MODEL PRAKIRAAN CURAH HUJAN BULANAN DI WILAYAH JAWA BAGIAN UTARA DENGAN PREDIKTOR SUHU MUKA LAUT (SML) DAN OUTGOING LONGWAVE RADIATION (OLR)

Dedi Sucahyono[1], Hidayat Pawitan[2], Aji Hamim Wigena[3]
[1] *Peneliti Bidang Iklim BMKG* [2] *dan* [3] *Dosen Pascasarjana FMIPA IPB Bogor*

ABSTRAK

Penelitian ini telah menganalisis pengaruh Suhu Muka Laut (SML) dan Outgoing Longwave Radiation (OLR) terhadap curah hujan bulanan di wilayah Jawa bagian utara. Sebagai wilayah represntatifnya digunakan data curah hujan empat Zonasi Musim (ZOM) meliputi ZOM 30, 43, 88, dan 90. Data curah hujan bulanan ke empat ZOM tersebut dihitung koefisien Pearson (r) saat dikorelasikan dengan SML dengan resolusi 1º X 1º dan OLR dengan resolusi 2.5º X 2.5º pada domain 5º LU - 20º LS dan 90º BT – 150º BT selama periode 1979 – 2007. Hasilnya menunjukkan korelasi yang signifikan antara curah hujan bulanan dengan SML dan OLR. Dalam penelitian ini digunakan juga Jaringan Syaraf Tiruan (JST) untuk menyusun model prakiraan curah hujan bulanan di empat ZOM dengan masukan SML dan OLR hasil korelasi di atas yang berperan sebagai prediktor. Untuk menentukan validasi model tersebut, hasil prakiraan diverifikasi dengan data observasi selama periode 2003 – 2007. Hasil luaran model menunjukkan pola yang sama dan konsisten ketika dibandingkan dengan data observasi. Hal tersebut ditunjukkan pula dengan nilai RMSE yang kecil selama tahun 2006. Disisi lain, hasil evaluasi dengan menggunakan nilai galat, galat besar diperoleh selama periode bulan-bulan kering.

Kata kunci :Prakiraan curah hujan bulanan, prediktor, JST, ZOM

ABSTRACT

Aims of this research is to analysis the influence of sea surface temperature (SST)) and Outgoing Long wave Radiation (OLR) on monthly rainfall in northern Java Island. The rainfall data are from Rainfall Type (ZOM) 30, ZOM 43, ZOM 88, and ZOM 90 as defined by Meteorology, Climatology and Geophysics Agency (MCGA). The monthly rainfall of each region were calculated by Pearson coefficient (r) to be correlated to SST resolution 1º X 1º and OLR resolution 2.5 º X 2.5º at area domain 5º N - 20º S and 90º E – 150º E and over period 1979 – 2007. The result indicates significant correlations between the monthly rainfall and SST and OLR. Artificial Neural Network (ANN) was applied to predict monthly rainfall over the four ZOM using input SST and OLR selected base on the correlation result. The validation of ANN model was done by comparing output of the monthly predicted rainfall to its observation over period 2003 – 2007. It is found out that the output model pattern is reasonably its consistent to its observation. The value of RMSE is smallest in 2006. The evaluation result using bias indicates that the biggest error occurred during dry season period.

Keywords: Monthly rainfall prediction, predictor, ANN, ZOM

1. PENDAHULUAN

Distribusi curah hujan bulanan di pulau Jawa yang merupakan bagian dari kepulauan Indonesia, selama periode Desember-Maret dipengaruhi oleh muson barat dengan banyak membawa uap air dan berasal dari lautan yang dilintasinya serta konvergen dengan angin pasat timur di wilayah Laut Jawa. Sebaliknya pada periode Mei– September, muson timur yang berasal dari Australia bersifat kering karena hanya melewato laut yang relatif pendek. Suhu muka laut (SML) wilayah Indonesia adalah faktor utama terpenting untuk kondisi atmosfer tidak hanya bagi wilayah Indonesia itu sendiri, tetapi juga untuk atmosfer global keseluruhan (Slingo *et al*., 2005). Proses konveksi yang terjadi sangat tergantung kepada kondisi SML, dan keadaan tersebut sangat dominan bagi negara kepulauan seperti Indonesia. Aktivitas konveksi ini dapat juga mengendalikan kondisi sirkulasi atmosfer dan berkontribusi ke energi global dan keseimbangan kelembapan. Akibat yang muncul adalah aktifnya fenomena regional atau global seperti El Nino. Studi yang demikian diperlihatkan saat kejadian El Nino oleh Nicholls (1984) pada kondisi interannual variabilitas curah hujan muson India, yang mengadopsi SML wilayah Indonesia-Auastralia bagian utara sebagai prediktor curah hujan muson India.

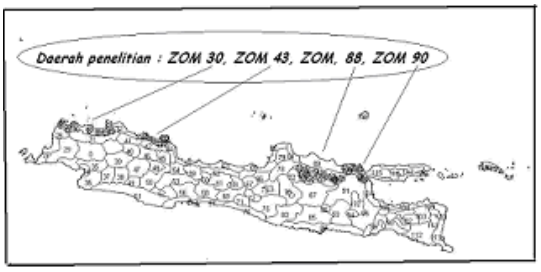
Outgoing Longwave Radiation (OLR) adalah radiasi balik gelombang panjang pada puncak atmosfer yang diamati oleh satelit berorbit polar dalam satuan watts/meter^2. Nilai OLR pada puncak atmosfir bumi adalah fungsi dua hal yaitu jumlah awan dan suhu permukaan awan, yang mana keduanya berhubungan dengan curah hujan. Keseringan kejadian dan cakupan yang luas dari awan tinggi dengan puncak awan yang dingin menandakan curah hujan konvektif (Richards and Arkin 1981; Arkin and Xie 1994). Morrissey (1986) menganalisa hubungan OLR dengan curah hujan dan kelembaban di daerah Pasifik Tropik dan menemukan kalau OLR berkorelasi negatif dengan curah hujan. Hubungan fisis terhadap awan dengan OLR pada estimasi perhitungan curah hujan yang diestimasi oleh Lau and Chan (1986) dimana jumlah hari dengan OLR kurang dari 240Wm^{-2} dipakai sebagai prediktor dari curah hujan bulanan dan dikalibrasi dengan estimasi berdasarkan observasi microwave di lautan tropis (Rao *et al*., 1976).

