

ANALISIS CURAH HUJAN EKSTRIM DI JAKARTA DALAM KAITANNYA DENGAN AKTIVITAS MATAHARI SEBAGAI KONTROL IKLIM

Arief Suryantoro

Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer - LAPAN

Jalan Djundjunan 133, Bandung, 40173

Email: ariefsurya61@gmail.com; ariefsurya@bdg.lapan.go.id

ABSTRACT

As with other hot objects, then the amount of energy the sun radiates in all directions. Energy that falls on the atmosphere above the Earth's average distance of the sun ($\approx 149.6 \times 10^6$ km) called the solar constant, the magnitude of $\approx 2 \text{ cal cm}^2 \text{ min}^{-1}$. How it relates to the phenomenon of solar activity is characteristic of rainfall (especially in extreme conditions) in Jakarta discussed in this paper. The research objective was to determine the relationship of solar activity phenomena as climate control to the extreme rainfall in Jakarta during January 1901 to December 2005. The results obtained show that the observations contained in the span of 10 sunspot cycles with periods of about 11 years and a maximum value of 253.8 monthly sunspots that occurred in October 1957. In the same time frame occurs 124 times of extreme rainfall in Jakarta based on percentile criteria, with a maximum value of monthly rainfall is 825 mm, occurred in January 1963. Generally indicated that the incidence of sunspot maximum in one day is not necessarily followed by extreme rainfall events in Jakarta. There is a time delay 20-84 months between events sunspot maximum value with extreme rainfall events in Jakarta for 3 cases sunspot cycle that occurred between February 1944 - July 1976.

Keywords: sun spots, extreme, rain, percentile

ABSTRAK

Seperti halnya benda-benda panas lainnya, maka matahari memancarkan sejumlah energi ke semua arah. Energi yang jatuh pada atmosfer atas pada jarak rata-rata bumi matahari ($\approx 149,6 \times 10^6$ km) disebut sebagai tetapan matahari (solar constant), yang besarnya $\approx 2 \text{ cal cm}^{-2} \text{ menit}^{-1}$. Bagaimana keterkaitan fenomena aktivitas matahari ini terhadap karakteristik curah hujan (terutama pada kondisi ekstrimnya) di Jakarta dibahas dalam makalah ini. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui keterkaitan fenomena aktivitas matahari sebagai kontrol iklim terhadap curah hujan ekstrim di Jakarta selama Januari 1901

sampai Desember 2005. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa dalam rentang pengamatan tersebut terdapat 10 kali siklus bintik matahari dengan perioda sekitar 11 tahun dan nilai maksimum bintik matahari bulanan 253,8 yang terjadi pada bulan Oktober 1957. Dalam rentang waktu yang sama terjadi 124 kali curah hujan ekstrim di Jakarta berdasar kriteria persentil, dengan nilai maksimum curah hujan bulanan 825 mm, terjadi pada Januari 1963. Secara umum diperoleh gambaran bahwa kejadian bintik matahari maksimum di suatu saat tidak serta-merta diikuti dengan kejadian curah hujan ekstrim di Jakarta. Terdapat waktu tunda 20 – 84 bulan antara kejadian nilai maksimum bintik matahari dengan kejadian curah hujan ekstrim di Jakarta untuk kasus 3 siklus bintik matahari yang terjadi antara Februari 1944 – Juli 1976.

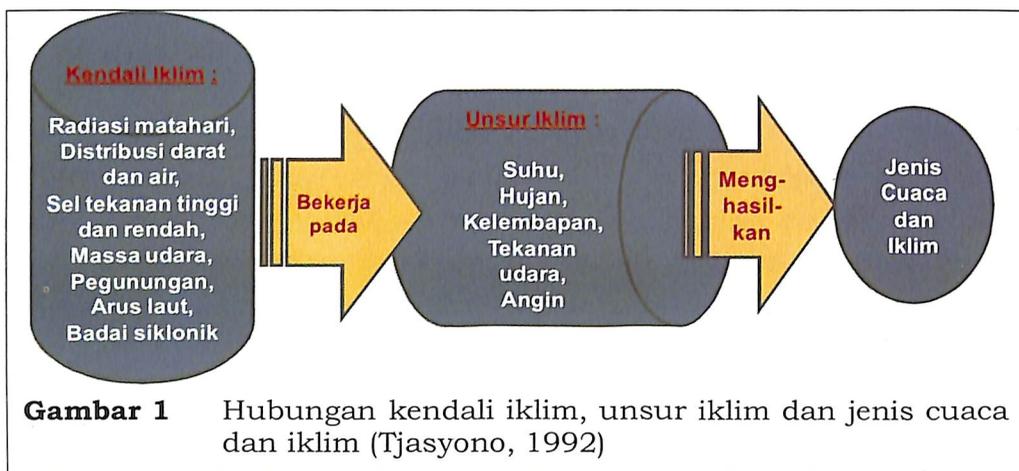
Kata kunci: bintik matahari, ekstrim, hujan, persentil

1. PENDAHULUAN

Bintik matahari (*sun spot*) merupakan fenomena permukaan matahari pada lapisan fotosfer yang paling mudah dikenal. Kenampakan bintik matahari yang berubah terhadap waktu ini menggambarkan adanya aktivitas matahari yang dinamis. Pengamatan secara visual menunjukkan ketidakseragaman amplitudo, waktu naik dan waktu turun, panjang dan bentuk siklus bintik matahari. Ketidakteraturan ini mencerminkan adanya proses yang tidak linear (seragam) di dalam inti matahari. Selanjutnya, bintik matahari merupakan kumpulan tabung-tabung fluks magnetik. Kenampakan evolusi bintik matahari tidak lain juga merupakan cerminan evolusi medan magnetik matahari. Variasi jumlah bintik matahari sebagai fungsi dari waktu mempunyai korelasi satu dengan lainnya dan bukanlah merupakan fenomena gerak Brown. Sinyal jumlah bintik matahari membawa informasi yang kuat dalam perioda 11 tahun (Herdiwijaya dan Indradjaja, 2002).

