

**PENINGKATAN AKURASI PREDIKSI CURAH HUJAN BULANAN DI  
WILAYAH JAKARTA MENGGUNAKAN DATA *TROPICAL RAINFALL  
MEASURING MISSION* (TRMM) DAN DATA SINAR KOSMIK  
BERBASIS JARINGAN SYARAF TIRUAN  
[ACCURACY ENHANCEMENT FOR PREDICTING MONTHLY  
RAINFALL IN JAKARTA REGION USING TROPICAL RAINFALL  
MEASURING MISSION (TRMM) AND COSMIC RAYS DATA BASED  
ON ARTIFICIAL NEURAL NETWORK]**

**Jalu Tejo Nugroho<sup>\*)</sup>, The Houw Liong<sup>\*\*)</sup>, Safwan Hadi<sup>\*)</sup>, dan Bayong Tjasyono HK<sup>\*)</sup>**

<sup>\*)</sup> Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, ITB

<sup>\*\*)</sup> Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, ITB

e-mail: imeljalu@yahoo.com

**ABSTRACT**

In this study we have success to increase the accuracy of monthly rainfall prediction in Jakarta region which represented by correlation coefficient of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) simulation data as an output of artificial neural network testing data. By cosmic rays involving factor, the increased accuracy up to 7,2% are achieved when predict for next five months. For three and four months the prediction increas up to 4,8%. These results support the evidence of cosmic rays affect rainfall in Jakarta region.

Keywords: *Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), Artificial neural network, Cosmic rays*

**ABSTRAK**

Telah diperoleh peningkatan akurasi prediksi curah hujan bulanan di wilayah Jakarta yang ditandai dengan peningkatan nilai koefisien korelasi data *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) hasil simulasi jaringan syaraf tiruan. Dengan melibatkan faktor sinar kosmik sebagai masukan jaringan, diperoleh peningkatan akurasi sampai dengan 7,2% yang dicapai saat prediksi lima bulan ke depan. Untuk prediksi tiga dan empat bulan ke depan peningkatan akurasi yang diperoleh sebesar 4,8%. Hasil ini melengkapi bukti adanya kontribusi sinar kosmik dalam mempengaruhi curah hujan di wilayah Jakarta.

Kata kunci: *Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), Jaringan syaraf tiruan, Sinar kosmik*

**1 PENDAHULUAN**

Matahari melalui energi yang dipancarkan dapat menggerakkan sirkulasi atmosfer dan lautan serta bagi fotosintesis dalam biosfer. Iklim, sebagai manifestasi bagaimana radiasi matahari diserap, didistribusikan kembali oleh atmosfer, daratan, lautan dan pada akhirnya diradiasikan kembali ke angkasa juga bergantung pada fluks energi matahari yang diterima di permukaan bumi. Tinsley et al. (2007) dan Zherebtsov et al. (2005) telah menjelaskan mengenai mekanisme sinar kosmik dan medan magnetik interplanetari dalam mempengaruhi sirkulasi di troposfer melalui perantara medan listrik di atmosfer yang pada akhirnya mempengaruhi inti kondensasi awan.

Septiadi (2008) telah membuktikan adanya kesesuaian antara sinyal bilangan bintang matahari dengan deret data curah hujan di lima zona prediksi pada studi kasus di Pulau Kalimantan. Hasil prediksi dengan metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) memberikan akurasi yang lebih baik dibandingkan jika hanya menggunakan satu prediktor curah hujan saja.

Pemanfaatan satelit *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) dalam studi curah hujan di daerah tropis telah banyak dilakukan. As-syakur dan Prasetia (2010) menyebutkan adanya tingkat korelasi yang sedang sampai kuat antara data satelit TRMM dengan data observasi dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) di Indonesia. Data satelit tersebut dapat memberikan informasi sebaran spasial dan temporal curah hujan di Indonesia.