Hubungan curah hujan dengan SML telah disimpulkan, jika SML disebagian wilayah dan selatan Indonesia naik maka ada kecenderungan hujan di Jawa Timur bertambah dan sebaliknya (Soetamto, 2007). Sedangkan Soeratman.(1998) menjelaskan awal dan akhir dari musim hujan di 3 tipe hujan hujan yaitu A (satu puncak) atau monsunal, B (dua puncak) atau ekuatorial, dan C (kebalikan tipe A) di Indonesia dapat dideteksi dengan penjalaran OLR, kecuali pada tipe B lebih disebabkan oleh pengaruh kuatnya adalah ITCZ.

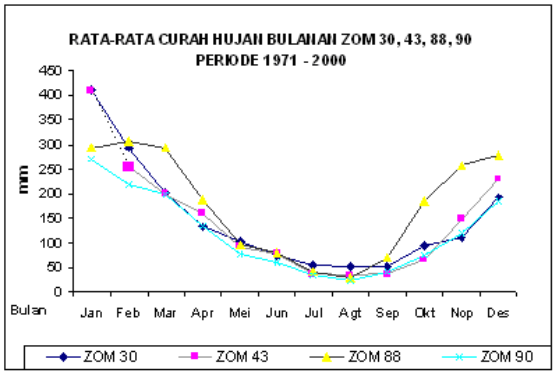
Sementara itu informasi tentang curah hujan dan prakiraannya sangat diperlukan oleh berbagai sektor untuk menyusun program dan melaksanakan kegiatannya. Informasi tersebut dapat berupa suatu hasil observasi maupun hasil prediksi. Dengan demikian prakiraan adalah adalah suatu bagian yang amat penting bagi pengguna. Tujuan penelitian ini adalah: (1) menganalisis korelasi curah hujan bulanan di wilayah Jawa bagian utara dengan SML dan OLR di domain 20º LS – 5ºLU dan 90º – 150º BT: (2) menyusun model prakiraan curah hujan di wilayah tersebut dengan prediktor SML dan OLR menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST): dan (3) melakukan verifikasi dengan data observasi pada periode tahun 2003 – 2007.

Wilayah yang diteliti meliputi ZOM 30 (Serang bagian utara, Tangerang bagian utara, DKI Jakarta bagian utara, Bekasi bagian utara), ZOM 43 (sebagian Indramayu bagian utara), ZOM 88 (Blora bagian tengah, Tuban bagian selatan, Bojonegoro bagian selatan), dan ZOM 90 (Gresik bagian utara, Surabaya kota, Tuban bagian timur, dan Lamongan bagian utara). Ke empat ZOM tersebut berbeda distribusi curah hujan bulanannya dan merupakan sentra ekonomi dan pertanian di Jawa. Dengan diperolehnya nilai SML dan OLR yang berkorelasi dengan curah hujan di empat ZOM tersebut akan dijadikan sebagai input untuk memprakirakan curah hujan bulanan di wilayah tersebut dengan model

JST. Model JST dengan input SML dan OLR diharapkan dapat diaplikasikan sebagai model prakiraan curah hujan bulanan.



Gambar 1. Lokasi penelitian di empat ZOM



Gambar 2. Pola hujan bulanan di empat ZOM (periode 1971 – 2000)

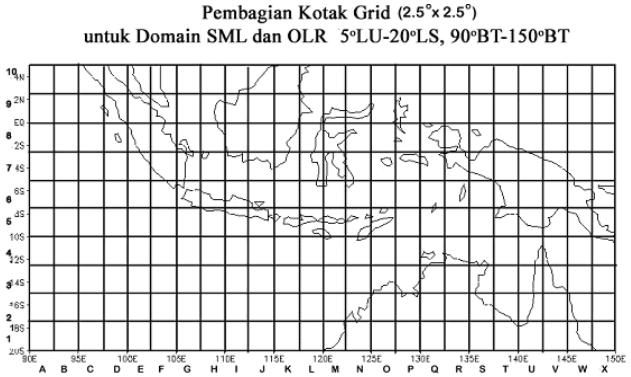
2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Data Penelitian

Data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan bulanan ke empat ZOM (ZOM 30, 43, 88 dan 90), data SML dengan resolusi 1º X 1º dari JRA-25 Reanalyisis Model dan data OLR dengan resolusi 2.5º X 2.5º dari CDC/NOAA pada domain 20º LS – 5ºLU dan 90º – 150º BT.

2.2. Pembagian Kotak Grid

Untuk mempermudah identifikasi grid pada domain SML dan OLR pada area 20º LS hingga 5º LU dan 90º BT hingga 150º BT, maka luasan domain tersebut dibagi dengan kotak grid ukuran 2,5º x 2,5º. Garis absis atau garis bujur sepanjang 90º BT hingga 150º BT di bagi menjadi 24 bagian dan diberi lambang huruf dari A hingga X. Sedangkan garis absis atau Y sepanjang 20º LS hingga 5º LU dibagi menjadi 10 bagian dan diberi lambang 1 hingga 10, sehingga domain SML atau OLR menjadi 240 kotak grid.



Gambar 3. Kotak grid untuk domain SML dan OLR

2.3. Metode Penelitian

2.3.1. Menentukan SML dan OLR yang terpilih sebagai Input JST

Hubungan SML dan OLR dengan curah hujan lag +1 bulan pada suatu grid dinyatakan dengan :

$$r = \frac{n\sum_{t=1}^{n} X_t Y_{i,j,t-1} - \left(\sum_{t=1}^{n} X_t\right)\left(\sum_{t=1}^{n} Y_{i,j,t-1}\right)}{\sqrt{n\sum_{t=1}^{n} X_t^2 - \left(\sum_{t=1}^{n} X_t\right)^2}\sqrt{n\sum_{t=1}^{n} Y_{i,j,t-1}^2 - \left(\sum_{t=1}^{n} Y_{i,j,t-1}\right)^2}} \quad .....(1)$$

dimana :

r = besarnya korelasi antara curah hujan dengan SML atau OLR

X_t = curah hujan bulan ke t

$Y_{i,j,t-1}$ = rata-rata SML atau OLR pada lintang(i) bujur (j), pada bulan ke (t -1)

n = banyaknya bulan, nilai r pada rentang $-1 \leq r \leq 1$

Dari beberapa nilai r terbesar masing-masing data tersebut, akan diperuntukkan sebagai input dalam memprakirakan besarnya total curah hujan pada suatu bulan.

2.3.2. Mereduksi data SML dan OLR yang terpilih sebagai input JST

Setelah memperoleh data beberapa area grid data SML serta OLR yang akan dijadikan sebagai input JST langkah berikutnya adalah menghitung korelasi antar data input tersebut. Karena terjadi multikolinier maka langkah selanjutnya yaitu melakukan transformasi data dengan menggunakan analisis komponen utama (AKU) sehingga diperoleh peubah hasil transformasi yang saling orthogonal (bebas dari multikolinieritas). Pada tahapan ini, analisis komponen utama juga digunakan untuk mereduksi variabel menjadi ukuran yang lebih kecil dengan acuan bahwa untuk pemilihan banyak komponen utama berdasarkan nilai kumulatif keragaman(λ) $\geq$ 0.75.