Matahari, seperti halnya benda-benda panas lainnya, memancarkan sejumlah energi dalam semua arah. Energi yang jatuh pada atmosfer atas pada jarak rata-rata bumi matahari ($\approx 149,6 \times 10^6$ km) disebut sebagai tetapan matahari (*solar constant*), nilainya $\approx 2 \text{ cal cm}^{-2} \text{ menit}^{-1}$. Energi matahari yang diterima di bumi diubah menjadi bentuk panas, dan dipakai untuk kehidupan di bumi. Dalam klimatologi, matahari

merupakan kontrol iklim yang sangat penting karena matahari merupakan faktor utama penyebab cuaca di bumi, melalui peristiwa/proses interaksi insolasi di atmosfer dan komponen utama iklim lainnya (hidrosfer, litosfer, kriosfer dan biosfer). Sebagaimana diketahui, energi yang berasal dari matahari dalam bentuk radiasi gelombang pendek ($\lambda \approx 0,15\mu\text{m} - 4,0\mu\text{m}$) akan menembus atmosfer, kecuali yang diserap, dihamburkan dan dipantulkan. Sebagian energi yang diterima permukaan bumi juga hilang oleh pemantulan, terutama oleh permukaan salju dan air. Selanjutnya, energi/panas yang diterima permukaan bumi kemudian diemisikan kembali dalam bentuk radiasi gelombang panjang ($\lambda > 4,0\mu\text{m} - 13,0\mu\text{m}$) dan digunakan untuk memanasi atmosfer bawah. Panas ini kemudian didistribusikan oleh konveksi atau turbulensi dalam atmosfer, (Tjasyono, 1992). Hubungan kendali iklim, unsur iklim dan jenis cuaca dan iklim disajikan dalam gambar 1 berikut.



Ratag (2001) mengungkapkan bahwa pemodelan sistem matahari – bumi secara keseluruhan menghendaki pemahaman kualitatif dan kuantitatif tentang interaksi-interaksi yang menjadi komponen mekanisme-mekanisme kopling yang terlibat dalam proses-proses perpindahan energi, massa, dan momentum dari satu daerah ke daerah lainnya dalam sistem matahari – bumi. Kemajuan yang dicapai riset hubungan matahari – bumi dalam dua dasa wara terakhir ini telah berhasil mengungkapkan sejumlah besar alur dan simpul utama dalam sistem matahari –

bumi. Detail dari interaksi-interaksi dalam sistem yang sangat kompleks tersebut sampai saat ini masih menjadi topik-topik utama penelitian.

Bagaimana keterkaitan fenomena aktivitas matahari terhadap karakteristik curah hujan (terutama pada level/kondisi ekstrimnya) untuk wilayah Jakarta merupakan hal yang menarik untuk diketahui gambaran rincinya. Apakah aktivitas matahari yang intens akan secara simultan diikuti terjadinya curah hujan ekstrim di permukaan bumi. Jika tidak secara simultan, dengan waktu tunda (*lag-time*) berapa hal-hal tersebut terjadi. Hal-hal ini menjadi salah satu alasan dilakukannya penelitian ini. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui secara kuantitatif seberapa erat keterkaitan fenomena aktivitas matahari terhadap karakteristik curah hujan ekstrim untuk wilayah Jakarta selama rentang pengamatan Januari 1901 sampai Desember 2005.

2. DATA DAN METODA

Data utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah data bintik matahari (sun spot number) rata-rata bulanan dalam rentang pengamatan Januari 1901 sampai Desember 2005. Sumber data bintik matahari ini yaitu ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/SUNSPOT_NUMBERS/INTERNATIONAL/monthly. Dari deret data ini diketahui bahwa siklus bintik matahari dicatat mulai Juli 1749 sampai Agustus 2012. Periode pengamatan Januari 1901 sampai Desember 2005 masuk dalam siklus ke 10 sampai 23, dimana siklus ke 19 merupakan siklus dengan nilai bilangan bintik matahari maksimum. NGDC-NOAA (2013). Data berikutnya adalah data curah hujan bulanan di Jakarta dalam rentang yang sama (Januari 1901 sampai Desember 2005). Sumber data curah hujan bulanan ini adalah BMKG Jakarta. Data curah hujan bulanan pada periode Januari 1971 sampai Desember 2000 digunakan sebagai acuan rata-rata klimatologisnya (idealnya adalah pada rentang klimatologi terkini, yaitu 1981-2010).

