

PENGARUH SINAR KOSMIK TERHADAP PEMBENTUKAN AWAN TOTAL DAN AWAN ATAS WILAYAH INDONESIA DALAM PERIODE 1979-1995

Aldino A. Baskoro*), Clara Y. Yatini*), Dhani Herdiwijaya**).

*)Peneliti Astronomi Institut Teknologi Bandung

***)Peneliti Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa, LAPAN

email: dynostron_13@yahoo.com

ABSTRACT

Cosmic rays is energetic particles from space. These particles penetrate to the lower atmosphere and influence the earth's global electricity and magnetism. Cloud forming can be accelerated by the electricity and cloud thermodynamic. These basic knowledge are used in making correlation analysis between cosmic ray and total cloud /upper cloud cover in the region of Indonesia in the period of 1979 to 1995. The analysis of the correlations in this report including total correlation, annual correlation, and the correlation in maximum and minimum solar cycle.

ABSTRAK

Sinar kosmik terdiri dari partikel-partikel energetik yang berasal dari ruang angkasa. Partikel-partikel bermuatan ini dapat menenibus lapisan atmosfer bumi sehingga mempengaruhi sistem kelistrikan dan medan magnet di bumi. Pembentukan awan dapat dipercepat oleh fenomena kelistrikan dan termodinamika awan. Pengetahuan awal ini menjadi dasar untuk melakukan analisis korelasi antara sinar kosmik dengan liputan awan total dan awan atas kawasan Indonesia dalam periode 1979-1995. Analisis korelasi yang dilakukan meliputi korelasi total, korelasi tahunan, dan korelasi pada periode tertentu yang didasarkan pada siklus bintik matahari saat maksimum dan minimum.

1 PENDAHULUAN

Matahari adalah sumber energi bagi bumi. Aktivitas yang terjadi pada matahari dapat mempengaruhi cuaca maupun iklim global bumi terutama pada sirkulasi atmosfer dan temperaturnya. Pembentukan awan merupakan faktor penting yang mempengaruhi cuaca bumi. Friis-Christensen dan Svensmark (1997) menemukan adanya korelasi antara sinar kosmik dengan liputan awan di bumi. Hal yang serupa ditemukan oleh Palle Bago dan Buttler (2000). Awan total dan awan ketinggian rendah berkorelasi positif terhadap sinar kosmik. Sinar kosmik merupakan partikel-partikel bermuatan yang sebagian besar atom-atomnya mengalami ionisasi. Atom-atom tersebut berada pada rentang proton sampai inti besi (Mursula dan Usoskin, 2003). Hasil

pengukuran intensitas sinar kosmik beberapa stasiun di berbagai lintang di bumi menunjukkan korelasi yang positif dengan liputan awan (Baskoro, 2005).

Aktivitas yang berupa flare dan CME (*Coronal Mass Ejections*) merupakan sumber terbentuknya partikel-partikel berenergi tinggi yang berasal dari matahari. Intensitas sinar kosmik pada lapisan atas atmosfer bervariasi rata-rata sekitar 15 % selama satu siklus matahari yaitu dengan rentang 5% untuk daerah dekat dengan ekuator magnetik bumi sampai 50% untuk daerah di kutub Bumi. Intensitas sinar kosmik memiliki hubungan antikorelasi terhadap jumlah bintik matahari yang dipengaruhi oleh interaksi sinar kosmik dengan lingkungan bumi.

Pembentukan partikel-partikel sekunder terjadi di lapisan atas troposfer

dan partikel muon mendominasi intensitas sinar kosmik pada ketinggian di bawah 6 km. Pasokan energi sinar kosmik yang masuk ke bumi sangatlah kecil jika dibandingkan dengan energi iradiansi matahari. Namun, sebagai sumber yang mendominasi ionisasi radiasi partikel, sinar kosmik ditemukan mampu memberikan efek terhadap banyak proses yang terjadi di atmosfer. Contohnya adalah pembentukan radioisotop seperti ^{14}C dan ^{10}Be oleh interaksi sinar kosmik dengan molekul-molekul udara (Carslaw et. al., 2002). Pembentukan awai sangat penting karena berfungsi untuk mengontrol keseimbangan radiatif bumi. Fenomena pembentukan awan dipercepat oleh sistem kelistrikan global bumi. Tinsley (2000) menemukan bahwa pancaran partikel-partikel bermuatan berpengaruh terhadap sistem kelistrikan global di bumi. Ada dua hal utama di mana sinar kosmik berpengaruh terhadap sistem kelistrikan di atmosfer antara lain: sinar kosmik menyediakan satu-satunya sumber ion yang jauh lebih banyak dari sumber terestrial radioisotop seperti radon, dan variasi sinar kosmik berpengaruh langsung terhadap sistem kelistrikan global atmosfer. Ionisasi yang dihasilkan oleh sinar kosmik menjaga atmosfer sehingga arus listrik kontinu dapat diteruskan dari lapisan ionosfer menuju ke permukaan bumi.