2.3.3. Melakukan Prakiraan Curah Hujan Bulanan Menggunakan JST

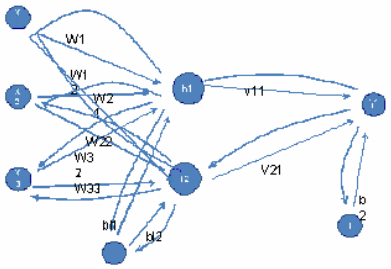
Model JST yang digunakan adalah software forecaster-XL dari Alyuda Research. Model ini prinsipnya terdiri dari beberapa elemen pemroses yang mirip dengan neuron dan sejumlah koneksi terboboti di antara elemen-elemen tersebut. Dan JST memiliki arsitektur paralel yang tersebar dengan sejumlah besar node dan koneksi. Setiap koneksi menghubungkan satu node dengan node yang lain dan memiliki pembobot tertentu. Dengan mneggunakan teknik propagasi balik, luaran model (Y) akan memprakirakan 1 bulan ke depan (Y= t+1), sedangkan data masukan adalah 2 nilai AKU hasil reduksi dari 10 variabel SML dan OLR. Data yang pergunakan untuk pelatihan JST adalah 1979–2002, sedangkan validasi model menggunakan data 2003 – 2007.

Persamaan prakiraan curah hujan bulanan dengan JST adalah:

$$h_j = \frac{1}{1+e^{-\beta \sum w_{ij} x_i}} \quad ...(2)$$

$$y_k = \frac{1}{1+e^{-\beta \sum v_{jk} h_j}} \quad ..(3)$$

dimana h_j adalah lapisan tersembunyi dan y_k adalah lapisan luaran, w_{ij} adalah bobot yang menghubungkan z_1 dan z_2 dengan neuron pada lapisan output dan v_{ij} adalah nilai pembobot yang menghubungkan neuron input ke-*i* dan ke-*j* pada lapisan tersembunyi.



Gambar 4. Arsitektur *Backpropagation* untuk prakiraan curah hujan

2.3.4 Validasi Model

a. Menghitung Nilai r (korelasi) Antara Prakiraan Dengan Observasi

Untuk memvalidasi model, akan dilakukan verifikasi dengan menghitung r dan RMSE antara model dan observasi sepanjang 5 tahun (2003-2007) pada 5 ZOM.

Korelasi dinyatakan dengan suatu koefisien (dinotasikan dengan *r*) yang menunjukkan hubungan (linear) relatif antara dua variabel.

b. Menghitung Nilai Akar dari Rata–rata Kuadrat Kesalahan atau Galat *(Root Mean Square Error, RMSE)*

Faktor kesalahan atau galat atau *error* dijelaskan sebagai selisih antara observasi (data real) dan hasil prakiraan dengan dapat dituliskan dengan persamaan :

$$e_i = Y_i - \hat{Y}_i \quad ...(4)$$

Akar dari rata–rata kuadrat kesalahan *(Root Mean Square Error, RMSE)* merupakan nilai rata–rata dari jumlah kuadrat kesalahan dan dihitung dengan menggunakan persamaan

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} e_i^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n}}$$

...(5)

dimana e_i =kesalahan(galat)atau *error* pada periode ke–i dengan $i = 1, 2, \cdots, n$

Y_i = observasi (data real) pada periode ke–i dengan $i = 1, 2, \cdots, n$

$\hat{Y}_i$ = hasil prakiraan periode ke–i dan $i = 1, 2, \cdots, n$, n = panjang periode.

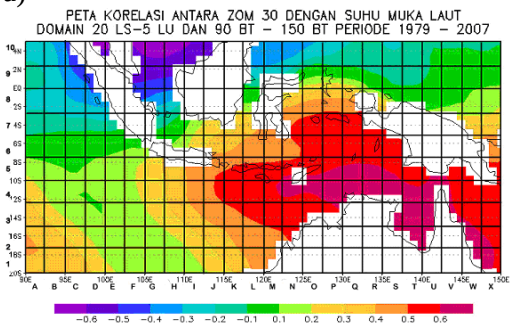
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hubungan Curah Hujan di Empat ZOM dengan SML

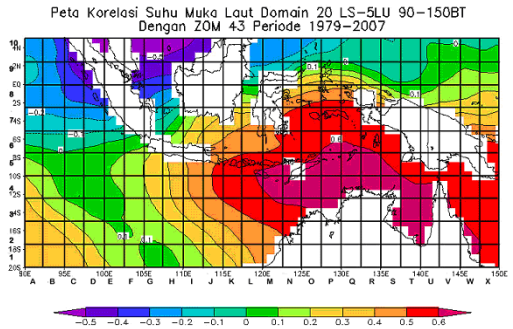
Curah hujan sepanjang periode 1979 hingga 2007 di wilayah Jawa bagian utara yang diwakili oleh 4 ZOM (30, 43, 88, dan 90) menunjukkan korelasi yang signifikan dengan SML di wilayah Indonesia bagian timur yang meliputi Laut Banda, Laut Arafura, Samudera Hindia selatan Bali, Nusatenggara hingga utara Australia yaitu dengan 0,53 ≤ r ≤ 0,63. Dari sekian banyak kotak grid yang secara konsisten mempengaruhi curah hujan di 4 ZOM adalah kotak N4, M4 dan O4. Wilayah ini berada pada koordinat 10º – 12,5º LS dan 120º – 127,5º BT atau wilayah Samudera Hindia selatan Nusatenggara hingga Timor. Pada SML kotak grid N4 dan P5 mempunyai nilai r yang tinggi (r = 0,63) dengan curah hujan di ZOM 88 (Gambar 5c). Sedangkan nilai r yang rendah (0,53) terjadi pada SML di kotak grid N4, dan N5 dengan curah hujan di ZOM 30 (Gambar 5a).

Kesimpulan yang sama juga dikemukakan oleh Slingo *et al.*, (2005), bahwasanya variabilitas curah hujan di Indonesia dipengaruhi oleh SML pada wilayah tersebut dalam periode seasonal. Hal ini menunjukkan pada saat SML wilayah tersebut memanas, pusat aktivitas konvektif seperti pusat tekanan rendah, siklon atau badai tropis yang umumnya terjadi pada periode bulan Desember hingga Maret, akan memicu aktifitas dinamika atmosfer yang berdampak kepada variabilitas curah yang tinggi akan terjadi pada ke empat ZOM tersebut. Pada periode tersebut umumnya berlangsung musim hujan.