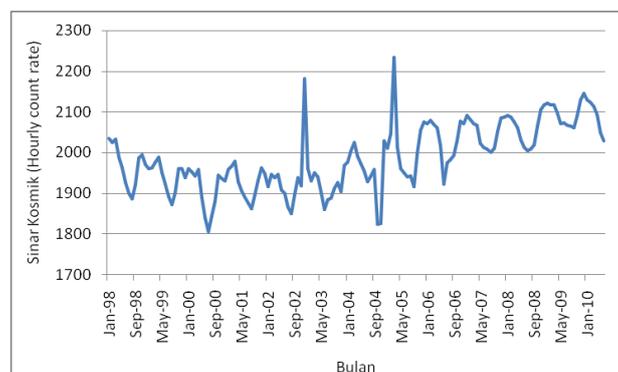
Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk melengkapi serta mendukung hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya mengenai pengaruh dari faktor yang intensitasnya dimodulasi oleh aktivitas matahari yaitu sinar kosmik, terhadap curah hujan di wilayah Jakarta dengan memanfaatkan data TRMM serta menggunakan metode JST.

## 2 DATA DAN METODE

### 2.1 Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data bulanan TRMM tipe 3B43 yang dapat diperoleh dari [http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/gesNews/netCDF\\_subset\\_for\\_TRMM](http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/gesNews/netCDF_subset_for_TRMM) mulai dari bulan Januari 1998 sampai dengan bulan Desember 2010 dengan resolusi  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$  dan dalam satuan mm/jam. Dari data tersebut selanjutnya dipilih untuk wilayah Jakarta dengan koordinat  $6,16^\circ \text{LS}$  dan  $106,81^\circ \text{BT}$  mengacu pada lokasi observasi curah hujan Stasiun Kemayoran Jakarta, BMKG. Data curah hujan observasi yang digunakan mulai dari bulan Januari 1976 sampai dengan Desember 2006 dalam satuan milimeter (mm). Pada saat simulasi menggunakan metode JST, data TRMM dan data sinar kosmik akan dimanfaatkan sebagai masukan (*input*) sedangkan data dari stasiun pengamat (observasi) digunakan sebagai data target.

Data sinar kosmik bersumber dari observatorium Beijing, Cina diunduh dari: [ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR\\_DATA/COSMIC\\_RAYS/STATION\\_DATA/Monthly\\_data/beijing.tab](ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/COSMIC_RAYS/STATION_DATA/Monthly_data/beijing.tab) dalam satuan *hourly counting rate*, mulai dari bulan Januari 1993 sampai dengan Juni 2010. Interval data sinar kosmik ini meliputi hampir satu siklus aktivitas matahari (siklus ke-23 aktivitas matahari dimulai pada bulan Mei 1998 sampai dengan Desember 2008) sehingga hasil yang diperoleh dianggap dapat merepresentasikan aktivitas matahari dalam satu siklus. Gambar 2-1 menampilkan data sinar kosmik yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 2-1: Plot data sinar kosmik Observatorium Beijing, China (Januari 1998 sampai dengan Juni 2010). Sumber: [ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR\\_DATA/COSMIC\\_RAYS/STATION\\_DATA/Monthly\\_data/beijing.tab](ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/COSMIC_RAYS/STATION_DATA/Monthly_data/beijing.tab)

## 2.2 Metode

Metode penelitian yang digunakan adalah JST propagasi mundur (*backpropagation*) yang terdiri atas satu neuron pada lapisan masukan dan satu neuron pada lapisan keluaran. Mengacu pada Kusumadewi (2004), arsitektur jaringan menggunakan dua lapisan tersembunyi, masing-masing dengan sepuluh neuron pada lapisan tersembunyi pertama dengan fungsi aktivasi *tansig* dan lima neuron pada lapisan tersembunyi kedua dengan fungsi aktivasi *logsig*. Pada lapisan keluaran digunakan fungsi aktivasi *purelin*. Sebelum dilakukan proses propagasi mundur terlebih dulu dilakukan proses *preprocessing* dan propagasi maju (*feedforward propagation*). *Tansig* merupakan fungsi aktivasi yang menghasilkan nilai keluaran dengan batas antara 1 sampai dengan -1, sementara untuk *logsig* antara 0 dan 1 dan *purelin* nilai keluarannya sama dengan nilai masukan yang diberikan.