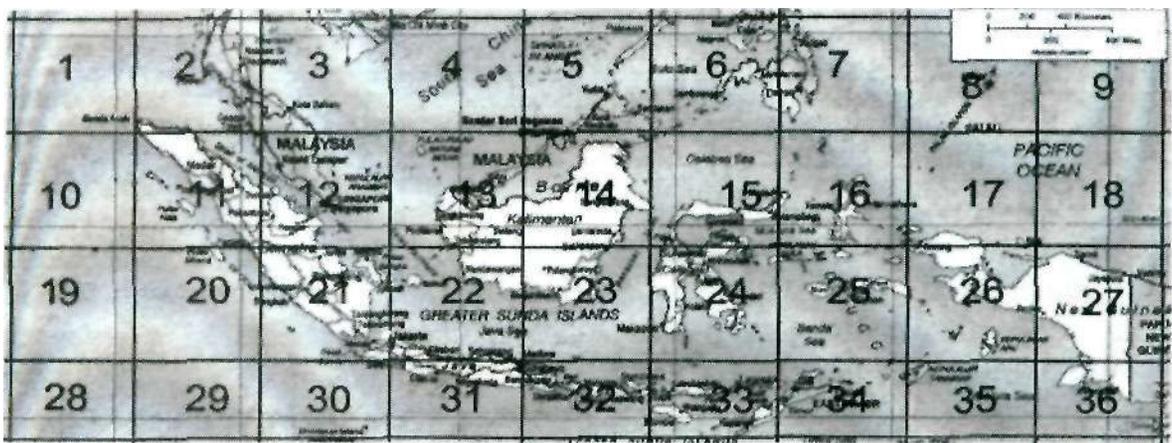
Dalam makalah ini akan dianalisis korelasi antara sinar kosmik dengan liputan awan, khususnya di atas wilayah Indonesia untuk mengetahui bagaimana keterkaitan antara sinar kosmik ini dengan liputan awan di atas Indonesia.

2 DATA DAN PENGOLAHAN

Tiga jenis data yang digunakan dalam analisis korelasi meliputi data liputan awan total (*total cloud*) dan liputan awan atas (*upper cloud*) kawasan Indonesia yang diperoleh dari *Meteorological Satellite Center* (MSC), Tokyo, serta data intensitas sinar kosmik dari Stasiun Huancayo di Peru. Rentang waktu pengambilan data untuk ketiga jenis data ini adalah 1979-

1995. Intensitas sinar kosmik di berbagai belahan bumi memiliki keseragaman bentuk kurva jika diplotkan berdasarkan variabel waktu. Sinar kosmik memiliki hubungan antikorelasi terhadap jumlah bintik matahari. Mengingat posisi Indonesia yang berada di daerah ekuator, maka dipilihlah data sinar kosmik yang berasal dari Stasiun Huancayo karena lokasinya yang berada dekat dengan ekuator. Data yang digunakan adalah data bulanan sinar kosmik yang didapatkan dari NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*).

MSC mendefinisikan jumlah awan (*cloud amount*) sebagai perbandingan antara jumlah piksel awan dengan jumlah total piksel yang tersedia dalam tiap-tiap satu derajat daerah lintang/bujur dari data citra IR (*Infrared*) dan data citra VISSR (*Visible and Infrared Spin Scan Radiometer*). Ada tiga jenis awan, yaitu awan total, awan atas, dan awan rendah. Perbedaan antara awan atas dan awan rendah terletak pada tekanan keduanya yaitu pada batas 400hPa (Suzuki, 1997). Data awan rendah tidak digunakan karena hanya data awan total dan awan atas saja yang tersedia. Pada beberapa periode waktu, satelit tidak melakukan pengukuran yang mengakibatkan ketiadaan data pada waktu-waktu tersebut, antara lain tahun 1984 bulan Mei dan Juni; tahun 1985 bulan Maret, April, Mei, Agustus, dan September; serta tahun 1995 bulan Juni dan Juli. Data liputan awan yang digunakan meliputi wilayah Indonesia dengan koordinat 90° BT- 142° BT dan 10° LU- 10° LS yang disusun berdasarkan lintang dan bujur dengan selang antara dua data sebesar dua derajat. Koefisien data liputan awan berada pada rentang 0-10 yang menunjukkan persentase jumlah liputan awan dengan skala 10 sebanding dengan keadaan awan yang tebal (sebanding dengan persentase awan 100%). Koefisien 0 menunjukkan keadaan daerah tanpa ditutupi oleh awan.



Gambar 2-1: Pembagian wilayah Indonesia menjadi 36 *region*

Pengaruh sinar kosmik terhadap liputan awan atas/awan total diketahui dengan melakukan analisis korelasi liputan awan atas dan liputan awan total terhadap sinar kosmik. Data liputan awan total maupun awan atas merupakan data lima harian yang kemudian dirata-ratakan menjadi data bulanan. Pola tahunan dicari dengan menghilangkan variasi bulanan dengan cara merata-ratakan data bulanan menjadi data tahunan.

Untuk mengetahui pengaruh lokal sinar kosmik terhadap pembentukan awan, wilayah Indonesia dibagi menjadi 36 *region* dengan besar tiap *region* 5x5 derajat (Gambar 2-1). Pembagian dilakukan dalam arah lintang dan bujur dimulai dari lintang utara ke selatan dan dari bujur yang lebih kecil ke bujur yang lebih besar. Pada arah lintang: 10° LU-6° LU, 4° LU-0, 2° LU-6° LS, 8° LS-10° LS, sedangkan pada arah bujur timur : 90°-94°, 96°-100°, 102°-106°, 108°-112°, 114°-118°, 120°-124°, 126°-130°, 132°-136°, 138°-142°. Khusus pada lintang 8° LS-10°LS, kotak *region* berukuran 5x3 derajat. Satu kotak *region* terdiri dari 9 data koefisien liputan awan yang dirata-ratakan menjadi 1 datum untuk mewakili *region* tersebut. *Region* diurutkan dari bujur timur yang paling kecil ke yang paling besar sehingga secara membujur terdapat 9 *region*.