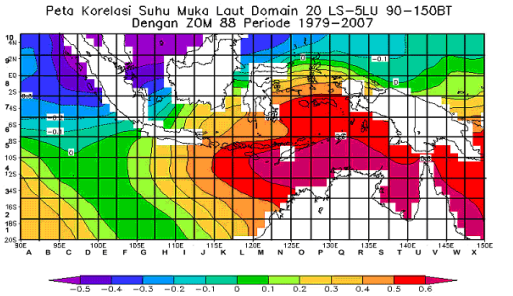
a)



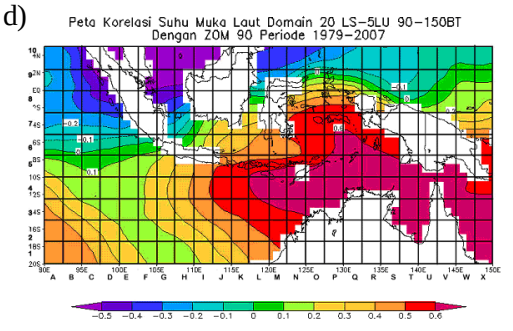
b)



c)



d)



Gambar 5 a,b,c, dan d. Peta korelasi SML dengan curah hujan di empat ZOM (30, 43, 88, dan 90)

Tabel 1. Hasil korelasi domain SML dengan curah hujan di empat ZOM (30, 43, 88, dan 90)

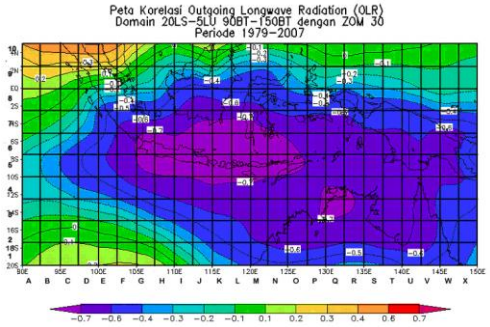
ZOM 30		ZOM 43		ZOM 88		ZOM 90	
r	Kotak	r	Kotak	r	Kotak	r	Kotak
0,53	N5	0,59	M4	0,61	M4	0,62	L4
0,53	N4	0,6	N4	0,62	O4	0,61	M4
0,59	M4	0,6	O4	0,63	N4	0,57	N4
0,6	O4	0,59	P4	0,62	P4	0,58	O4
0,59	P5	0,59	O5	0,63	P5	0,6	O5

3.2 Hubungan Curah Hujan di Empat ZOM dengan OLR

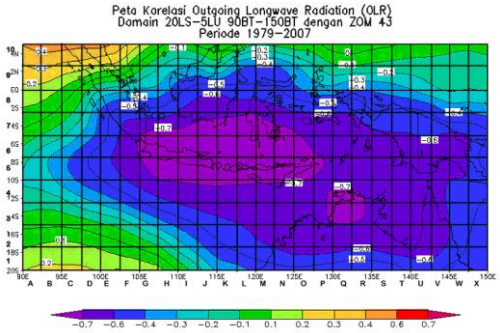
Berbeda dengan wilayah SML, curah hujan di empat ZOM berkorelasi signifikan dengan OLR di wilayah yang membentang di atas Jawa hingga meluas sepanjang Laut Jawa, Laut Bali, Laut Flores hingga Samudera Hindia selatan Jawa. Kotak grid H5, H6, dan I6, secara konsisten OLR di atas wilayah tersebut mempengaruhi curah hujan di 4 ZOM. Ketiga kotak grid itu meliputi Laut Jawa bagian tengah, Jawa Tengah, dan Samudera Hindia selatan Jawa Tengah.

Besarnya korelasi OLR dengan curah hujan yang paling tinggi adalah kotak grid H6 dengan nilai r = -0,76 yang mempengaruhi curah hujan di ZOM 43 (Gambar 6b). Dan kotak grid J6 adalah wilayah yang nilai r yang rendah (r = -0.57) ketika berkorelasi dengan curah hujan di ZOM 30 (Gambar 6a).

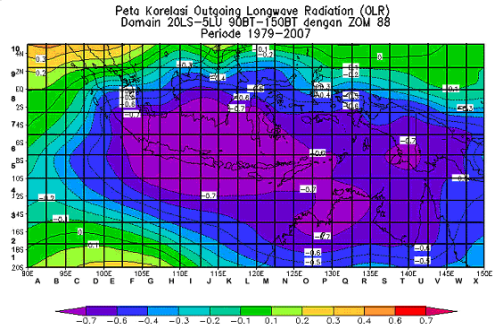
a)



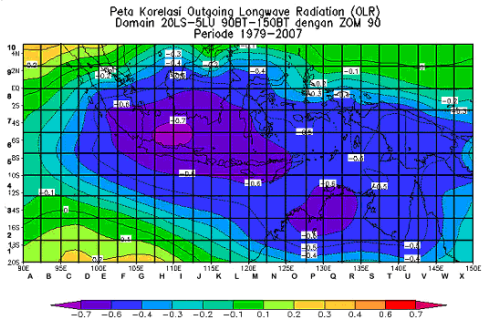
b)



c)



d)



Gambar 6 a,b,c, dan d Peta korelasi OLR dengan curah hujan di empat ZOM (30, 43, 88, dan 90)

Tabel 2. Hasil korelasi domain OLR dengan curah hujan di empat ZOM (30, 43, 88, dan 90)

ZOM 30		ZOM 43		ZOM 88		ZOM 90	
r	Kotak	r	Kotak	r	Kotak	r	Kotak
-0,63	H6	-0,76	H6	-0,65	H6	-0,69	H6
-0,58	H5	-0,68	H5	-0,61	H5	-0,65	H5
-0,58	I6	-0,74	I6	-0,67	I6	-0,71	I5
-0,63	I5	-0,74	G6	-0,68	I5	-0,68	I7
-0,57	J6	-0,57	J6	-0,61	J6	-0,61	I6

3.3 Pereduksian Data Prediktor dan Pelatihan JST

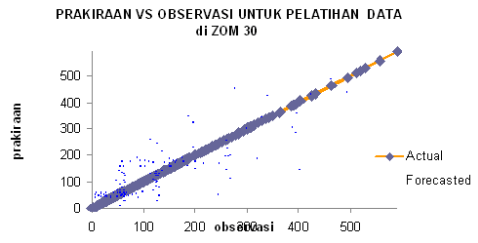
Hasil reduksi dari 5 data grid SML (Tabel 1) dan 5 data grid OLR (Tabel 2) yang berperan sebagai prediktor pada masing-masing ZOM diperoleh 2 akarciri. Batas

plotscree dalam penentuan banyaknya akarciri di empat ZOM tersebut umumnya sangat tinggi berkisar > 0.98 atau 98%. Nilai 2 akarciri tersebut yang akan dijadikan input JST dalam memprakirakan curah hujan.