Dengan asumsi data masukan (data TRMM dan sinar kosmik) disimpan pada matriks  $p$  dan target (data curah hujan observasi) pada matriks  $t$ , maka:

$$[pn, meanp, stdp, tn, meant, stdt] = prestd(P, T) \quad (2-1)$$

dimana  $pn$  dan  $tn$  masing-masing adalah matriks masukan dan keluaran yang ternormalisasi,  $meanp$  dan  $meant$  berturut-turut adalah rata-rata (*mean*) pada matriks masukan ( $p$ ) dan keluaran ( $t$ ),  $stdp$  dan  $stdt$  adalah deviasi standar pada matriks masukan ( $p$ ) dan keluaran ( $t$ ), dan  $prestd$  adalah fungsi untuk mengubah data ke bentuk normal dengan rata-rata = 0 dan deviasi standar = 1. Tahap selanjutnya dibangun jaringan dengan metode pembelajaran *traingdm*:

$$net = newff(minmax(pn), [10 5 1], {'tansig' 'logsig' 'purelin'}, 'traingdm') \quad (2-2)$$

dengan *newff* adalah fungsi yang digunakan untuk membangun jaringan *backpropagation*, *minmax(pn)* adalah fungsi untuk menentukan skala masukan dan keluaran, serta *traingdm* adalah fungsi untuk menghitung gradien serta memperbaiki nilai bobot pada setiap pengoperasian data masukan. Proses pembelajaran dilakukan dengan perintah:

$$net = train(net, pn, tn) \quad (2-3)$$

Selanjutnya dilakukan pengujian (simulasi) terhadap data-data yang ikut dilatih:

$$an = sim(net, pn) \quad (2-4)$$

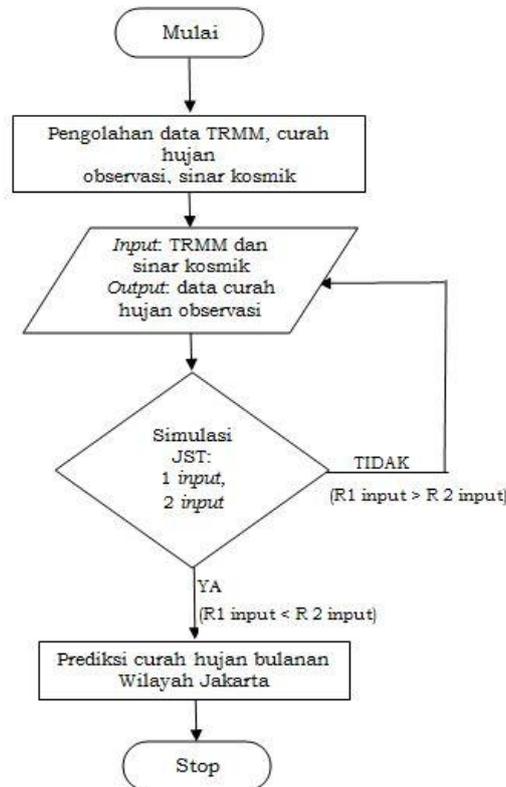
dengan  $an$  adalah vektor yang digunakan untuk menyimpan hasil simulasi jaringan. Selanjutnya keluaran jaringan dan target dianalisis dengan regresi linear yang menghasilkan persamaan garis serta koefisien korelasi dengan menggunakan fungsi *postreg*.

$$[m, a, r] = postreg(a, T) \quad (2-5)$$

dimana  $m$ ,  $a$ , dan  $r$  berturut-turut adalah gradien hasil regresi linear, titik perpotongan dengan sumbu-y, dan koefisien korelasi antara keluaran jaringan dengan target.