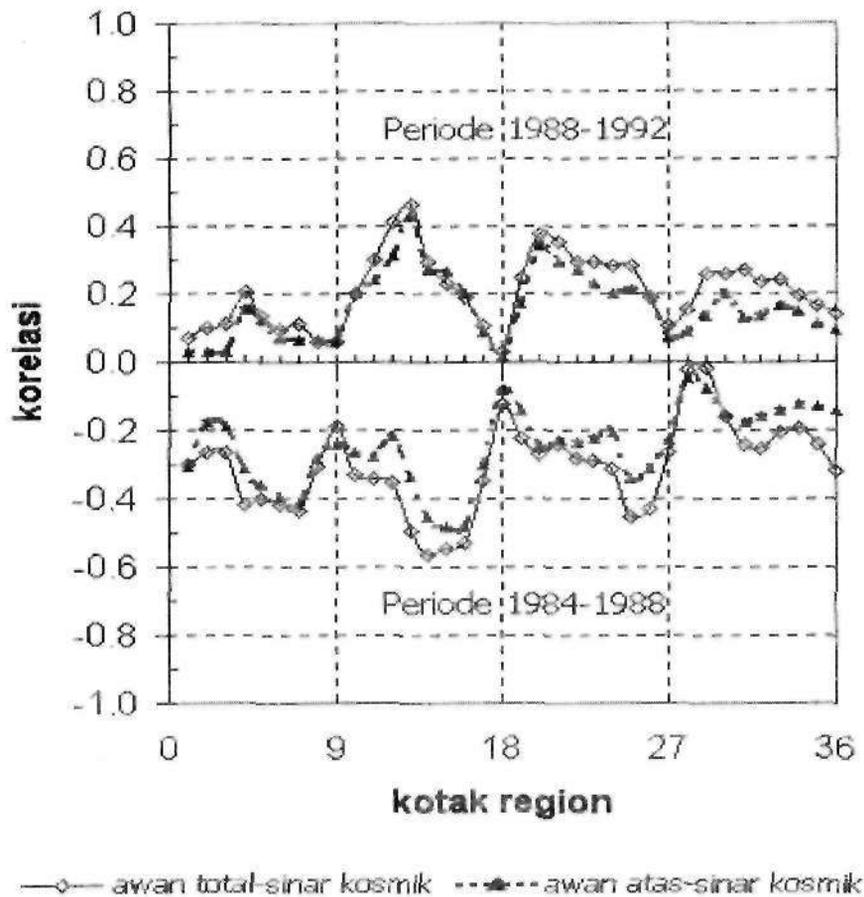
3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Korelasi *Region* Indonesia

Korelasi total antara sinar kosmik dengan liputan awan total maupun awan

atas pada semua *region* (Gambar 2-1) menghasilkan koefisien korelasi yang kecil dengan nilai berkisar masing-masing antara -0,11 sampai 0,14 untuk korelasi antara sinar kosmik dengan awan total, dan -0,10 sampai 0,09 untuk korelasi antara sinar kosmik dengan liputan awan atas. Analisis korelasi dilakukan dengan mengasumsikan intensitas sinar kosmik untuk setiap *region* sama. Korelasi total adalah korelasi yang dilakukan pada seluruh data rata-rataan bulanan liputan awan total/awan atas terhadap seluruh data sinar kosmik untuk tiap-tiap *region* dalam rentang waktu 1979-1995. Respon liputan awan pada seluruh *region* terhadap sinar kosmik tidak signifikan jika menggunakan korelasi total.

Koefisien korelasi menunjukkan variasi jika ditinjau dalam rentang waktu yang lebih pendek dengan acuan siklus bintik matahari. Sinar kosmik memiliki hubungan antikorelasi terhadap jumlah bintik matahari. Saat siklus maksimum matahari, intensitas sinar kosmik yang terdeteksi di Bumi justru berada pada minimum sedangkan saat siklus minimum matahari, intensitas sinar kosmik berada pada maksimumnya. Korelasi antara sinar kosmik terhadap liputan awan total/awan atas menghasilkan pola antar *region* seperti dalam Gambar 3-1. Saat siklus matahari menuju maksimum yaitu periode 1988-1992, koefisien korelasi antar *region* menunjukkan kecenderungan meningkat bila berada di wilayah Indonesia bagian tengah. Koefisien korelasi antara sinar kosmik dengan awan total berkisar antara



Gambar 3-1: Profil korelasi antar *region* liputan awan total dan awan atas terhadap sinar kosmik ditinjau saat siklus maksimum dan siklus minimum matahari

0,03 sampai 0,46 dengan koefisien tertinggi berada di *region* 13. Demikian pula antara sinar kosmik dan liputan awan atas, koefisien korelasi tertinggi berada di *region* 13 dengan nilai korelasi antar *region* berkisar antara 0,02 sampai 0,46. Saat siklus maksimum matahari ini, tiap-tiap *region* memiliki respon koefisien korelasi yang positif antara sinar kosmik dengan liputan awan.

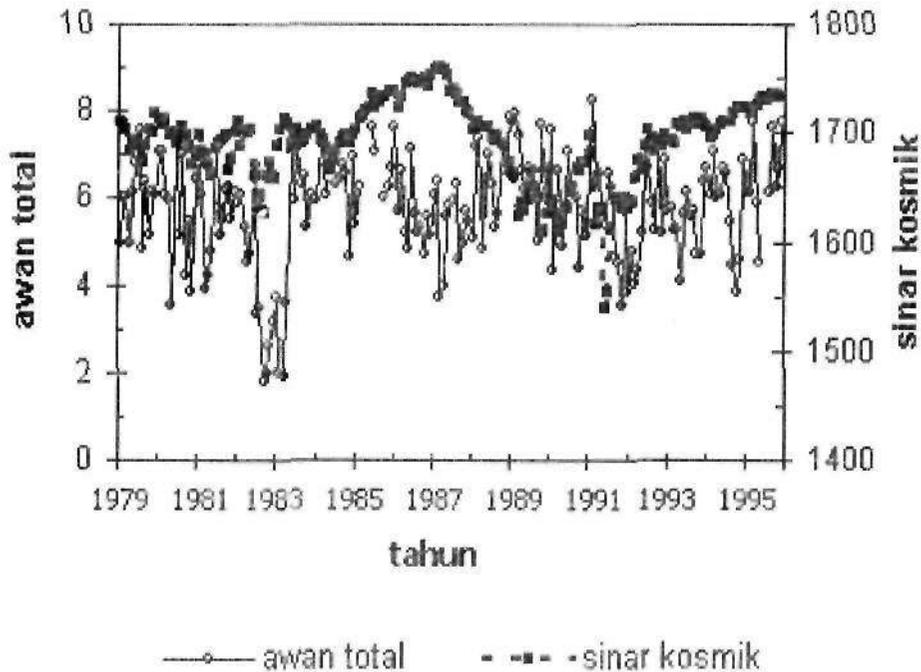
Hal yang sebaliknya terjadi saat siklus minimum matahari yaitu pada periode 1984-1988. Sinar kosmik yang berada pada siklus puncaknya direspon negatif oleh liputan awan kawasan Indonesia. Koefisien korelasi antara liputan awan total dengan sinar kosmik berada pada rentang -0,02 sampai -0,56 dengan nilai korelasi yang terkecil terdapat di *region* 28 dan 29. Sedangkan untuk liputan awan atas dan sinar kosmik, koefisien korelasi antar *region-nya* antara -0,04 sampai -0,48 dengan koefisien