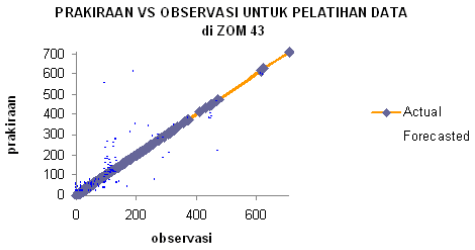
Pelatihan model JST sebelum digunakan untuk memprakiraan curah hujan bulanan, data pelatihan panjangnya 288, atau periode 1979–2002. Umumnya iterasi dihentikan ketika nilai MSE antara luaran model dibandingkan dengan data obsevasi nilai MSE > 0,5. Dan nilai r dari keduanya tersebut r > 0,7. Luaran model selama periode 2003 hingga 2007 menunjukkan variabilitas yang berbeda pada setiap ZOM.

Pada pelatihan di empat ZOM, model yang digunakan dihentikan ketika interasi telah menghasilkan jumlah lapisan tersembunyi 12 - 20 unit. Untuk melakukan pelatihan tersebut di ZOM 30 (Gambar 7a) yang paling sedikit menggunakan lapisan tersembunyi yaitu 12 unit, sedangkan yang lain banyak di ZOM 90 (Gambar 7d) yaitu 20 unit. Variasi bobot yang digunakan pada 4 ZOM adalah 16 - 24 bobot dengan nilai -4 s.d 3,6. Pada ZOM 90 bobot yang digunakan paling banyak, yaitu 24 bobot dengan nilai -4 sampai dengan 3,6, sementara di ZOM 30 bobot yang digunakan paling sedikit, yaitu 16 bobot dengan nilai -1,8 sampai dengan 1,9. Hasil akhir pelatihan, saat membandingkan prakiraan model dengan observasi mendapatkan nilai MSEnya menghasilkan R^2 berkisar 0,6 – 0,76 dan nilai korelasi (r) pada 0,8 – 0,88. Nilai R^2 yang terbesar terjadi di ZOM 88 (Gambar 7c) sebesar 0,76 dan terkecil di ZOM 43 (Gambar 7b) yaitu 0.6.Untuk nilai r terbesar 0,85 terjadi di ZOM 90 dan r di ketiga ZOM yang lain 0.8.

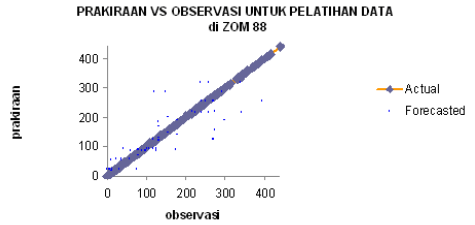
a)



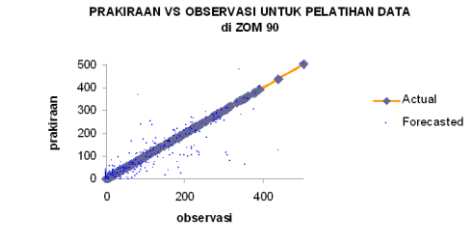
b)



c)



d)



Gambar 7 a,b,c, dan d Hasil Pelatihan JST di empat ZOM (30, 43,88, dan 90) periode 1979 - 2002

3.2. Analisis Hasil Luaran Model JST di Empat ZOM

Pada tahun 2003 model memprakirakan curah hujan pada bulan Januari hingga April besarnya >200 mm, yang menandakan berlangsungnya musim hujan di ZOM 30 (Gambar 8a). Sedangkan pada bulan Mei hingga Nopember luaran model besarnya <150 mm, berarti periode musim kemarau. Musim hujan dimulai bulan Desember karena prakiraan bulan ini 181 m.

Prakiraan luaran model pada tahun 2004, sangat bervariasi karena prakiraan puncak curah hujan pada bulan April sebesar 493 mm, dan Desember 466 mm dan curah hujan rendah diprediksi pada bulan Agustus sebesar 27 mm. Pada tahun 2004 luaran model bulan Mei hingga Nopember, curah hujan bulanannya < 150 mm.Artinya, pada periode tersebut ZOM 30 mengalami musim kemarau.

Dalam tahun 2005 luaran model memprakirakan curah hujan bulan Januari sebesar 327 mm, merupakan angka tertinggi sepanjang tahun 2005, dan dalam periode Juli – Desember < 150 mm, artinya model memprakirakan terjadinyai musim kemarau di ZOM 30 terjadi hingga akhir tahun.

Tahun 2006 prakiraan curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Februari sebesar 290 mm, sedangkan Maret hingga Mei kisaran prakiraan 110 – 180 mm, dan bulan-bulan yang lain curah hujan diprakirakan besarnya <100 mm. Dengan demikian musim kemarau pada tahun 2006 diprakirakan terjadi pada periode bulan Juni hingga Desember.

Pada tahun 2007 luaran model memprakirakan pada bulan Maret, November, dan Desember curah hujan sebesar 200 – 300 mm, sedangkan pada bulan yang lain curah hujan diprakirakan besarnya <150 mm. Periode musim kemarau diprakirakan pada bulan April hingga Nopember.

Pada tahun 2003 model memprakirakan curah hujan di ZOM 43 (Gambar 8b) dengan variabilitas yang mendapatkan pencilan prakiraan 604 mm untuk bulan Maret, serta 1 dan 0 mm untuk bulan Juli and Agustus, selain bulan itu pada kisaran 50 – 200 mm. Luaran model pada tahun 2004, variasinya tidak seperti tahun 2003, angka tertinggi pada kisaran 230 – 290 mm diprakirakan bulan Januari dan Februari, sedangkan curah hujan rendah 0 – 50 mm pada bulan Agustus dan Nopember.

Dalam tahun 2005 luaran model memprakirakan bulan Januari hingga April curah hujan pada kisaran 180 – 300 mm. Pada bulan Juni secara kontinyu hingga Oktober diprakirakan <150 mm, artinya pada saat itu musim kemarau terjadi. Bulan Nopember diprakirakan memasuki musim hujan karena curah hujan 199 mm, dan Desember 172 mm. Tahun 2006, prakiraan bulan Januari hingga Mei pada kisaran 150 – 190 mm, dan Mei hingga akhir tahun pada kisaran 0 – 130 mm. Berarti pada tahun ini musim hujan diprediksi bulan Januari hingga Mei, dan musim kemarau bulan Juni hingga Desember.