Tahap pertama penelitian ini adalah melakukan simulasi JST satu masukan yaitu data TRMM dengan target adalah data curah hujan observasi Stasiun Kemayoran. Keluaran dari proses simulasi ini adalah nilai koefisien korelasi (R) baik untuk data latih maupun data uji. Pada tahap selanjutnya nilai R yang diperoleh ini

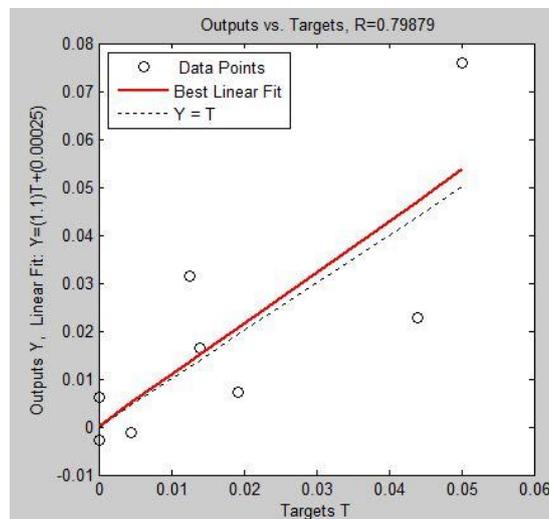
selanjutnya akan dibandingkan dengan nilai R yang diperoleh dari hasil simulasi JST dengan dua masukan, yaitu data TRMM dan data sinar kosmik. Diagram alir keseluruhan proses penelitian diringkas dalam Gambar 2-1.



Gambar 2-1: Diagram alir tahap-tahap penelitian

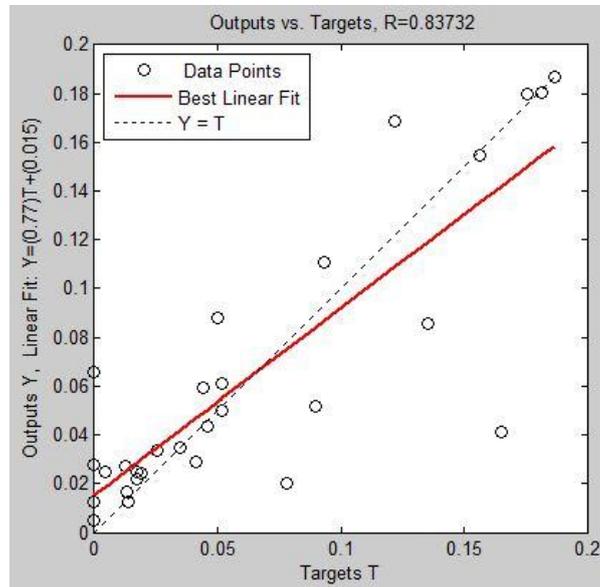
### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk membuktikan bahwa arsitektur jaringan yang dibangun dapat diaplikasikan untuk keperluan prediksi, dilakukan pengujian dengan cara menghitung nilai koefisien korelasi (R) antara masukan (data TRMM) dengan target (data curah hujan dari stasiun pengamat). Dari hasil simulasi diperoleh nilai koefisien korelasi antara data uji dengan data target sebesar 0,79. Gambar 3-1 menampilkan grafik persamaan linear serta R dari data uji hasil simulasi JST dengan satu masukan.



Gambar 3-1: Plot persamaan linier dan koefisien korelasi (R) data TRMM pengujian terhadap data target (OBS) hasil simulasi JST satu masukan

Sementara dari hasil pengujian JST dengan dua masukan (data TRMM dan data sinar kosmik) terhadap data target yang sama, diperoleh nilai R antara data pengujian dengan data target sebesar 0,83. Gambar 3-2 menampilkan plot persamaan linear serta R dari data uji yang merupakan hasil simulasi JST dengan dua masukan.