korelasi terkecil berada di *region* 15 dan 16. Kedua jenis awan menunjukkan perilaku yang sama terhadap sinar kosmik, yaitu berespon positif saat siklus maksimum matahari dan berespon negatif saat siklus minimumnya. Partikel-partikel berenergi tinggi yang berasal dari matahari berpengaruh terhadap keadaan liputan awan total dan liputan awan atas.

3.2 Blok Indonesia

Analisis korelasi tahunan menunjukkan beberapa *region* Indonesia memiliki kemiripan. Korelasi tahunan adalah korelasi antara data bulanan sinar kosmik dengan data rata-rata bulanan liputan awan untuk setiap tahunnya. Data sinar kosmik per tahun yang terdiri dari 12 bulan dikorelasikan dengan data liputan awan sehingga mendapatkan satu nilai koefisien korelasi. Koefisien ini diplotkan berdasarkan variabel waktu. Respon sinar kosmik terhadap liputan awan per tahunnya

Blok IV



Gambar 3-2: Profil liputan awan total terhadap sinar kosmik pada Blok IV

menunjukkan nilai koefisien korelasi positif dan negatif. *Region-region* yang memiliki fluktuasi korelasi tahunan yang mirip dikelompokkan dalam satu blok.

Korelasi tahunan antara liputan awan total dengan sinar kosmik menghasilkan 7 blok kawasan Indonesia. Ketujuh blok ini antara lain: Blok I yang merupakan gabungan dari *region* 1-6; Blok II, gabungan dari *region* 7-9; Blok III, gabungan dari *region* 10-15; Blok IV, gabungan dari *region* 16-18; Blok V, gabungan dari *region* 19-36 kecuali *region* 28, 29, dan 30; Blok VI merupakan *region* 28; dan Blok VII yang merupakan gabungan dari *region* 29 dan 30.

Masing-masing blok memiliki pola awan total yang beragam, jika diplotkan terhadap waktu dalam orde bulan. Periode 1979-1995 terdapat 204 bulan. Penurunan sinar kosmik diikuti oleh penurunan awan total. Pada rentang bulan ke-41 (mengacu pada bulan Mei tahun 1982) sampai bulan ke 52 (mengacu pada bulan April tahun 1983), ketujuh blok pada data rata-rata awan total mengikuti pola

sinar kosmik yang mengalami penurunan. Kecenderungan yang sama juga terjadi pada rentang bulan ke-145 (mengacu pada bulan Januari tahun 1991) sampai bulan ke-163 (mengacu pada bulan Juli tahun 1992). Hal yang sebaliknya terjadi yaitu saat sinar kosmik berada pada saat maksimumnya, respon awan total memberikan negatif. Pada Blok IV terlihat pola awan total menurun pada periode November 1985 sampai Oktober 1988 (Gambar 3-2).

Korelasi tahunan antara liputan awan atas dengan sinar kosmik menghasilkan 6 blok, antara lain: Blok I, gabungan dari *region* 1-9; Blok II, gabungan dari *region* 10-13; Blok III, gabungan dari *region* 14-18; Blok IV, gabungan dari *region* 19 dan 20; Blok V, gabungan dari *region* 21-36 kecuali *region* 28; dan Blok VI yang hanya terdiri dari satu *region*, yaitu *region* 28. Pembagian blok ini tidak membedakan antara daratan dan lautan. Profil liputan awan atas juga terlihat sangat fluktuatif, sama seperti liputan awan total. Masing-masing blok

