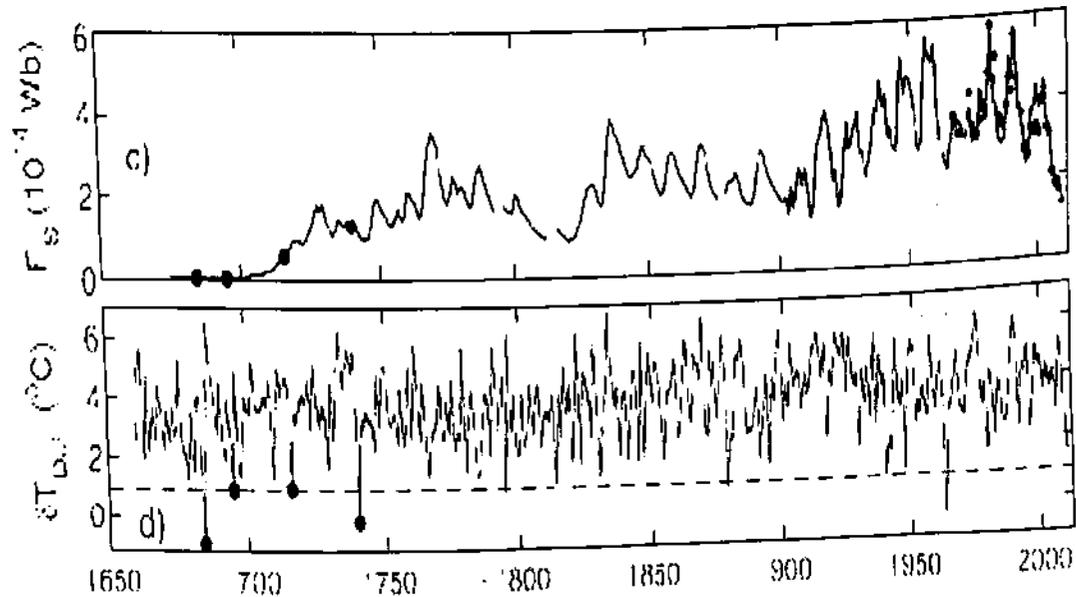
**Gambar 2-2.** Irradiansi matahari yang diukur dari satelit menunjukkan penurunan sangat rendah selama siklus 23. (Dari C. Frdhlich di dalam NASA, 2009).

### 3. Dampak Anomali Peralihan Siklus 23 — 24

Kondisi anomali siklus 23 yang lebih panjang dari biasanya dan "deep minimum saat peralihan siklus 23 - 24 menarik untuk dikaji dampaknya. Dua dampak utama yang menjadi perhatian adalah dampaknya pada variabilitas iklim di permukaan bumi dan pada kondisi sampah di lingkungan antariksa. Kajian umum yang diulas di bagian Pendahuluan (Djamaluddin, 2001 dan rujukan di dalamnya, Friis-Christensen dan Lassen, 1991 dan 1994, serta Butler 1994) mengindikasikan kemungkinan adanya dampak pada suhu permukaan di belahan utara. Musim dingin yang ekstrem pada 2009 dan 2010 di Eropa, Rusia, dan Amerika Utara memperkuat dugaan tersebut. Tetapi kajian hubungan aktivitas matahari dan iklim bukan hal yang mudah, karena iklim juga banyak dipengaruhi oleh faktor antropogenik (dari aktivitas manusia) yang merupakan dampak langsung modernisasi kehidupan manusia. Sampai saat ini belum ada kesepakatan tentang penyebab musim dingin di belahan utara bumi. Pada makalah ini hanya diulas kajian yang mengaitkan musim dingin ekstrem tersebut dengan anomali siklus 23.

Lockwood et al. (2010) mengkaji kemungkinan musim dingin yang ekstrem di Eropa dengan rendahnya aktivitas matahari. Aktivitas matahari selama siklus 23

dinilainya tak lazim, setidaknya selama abad 20. Kondisi minimum Maunder (1650 - 1700) telah diakui oleh banyak peneliti sangat terkait dengan musim dingin ekstrem di Eropa daratan dan Inggris. Hasil analisis Lockwood et al. (2010) tersebut yang didasarkan pada data suhu Inggris Tengah menyatakan bahwa, musim dingin ekstrem lebih sering terjadi saat aktivitas matahari rendah (lihat Gambar 3-1) bertanda titik besar), walaupun secara umum terjadi kecenderungan pemanasan (peningkatan rata-rata suhu tahunan) di Eropa Utara. Mekanisme yang diduga menjelaskannya adalah pengaruh matahari pada “*blocking events*” di Atlantik Timur. “*Blocking event*” adalah pola atmosfer statik yang merupakan daerah tekanan tinggi yang terperangkap di wilayah sekitar Atlantik. Pada saat aktivitas matahari minimum jumlah “*blocking events*” cenderung bertambah. “*Blocking events*” yang mempengaruhi dinamika atmosfer di Eropa yang berdampak pada musim dingin ekstrem. Peran “*blocking event*” dirinci pada makalah Wang (2010).

