

APLIKASI SOFT COMPUTING PADA PREDIKSI CURAH HUJAN DI KALIMANTAN

Deni Septiadi

*Program Doktor (S-3) Sains Kebumihan, Bidang Khusus Sains Atmosfer,
Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung*

Abstrak

Analisis clustering curah hujan di Kalimantan menggunakan Jaringan Kompetitif Kohonen menghasilkan 5 kelompok wilayah yang disebut Zona Prediksi. Sementara itu spektrum data memperlihatkan sinyal sunspot hadir dalam deret waktu data curah hujan di semua Zona Prediksi dengan magnitude terbesar pada Zona Prediksi 2 yang mengindikasikan bahwa zona tersebut memberikan respon langsung pada fenomena sunspot. Peranan aktivitas matahari pada pembentukan awan tinggi dipercayai berkaitan dengan variabilitas fluks sinar kosmik yang bervariasi terhadap lintang. Prediksi curah hujan bulanan dengan Metode ANFIS maupun Jaringan Neural dilakukan dengan menggunakan 1 Prediktor (curah hujan) dan 2 Prediktor (kombinasi antara sinar kosmik dan sunspot) dengan panjang data bervariasi yaitu 45 tahun, 30 tahun, dan 15 tahun serta panjang data 46 tahun untuk prediksi tahunan (2007–2020). Secara keseluruhan keluaran Metode ANFIS 1 Prediktor menunjukkan nilai rata-rata RMSE (Root Mean Square Error) yang lebih kecil untuk prediksi bulanan. Namun pada prediksi tahunan, Metode ANFIS 2 Prediktor menunjukkan hasil yang lebih baik. Dengan demikian fenomena sunspot dan sinar kosmik sebagai prediktor perlu dipertimbangkan dalam melakukan prediksi jangka panjang karena memberikan akurasi yang lebih baik dibandingkan jika hanya menggunakan curah hujan sebagai prediktor

Kata kunci : Analisis clustering, Jaringan Kompetitif, Zona Prediksi, ANFIS, Jaringan Neural.

Abstract

Clustering analysis of rainfall using competitive neural Kohonen yields 5 groups area called prediction zone. Meanwhile, data spectrum shows that sunspot signal exist in time series of rainfall to all of prediction zone with the biggest magnitude at prediction zone 2 and indicates that zone gives direct response to the sunspot phenomena. Role of sunspot activity to the cloud formation believed relationships to the cosmic rays flux that various at latitude. Monthly rainfall prediction with ANFIS Method and Neural Network done with 1 Predictor (rainfall) and 2 Predictors (combine between cosmic rays and sunspot) at various length of data that is 45 years, 30 years, and 15 years and 46 years data length for yearly prediction (2007-2020). Over all, 1 Predictor ANFIS Method shows small average value RMSE (Root Mean Square Error) for monthly prediction. But, for yearly prediction 2 Predictors ANFIS Method shows more accurate. That's way, sunspot and cosmic rays phenomena as predictor needs to be considered for long term prediction because gives better accuracy then using rainfall as predictor.

Keywords : Clustering analysis, Competitive Neural, Prediction Zone, ANFIS, Neural Network.

1. PENDAHULUAN

Teknik prediksi cuaca selalu menjadi suatu tema yang menarik untuk digali, meskipun belum ada suatu metode prediksi yang mampu memberikan akurasi yang tinggi dan stabil, artinya dapat diterapkan pada ruang dan waktu berbeda. Secara umum, masalah peramalan dapat dinyatakan sebagai berikut : diketahui sejumlah deret waktu x_1, x_2, \dots, x_n , masalahnya adalah bagaimana mengetahui dan memperkirakan berapa nilai pada x_{n+1} berdasarkan x_1, x_2, \dots, x_n (Siang, 2005).