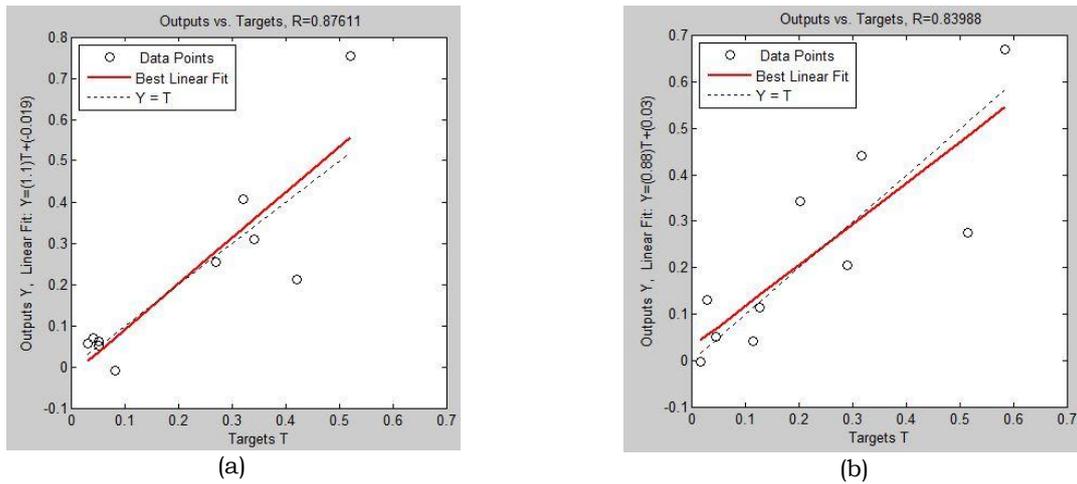


Gambar 3-2: Plot persamaan linier serta koefisien korelasi (R) data TRMM dan sinar kosmik pengujian dengan data target (OBS) hasil simulasi JST dengan dua masukan

Kenaikan nilai R yang diperoleh dari simulasi JST dua masukan tersebut bila dibandingkan dengan hasil simulasi JST satu masukan adalah sebesar 5%. Adanya peningkatan ini melengkapi bukti adanya pengaruh sinar kosmik pada curah hujan di wilayah Jakarta. Menurut Carslaw et al. (2002), penjelasan mekanisme fisis dari hasil yang diperoleh ini adalah bahwa sinar kosmik, yang sumbernya dari galaksi dan matahari (partikel energetik matahari), mempengaruhi curah hujan di permukaan melalui perantara medan listrik vertikal (kelistrikan global) di atmosfer sehingga mempengaruhi tutupan awan. Tinsley et al. (2007) mengungkapkan bahwa hal ini terkait dengan adanya redistribusi inti kondensasi di troposfer bawah oleh medan listrik vertikal, dimana ionisasi oleh sinar kosmik menjadikan atmosfer sebagai plasma penghantar listrik yang menyebabkan arus listrik melewati ionosfer menuju atmosfer bawah.

Hasil tersebut juga membuktikan bahwa arsitektur JST yang dibangun dapat diaplikasikan untuk keperluan prediksi curah hujan di wilayah Jakarta. Untuk keperluan prediksi, data yang dipakai adalah data TRMM simulasi, yaitu data TRMM yang diperoleh dari hasil pembelajaran JST, dimana di dalamnya telah dimasukkan faktor sinar kosmik.

Nilai R dari data uji TRMM simulasi terhadap data target untuk prediksi tiga bulan ke depan diperoleh 0,87 sementara perhitungan nilai R prediksi tiga bulan dari data uji TRMM saja tanpa memasukkan data sinar kosmik diperoleh sebesar 0,83. Dengan melibatkan faktor sinar kosmik ternyata diperoleh peningkatan nilai R sebesar 4,8%. Untuk prediksi empat serta lima bulan ke depan juga diperoleh peningkatan nilai R masing-masing sebesar 4,8% dan 7,2%. Gambar 3-3a menampilkan grafik persamaan linier serta nilai R antara data uji TRMM simulasi dengan data target untuk prediksi tiga bulan ke depan sementara Gambar 3-3b adalah gambar yang sama untuk data uji TRMM saja.