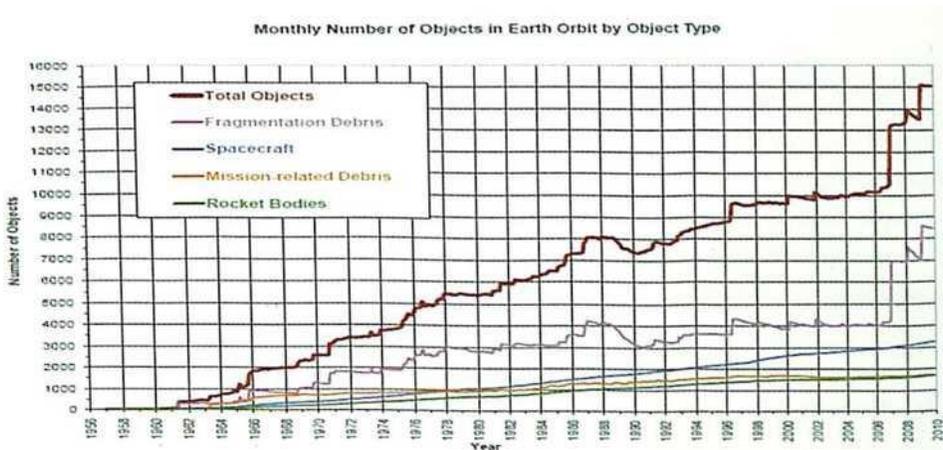


Gambar 3-1. Panel atas menunjukkan variasi fluks matahari dan panel bawah menunjukkan variasi anomali suhu Inggris Tengah. Musim dingin ekstrem (bertanda titik besar) umumnya terjadi saat aktivitas matahari yang rendah yang diindikasikan dari penurunan fluks matahari.

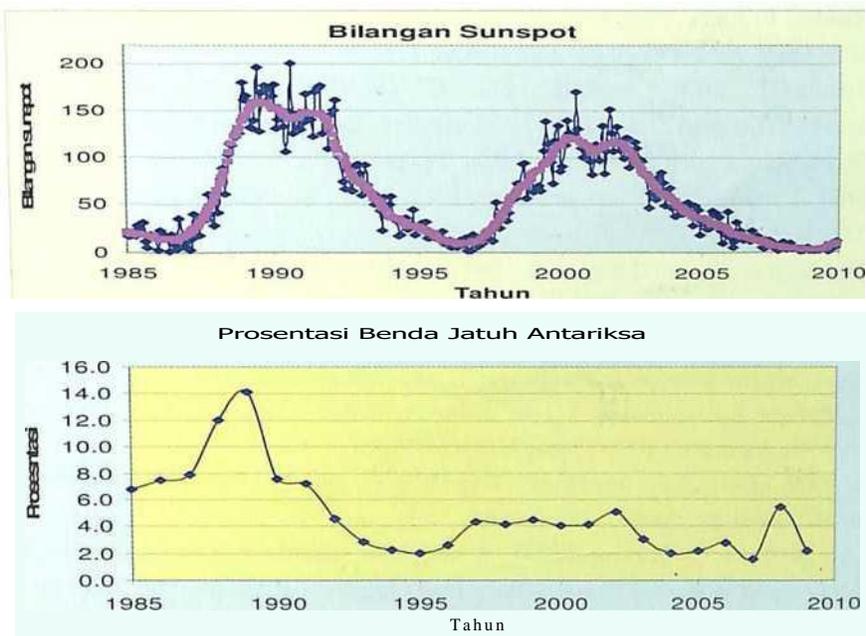
Wang (2010) memberikan rincian mekanisme yang memungkinkan pengaruh anomali aktivitas matahari yang sangat rendah pada musim dingin ekstrem 2009/2010. Berdasarkan analisis suhu permukaan laut dan sirkulasi atmosfer selama enam stkus

aktivitas matahari, Wang (2010) memperoleh bahwa fase angin timuran pada QBO (*quasi-biennial oscillation*), fase negatif *Arctic Oscillation* (AO), dan pemanasan stratosfer kutub yang sering berkaitan dengan kejadian “*blocking*” di troposfer bawah wilayah lintang tinggi, cenderung lebih menguat selama aktivitas matahari minimum daripada selama aktivitas matahari maksimum. Selama aktivitas matahari minimum fase negatif AO dan pemanasan stratosfer kutub yang terkait dengan komponen angin meridional menyebabkan terjadinya peralihan panas dan uap air yang kuat pada arah Utara-Selatan. Angin Utara yang kuat membawa udara dingin yang tak biasanya ke lintang menengah, menyebabkan suhu terendah di banyak tempat. Sementara kondisi El Nino Modoki (pemanasan Pasifik Tengah) yang terjadi pada akhir 2010 mengirimkan banyak uap air dari Pasifik ekuator menuju lintang tinggi melalui pergeseran sirkulasi meridional yang tak biasa yang menyebabkan limpahan salju di lintang menengah selama musim dingin.