Tahun 2007, prakiraan pada bulan Januari – Maret curah hujan 200 – 380 mm, sedangkan pada bulan April – September curah hujan 200 – 270 mm.

Berarti prakiraan model pada Januari hingga Maret masih mengalami musim hujan, musim kemarau bulan April – September, dan musim hujan 2007 dimulai pada bulan Oktober.

Pada tahun 2003 model memprakirakan curah hujan di ZOM 88 (Gambar 8c) dengan puncak 350 mm untuk bulan Februari. Juni hingga Nopember curah hujan besarnya < 100 mm, menandakan periode musim kemarau, Desember curah hujan besarnya 290 mm, saat itu mulainya musim hujan. Tahun 2004, puncaknya dibulan Maret sebesar 423 mm, bulan April hingga Nopember curah hujan besarnya < 150 mm, bahkan pada bulan Agustus dan Nopember 0 mm. Tahun 2005 prakiraan puncak hujan terjadi bulan Februari yaitu 309 mm, dan periode curah hujan < 150 mm terjadi pada bulan Juni hingga Sepetember, bulan Oktober 221 mm, namun bulan Nopember 66 mm dan Desember 100 mm.

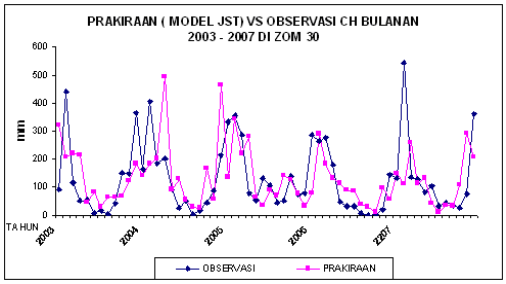
Tahun 2006, prakiraan bulan Januari hingga Mei pada kisaran >150 mm, dengan puncak pada bulan Januari 476 mm. Musim hujan terjadi Januari hingga Mei, dan musim kemarau bulan Juni hingga Desember. Tahun 2007, pada bulan Januari – April curah hujan diprakirakan besarnya >150 mm, dengan puncak bulan Maret sebesar 302 mm, kemudian bulan Mei – Oktober < 150 mm, dan bulan Nopember – Desember sebesar 259 dan 287 mm.

Pada tahun 2003 model memprakirakan di ZOM 90 (Gambar 8d) sebesar 358 mm untuk bulan Februari. Bulan April hingga Juni, kemudian Agustus hingga Oktober curah hujan besarnya < 100 mm, namun Juli diprakirakan 186 mm. Sementara bulan Nopember 199 mm, tapi Desember curah hujan diprediksi 0 mm. Tahun 2004, puncaknya diprakirakan bulan Maret 402 mm, periode bulan Juni hingga Desember curah hujan diprediksi besarnya < 150 mm.

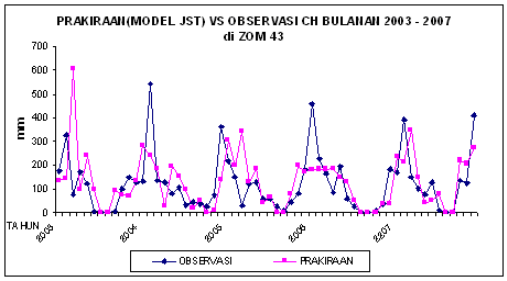
Tahun 2005 luaran model memprakirakan periode musim kemarau dengan besarnya curah hujan <150 mm pada bulan Juni hingga Oktober. Pada tahun ini puncak hujan diprakirakan bulan Desember

sebesar 301 mm.Tahun 2006 puncak curah hujan diprakirakan bulan April sebesar 320 mm. Bulan Mei hingga akhir tahun curah hujan besarnya < 150 mm. Bahkan bulan Agustus hingga Nopember diprediksi 0 mm.Tahun 2007 prakiraan pada bulan Januari – April curah hujan besarnya >150 mm, dan puncak curah hujan bulan Maret sebesar 255 mm, kemudian bulan Mei – Nopember curah hujan <150 mm.

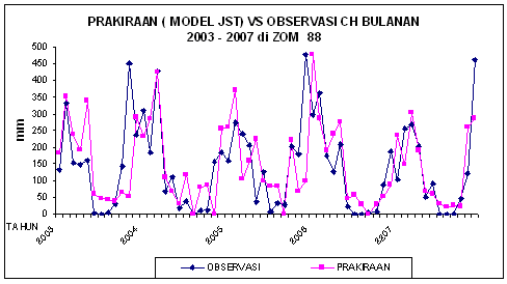
a)



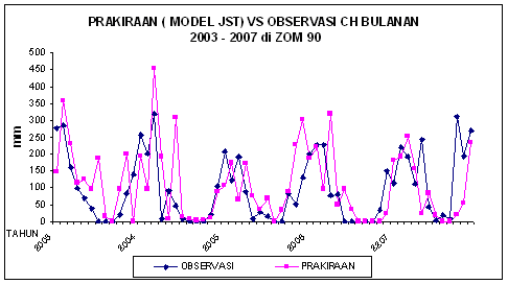
b)



c)



d)



Gambar 8 a,b,c,dan d Grafik luaran model JST versus observasi periode 2003-2007 di empat ZOM (30, 43, 88, dan 90)

3.3 Verifikasi Hasil Luaran Model JST di Empat ZOM

a. Evaluasi Data Observasi versus Luaran Model di ZOM 30

Ketika luaran model JST dibandingkan dengan nilai observasinya, hasil prakiraan *over estimate* atau estimasinya terlalu tinggi di ZOM 30 yaitu pada Januari, Maret, dan April di tahun 2003, April, Juni, Oktober, dan Desember pada tahun 2004. Tahun 2005 *over estimate* terjadi hanya pada bulan April dan September. Tahun 2006 bulan Agustus dan Nopember. Tahun 2007 hasil prakiraan *over estimate* pada bulan Maret, Oktober, Nopember, dan Desember.

Keadaan sebaliknya untuk prakiraan yang bersifat *under estimate* atau estimasinya terlalu rendah di ZOM 30 yaitu bulan Februari dan Desember pada tahun 2003. Tahun 2004 bulan Februari, dan tahun 2005 bulan Januari dan Juni. Sedangkan tahun 2006 pada bulan Januari, Maret, dan Desember, tahun 2007 terjadi pada Februari, Juni, dan Agustus. Keadaan ini menjadikan nilai galatnya (Tabel 3) menjadi besar dalam angka positif. Keadaan galat yang besar menjadikan nilai Root Mean Square Error (RMSE) menjadi besar pula seperti yang terjadi pada tahun 2003, 2004, dan 2007 di ZOM 30.

b. Evaluasi Data Observasi versus Luaran Model di ZOM 43

Hasil prakiraan yang *over estimate* di ZOM 43 pada tahun 2003 Maret, Mei, dan September. Tahun 2004 pada bulan Januari dan Mei. Tahun 2005 *over estimate* terjadi pada bulan Januari, Maret dan Nopember. Tahun 2006 hanya bulan April. Tahun 2007 hasil prakiraan *over estimate* pada bulan Maret, Oktober, dan Nopember.