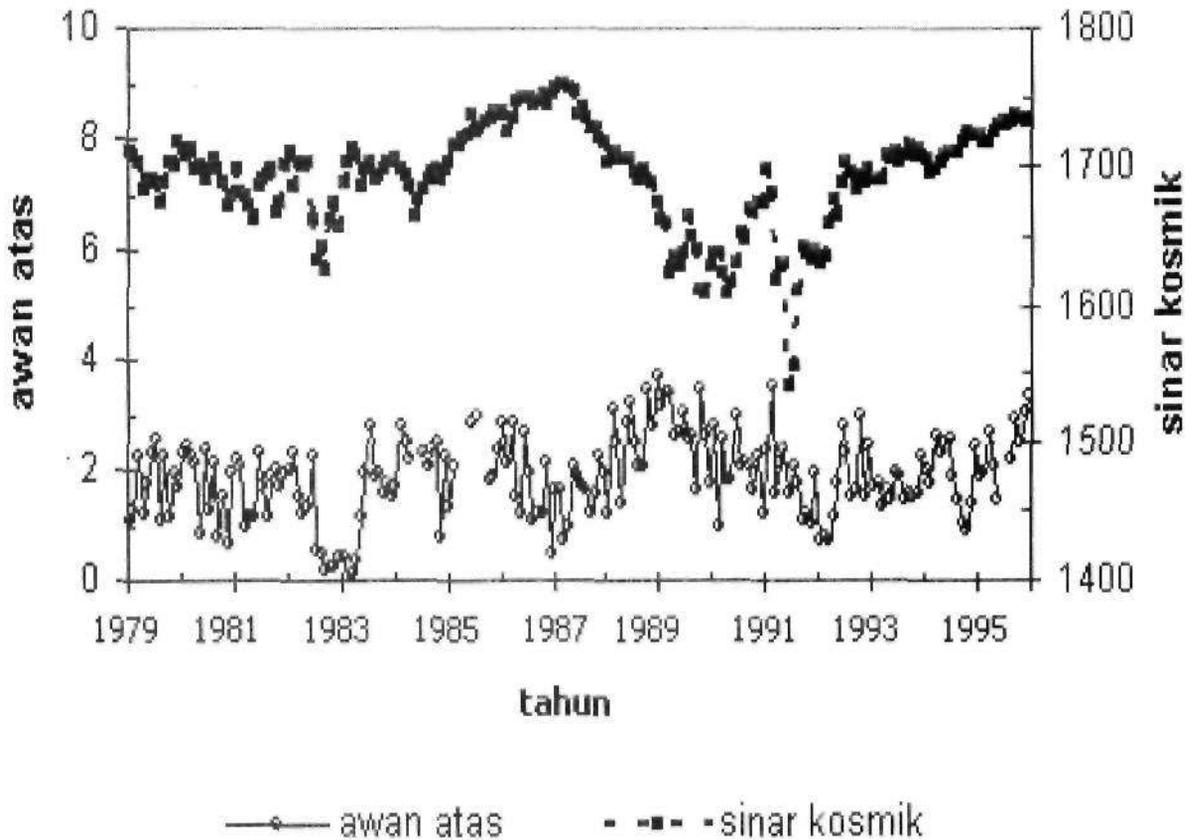
memiliki pola liputan awan atas yang beragam jika diplotkan terhadap waktu dalam orde bulan (total terdapat 204 bulan).

Pada saat sinar kosmik berada pada fase minimum, beberapa blok mengikuti pola penurunan liputan awan atas. Pada Blok III (Gambar 3-3), terlihat kurva awan atas mengikuti pola sinar kosmik kecuali saat sinar kosmik menuju maksimum. Pola kurva sinar kosmik yang menurun pada rentang bulan ke-41 (mengacu pada bulan Mei tahun 1982) sampai bulan ke-52 (mengacu pada bulan April tahun 1983) direspon negatif oleh awan atas. Anti korelasi antara sinar kosmik dengan awan atas terjadi saat sinar kosmik

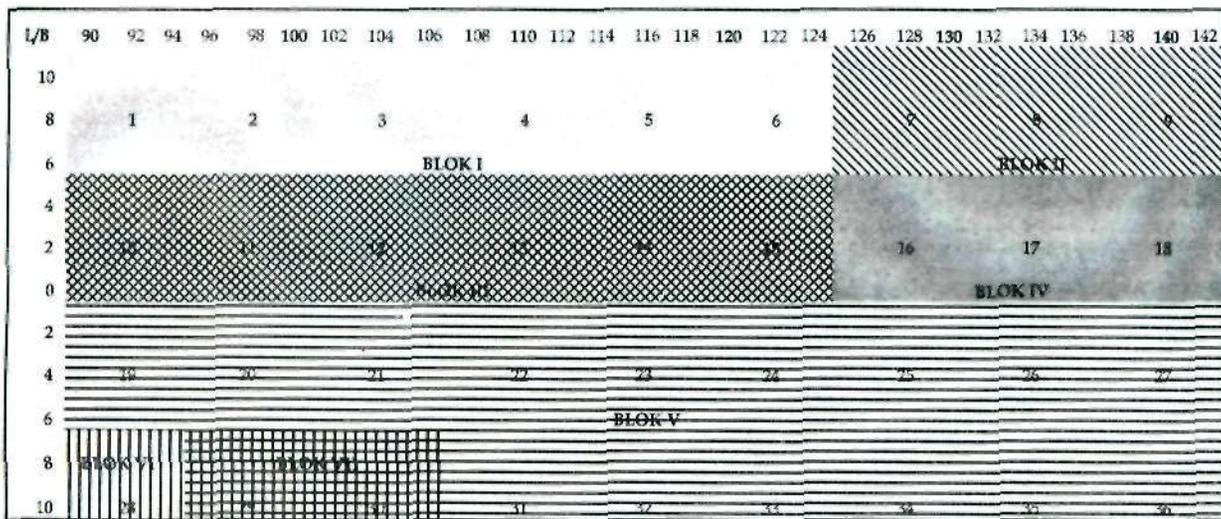
menuju maksimum, terjadi pada selang waktu Januari 1986 sampai Desember 1988. Awan total maupun awan atas memiliki respon yang sama terhadap sinar kosmik yang membedakannya adalah koefisien skala awannya. Awan atas memiliki koefisien yang lebih kecil dibandingkan dengan awan total.

Pada Gambar 3-4 dan 3-5 digambarkan pemetaan wilayah Indonesia berdasarkan kesesuaian pola korelasinya dengan sinar kosmik. Gambar 3-4 merupakan pemetaan untuk wilayah-wilayah yang mempunyai pola korelasi yang mirip antara awan total dengan sinar kosmik, sedangkan Gambar 3-5 untuk awan atas dengan sinar kosmik.