Pembuatan prediksi jumlah curah hujan (Quantitative Forecast of Precipitation, QPF) dapat dilakukan dengan menggunakan teknik prediksi subjektif, teknik prediksi statistik dan teknik prediksi dinamik. Teknik prediksi subjektif dilakukan berdasarkan pengalaman, keahlian dan pemahaman forecaster. Teknik prediksi statistik dilakukan dengan menggunakan prosedur dan pendekatan secara statistik. Sementara itu, teknik prediksi dinamik dilakukan berdasarkan pada penyelesaian persamaan-persamaan proses atmosfer yang disederhanakan (Rainbird, 1970).

Soft Computing dicetuskan pertama kali oleh Prof. Lotfi A. Zadeh (1987), untuk mendefinisikan segolongan metode yang mampu mengolah data dengan baik walaupun di dalamnya terdapat ketidak pastian, keakuratan, maupun kebenaran parsial. Karakteristik ini menempatkan soft computing sebagai salah satu solusi yang dapat dipakai untuk memecahkan berbagai masalah yang terdapat pada domain dunia nyata. Metode soft computing dapat dikategorikan dalam tiga kategori utama yaitu : Fuzzy Logic (FL), Neural Network Theory (NN) dan Probabilistic Reasoning (PR). Dalam konsep Soft Computing, metode-metode ini ibarat pilar, saling mendukung dan bekerjasama dalam memecahkan suatu masalah. Aplikasi Soft Computing sangat beragam dan banyak ditemukan dalam bidang kedokteran, geodesi, ekonomi, pertanian, meteorologi dan lain-lain. Salah satu aplikasi yang sering digunakan untuk keperluan peramalan adalah aplikasi Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (Nugroho, 2007).

Teknik Soft Computing telah membuka jalan baru bagi forecaster dari sistem yang kompleks. Atmosfer adalah sebuah sistem kompleks dan semua parameter atmosfer membawa derajat kompleksitas yang berbeda-beda (Chattopadhyay, S. dan Chattopadhyay, M., 2007).

Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) adalah metode matematik yang dikembangkan oleh Roger Jang sejak tahun 1993 yang mampu mengidentifikasi dan menduga suatu model data. ANFIS merupakan suatu teknik optimasi yang menggabungkan Neural Network dan Fuzzy Logic. Neural Network mengenal pola dan menyesuaikan dengan perubahan pola. Sedangkan Fuzzy Logic menggabungkan pengetahuan manusia dan menarik kesimpulan untuk membuat suatu keputusan. ANFIS terbukti dapat digunakan untuk memprediksi deret waktu yang bersifat chaos dan dapat diterapkan secara langsung dalam bidang pemodelan, pengambilan keputusan, pengolahan sinyal, dan kontrol (Jang, 1997).

Teknik prediksi cuaca atau iklim akan semakin terbantu jika parameter yang diprediksi memiliki periodisitas tertentu mengikuti pola gangguan skala global. Bintik matahari yang lebih dikenal dengan *sunspot* dianggap sebagai indikator aktivitas matahari dari *flare*, *prominance* dan pelepasan massa oleh corona yang berperan dalam mempengaruhi kondisi atmosfer bumi.

Siklus *sunspot* terjadi dalam kurun waktu kira-kira 11 tahunan namun bervariasi antara 7 dan 17 tahun dalam jumlah dan area sunspot sebagaimana yang diberikan oleh bilangan *sunspot*. Bilangan tersebut terdiri dari suatu ukuran minimum antara 0 sampai 10 dan menjadi maksimum antara 50 sampai 140 sekitar 4 tahun berikutnya serta perlahan menjadi turun (Sulman, 2000).