Kriteria penentuan nilai ambang (threshold) kondisi ekstrim curah hujan bulanan dalam penelitian ini mengacu pada kriteria yang lazim digunakan yaitu persentil, baik persentil ke 90 (P90), ke 95 (P95) maupun persentil ke 99 (P99); sebagaimana

dilakukan oleh Haylock dan Nicholls, (2000) maupun Zhang et al., (2011). Demikian pula halnya, kriteria persentil ini diterapkan terhadap deret waktu data bintik matahari bulanan, sehingga diperoleh kondisi ekstrim bilangan bintik matahari dalam penelitian ini. Dari korelasi statistik ke dua set data yang digunakan dalam penelitian ini dapat diperoleh gambaran seberapa erat keterkaitan fenomena aktivitas matahari terhadap curah hujan ekstrim untuk wilayah Jakarta selama rentang pengamatan Januari 1901 sampai Desember 2005. Apakah aktivitas matahari yang intensif akan secara bersamaan diikuti terjadinya curah hujan ekstrim di Jakarta atautkah terdapat waktu tunda (lag-time) antara kedua puncak fenomena tersebut.

Posisi / lokasi data terkelompok perseratusan (persentil) dihitung dengan menggunakan persamaan berikut : (Herrhyanto dan Hamid, 2008).

$$P_i = B_b + p \left(\frac{\frac{i}{100} n - F}{f_{P_i}} \right) \dots\dots\dots(1)$$

$$p = \frac{r}{k} \dots\dots\dots(1.a)$$

$$r = X_{maks} - X_{min} \dots\dots\dots(1.b)$$

$$k = 1 + 3,3 \log n \dots\dots\dots(1.c) \dots\dots(\text{aturan Sturges})$$

dengan

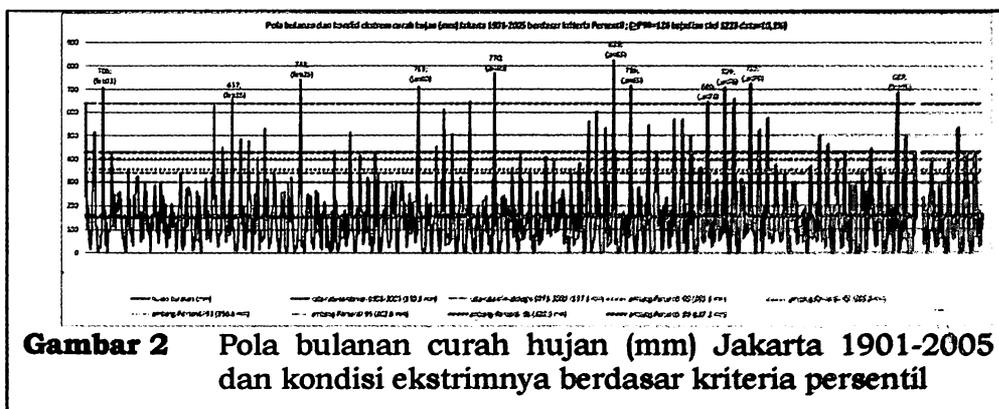
- P_i = Persentil data ke-i
- i = 1, 2, 3, ... 99
- B_b = batas bawah kelas interval yang mengandung P_i
- p = panjang kelas interval
- n = banyak data
- F = frekuensi kumulatif sebelum P_i
- f_{P_i} = frekuensi kelas interval yang mengandung P_i
- r = rentang
- k = banyak kelas ($5 \leq k \leq 15$)
- X_{maks} = data terbesar
- X_{min} = data terkecil

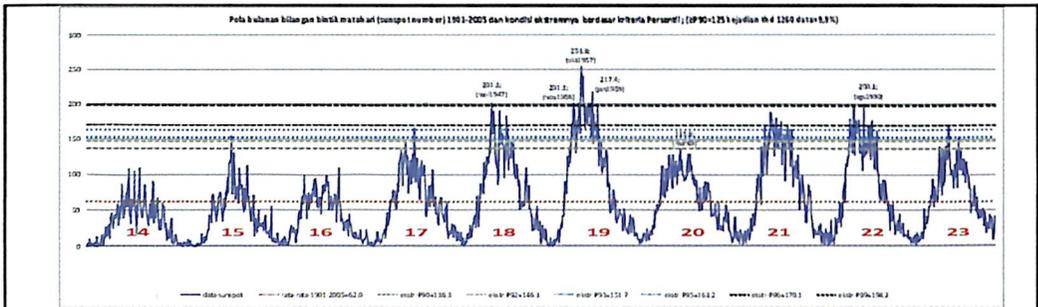
3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 HASIL PENGOLAHAN DATA

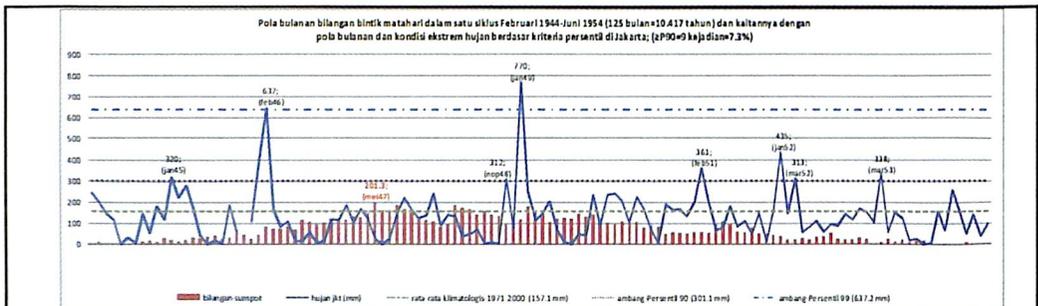
Pola bulanan curah hujan (mm) di Jakarta dan kondisi ekstrimnya selama pengamatan Januari 1901 – Desember 2005 dan pola bulanan bilangan bintik matahari juga kondisi ekstrimnya dalam rentang waktu yang sama disajikan dalam gambar (2) dan (3) berikut. Sedang pola bulanan curah hujan Jakarta rentang sentenial 1901-2005 dan rentang klimatologis 1971-2000 serta nilai ambang kondisi ekstrimnya berdasar kriteria persentil 90, 95 dan 99 disajikan dalam gambar (7) berikut.