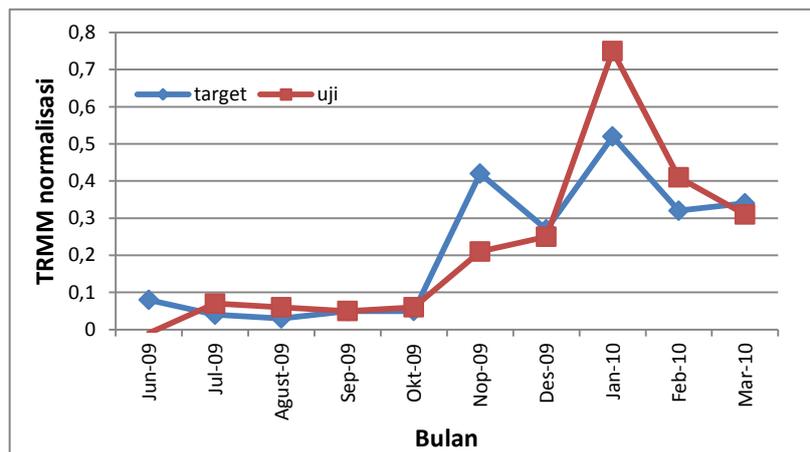


Gambar 3-3: a. Grafik persamaan linear data uji TRMM simulasi dengan data target untuk prediksi tiga bulan ke depan. b. menampilkan hal yang sama untuk data uji TRMM saja

Tabel 3-1 meringkas kenaikan nilai R untuk ketiga prediksi tersebut sementara Gambar 3-4 merupakan plot sepuluh titik prediksi tiga bulan ke depan (bulan Juni 2009 sampai dengan Maret 2010) dari data uji TRMM simulasi yang dibandingkan terhadap targetnya.

Tabel 3-1: PERBANDINGAN NILAI R SERTA PROSENTASI KENAIKAN DATA UJI TRMM SIMULASI DAN TRMM UNTUK KETIGA PREDIKSI (*e* menyatakan *epoch* JST)

Prediksi	R		$\Delta R$
	TRMM simulasi	TRMM	
Prediksi 3 bulan	0,87( <i>e</i> =800)	0,83 ( <i>e</i> =800)	4,8%
Prediksi 4 bulan	0,84( <i>e</i> =800)	0,83 ( <i>e</i> =800)	4,8%
Prediksi 5 bulan	0,84( <i>e</i> =500)	0,89 ( <i>e</i> =500)	7,2%



Gambar 3-4: Plot sepuluh titik prediksi tiga bulan ke depan (Juni 2009 sampai dengan Maret 2010) data uji TRMM simulasi yang dibandingkan terhadap targetnya

Hasil penelitian ini dapat melengkapi bukti-bukti sebelumnya tentang pengaruh sinar kosmik pada variabilitas curah hujan di berbagai wilayah di permukaan bumi. Zherebtsov et al. (2005) mengatakan bahwa tingkat dan korelasi antara intensitas sinar kosmik dan keawanan global bergantung pada posisi lintang, karakter permukaan (daratan atau lautan) serta karakteristik tutupan awan.

Untuk wilayah Jakarta bukti efek sinar kosmik pada penelitian ini dibuktikan dengan menggunakan data TRMM simulasi, yaitu data TRMM hasil keluaran simulasi

JST dengan dua masukan yang di dalamnya telah dimasukkan faktor sinar kosmik. Sebelumnya Gernowo (2009) mengatakan bahwa banjir di Jakarta pada tahun 2002 terjadi bersamaan dengan aktivitas matahari maksimum. Dengan adanya energi tambahan dari *flare* (ledakan) matahari maka intensitas radiansi matahari yang sampai ke permukaan bumi akan menjadi maksimum sehingga konveksi menjadi aktif dan tutupan awan menjadi maksimum. Sebaliknya, kejadian banjir tahun 2007 terjadi ketika aktivitas matahari minimum. Akibatnya, fluks sinar kosmik yang mencapai atmosfer bumi akan menjadi maksimum sehingga tutupan awan pun menjadi maksimum.