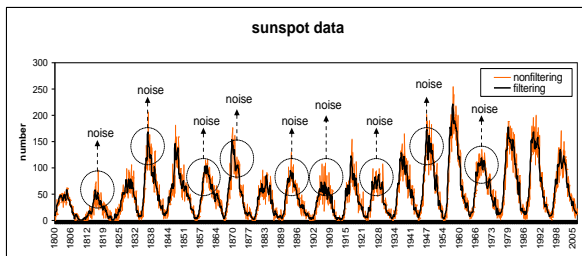
Berdasarkan penelitian tentang aktivitas matahari, curah hujan Kalimantan memiliki korelasi positif yang cukup besar terhadap siklus sunspot, sehingga dapat dijadikan sebagai validasi model prediksi kedepan. Metode clustering memperlihatkan bahwa bagian barat Indonesia umumnya dipengaruhi oleh siklus Indian Ocean Dipole Mode (IOD),

bagian timur Indonesia umumnya dipengaruhi oleh siklus El Niño-Southern Oscillation (ENSO), sementara itu di bagian tengah Indonesia umumnya dipengaruhi oleh siklus sunspot (Liong, et. al, 2006).

2. DATA DAN METODA

Penelitian ini menggunakan data curah hujan bulanan (mm) yang dikumpulkan dari 25 stasiun hujan (BMG dan Pos Kerjasama BMG-DIPERTA) yang tersebar di seluruh Kalimantan. Periode pengamatan yang dipakai selama 46 tahun (1961-2006). Data tambahan penelitian adalah data radiasi matahari Pontianak (BMG) bulanan selama 23 tahun (1984-2006), data sunspot dan sinar kosmik bulanan dengan periode 46 tahun (1961-2006) dari <http://www.ngdc.noaa.gov/stp/SOLAR> serta data angin baik dari observasi permukaan (BMG se-Kalimantan) dan data angin 1000 mb yang didapat dari <http://www.bom.gov.au/> tahun 2006.

Metoda pengolahan data yang dilakukan meliputi denoisasi menggunakan metode Moving Average yang menempatkan setiap nilai data dengan perata-rataan dirinya sendiri.



Gambar 1. Filtering data *sunspot*

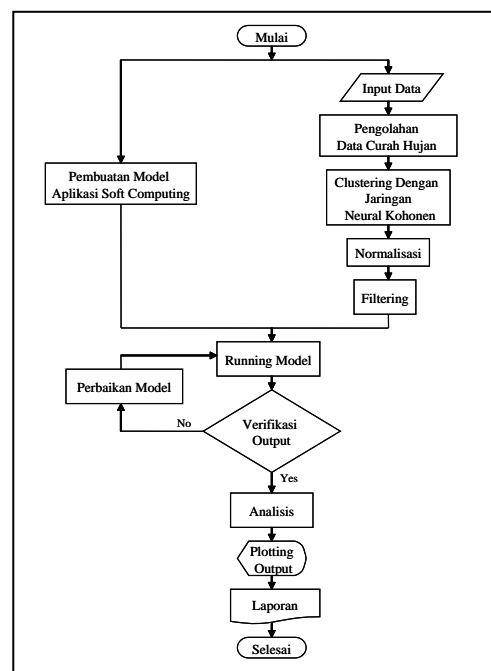
Untuk memudahkan pengolahan data curah hujan dilakukan clustering wilayah menggunakan Jaringan Kohonen. Clustering Jaringan Kohonen merupakan perluasan dari jaringan kompetitif. Jumlah neuron target sama dengan maksimum jumlah kelompok yang hendak kita buat. Dalam iterasinya, bobot neuron yang diubah tidak hanya bobot garis yang terhubung ke neuron pemenang saja tapi juga bobot ke neuron-neuron disekitarnya (Siang, 2005).

Setelah mendapatkan clustering wilayah, dilakukan analisis spektral menggunakan Fast Fourier Transform (FFT) untuk melihat sinyal sunspot yang hadir pada data curah hujan.