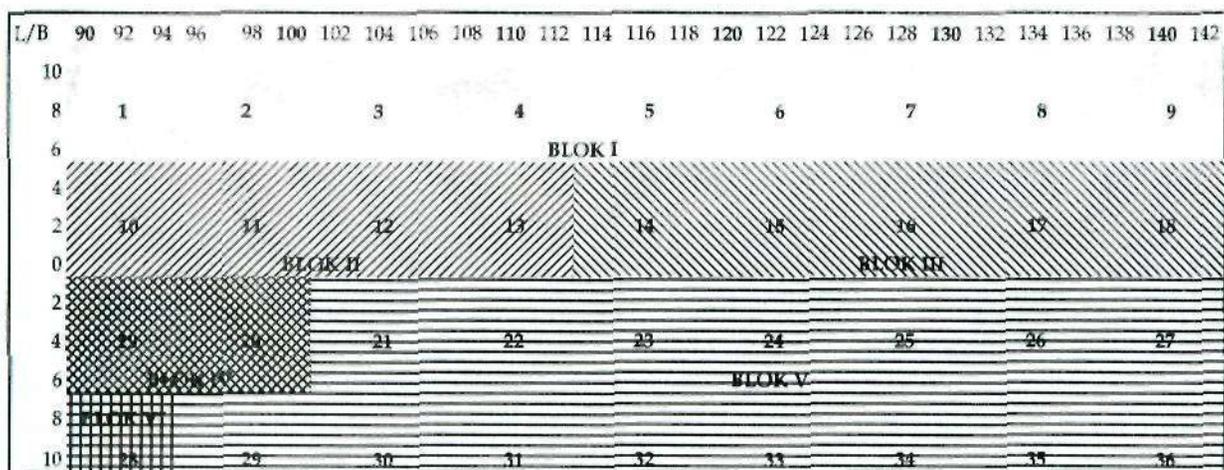
Blok III



Gambar 3-3: Profil liputan awan atas terhadap sinar kosmik pada Blok III



Gambar 3-4: Pemetaan wilayah Indonesia yang mempunyai korelasi yang mirip antara awan total dan sinar kosmik. Sumbu vertikal adalah lintang tempat, sedangkan horisontal adalah posisi bujur dalam derajat



Gambar 3-5: Pemetaan wilayah Indonesia yang mempunyai korelasi yang mirip antara awan atas dan sinar kosmik. Sumbu vertikal adalah lintang tempat, sedangkan horisontal adalah posisi bujur dalam derajat

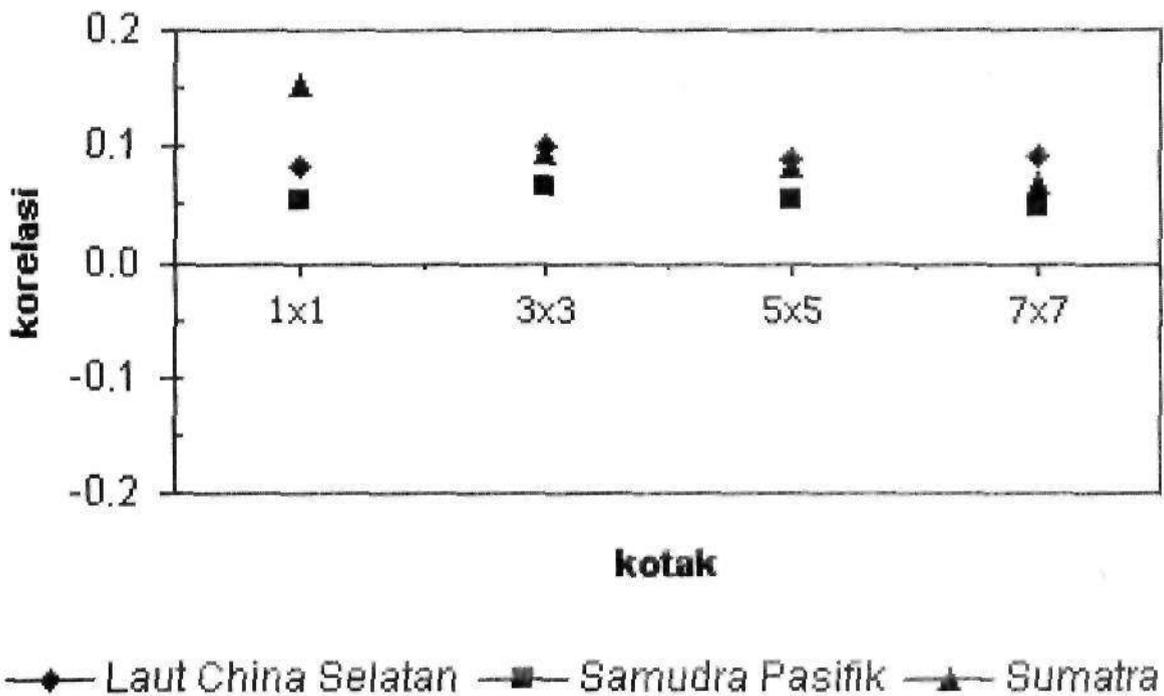
3.3 Daerah Ekuator

Friis-Christensen dan Svensmark (1997) menemukan adanya korelasi antara liputan awan di bumi dengan sinar kosmik. Demikian pula Palle Bago dan Buttler (2000) yang melakukan analisis hubungan sinar kosmik terhadap pembentukan awan, menemukan kecenderungan awan total yang mengikuti pola sinar kosmik pada periode 1983-1991.

Dari hasil *scanning* wilayah ekuator Indonesia terhadap korelasi total antara sinar kosmik dan liputan awan total beberapa daerah di ekuator didapatkan koefisien korelasi yang kecil berkisar antara 0 sampai 0,2. *Scanning* dilakukan

untuk melihat variasi korelasi total antara sinar kosmik dan liputan awan total terhadap bertambahnya luas wilayah dengan pusat wilayah yang sama. Kami memilih daerah daratan dan lautan yang menjadi acuan sebagai pusat dengan tujuan untuk membandingkan di antara keduanya.