Prakiraan yang *under estimate* yaitu bulan Februari, April, Oktober, dan Nopember pada tahun 2003. Tahun 2004 bulan Februari, April, Oktober, Nopember, dan Desember. Tahun 2005 pada bulan Agustus.

Sedangkan tahun 2006 pada bulan Januari, Mei, dan Desember, tahun 2007 terjadi pada Februari, Mei, Juni, dan

Desember. Keadaan nilai galat yang besar (Tabel 4), baik untuk yang estimasinya terlalu tinggi atau rendah tersebut, menjadikan nilai Root Mean Square Error (RMSE) pada ZOM 43 menjadi besar pada tahun 2003. Tahun 2005, 2006, dan 2007 RMSEnya lebih kecil dibanding 2 tahun sebelumnya.

c. Evaluasi Data Observasi versus Luaran Model di ZOM 88

Hasil prakiraan *over estimate* di ZOM 88 terjadi pada Maret, Mei, Juni, Juli, dan Agustus di tahun 2003, Februari, Juli, September, dan Oktober pada tahun 2004. Tahun 2005 *over estimate* terjadi pada Januari, Februari, Juli dan Agustus. Tahun 2006 bulan Januari, April, dan Juni. Tahun 2007 hasil prakiraan *over estimate* pada bulan Januari dan Nopember.

Keadaan sebaliknya untuk prakiraan yang bersifat *under estimate* yaitu bulan Oktober dan Nopember pada tahun 2003. Tahun 2004 bulan Januari, Mei, dan Nopember. Tahun 2005 bulan Maret, April, Nopember, dan Desember. Sedangkan tahun 2006 pada bulan Februari dan Desember. Tahun 2007 terjadi pada Februari, Juni, Oktober, dan Desember. Dengan adanya nilai galat yang besar pada tahun 2003 (Tabel 5) dan 2004 menjadikan nilai RMSE yang tinggi pada periode tersebut.

d. Evaluasi Data Observasi versus Luaran Model di ZOM 90

Hasil prakiraan di ZOM 90 yang terlihat *over estimate* terjadi pada bulan Februari, Maret, Mei, Juni, Juli, Oktober, dan Nopember di tahun 2003. Tahun 2004 di bulan Februari, Maret, April, dan Juni. Tahun 2005 *over estimate* terjadi pada Mei, Nopember dan Desember. Tahun 2006 hanya bulan Juni. Tahun 2007 hasil prakiraan *over estimate* pada bulan Januari dan Maret.

Keadaan sebaliknya untuk prakiraan yang bersifat *under estimate* yaitu bulan Januari dan Desember pada tahun 2003. Tahun 2004 bulan Januari dan Mei. Tahun 2005 bulan Januari, Maret, dan April. Sedangkan tahun 2006 pada bulan Maret dan Desember. Tahun 2007 terjadi pada Mei, Oktober, dan Nopember. Nilai RMSE di ZOM 90 yang diperoleh berdasarkan galat selama periode prakiraan 2003-2007 (Tabel 6), relatif konstan dibanding dengan ZOM lainnya.

4. . KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

SML di sekitar wilayah Indonesia pada area 8º – 12 º LS, 115 º – 125 º BT dan OLR pada area 5º – 10 º LS, 107.5 º – 115 º BT berkorelasi dengan curah hujan pada wilayah Jawa bagian utara yang diwakili oleh ZOM 30, 43, 88, dan 90. Nilai korelasi antara curah hujan dengan SML dan OLR ke empat ZOM tersebut adalah $0.53 < r < 0.63$ dan $-0.57 < r < -0.76$. Hasil ini menunjukkan distribusi curah hujan pada wilayah Jawa bagian utara tersebut sangat dipengaruhi oleh panasnya SML pada Samudera Hindia utara Australia dan OLR wilayah utara dan selatan Jawa.

Untuk prakiraan curah hujan bulanan, dengan model JST menggunakan masukan 2 peubah dari hasil AKU sebagai prediktor dan 1 peubah curah hujan sebagai target. Jumlah data yang digunakan untuk pelatihan adalah 288 data (1979-2002). Pada pelatihan di empat ZOM, model yang digunakan dihentikan ketika interasi telah menghasilkan jumlah lapisan tersembunyi 12 - 20 unit. Bobot yang gunakan 16 - 24 bobot dengan nilai -4 s.d 3,6. Hasil akhir pelatihan, saat membandingkan prakiraan model dengan observasi mendapatkan nilai MSEnya menghasilkan R^2 berkisar 0,6 – 0,76 dan nilai korelasi (r) pada 0,8 – 0,88.

Untuk tingkat akurasi model JST, analisis pola observasi dan prakiraan menunjukkan pola yang sama, meski masih dijumpai estimasi prakiraan yang terlalu tinggi maupun terlalu rendah. Jika dianalisis nilai MSEnya, yang terendah di 4 ZOM selama periode 2003 - 2007, terjadi pada tahuan 2006.

Nilai galat prakiraan terhadap hasil observasi, ketika dianalisis dengan kesalahan relatif, model JST menunjukkan kesalahan yang besar ketika periode bulan kering. Keadaan tersebut terjadi pada bulan Juni, Juli, atau Agustus.