Neural Network (Jaringan Neural) adalah sistem pemroses yang memiliki karakteristik mirip dengan jaringan biologi yang dibentuk sebagai generalisasi model matematika dari jaringan syaraf biologi. Jaringan Neural ditentukan oleh pola hubungan antara neuron disebut arsitektur jaringan, metode dalam mendapatkan bobot penghubung yang disebut metode training, learning atau algoritma., terakhir Jaringan Neural juga ditentukan oleh fungsi aktivasi yang terdiri dari Fungsi Aktivasi Threshold, Sigmoid dan Identitas.

Sementara itu, ANFIS merupakan suatu teknik optimasi yang menggabungkan konsep neural-network dengan fuzzy logic. Neural-network mengenal pola-pola dan menyesuaikan pola terhadap perubahan lingkungan, sedangkan fuzzy logic menggabungkan pengetahuan manusia dan mencari kesimpulan untuk membuat suatu keputusan. ANFIS juga dapat diterapkan secara langsung dalam bidang pemodelan, pengambilan keputusan, pengolahan sinyal, dan kontrol (Jang, 1997).

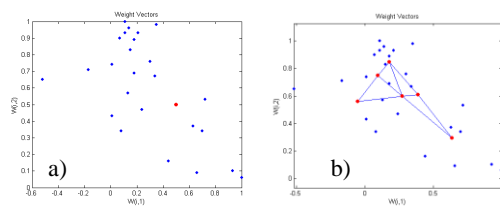
Berikut diagram alir penelitian :



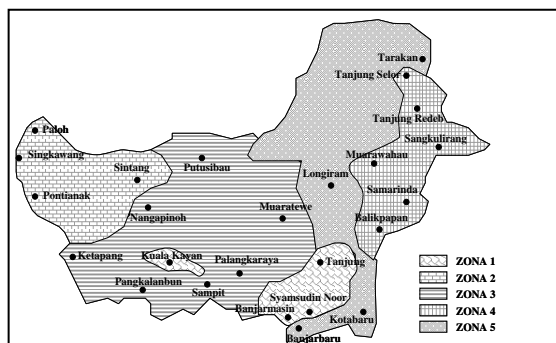
Gambar 2. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN DISKUSI

Analisis clustering menggunakan jaringan kompetitif Kohonen (Self Organizing Map) menggunakan 2 vektor masukan x_1 dan x_2 . Vektor x_1 diisi dengan nilai bobot yang didapat dari korelasi *sunspot* perwilayah, sementara x_2 adalah nilai grid point posisi geografis stasiun. Vektor masukan tersebut di training menggunakan 500 iterasi agar mendapatkan nilai euclidis optimum (terdekat) dengan neuron sekitar.



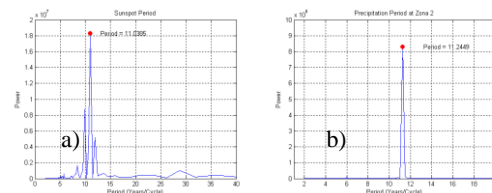
Gambar 3. Posisi neuron a) Sebelum pelatihan, b) Setelah pelatihan (epoch = 500)



Gambar 4. Hasil clustering

Zona Prediksi 1 meliputi sebagian Kalimantan Tengah dan sebagian Kalimantan Selatan yang berbatasan dengan Laut Jawa, Zona Prediksi 2 meliputi sebagian besar Kalimantan Barat dimana sebelah baratnya berbatasan dengan Laut Cina dan Selat Karimata, Zona Prediksi 3 meliputi sebagian daerah Kalimantan Barat dan Kalimantan Tengah, sementara itu Zona Prediksi 4 meliputi sebagian Kalimantan Timur yang berbatasan dengan Selat Makasar, Zona Prediksi 5 meliputi sebagian daerah Kalimantan Timur bagian Barat dan sebagian Kalimantan Selatan yang berbatasan dengan Selat Makasar dan Laut Jawa.

Secara garis besar analisis spektral periodogram menunjukkan adanya sinyal *sunspot* pada setiap deret waktu data curah hujan masing-masing zona prediksi, namun magnitude terbesar terdapat pada Zona 2 yang mengindikasikan wilayah tersebut mempunyai pengaruh langsung yang signifikan pada aktivitas matahari.



