

PENGARUH TENGGANG WAKTU (*TIME LAG*) ANTARA CURAH HUJAN DENGAN SUHU PERMUKAAN LAUT NINO 3.4 TERHADAP PERFORMA MODEL PREDIKSI HUJAN

Woro Estiningtyas

Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Bogor

ABSTRAK

Dalam pengembangan model prediksi hujan, berbagai skenario dan modifikasi input dilakukan untuk mendapatkan performa model yang lebih baik. Demikian juga dengan pengembangan model prediksi hujan dengan metode Filter Kalman. Dalam penyusunan modelnya, metode ini menggunakan suhu permukaan laut (SPL) Nino 3.4 sebagai inputnya. Skenario input dilakukan berdasarkan indikasi adanya hubungan beda waktu antara curah hujan dengan SPL Nino 3.4. Hasil analisis pewilayahan hujan di Propinsi Jawa Tengah menghasilkan 7 kelompok hujan, dengan sebaran rata-rata curah hujan tahunan pada setiap kelompok adalah : 1869 mm (kelompok 1), 1925 mm (kelompok 2), 1099 mm (kelompok 3), 3226 mm (kelompok 4), 2096 mm (kelompok 5), 2218 mm (kelompok 6) dan 2077 mm (kelompok 7). Berdasarkan sebaran pada setiap kelompok hujan, maka hasil validasi model pada umumnya memperlihatkan performa yang cukup baik. Hal ini ditandai oleh beberapa nilai parameter validasi yang cukup tinggi, seperti koefisien korelasi (r) validasi yang sebaran besar lebih dari 90%, r model lebih dari 69%, dan RMSE kurang dari 47%. Demikian juga rata-rata dari setiap stasiun menghasilkan r validasi lebih dari 94%, r model lebih dari 75%, dan RMSE kurang dari 36%. Perlakuan skenario time lag 0, 1 dan 2 bulan untuk Jawa Tengah sebagian besar memberikan pengaruh positif terhadap performa model prediksi hujan. Berdasarkan frekuensi kontribusi nilai koefisien korelasi validasi tertinggi serta persentase kontribusi nilai r validasi tertinggi terutama pada setiap stasiun hujan maupun pada setiap kelompok hujan, maka skenario time lag yang dominan untuk Jawa Tengah adalah 2 bulan.

Kata kunci : time lag, curah hujan, suhu permukaan laut, model prediksi hujan

ABSTRACT

In term of developing rainfall prediction model, scenario and modification will be done in order to get model perform better, like rainfall prediction model with Kalman filtering method. To develop of this model, sea surface temperature is used as model input. Application of input scenario is based on relationship between rainfall and sea surface temperature Nino 3.4. The result of cluster analyse shows that in central Java has 7 group of rainfall. The average of annual rainfall in each group are : 1869 mm (group 1), 1925 mm (group 2), 1099 mm (group 3), 3226 mm (group 4), 2096 mm (group 5), 2218 mm (group 6) dan 2077 mm (group 7). Based on rainfall distribution in each group, model perform show good respon. It is indicated from coefficient correlation (r) validation more than 90%, r model more than 69%, and RMSE least of 47%. As same as with average value from each rainfall station, there are show r validation more than 94%, r model more than 75%, and RMSE less than 36%. The application of time lag 0, 1 and 2 month scenario in Central Java give the positive impact for perform of rainfall prediction model. Based on distribution frequency of highest coefficient correlation value and percentration of contribution r value in each rainfall stasion and group of rainfall show that time lag scenario dominan for Central Java is 2 months.