Tabel distribusi frekuensi dan distribusi frekuensi kumulatif curah hujan dan bilangan bintik matahari, serta nilai ambang kondisi ekstrim curah hujan Jakarta perioda Januari 1901 – Desember 2005 berdasar kriteria persentil 90, 95 dan 99 yang merupakan rangkuman hasil pengolahan data penelitian, disajikan dalam tabel (1), (2) dan (3) pada lampiran, yang terdapat pada bagian akhir makalah ini. Tabulasi ini dimaksudkan untuk memberikan gambaran yang lebih rinci terhadap sebaran intensitas curah hujan ataupun bilangan bintik matahari selama rentang pengamatan yang ditinjau.

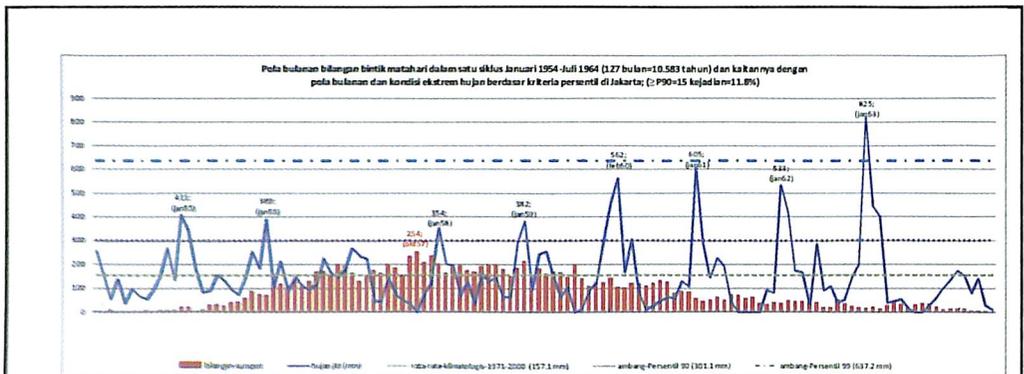




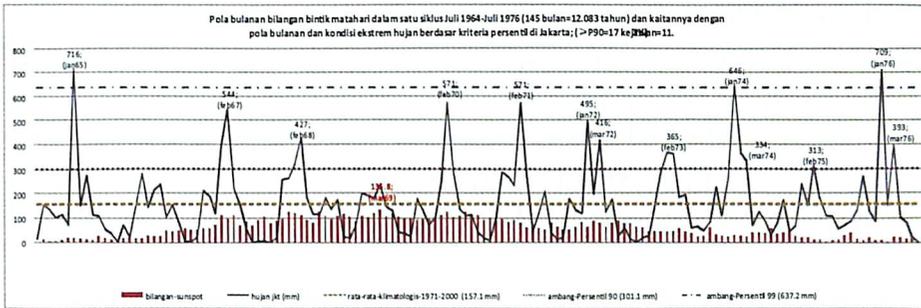
Gambar 3 Pola bulanan bilangan bintang matahari 1901-2005 dan kondisi ekstrimnya berdasar kriteria persentil



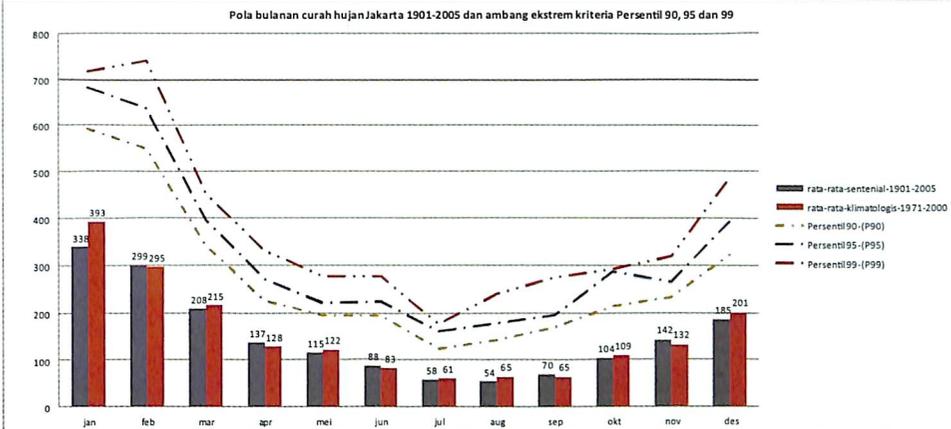
Gambar 4 Pola bulanan bilangan bintang matahari dalam siklus ke 18 (Februari 1944-Juni 1954; 125 bulan=10.417 tahun) dan kaitannya dengan pola bulanan curah hujan di Jakarta dan kondisi ekstrimnya