Gambar 5. Spektrum data a) sunspot, b) Zona 2

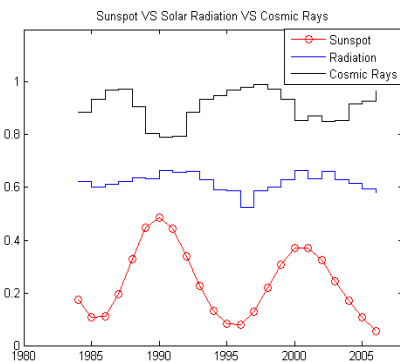
Dalam konteks sebenarnya, fenomena *sunspot* mempengaruhi kondisi cuaca dan iklim dalam cakupan daerah yang luas dan bersifat global. Peranan aktivitas matahari pada pembentukan awan dipercayai berkaitan dengan variabilitas fluks sinar kosmik primer. Partikel-partikel sinar kosmik yang masuk ke atmosfer bumi dengan kecepatan mendekati 3.10^8 m/s memiliki energi lebih dari 10 MeV (1.6×10^{-7} erg). Dengan kecepatan dan energi sedemikian sangat mungkin terjadi tumbukan antara partikel ketika kosmik memasuki wilayah atmosfer bumi.

Partikel-partikel kosmik akan bergerak mengikuti lintasan magnet bumi. Intensitas tumbukan yang kuat terjadi pada densitas yang lebih tinggi di daerah kutub. Tumbukan partikel kosmik dengan kecepatan dan energi yang besar mampu memecah komposisi molekul yang berada di atmosfer terutama yang mengandung ion H^+ dalam kaitannya dengan pembentukan inti kondensasi sehingga dapat dikatakan bahwa partikel-partikel sinar kosmik berhubungan dengan tingkat tutupan awan tinggi dan bervariasi terhadap lintang ataupun bujur (Septiadi, 2008).

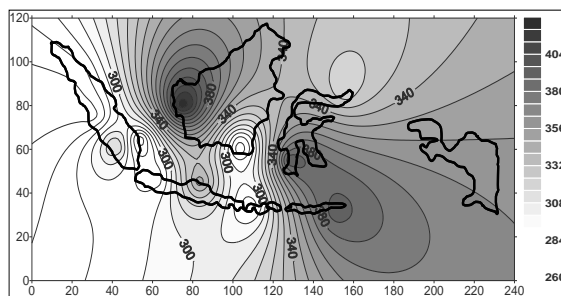
Di ekuator karena densitas yang rendah dari medan magnet bumi menyebabkan intensitas tumbukan menjadi kecil ditambah lagi lintasan medan yang lebih panjang dibandingkan kutub. Fluks sinar kosmik maksimum di ekuator berkaitan dengan rendahnya radiasi yang diterima karena

terhalang oleh tutupan awan tinggi yang terbentuk sehingga terjadi pendinginan permukaan dan berdampak pada lemahnya updraft (udara naik).

Hubungan antara sinar kosmik dan curah hujan dapat diinterpretasikan bahwa ketika sinar kosmik maksimum di ekuator mengakibatkan terhalangnya radiasi langsung matahari ke bumi oleh awan-awan tinggi yang terbentuk sehingga terjadi pendinginan permukaan. Akibatnya konvektivitas menjadi kecil karena tidak ada gaya angkat ke atas (bouyancy) sehingga jumlah curah hujan menjadi minimum. Sebaliknya ketika sinar kosmik minimum maka konvektivitas di ekuator menjadi kuat karena radiasi matahari dapat langsung diterima oleh permukaan ditandai dengan curah hujan yang maksimum (Septiadi, 2008).