Key word : time lag, rainfall, sea surface temperature, rainfall prediction model

PENDAHULUAN

Kebutuhan terhadap ketersediaan data dan informasi yang aktual dan bahkan beberapa waktu ke depan telah mendorong berkembangnya berbagai model prediksi, baik yang berbasis statistik maupun yang berdasarkan pendekatan stokastik. Ide penggunaan model matematika untuk menjelaskan perilaku fenomena fisik telah dilakukan dengan baik. Berbagai pendekatan model telah banyak digunakan untuk prakiraan iklim baik dengan model statistik, model deterministik maupun kombinasinya. Model deterministik kekuatannya pada nalar fisik sehingga rumusnya dapat merepresentasikan perilaku fisik yang mendasarinya, sehingga berlaku universal dan dapat diaplikasikan dimanapun. Kelemahannya, model deterministik iklim sangat kompleks prosesnya, rumit interaksinya dan sebagian besar faktornya diluar kontrol, sehingga selain memerlukan tenaga, waktu dan biaya besar, secara operasional sulit direalisasikan. Sedangkan model statistik dapat diformulasikan berdasarkan hubungan peubah bebas dan tidak bebas secara empirik, sehingga lebih praktis untuk menalarkan gejala itu sendiri. Kelemahannya, model statistik perlu divalidasi setiap saat untuk setiap tempat. Apabila kedua pendekatan tersebut dapat digabungkan, sehingga kelemahan masing-masing dapat direduksi dan kelebihan keduanya dapat disinergikan, maka model yang dihasilkan akan dapat ditingkatkan presisi/akurasinya dan keberhasilannya dalam prediksi anomali iklim.

Seiring dengan kemajuan di bidang perangkat lunak (komputer), maka perkembangan model prediksi tersebut semakin pesat. Berbagai skenario dan modifikasi input dilakukan untuk memperoleh performa model yang lebih baik. Dalam penentuan skenario atau modifikasi input tersebut tentu didasarkan pada pertimbangan tertentu atau data dan informasi dari berbagai hasil penelitian. Dari berbagai kejadian anomali iklim yang seringkali berulang, akhirnya disadari bahwa pada dasarnya ada ketergantungan antara dinamika lautan dengan atmosfer, dan

indikator dominan yang sering digunakan untuk melihat gejala terjadinya anomali iklim adalah Suhu Permukaan Laut (SPL). Sedangkan parameter iklim yang terlihat jelas perilakunya akibat terjadinya anomali iklim adalah curah hujan. Hal ini pula yang dijadikan dasar dalam penyusunan model prediksi dengan metode filter Kalman yang dikembangkan dalam penelitian ini, selain juga dari berbagai hasil penelitian.

Beberapa hasil penelitian menunjukkan adanya korelasi antara SPL dengan curah hujan. Berdasarkan hasil penelitian Hendon (2003) diketahui bahwa variabilitas SPL Nino 3.4 mempengaruhi 50% variasi curah hujan seluruh Indonesia sedangkan variabilitas SPL di Laut India 10-15%. Pendapat ini diperkuat dengan hasil penelitian Prabowo & Nicholls dalam Faqih (2004) yang menyatakan bahwa iklim Indonesia dan Australia sangat berkaitan erat dengan wilayah Nino 3 dan 4. Menurut Boer, et al (1999) anomali suhu permukaan laut di wilayah Nino 3.4 (170°-120° BB, 5°LU-5°LS) memiliki hubungan yang lebih kuat terhadap anomali curah hujan bulanan dibandingkan dengan anomali suhu permukaan laut di zona lain. Pada musim kemarau, anomali SST yang mencapai +1° C sudah menyebabkan curah hujan turun sampai di bawah normal. Aldrian dan Susanto (2003) juga mengungkapkan hubungan curah hujan dan SPL dalam bentuk korelasi pada setiap musimnya. Namun dari hasil penelitian tersebut belum mengungkap bagaimana hubungan curah hujan dan SPL terkait dengan perbedaan waktu (*time lag*).