Gambar 5 Pola bulanan bilangan bintang matahari dalam siklus ke 19 (Januari 1954-Juli 1964; 127 bulan=10.583 tahun) dan kaitannya dengan pola bulanan curah hujan di Jakarta dan kondisi ekstrimnya



Gambar 6 Pola bulanan bilangan bintik matahari dalam siklus ke 20 (Juli 1964-Juli 1976; 145 bulan=12.083 tahun) dan kaitannya dengan pola bulanan curah hujan di Jakarta dan kondisi ekstrimnya



Gambar 7 Pola bulanan curah hujan (mm) Jakarta rata-rata sentensial 1901-2005, rata-rata klimatologis 1971-2000 dan kondisi ekstrimnya berdasar kriteria persentil

3.2 PEMBAHASAN

Dari gambar (2) terlihat bahwa, dengan menggunakan kriteria persentil 90 (P90) yang memberikan nilai sebesar 301,1 mm sebagai nilai ambang ekstrim hujan di Jakarta diperoleh gambaran bahwa terdapat 124 kejadian hujan bulanan yang memiliki kategori/tingkat ekstrim terhadap 1241 data kejadian hujan bulanan selama Januari 1901 sampai Desember 2005; atau dalam nilai prosentase 9,99%. Nilai ambang ekstrim hujan P90 sebesar 301,1 mm memiliki nilai perbandingan sebesar

197,4% terhadap nilai curah hujan rata-rata klimatologis 1971 – 2000 (yang nilainya sebesar 157,1 mm). Dengan demikian kriteria P90 sudah dapat digunakan sebagai penentu nilai ambang ekstrim hujan di Jakarta. Sebagaimana diketahui, BMKG menerapkan kriteria bahwa jika nilai perbandingan curah hujan suatu saat $\geq 115\%$ dari nilai rata-rata klimatologisnya maka keadaan tersebut dikategorikan sebagai keadaan di atas normal, BMKG (2013).

Sedang jika menggunakan kriteria persentil 99 (P99) sebagai penentu nilai ambang ekstrim hujan di Jakarta diperoleh gambaran bahwa terdapat 13 kejadian hujan bulanan yang memiliki kategori/tingkat ekstrim atau dalam nilai prosentase 1,05%. Nilai ambang batas kondisi ekstrim curah hujan di Jakarta berdasar kriteria P99 adalah 637,2 mm. Nilai ambang ekstrim hujan P99 sebesar 637,2 mm ini memiliki nilai perbandingan sebesar 405,6% terhadap nilai curah hujan rata-rata klimatologis 1971 – 2000 (yang nilainya sebesar 157,1 mm). Dari gambar (2) di atas juga terlihat bahwa terdapat 13 kejadian ekstrim hujan berdasar kriteria P99 ini, dengan nilai antara 646 mm (terjadi pada bulan Februari 1946 dan Januari 1974) dan 825 mm (terjadi pada bulan Januari 1963).

Penggunaan beberapa kriteria persentil (P90, P95 dan P99) dalam penentuan nilai ambang kondisi ekstrim curah hujan dimaksudkan untuk membuat klasifikasi tingkatan kondisi ekstrem hujan dalam kategori ekstrem rendah (P90), ekstrem menengah (P95), dan ekstrem tinggi (P99); yang secara rinci akan dilakukan pada kesempatan lain, sebagai kelanjutan dari penelitian ini. Hal ini analog dengan adanya pembagian tingkatan kondisi El-Nino dan La-Nina, yang saat ini juga dikenal memiliki tingkatan kondisi El-Nino dan La-Nina lemah, kondisi El-Nino dan La-Nina moderat dan kondisi El-Nino dan La-Nina kuat.

Selanjutnya, dalam kaitannya dengan aktivitas matahari, dalam rentang pengamatan Januari 1901 – Desember 2005 terdapat 10 kali siklus bintik matahari (siklus ke 14 sampai ke 23) dengan perioda sekitar 11 tahun. Dalam penelitian ini dipilih 3 siklus sebagai sampel fokus bahasan, yaitu siklus ke 18 (Februari 1944 – Juni 1954), siklus ke 19 (Januari 1954 – Juli 1964) dan siklus ke 20 (Juli 1964 – Juli 1976) masing-masing disajikan dalam gambar (4), (5) dan (6) berikut. Pemilihan siklus

bintik matahari ke 18, 19 dan 20 ini untuk mencerminkan adanya siklus dengan nilai bilangan bintik matahari maksimum (siklus ke 19) serta satu siklus sebelum (siklus ke 18) dan sesudahnya (siklus ke 20).

Dengan menerapkan kriteria yang sama (P90 - P99) terhadap data bilangan bintik matahari, diperoleh gambaran bahwa terdapat 125 (dari total 1260) nilai bilangan bintik matahari yang dapat dikategorikan sebagai keadaan ekstrim berdasar kriteria P90 (yang memiliki nilai ambang sebesar 136,3) selama rentang pengamatan Januari 1901 - Desember 2005. Nilai bilangan bintik matahari maksimum terjadi pada bulan Oktober 1957 (bersesuaian dengan siklus ke 19) sebesar 253,8; sebagaimana disajikan dalam gambar (3) di atas, memiliki nilai perbandingan sebesar 409,9% terhadap nilai bilangan bintik matahari rata-rata 1901 - 2005. Dampak nyata adanya aktivitas matahari sekitar 4 kalinya (yang terjadi pada bulan Oktober 1957) terhadap kondisi hujan di Jakarta memang menunjukkan adanya hubungan yang tidak serta-merta (*instant*). Sebagaimana ditunjukkan dari gambar (2) di atas bahwa curah hujan ekstrim terbesar di Jakarta (825 mm) justru terjadi di bulan Januari 1963 (terdapat *lag-time* sebesar 63 bulan terhadap aktivitas matahari yang memiliki bilangan bintik matahari maksimum sebesar 253,8 yang terjadi pada bulan Oktober 1957).