Ditinjau secara meteorologis, curah hujan konveksional merupakan salah satu dari dua tipe utama sumber curah hujan di Indonesia (Tjasyono, et al. 2007). Pemanasan radiasi matahari menyebabkan densitas udara permukaan mengecil sehingga terjadi sel tekanan rendah. Dalam sistem cuaca lokal menyebabkan konveksi atau arus udara ke atas (*updraft*). Konveksi ini membawa uap air dari tempat di sekitarnya karena ada konvergensi udara lokal pada sel tekanan rendah. Konveksi yang kuat ini menyebabkan terbentuknya awan konvektif jenis Cumulus atau Cumulonimbus yang banyak menghasilkan hujan deras dan petir.

Rosenfeld (2006) mengemukakan tentang keterkaitan antara aerosol dengan awan konvektif. Efek curah hujan akibat partikel aerosol di daratan lebih besar untuk awan konvektif karena kurangnya sejumlah besar garam sebagai inti kondensasi awan yang dihasilkan oleh lautan sehingga meningkatkan curah hujan dalam awan yang tercemar. Di sisi lain, aerosol di atmosfer diketahui ikut ditentukan oleh fluks sinar kosmik yang sampai ke atmosfer bawah atau troposfer (Rosenfeld, 2006).

#### 4 KESIMPULAN

Dari penelitian ini diperoleh adanya peningkatan nilai koefisien korelasi (R) sebesar 5% pada JST dengan dua masukan (data TRMM dan data sinar kosmik) dibandingkan terhadap JST dengan satu masukan (data TRMM) saja. Selain membuktikan adanya kontribusi sinar kosmik pada curah hujan di wilayah Jakarta hal ini juga menunjukkan bahwa arsitektur JST yang dibangun dapat digunakan untuk keperluan prediksi.

Peningkatan akurasi prediksi diperoleh dengan membandingkan nilai R yang diperoleh dari data TRMM simulasi, yaitu data uji TRMM yang telah ditambahkan faktor sinar kosmik sebagai masukan JST dengan nilai R yang diperoleh dari data uji TRMM saja tanpa memasukkan data sinar kosmik. Untuk prediksi tiga dan empat bulan ke depan peningkatan akurasi mencapai 4,8% sementara untuk prediksi lima bulan ke depan peningkatan akurasinya sebesar 7,2%.

#### DAFTAR RUJUKAN

- As-syakur, A.R., dan R. Prasetya, 2010. *Pola Spasial Anomali Curah Hujan Selama Maret Sampai Juni 2010 di Indonesia; Komparasi Data TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA) 3B43 dengan Stasiun Pengamat Hujan*, Prosiding Penelitian Masalah Lingkungan di Indonesia, pp. 505-516, Universitas Udayana.
- Carslaw, K. S., Harison R. G., dan Kirkby J., 2002. *Cosmic Rays, Clouds, and Climate*, Science, 298, 1732-1737.
- Gernowo R., 2009, *Dinamika Atmosfer Curah Hujan Ekstrem dan Evaluasi Awal Teknologi Modifikasi Cuaca Sistem Statis di DKI Jakarta*, Disertasi, Institut Teknologi Bandung.
- Kusumadewi, S., 2004. *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Matlab dan Excel Link*, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta.

- Rosenfeld, D., 2006. *Aerosol-Cloud Interactions Control of Earth Radiation and Latent Heat Release Budgets*, Space Sci. Rev., 125, 149-157.
- Septiadi D., 2008. *Aplikasi Soft Computing pada Prediksi Curah Hujan di Kalimantan*, Tesis, Institut Teknologi Bandung.
- Tinsley B. A., G.B. Burns, dan Limin Zhou, 2007. *The Role of the Global Electric Circuit in Solar and Internal Forcing of Clouds and Climate*, Advances in Space Research 40, pp. 1126–1139.
- Tjasyono B. HK., Ina Juaeni, dan Sri Woro B. Harijono, 2007. *Proses Meteorologis Bencana Banjir di Indonesia*, Jurnal Meteorologi dan Geofisika, Vol. 8, No. 2, Badan Meteorologi dan Geofisika.
- Zherebtsov G.A., Kovalenko V.A., Molodykh S.I., 2005. *The Physical Mechanism of the Solar Variability Influence on Electrical and Climatic characteristics of the troposphere*, Advances in Space Research, Volume 35, Issue 8, Pages 1472–1479.