Dari penelitian Swarinoto (2004) menunjukkan bahwa suhu permukaan laut tidak secara langsung dalam waktu bersamaan mempengaruhi curah hujan. Misalnya suhu permukaan laut bulan Oktober belum tentu mempengaruhi curah hujan bulan Oktober juga, kemungkinan lebih banyak dipengaruhi oleh SST 1 atau 2 bulan sebelumnya (Agustus atau September). Indikasi ini ditunjukkan pula dari hasil penelitian Estiningtyas (2005) bahwa terdapat pola antara SST Nino 3.4 tertinggi dengan curah hujan terendah 2-3 bulan berikutnya di wilayah monsunal dan tropikal. Mengingat adanya beberapa indikasi tersebut

di atas, maka perlu dilakukan analisis untuk mengetahui sejauh mana hubungan tersebut dengan melakukan penelitian tentang tenggang waktu (*time lag*) antara curah hujan dan SST. Adapun tujuan penelitian ini adalah : (1) mengetahui pengaruh perbedaan tenggang waktu (*time lag*) terhadap performa model prediksi hujan, dan (2) menentukan tenggang waktu (*time lag*) dominan antara suhu permukaan laut Nino 3.4 dengan curah hujan.

METODOLOGI

Data dan Lokasi :

Untuk penelitian ini, studi kasus dilakukan di lokasi Jawa Tengah. Data yang digunakan adalah data curah hujan bulanan time series dan data SPL Nino 3.4 time series yang di down load dari internet dengan alamat <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/india/ces>.

Metode :

Pada awal analisis dilakukan identifikasi terhadap kelengkapan data curah hujan time series. Hal ini dilakukan karena

untuk menjalankan model (running) tidak diperkenankan ada data yang kosong. Setelah data diidentifikasi dan diseleksi sehingga tidak ditemukan data yang kosong, maka data tersebut disusun sesuai format masukan untuk menjalankan model. Contoh format data untuk masukan model berdasarkan skenario lag 0, 1 dan 2 bulan disajikan dalam Gambar 1.

Pewilayahan hujan dilakukan dengan analisis komponen utama dan analisis *cluster* (analisis gerombol). Analisis Komponen Utama digunakan untuk mengidentifikasi peubah baru yang mendasari data peubah ganda, menghilangkan masalah multikolinieritas (peubah yang saling berkorelasi) dan menghilangkan peubah-peubah asal yang memberikan sumbangan informasi yang relatif kecil. Sedangkan analisis *cluster* (gerombol) digunakan untuk mengelompokkan objek-objek menjadi beberapa gerombol / kelompok berdasarkan pengukuran peubah-peubah yang diamati, sehingga diperoleh kemiripan objek dalam gerombol yang sama dibandingkan antar objek pada gerombol lain.

Bulan	CH	SST
Jan-77	234	27.4
Feb-77	378	27.0
Mar-77	413	27.5
Apr-77	347	27.6
May-77	123	28.0
Jun-77	62	27.9
Jul-77	0	27.4
.	.	.
.	.	.
.	.	.
May-05	84	28.2
Jun-05	163	28.1
Jul-05	292	27.5
Aug-05	0	26.9

Lag 0

Bulan	CH	SST
Jan-77	234	24.8
Feb-77	378	27.4
Mar-77	413	27.0
Apr-77	347	27.5
May-77	123	27.6
Jun-77	62	28.0
Jul-77	0	27.9
.	.	.
.	.	.
.	.	.
May-05	84	28.1
Jun-05	163	28.2
Jul-05	292	28.1
Aug-05	0	27.5

Lag 1

Bulan	CH	SST
Jan-77	234	25.2
Feb-77	378	24.8
Mar-77	413	27.4
Apr-77	347	27.0
May-77	123	27.5
Jun-77	62	27.6
Jul-77	0	28.0
.	.	.
.	.	.
.	.	.
May-05	84	27.6
Jun-05	163	28.1
Jul-05	292	28.2
Aug-05	0	28.1