Meskipun jika ditelusuri dengan seksama dari gambar (2) di atas diperoleh gambaran bahwa terdapat 10 kali kejadian ekstrim hujan berdasar kriteria P90. Kejadian ekstrim hujan di Jakarta pada bulan Januari 1958 (sebesar 354 mm) merupakan kejadian hujan yang terdekat (terdapat *lag-time* sebesar 3 bulan) dengan kejadian aktivitas matahari maksimum (dengan nilai bilangan bintik matahari sebesar 253,8) pada bulan Oktober 1957. Secara lengkap, waktu kejadian ekstrim hujan di Jakarta setelah periode Oktober 1957 berdasar kriteria P90 adalah pada bulan Januari 1958 (sebesar 354 mm), Januari 1959 (382 mm), Desember 1959 (304 mm), Januari 1960 (460 mm), Februari 1960 (562 mm), April 1960 (305 mm), Januari 1961 (605 mm), Januari 1962 (533 mm), Februari 1962 (419 mm) dan Januari 1963 (825 mm).

Untuk sampel pada siklus 18 (Februari 1944 - Juni 1954), sebagaimana disajikan dalam gambar (4), terlihat bahwa kejadian

aktivitas matahari maksimum (dengan nilai bilangan bintik matahari sebesar 201.3) pada bulan Mei 1947 diikuti oleh 2 kejadian ekstrim hujan di Jakarta, masing-masing pada bulan Nopember 1948 (sebesar 354 mm), Januari 1949 (770 mm). Kejadian ekstrim hujan di Jakarta pada Januari 1949 (770 mm) ini merupakan kejadian ekstrim hujan tertinggi di Jakarta dalam perioda siklus aktivitas matahari ke 18 tersebut. Hal ini mengindikasikan adanya *lag-time* sebesar 20 bulan antara aktivitas matahari maksimum dengan kejadian ekstrim hujan tertinggi di Jakarta. Secara lengkap, waktu kejadian ekstrim hujan di Jakarta setelah perioda Mei 1947 berdasar kriteria P90 adalah pada bulan Nopember 1948 (sebesar 354 mm), Januari 1949 (770 mm), Februari 1951 (361 mm), Januari 1952 (435 mm), Maret 1952 (313 mm) dan Maret 1953 (338 mm). Dengan demikian, antara kejadian aktivitas matahari maksimum (dengan nilai bilangan bintik matahari sebesar 201.3 pada bulan Mei 1947) dengan kejadian ekstrim hujan di Jakarta berdasar kriteria P90 secara keseluruhan memiliki *lag-time* berturut-turut sebesar 18 bulan, 20 bulan, 44 bulan, 55 bulan, 57 bulan dan 69 bulan.

Hal serupa dengan paragraf di atas, untuk sampel pada siklus 19 (Januari 1954 – Juli 1964), sebagaimana disajikan dalam gambar (5), terlihat bahwa kejadian aktivitas matahari maksimum (dengan nilai bilangan bintik matahari sebesar 254) pada bulan Oktober 1957 diikuti oleh 10 kejadian ekstrim hujan di Jakarta, masing-masing pada bulan Januari 1958 (sebesar 354 mm), Januari 1959 (382 mm), Desember 1959 (304 mm), Januari 1960 (460 mm), Februari 1960 (562 mm), April 1960 (305 mm), Januari 1961 (605 mm), Januari 1962 (533 mm), Februari 1962 (419 mm) dan Januari 1963 (825 mm). Antara kejadian aktivitas matahari maksimum (dengan nilai bilangan bintik matahari sebesar 254 pada bulan Oktober 1957) dengan kejadian ekstrim hujan di Jakarta berdasar kriteria P90 secara keseluruhan memiliki *lag-time* berturut-turut sebesar 3 bulan, 15 bulan, 16 bulan, 17 bulan, 18 bulan, 20 bulan, 29 bulan, 31 bulan, 32 bulan dan 43 bulan. Terlihat disini bahwa, antara kejadian aktivitas matahari maksimum (dengan nilai bilangan bintik matahari sebesar 254 pada bulan Oktober 1957) dengan kejadian ekstrim hujan tertinggi di Jakarta (Januari 1963 dengan nilai sebesar 825 mm) memiliki *lag-time* sebesar 43 bulan.