4.2. Saran

Dengan adanya perbedaan hasil akurasi model pada bulan-bulan basah dan kering atau musim hujan dan musim kemarau, maka perlu dibedakan masukan prediktor yang berbeda di kedua musim tersebut. Bahkan bila memungkinkan untuk meningkatkan presisi model perlu dilakukan penambahan input unsur meteorologi lainnya, atau dapat juga dengan menganalisis lag yang berbeda-beda untuk setiap korelasi curah hujan dengan prediktor lainnya. Ketika mendapatkan galat yang tinggi, perlu dianalisis faktor dinamis meteorologi lainnya yang berpengaruh terhadap variabilitas curah hujan di wilayah Jawa bagian utara tesebut. Dengan demikian akan dapat diperoleh pengaruh faktor dinamis, baik yang bersifat regional maupun global. Presisi model dengan menggunakan JST ini perlu dikembangkan lebih lanjut dengan meneliti wilayah yang dijadikan obyek penelitiannya yaitu wilayah yang berbeda karakteristik tipe hujannya.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. Arkin PA, Xie P.1994.The global precipitation climatology project first algorithm intercomparison project. *Bull Am Meteorol Soc* 75: 02-429
2. [BMG] Badan Meteorologi dan Geofisika. 2003 .Pemutakhiran Tipe Hujan 1971 – 2000. BMG
3. Chang CP, Wang Z, Ju J, and Li T. 2004. On the relationship between western maritime continent monsoon rainfall and ENSO during northern winter. *J. Climate*, 17, 665–672.
4. Geiger R, Aron HR, Todhunter P.1995. *The Climate Near the Ground*, HarvardUniv Pr, Cambridge, Mass. McGregor RG & Nieuwolt S. 1998. *Tropical Climatology*, J Wiley, Baffins Lane, Chichester, England.
5. Haylock M. 2002. BMG/BMRC *Seasonal Rainfall Forecasting Scheme for Indonesia*.www.bom.gov.au/bmrc/clfor /cfstaff/jmb/seasonal/Forecasting-report.pdf [28 Juli 2009].
6. Kusumadewi S. 2003. *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Matlab & Excel Link*. Penerbit Graha Ilmu, Jakarta.
7. Lau MK & Chan HP. 1985. Aspects of the 40-50 days oscillation during the northern winter as inferred from outgoing longwave radiation. *Mon.Wea.Rev*., 113, 1889-1909.
8. Lutfiati E. 2000. *Prakiraan Jumlah Curah Hujan dengan Menggunakan Metode Jaringan Saraf Tiruan (Artificial Neural Network*), Skripsi, FMIPA Universitas Indonesia.
9. Morrissey LM. 1986. A statistical analysis of the relationships among rainfall, outgoing longwave radiation, and the moisture budget during January-March 1979. *Mon.Wea.Rev*, 114,931-942.
10. Motell EC & Weare CB. 1987. Estimating tropical Pasific rainfall using satellite data *J.Appl.Meteor*., 26, 1436-1446.
11. Murakami T & Matsumoto J. 1994. Summer monsoon over the Asian continent and western North Pacific.*J. Meteor.Soc. Japan*,72, 719-745.
12. Myers HR. 1990. *Classical and Modern Regression with Applications.* 2nd edition. Boston. PWS Kent.
13. Morrison FD. 1978. *Multivariate Statistical Methods*. The Iowa State University Press. Ames Lowa, USA.
14. Nicholl N. 1984. The southern oscillation and indonesian sea surface temperature. *Monthly Weather Review*, vol.112, no.3, p. 424-432.
15. Onogi K. 2008. *The JRA-25 Reanalysis*, Climate Prediction Division, Japan Meteorological Agency, Japan.
16. Otok WB. 2000. *Penerapan Artificial Neural Network (ANN) Dengan Proses Pembelajaran Back Propagation Dalam Peramalan Data Deret Waktu*,

Tesis Magister, Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.

17. Slingo Y, Qu T, Du Y, Strachan J, Meyers G. 2005. Sea surface temperture and its variability in the indonesian region. *Oceanography*:18 ; 50-61.
18. Richards F & Arkin PA. 1981: On the relationship between satellite – observed cloud cover and precipitation *Mon.Wea.Rev*., 109, 1081-1093.
19. Suherlan E. 2006. *Penyusunan Metode Prediksi Sifat Hujan Bulanan Menggunakan NeuroFuzzy Modelling* Tesis Magister IPB.
20. Sofiati I. 1998. *Characteristics of Rainfall and OLR Patterns in Indonesia and Surrounding Regions*, Tesis, Institute for Hydrosperic-*A*tmospheric Sceinces Graduate Scholl of Sceinces Nagoya University, JAPAN.
21. Syarifuddin M. 2009. *Pengembangan Model Jaringan Syarf Tiruan Untuk Prediksi Curah Dan pemanfaatannya Bagi Perencanaan Pertanian Di Kabupaten Subang Dan Karawang*, Tesis Magister, Program Pasca Sarjana Insitut Pertanian Bogor.
22. Saha A, 2000. Introduction Articial Neral Network (ANN) Models www.physiol.ud.ac.uk [22 Maret 2009].
23. Soetamto. 2007. *Analisa Korelasi Curah Hujan Dasarian Di Propinsi Jawa Timur Dengan Suhu Muka Laut Di Indonesia*, Tesis Magister, FMIPA Universitas Indonesia.
24. Visa J, Sofiati I, Harjana T. 2002. Korelasi antara outgoing longwave radiation(OLR) dan total precipitable water (TPW) di wilayah indonesia periode 1996 – 1999. *Indonesian Journal of Physics*, Vol 13 NO 3.

Tabel 5 Nilai observasi dan Galat prakiraan curah hujan bulanan ZOM 88 (mm)

	2003		2004		2005		2006		2007	
Bln	Obs	Galat	Obs	Galat	Obs	Galat	Obs	Galat	Obs	Galat
Jan	132	50	310	-791	160	100	297	179	104	131
Feb	332	18	186	98	274	95	362	-77	255	-107
Mar	153	84	426	-3	239	-134	175	14	268	34
Apr	148	44	67	42	207	-48	129	112	202	-13
Mei	161	178	111	-44	37	187	208	68	52	15
Jun	3	57	18	-14	127	-28	24	24	91	-32
Jul	0	46	40	78	9	73	0	57	0	32
Agt	5	40	0	0	35	50	0	30	0	20
Sep	30	10	11	70	28	-28	4	-3	0	25
Okt	145	-78	14	73	203	18	7	22	46	-24
Nop	451	-399	158	-158	179	-112	89	-37	122	137
Des	236	54	186	70	476	-376	188	-99	461	-174

Tabel 6 Nilai observasi dan Galat prakiraan curah hujan bulanan ZOM 90 (mm)

	2003		2004		2005		2006		2007	
Bln	Obs	Galat	Obs	Galat	Obs	Galat	Obs	Galat	Obs	Galat
Jan	277	-129	258	-64	208	-101	199	-11	155	66
Feb	284	74	201	106	121	53	227	-5	220	-29
Mar	161	70	319	134	192	-127	228	-133	192	59
Apr	99	16	8	183	87	-84	77	243	111	44
Mei	71	53	90	-82	7	69	82	-32	243	-220
Jun	38	58	48	261	28	9	0	96	44	38
Jul	0	186	7	6	16	52	0	37	2	16
Agt	0	15	0	8	0	0	0	0	18	-18
Sep	0	0	0	3	0	33	0	0	8	-8
Okt	21	74	0	4	84	5	0	0	311	-291
Nop	84	115	20	-10	52	177	33	-33	19	-138
Des	141	-141	108	-20	130	171	151	-129	270	-37