Lag 2

SST Des-76

SST Nop-76

SST Des-76

Gambar 1. Format penyusunan data untuk skenario lag 0, 1 dan 2 bulan

Dalam penelitian ini teknik saringan Kalman (Kalman, 1960) yang dimodifikasi

digunakan untuk memodelkan prediksi jumlah (*depth*) curah hujan berdasarkan seri

data curah hujan dan suhu permukaan laut (*sea surface temperature*) Nino 3.4. Prediksi curah hujan dengan metode filter Kalman dilakukan dengan fasilitas *System Identification Toolbox* dalam Program Matlab Versi 6.5 Rel 13, yaitu : suatu sistem yang memungkinkan untuk membangun model matematika dari suatu sistem dinamik berdasarkan data pengukuran. Proses ini dilakukan dengan mengatur parameter dalam model yang diberikan sedemikian rupa sehingga output yang dihasilkan mirip atau menyerupai output yang terukur (*measured output*). Model prediksi hujan bulanan dengan metode filter Kalman menggunakan data SPL sebagai input model, dan curah hujan sebagai output model. Hubungan kedua parameter diterangkan dengan 3 pendekatan, yaitu *Autoregresi Moving Average* dengan faktor eksternal X (ARMAX), *Box Jenkins*

(BJ) dan *Output Error* (OE). Selanjutnya dilakukan running model untuk validasi dan prediksi curah hujan berdasarkan skenario time lag 0, 1 dan 2 bulan.

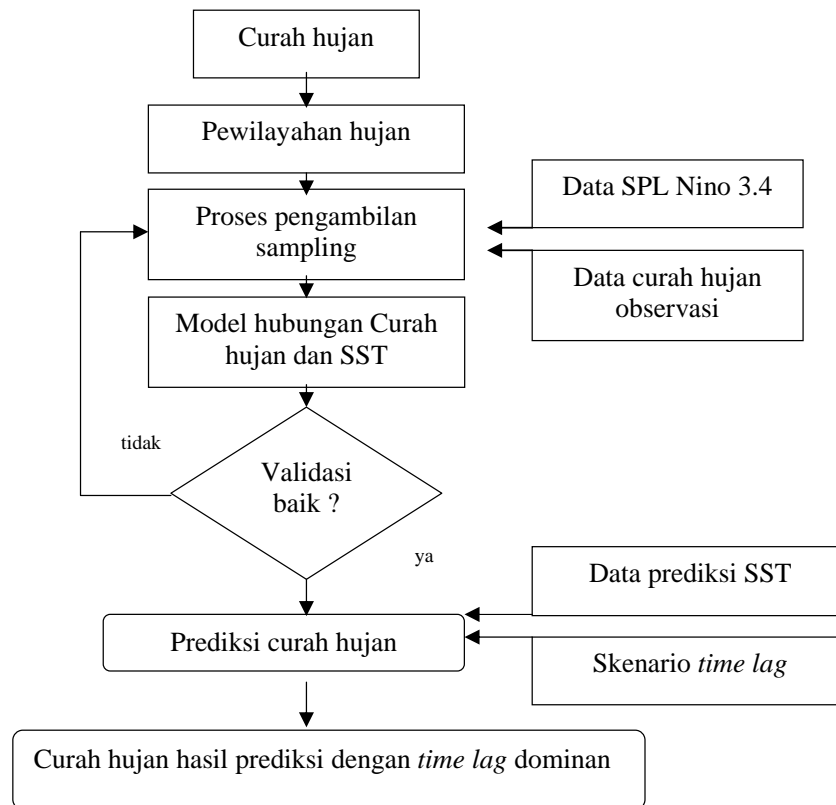
Skenario input dilakukan dengan mengaplikasikan tenggang waktu (*time lag*) antara curah hujan dan SPL, yaitu :

lag 0 : curah hujan bulan ini dipengaruhi oleh SPL pada bulan yang sama

lag 1 : curah hujan bulan ini dipengaruhi oleh SPL 1 bulan sebelumnya

lag 2 : curah hujan bulan ini dipengaruhi oleh SPL 2 bulan sebelumnya

dari keseluruhan hasil analisis, ditentukan lag yang dominan di setiap stasiun hujan dan setiap kelompok hujan berdasarkan besarnya kontribusi nilai koefisien korelasi (r) validasi tertinggi pada setiap stasiun atau kelompok hujan tersebut. Garis besar tahapan penelitian disajikan dalam Gambar 2.