Gambar 6. Kurva hubungan siklus *sunspot*-radiasi-sinar kosmik, Radiasi-*sunspot* = 0.83, radiasi-kosmik = -0.76, *sunspot*-kosmik = -0.86

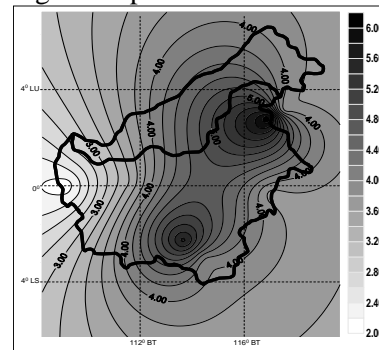


Gambar 7. Kontur radiasi bulanan rata-rata untuk Indonesia

Dengan distribusi radiasi rata-rata $431.1 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{month}^{-1}$ sangat memungkinkan jika

terjadi konveksi yang sangat kuat di Zona Prediksi 2.

Aktivitas matahari yang ditandai dengan siklus *sunspot* seharusnya memberikan pengaruh global pada setiap zona prediksi di Kalimantan. Hanya saja gangguan ini akan dieliminir oleh adanya dinamika atmosfer yang berbeda-beda pada masing-masing zona. Jika dilihat dengan kontur kecepatan angin (gambar 8), wilayah barat kalimantan (Zona Prediksi 2) cenderung statik sehingga inti kondensasi yang bersinergi dengan aktivitas matahari tidak terdispersi ke wilayah lain, berbeda dengan daerah selain zona 2 yang cenderung terdispersi.



Gambar 8. Kontur Kecepatan Angin Tahunan Rata-rata Observasi Permukaan (knot)

Untuk prediksi bulanan, hasil prediksi menggunakan sinar kosmik dan *sunspot* sebagai prediktor (2 Prediktor) untuk panjang data 45 tahun memperlihatkan hasil yang kurang baik jika dibandingkan dengan prediksi menggunakan curah hujan sebagai prediktor (1 Prediktor). Hal ini dimungkinkan karena aktivitas matahari lebih terasa pengaruhnya pada periode yang panjang (tahunan).

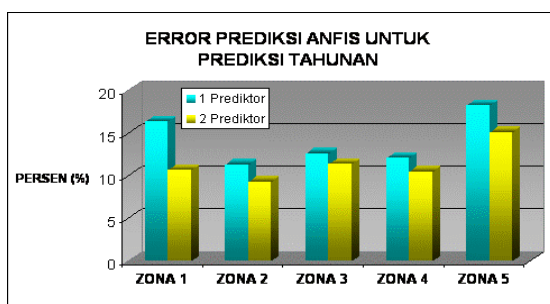
Tabel 1. Hasil prediksi bulanan 1 prediktor dengan panjang data 45 th

	ANFIS 1 Prediktor			Jaringan NEURAL 1 Prediktor		
	EP (%)	RMSE	Korelasi	EP (%)	RMSE (mm)	Korelasi
ZONA 1	3.92	10.71	0.80	36.49	81.79	0.86
ZONA 2	4.27	12.47	0.75	34.59	85.09	0.71
ZONA 3	7.37	17.81	0.95	33.43	70.04	0.73
ZONA 4	20.58	20.82	0.92	96.52	63.22	0.85
ZONA 5	6.23	15.88	0.64	23.57	64.78	0.82
Rata-rata	8.47	15.54	0.81	44.92	72.98	0.79

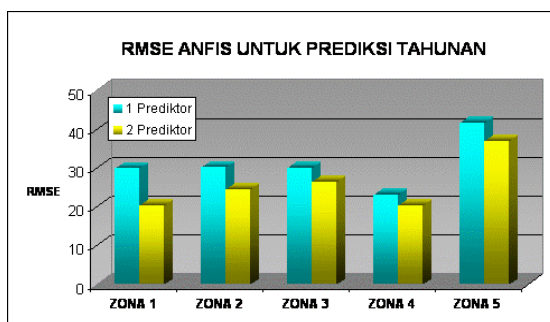
Tabel 2. Hasil prediksi bulanan 2 prediktor dengan panjang data 45 th