Selanjutnya, untuk sampel pada siklus 20 (Juli 1964 – Juli 1976), sebagaimana disajikan dalam gambar (6), terlihat bahwa kejadian aktivitas matahari maksimum (dengan nilai bilangan bintik matahari sebesar 135.8) pada bulan Maret 1969 diikuti oleh 12 kejadian ekstrim hujan di Jakarta, masing-masing pada bulan Februari 1970 (sebesar 571 mm), Februari 1971 (571 mm), Januari 1972 (495 mm), Maret 1972 (416 mm), Februari 1973 (365 mm), Maret 1973 (356 mm), Januari 1974 (646 mm), Februari 1974 (366 mm), Maret 1974 (334 mm), Februari 1975 (313 mm), Januari 1976 (709 mm) dan Maret 1976 (393 mm). Dengan demikian, secara keseluruhan antara kejadian aktivitas matahari maksimum (dengan nilai bilangan bintik matahari sebesar 135.8) pada bulan Maret 1969 dengan kejadian ekstrim hujan di Jakarta berdasar kriteria P90 ini memiliki *lag-time* berturut-turut sebesar 11 bulan, 23 bulan, 34 bulan, 36 bulan, 47 bulan, 48 bulan, 57 bulan, 58 bulan, 59 bulan, 70 bulan, 81 bulan dan 84 bulan.

Kejadian ekstrim hujan di Jakarta pada bulan Januari 1976 sebesar 709 mm merupakan kejadian ekstrim hujan tertinggi berdasar kriteria P90. Terlihat bahwa, antara kejadian aktivitas matahari maksimum (dengan nilai bilangan bintik matahari sebesar 135.8) pada bulan Maret 1969 dengan kejadian ekstrim hujan di Jakarta pada bulan Januari 1976 sebesar 709 mm ini memiliki *lag-time* sebesar 84 bulan.

Sedang dari tabel distribusi frekuensi dan distribusi frekuensi kumulatif curah hujan dan bilangan bintik matahari, serta nilai ambang kondisi ekstrim curah hujan Jakarta periode Januari 1901 – Desember 2005 berdasar kriteria persentil 90, 95 dan 99 yang terdapat pada bagian akhir makalah ini diperoleh gambaran umum bahwa akumulasi curah hujan bulanan pada interval nilai 0 – 68 mm merupakan kejadian hujan yang paling tinggi frekuensinya, dan akumulasi curah hujan bulanan pada interval nilai 552 – 827 mm merupakan kejadian hujan yang dapat pula digunakan sebagai indikasi kejadian hujan ekstrem, karena rentang data hujan > 552 mm ini merupakan gambaran 10% kejadian hujan dengan akumulasi tertinggi dalam periode Januari 1901 – Desember 2005 di daerah yang ditinjau dalam penelitian ini.

Dari hal-hal seperti diuraikan di atas, juga dengan memperhatikan pola bulanan curah hujan (mm) Jakarta rata-rata sentensial 1901-2005, rata-rata klimatologis 1971-2000 dan kondisi ekstrimnya berdasar kriteria persentil 90 (P90), 95 (P95) dan 99 (P99) yang terdapat dalam gambar (7), secara umum dapat diungkapkan bahwa kriteria persentil 90 (P90) sudah dapat digunakan sebagai penentu nilai ambang ekstrim hujan di Jakarta. Nilai ambang ekstrim hujan P90 sebesar 301,1 mm memiliki nilai perbandingan sebesar 197,4% terhadap nilai curah hujan rata-rata klimatologis 1971 - 2000 (yang nilainya sebesar 157,1 mm). Nilai ambang ekstrim hujan P90 ini (yang memiliki nilai perbandingan sebesar 197,4% terhadap curah hujan rata-rata klimatologis) sudah jauh menunjukkan keadaan di atas normal berdasar kriteria sifat hujan yang digunakan BMKG selama ini. Sebagaimana diketahui, BMKG menerapkan kriteria bahwa jika nilai perbandingan curah hujan pada suatu saat $\geq 115\%$ dari nilai rata-rata klimatologisnya maka keadaan tersebut dikategorikan sebagai keadaan di atas normal. Akumulasi curah hujan bulanan pada interval nilai 0 - 68 mm merupakan kejadian hujan yang paling tinggi frekuensinya, dan akumulasi curah hujan bulanan pada interval nilai 552 - 827 mm merupakan kejadian hujan yang dapat pula digunakan sebagai indikasi kejadian hujan ekstrem, karena rentang data hujan > 552 mm ini merupakan gambaran 10% kejadian hujan dengan akumulasi tertinggi dalam rentang daerah dan waktu yang ditinjau dalam penelitian ini. Selanjutnya, dampak adanya aktivitas matahari ekstrim dengan nilai bilangan bintik matahari sebesar 253,8 yang terjadi pada bulan Oktober 1957 terhadap kondisi ekstrim hujan di Jakarta memang menunjukkan adanya hubungan yang tidak serta-merta (*instant*). Terdapat *lag-time* sebesar 20 bulan antara aktivitas matahari maksimum dengan kejadian ekstrim hujan tertinggi di Jakarta untuk sampel siklus 18 (Februari 1944 - Juni 1954), dan sebesar 43 bulan untuk sampel siklus 19 (Januari 1954 - Juli 1964) serta 84 bulan untuk sampel siklus 20 (Juli 1964 - Juli 1976).