Lautan yang dipilih, yaitu Laut China Selatan dan Samudera Pasifik (terletak di sebelah Utara Papua) sedangkan Sumatera mewakili wilayah daratan. Kalimantan tidak dipilih karena data liputan awan total tidak lengkap. *Scanning* meliputi luas wilayah yang semakin membesar dimulai dari luas wilayah



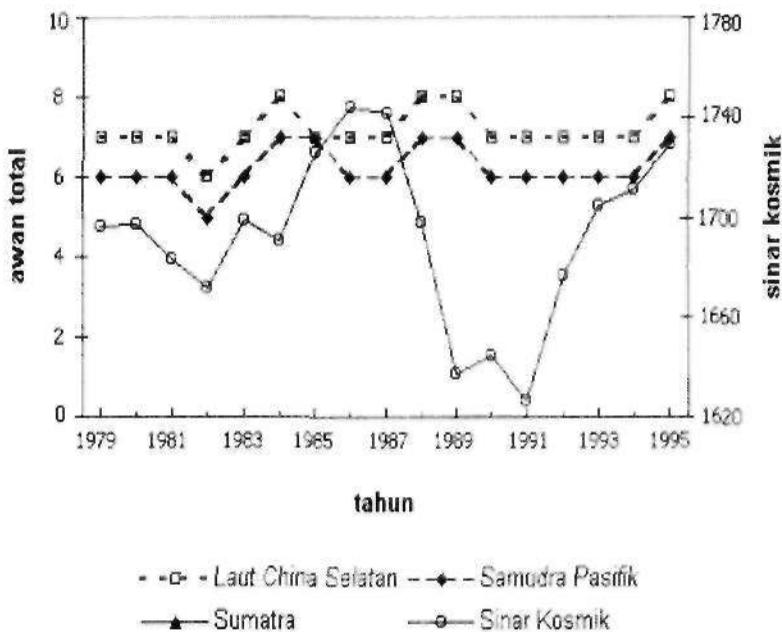
Gambar 3-6: *Scanning* wilayah Indonesia menunjukkan variasi korelasi dalam orde kecil antara sinar kosmik dan liputan awan total wilayah ekuator Indonesia. Laut China Selatan, Samudera Pasifik, dan Sumatera menunjukkan daerah pusat *scanning*

1°x1° (1x1 kotak), 5°x5° (3x3 kotak), 9°x9° (5x5 kotak), dan 13°x13° (7x7 kotak). Kotak yang lebih kecil dilingkupi oleh kotak yang lebih besar. Pada Gambar 3-6 terlihat bahwa koefisien korelasi antara sinar kosmik dan liputan awan total wilayah Sumatera dalam orde yang kecil cenderung mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya luas wilayah, yaitu 0,15 ; 0,10 ; 0,08; dan 0,07. Demikian pula Samudera Pasifik memiliki kecenderungan korelasi yang menurun. Korelasi antara sinar kosmik pada daerah daratan dan lautan memiliki nilai yang mendekati 0. Secara umum sinar kosmik dan liputan awan total pada daerah ekuator memiliki nilai korelasi yang konstan.

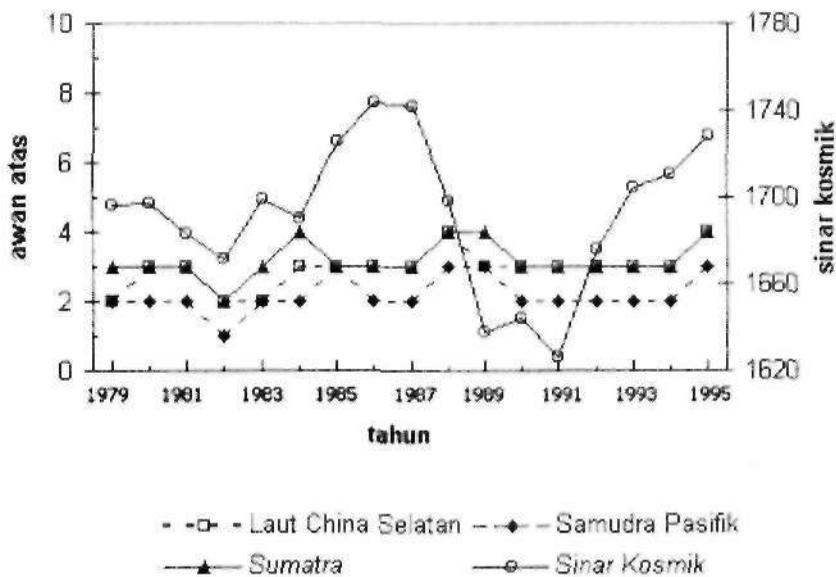
Daerah ekuator yang dipilih berada pada rentang koordinat 2° LU-2° LS dengan daerah, antara lain Laut China Selatan (106° BT-110° BT), Samudera Pasifik (134° BT - 138° BT), dan Sumatera (100° BT-104° BT). Variasi bulanan dihilangkan dengan cara menentukan rata-

rata data sinar kosmik dan liputan awan total rnenjadi data tahunan.

Gambar 3-7 menunjukkan pola tahunan sinar kosmik dan liputan awan total, sedangkan Gambar 3-8 menunjukkan kaitan pola antara sinar kosmik dengan liputan awan atas daerah-daerah yang meliputi Samudera Pasifik, Laut China Selatan, dan Sumatera. Pada profil liputan awan, kurva daerah Sumatera dan Laut China Selatan tampak berhimpit yang menandakan kesamaan di antara keduanya. Kedekatan jarak antara Laut China Selatan dan Sumatera memberikan pengaruh pada pola awan yang seragam. Samudera Pasifik memiliki bentuk kurva yang mirip dengan kurva Laut China Selatan maupun Sumatera namun memiliki koefisien awan total yang lebih rendah. Jika ketiga kurva wilayah Indonesia dibandingkan dengan profil sinar kosmik, tampak beberapa rentang waktu mengikuti pola sinar kosmik sedangkan pada periode yang lain justru menunjukkan hal yang sebaliknya.