	ANFIS 2 Prediktor			Jaringan NEURAL 2 Prediktor		
	EP (%)	RMSE	Korelasi	EP (%)	RMSE (mm)	Korelasi
ZONA 1	31.19	61.83	0.53	37.80	98.53	-0.38
ZONA 2	26.84	66.05	0.30	79.19	166.46	-0.75
ZONA 3	27.95	55.60	0.04	47.56	89.59	-0.75
ZONA 4	907.37	104.89	0.48	535.27	87.40	-0.12
ZONA 5	20.46	60.83	0.66	39.21	104.97	-0.22
Rata-rata	202.76	69.84	0.40	147.81	109.39	-0.44

Secara umum panjang data input 45 tahun cukup ideal untuk mengeliminir efek global yang dibangkitkan oleh sistem atmosfer – bumi – lautan. Sementara itu prediksi curah hujan tahunan memperlihatkan bahwa secara keseluruhan Metode ANFIS 2 Prediktor memperlihatkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan Metode ANFIS 1 Prediktor. Hal ini menunjukkan bahwa fenomena sunspot dan sinar kosmik dapat diperhitungkan dalam melakukan prediksi jangka panjang karena memberikan akurasi yang lebih baik dibandingkan jika hanya menggunakan ANFIS 1 Prediktor.



Gambar 9. Perbandingan error prediksi tahunan ANFIS menggunakan 1 prediktor dan 2 prediktor



Gambar 10. Perbandingan RMSE prediksi tahunan ANFIS menggunakan 1 prediktor dan 2 prediktor

4. KESIMPULAN

Peranan aktivitas matahari pada pembentukan awan tinggi dipercayai berkaitan dengan variabilitas fluks sinar kosmik. Sementara itu, Analisis spektrum memperlihatkan sinyal *sunspot* hadir dalam deret waktu data curah hujan di semua zona prediksi dengan magnitudo terbesar pada Zona Prediksi 2 menunjukkan bahwa zona tersebut memberikan respon langsung pada pola curah hujan. Fenomena *sunspot* dan sinar kosmik sebagai prediktor perlu diperhitungkan dalam melakukan prediksi jangka panjang karena memberikan akurasi yang lebih baik dibandingkan jika hanya menggunakan curah hujan sebagai prediktor. Secara keseluruhan semakin panjang data input maka keluaran Metode ANFIS maupun Metode Jaringan Neural akan semakin baik, karena dapat mengeliminir efek global atmosfer – bumi – lautan.

Pustaka

- Chattopadhyay, S., Chattopadhyay, M. (2007). *A soft computing technique in rainfall forecasting*, International Conference on IT, Kolkata.
- Jang, J.S.R., Sun, C.T., Mizutani, E. (1997), *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*, A computational Approach to Learning and Machine Intelligence, Prentice-Hall International, Inc. USA.
- Liong, T.H., Bannu, Siregar, P. M. (2006), Prediction of extreme weather and climate in Indonesian maritime continent based on sunspot number, *Seminar Prosidings Antariksa III LAPAN*, Bandung.
- Nugroho, A. S. (2007), *Menggairahkan Riset Soft-Computing di Indonesia*, BPPT, Bandung.
- Rainbird, A. F. (1970), Factors influencing rainfall formation and distribution. *WMO Proceeding Forecasting of Heavy Rains and Floods*, WMO, Geneva.
- Septiadi, D. (2008), *Aplikasi Soft Computing Pada Prediksi Curah Hujan di Kalimantan*, Tesis Magister, ITB, Bandung.
- Siang, J. J. (2005), *Jaringan Syaraf Tiruan*, Penerbit ANDI, Yogyakarta.

Sulman, F.G. (2000), *Short-Long-Term
Changes in Climate*, Volume I, Boca

Raton, Florida.