4. KESIMPULAN

Selama rentang pengamatan Januari 1901 – Desember 2005, terdapat 10 kali siklus bintik matahari (dikenal sebagai siklus ke 14 sampai 23) dengan perioda sekitar 11 tahun dan nilai maksimum bintik matahari bulanan 253,8 yang terjadi pada bulan Oktober 1957 (dalam siklus ke 19). Dalam rentang waktu yang sama terjadi 124 kali curah hujan ekstrim di Jakarta berdasar kriteria persentil 90 (P90), dengan nilai maksimum curah hujan bulanan 825 mm, terjadi pada Januari 1963. Nilai ambang ekstrim hujan berdasar kriteria persentil 90 (sebesar 301,1 mm) ini yang memiliki nilai perbandingan sebesar 197,4% terhadap curah hujan rata-rata klimatologis 1971 – 2000 (sebesar 157,1 mm) sudah jauh menunjukkan keadaan di atas normal berdasar kriteria sifat hujan yang digunakan BMKG selama ini. Secara umum diperoleh gambaran bahwa kejadian bintik matahari maksimum di suatu saat tidak serta-merta diikuti dengan kejadian curah hujan ekstrim di Jakarta. Terdapat waktu tunda 20 – 84 bulan antara kejadian nilai maksimum bintik matahari dengan kejadian curah hujan ekstrim di Jakarta untuk kasus 3 siklus bintik matahari (siklus ke 18, 19 dan 20) yang terjadi antara Februari 1944 – Juli 1976.

UCAPAN TERIMAKASIH

Diucapkan terimakasih kepada Drs. Afif Budiyo, M.T. dan Dr. Didi Satiadi atas masukan, saran dan diskusi yang konstruktif dalam penelitian ini. Penelitian ini merupakan bagian dari Sub Kegiatan Penelitian dan Pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi yang ada di Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer LAPAN Tahun anggaran 2013; dengan Peneliti Utama : Prof. Dr. Eddy Hermawan, M.Sc.

DAFTAR PUSTAKA

- BMKG, 2013, Prakiraan Hujan Bulan Maret, April dan Mei 2013 dari <http://www.bmkg.go.id/ImagesData/prash0513.jpg>. Akses 4 April 2013.
- Haylock, M and N.Nicholls, 2000, Trends in Extreme Rainfall Indexes for an Updated High Quality Data Set for Australia, 1910 – 1998, *Int. J. Climatol.*, 20, pp. 1533–1541.

- Herdiwijaya, Dhani dan Baju Indrdjaja, 2002, *Fraktal dan Variabilitas dalam Siklus Bintik Matahari, Kontribusi Fisika Indonesia*, 13, no.2, pp. 72 – 75.
- Herrhyanto, N. dan Hamid, A.H.M., 2008, *Statistika Dasar, Buku Materi Pokok PAMA3226*, Penerbit Universitas Terbuka, Jakarta, 2.1-2.42; 5.1-5.33.
- NGDC-NOAA, 2013, *Solar Data : Monthly Sunspot Numbers*, dari ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/SUNSPOT_NUMBERS/INTERNATIONAL/monthly. Diakses 18 Maret 2013.
- Ratag, M.A., 2001, *Dinamika Sistem Matahari – Bumi dan Perubahan Iklim Global, Prosiding Lokakarya Program Iklim Nasional Terpadu*, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, Jakarta, pp.150 – 160.
- Tjasyono, Bayong H.K., 1992, *Matahari Sebagai Kontrol Iklim, dari Klimatologi Terapan*, Pionir Jaya Bandung, pp. 61 – 76.
- Zhang, Q., X. Chen, and B. Stefan, 2011, *Spatio-Temporal Variations of Precipitation Extremes in the Yangtze River Basin (1960-2002), China*, *Atmospheric and Climate Sciences*, 2011, 1, pp. 1-8 doi:***** Published Online January 2011 (<http://www.SciRP.org/journal/acs>).

Lampiran :

Tabel 1 Distribusi frekuensi (f) dan frekuensi kumulatif (F) bilangan bintang matahari perioda Januari 1901-Desember 2005

interval:	frekuensi (f):	Frekuensi Kumulatif (F):
0-22	339	339
23-45	237	576
46-68	208	784
69-91	140	924
92-114	123	1047
115-137	92	1139
138-160	53	1192
161-183	42	1234
184-206	21	1255
207-229	2	1257
230-252	2	1259
253-275	1	1260
Jumlah	1260	

Tabel 2 Distribusi frekuensi (f) dan frekuensi kumulatif (F) curah hujan bulanan (mm) Jakarta perioda Januari 1901 sampai Desember 2005

interval (mm):	frekuensi (f):	Frekuensi Kumulatif (F):
0-68	354	354
69-137	327	681
138-206	262	943
207-275	137	1080
276-344	71	1151
345-413	30	1181
414-482	25	1206
483-551	13	1219
552-620	7	1226
621-689	7	1233
690-758	6	1239
759-827	2	1241
jumlah=	1241	

Tabel 3 Pola bulanan curah hujan Jakarta rata-rata sentensial 1901-2005 dan rata-rata klimatologis 1971-2000 serta nilai ambang kondisi ekstrimnya berdasar kriteria Persentil 90, 95 dan 99

bulan	rata-rata (1) 1901-2005	rata-rata (2) 1971-2000	Persentil 90 (P90)	Persentil 95 (P95)	Persentil 99 (P99)
jan	338	393	592	683	718
feb	299	295	549	638	741
mar	208	215	339	394	452
apr	137	128	227	271	330
mei	115	122	195	221	276
jun	88	83	194	224	276
jul	58	61	124	160	176
aug	54	65	143	178	239
sep	70	65	170	194	272
okt	104	109	215	286	292
nop	142	132	233	265	318
des	185	201	321	392	485