Gambar 3-7: Profil tahunan sinar kosmik dan liputan awan total untuk daerah Sumatera, Laut China Selatan, dan Samudera Pasifik dalam periode 1979-1995. Kurva liputan awan total antara Laut China Selatan dan Sumatera tampak berhimpit



Gambar 3-8: Profil tahunan sinar kosmik dan liputan awan atas untuk daerah Sumatera, Laut China Selatan, dan Samudera Pasifik dalam periode 1979-1995. Kurva liputan awan atas antara Laut China Selatan dan Sumatera tampak berhimpit

Pada periode 1979-1983, penurunan *fluks* sinar kosmik diikuti dengan penurunan jumlah liputan awan total. Namun, pada periode 1984-1988 saat intensitas sinar kosmik menuju puncak, kurva liputan awan wilayah Sumatera

dan Laut China Selatan justru mengalami penurunan. Penurunan intensitas sinar kosmik pada periode 1989-1991 direspon oleh awan total dengan penurunan juga namun tidak terlalu ekstrim. Justru pada periode mulai menurunnya sinar kosmik

1988-1989, awan total nampak memiliki nilai koefisien yang konstan. Koefisien korelasi antara sinar kosmik dan ketiga daerah tersebut (Laut China Selatan, Samudera Pasifik, dan Sumatera) relatif rendah yaitu berturut-turut: 0,10; 0,07, dan 0,10. Hal yang serupa terjadi pada liputan awan atas. Profil liputan awan atas di Laut China Selatan, Sumatera, dan Samudera Pasifik mirip dengan profil liputan awan total. Perbedaannya hanya terletak pada koefisien skala dari liputan awan di raana awan atas memiliki koefisien yang lebih kecil dari pada awan total. Awan atas juga menunjukkan anti korelasi saat sinar kosmik berada pada fase maksimum.

4 KESIMPULAN

Korelasi total antara sinar kosmik dengan awan total maupun awan atas pada semua *region* menghasilkan koefisien korelasi yang kecil dengan nilai berkisar antara -0,11 sampai 0,14 untuk korelasi antara sinar kosmik dengan awan total, dan -0,10 sampai 0,09 untuk korelasi antara sinar kosmik dengan awan atas. Jika mengacu pada siklus bintik matahari, koefisien korelasi antara sinar kosmik dengan awan atas maupun awan total menunjukkan variasi yang signifikan. Saat siklus maksimum bintik matahari, tiap-tiap *region* memiliki respon koefisien korelasi yang positif antara sinar kosmik dengan liputan awan dengan kecenderungan koefisien korelasi semakin positif pada wilayah Indonesia bagian tengah. Koefisien korelasi tertinggi antara sinar kosmik dan liputan awan total berada di *region* 13 dengan nilai korelasi 0,46. Sedangkan koefisien korelasi tertinggi antara sinar kosmik dan liputan awan atas berada di *region* 13 dengan nilai koefisien korelasi yang sama dengan liputan awan total.

Hal yang sebaliknya terjadi saat siklus minimum bintik matahari. Sinar kosmik yang berada pada siklus puncaknya direspon negatif oleh liputan awan kawasan Indonesia. Koefisien korelasi

terendah antara sinar kosmik dan liputan awan total berada di *region* 28 dan 29 dengan nilai korelasi -0,56. Sedangkan koefisien korelasi terendah antara sinar kosmik dan liputan awan atas berada di *region* 15 dan 16 dengan nilai koefisien -0,48. Kedua jenis awan menunjukkan perilaku yang sama terhadap sinar kosmik, yaitu berespon positif saat siklus maksimum bintik matahari dan berespon negatif saat siklus minimumnya. Hal ini juga terlihat pada profil liputan awan total maupun liputan awan atas terhadap sinar kosmik yang dirata-ratakan menjadi data tahunan. Perbedaannya hanya terletak pada koefisien skala dari liputan awan, di mana awan atas memiliki koefisien yang lebih kecil dari awan total. Liputan awan atas juga menunjukkan anti korelasi saat sinar kosmik berada pada fase maksimum. Periode penurunan sinar kosmik yang diikuti oleh penurunan koefisien liputan awan terjadi pada tahun 1981-1983.

Korelasi tahunan antara liputan awan total dengan sinar kosmik menghasilkan 7 blok kawasan Indonesia sedangkan korelasi tahunan antara liputan awan atas dengan sinar kosmik menghasilkan 6 blok. *Scanning* yang dilakukan terhadap wilayah ekuator Indonesia dengan sampel daerah Sumatera, Laut China Selatan, dan Samudera Pasifik menunjukkan koefisien korelasi total memiliki nilai yang kecil dan cenderung konstan. Penambahan jumlah kotak tidak mempengaruhi korelasi total antara sinar kosmik dengan liputan awan total wilayah Indonesia.

DAFTAR RUJUKAN

- Baskoro, A.A., 2005. *Analisis Data Awan Total Kawasan Indonesia terhadap Aktiuitas Energi Tinggi Matahari dalam Periode 1979-1995*. Tugas Akhir Sarjana, Departemen Astronomi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung.
- Carslaw, K.S., Harison, R.G., Kirkby, J., 2002. *Cosmic Rays, Clouds, and Climate*. Science 298, him 1732-1737.

Friis-Christensen, E., Svensmark, H., 1997, *Advances in Space Research*, Vol 20, p.913-921.

Meteorological Satellite Center, *Monthly Report of Meteorological Center, Tokyo.*

Mursuia, K., Usoskin, I. 2003. *Heliospheric Physics and Cosmic Rays. Lecture notes* (http://spaceweb.oulu.fi/education/Heliosfaariysiikka/Lectures_2003/).

National Oceanic and Atmospheric Administration, (<http://www.ngdc.noaa.gov/>)

Palle Bago, E., Butler, C.J., 2000. *The Influence of Cosmic Rays on Terrestrial Clouds and Global Warming.* *Astron. Geophys.* 41, him 18-22.

Suzuki, T., 1997. *The GMS Users Guide, third edition.* Meteorological Satellite Center (<http://mscweb.kishou.go.jp>).

Tinsley, B. A., 2000. *Influence of Solar Wind on the Global Electric Circuit, and Inferred Effects on Cloud Microphysics, Temperature, and Dynamics in the Troposphere.* *Space Sci. Rev* 94, him 231.