Sementara itu, rendahnya aktivitas matahari juga berdampak pada penurunan kerapatan atmosfer yang terkait dengan pengurangan jatuhnya sampah antariksa (Djamaluddin, 2005). Dampak rendahnya aktivitas matahari pada akhir siklus 23 juga terlihat pada berkurangnya prosentasi benda jatuh antariksa. Sebagai pembandingan, pada Gambar 3-2 ditunjukkan kecenderungan peningkatan jumlah objek (sebagian besar berupa sampah) antariksa (dari <http://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/newsletter/pdfs/ODQNVl4il.pdf>). Penurunan jumlah objek sekitar tahun 1989 disebabkan efek matahari yang aktif pada puncak siklus 22. Sedangkan peningkatan jumlah objek sesudah tahun 2007 terkait dengan percobaan senjata penghancur satelit pada Februari 2007 dan tabrakan antarsesama satelit atau sampah pada Februari 2009. Pada Gambar 3-3 ditunjukkan kaitan prosentasi benda jatuh antariksa (jumlah benda jatuh antariksa dibagi dengan jumlah seluruh objek antariksa) dengan aktivitas matahari. Pada puncak aktivitas matahari siklus 22 mulai 1988 - 1989 terlihat peningkatan jumlah benda jatuh antariksa. Demikian juga saat puncak aktivitas matahari sekitar tahun 2000, walau lebih rendah dibandingkan dengan saat puncak siklus 22. Pada saat minimum sekitar 1995 dan 2005 terlihat juga penurunan prosentasi benda jatuh antariksa. Seandainya tidak ada percobaan senjata penghancur satelit dan tabrakan antarsatelit, maka dampak penurunan aktivitas matahari pada akhir siklus 23 yang sangat rendah akan tampak juga pada penurunan signifikan jumlah benda jatuh antariksa.



*Gambar 3-2.* Peningkatan jumlah objek antariksa yang sebagian besar berupa sampah. Penurunan pada tahun 1989 karena pengaruh puncak aktivitas matahari siklus 22. Peningkatan sesudah 2007 karena percobaan senjata penghancur satelit dan tabrakan antarsatelit.



*Gambar 3-3.* Prosentasi benda jatuh antariksa (panel bawah) terkait erat dengan aktivitas matahari (panel atas). Seandainya tidak ada percobaan senjata penghancur satelit dan tabrakan antarsatelit, kecenderungan penurunan prosentasi benda jatuh antariksa akan terlihat nyata sesudah tahun 2007 saat matahari menuju minimum yang sangat rendah.

#### 4. Kesimpulan

Anomali peralihan siklus ke 23 ke siklus 24 aktivitas matahari yang sangat rendah berdampak pada bumi dan lingkungannya. Dua hal menonjol yang dibahas di makalah ini adalah dampaknya pada iklim ekstrem di bumi belahan utara dan pengurangan sampah antariksa yang jatuh. Musim dingin yang ekstrem di Eropa, Rusia, dan Afrika Utara pada 2009 - 2010 diduga kuat terkait dengan aktivitas matahari minimum yang sangat rendah. Sementara pengurangan hambatan udara akibat rendah aktivitas matahari juga berdampak pada lambatnya pembersihan sampah antariksa.

#### Daftar Rujukan

- Butler, C.J., 1994, "*Maximum and Minimum Temperature at Annagh Observatory, 1844-1992, and the Length of Sunspot Cycle*", Solar Physics, Vol. 152, hlm. 35-42.
- Djamaluddin, T. 2001, "*Bukti-bukti Empirik Pengaruh Aktivitas Matahari pada Iklim*", Warta LAPAN, Vol. 3, No. 3.
- Djamaluddin, T. 2005, "*Pengaruh Aktivitas Matahari Pada Kalahidup Satelit*", Jurnal Sains Dirgantara, Vol. 3, No 1. hlm. 65 - 77.
- Djamaluddin, T. 2011, "*Anomali Siklus 23 dan Prakiraan Pergeseran Siklus 24 Aktivitas Matahari*", di dalam Prosidings Seminar Sains Antariksa V (in press).
- Friis-Christensen, E. dan Lassen, K. 1991, "*Length of the Solar Cycle: An Indicator of Solar Activity Closely Associated, with Climate*", Science, Vol. 254, hlm. 698 - 700.
- Friis-Christensen, E. dan Lassen, K. 1994, "*Global Temperature Variations and A Possible Association with Solar Activity' Variations*", di dalam COSPAR CoJloquia Series Vol. 5, hlm. 529 - 536.
- Lockwood, M, Harrison, RG, Woollings, T, and Solanki.SK 2010, "*Are Cold Winters In Europe Associated With Low Solar Activity?*", Environ. Res. Lett. Vol. 5, <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/5/2/024001>.
- NASA, 2009, "*Deep Solar Minimum*", [http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2009/01\\_apr\\_deepsolarmini](http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2009/01_apr_deepsolarmini).
- Weng, H. 2010, "*Solar Impacts on SST, Atmospheric Circulations and Extreme Climate*"
- Replenishment in Deep Winter*, American Geophysical Union, Fall Meeting