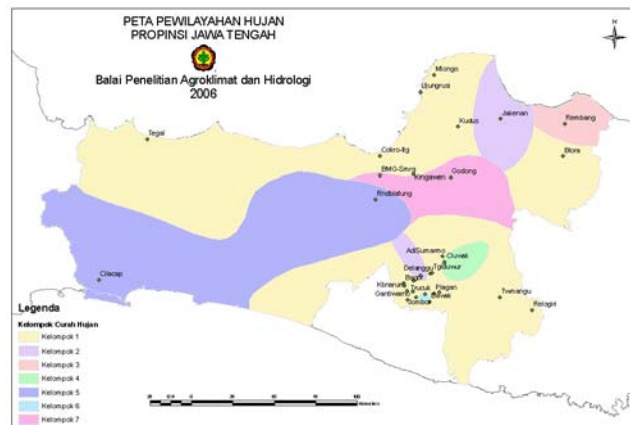
Gambar 2. Diagram alir tahapan penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

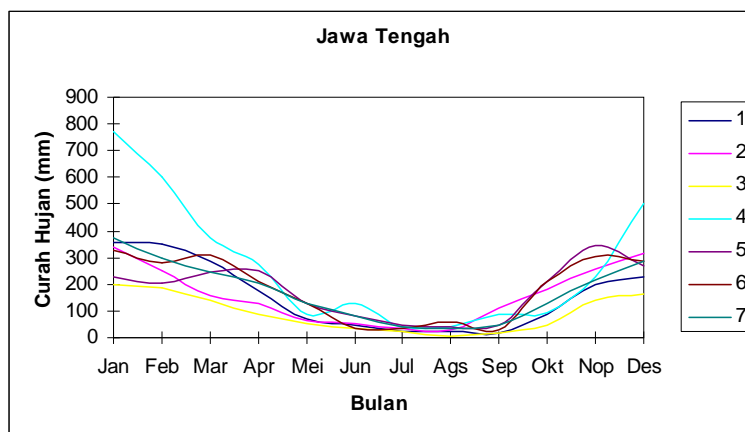
Pewilayahan Hujan

Analisis pewilayahan hujan di Propinsi Jawa Tengah menghasilkan 7 kelompok hujan dari sekitar 32 stasiun hujan yang terkumpul. Dilihat dari penyebarannya, maka jumlah stasiun tersebut masih kurang terutama untuk Jawa Tengah bagian tengah dan barat (Gambar 3). Kelompok 3, yaitu stasiun Rembang merupakan lokasi yang menerima curah hujan tahunan paling rendah dibandingkan kelompok lain, yaitu 1099 mm/tahun, dengan sebaran curah hujan terendah 5 mm/bulan pada bulan Agustus dan tertinggi 197 mm pada bulan Januari.

Sedangkan kelompok 4, yaitu stasiun Cluwak menerima curah hujan tertinggi sebesar 3226 mm/tahun, dengan sebaran curah hujan terendah 38 mm pada bulan Juli dan tertinggi 770 mm pada bulan Januari. Selengkapnya rata-rata curah hujan tahunan pada setiap kelompok hujan adalah : 1869 mm (kelompok 1), 1925 mm (kelompok 2), 1099 mm (kelompok 3), 3226 mm (kelompok 4), 2096 mm (kelompok 5), 2218 mm (kelompok 6) dan 2077 mm (kelompok 7). Pola distribusi rata-rata curah hujan bulanan pada setiap kelompok menunjukkan pola monsunal dengan puncak hujan pada bulan Desember-Januari, dan curah hujan terendah Juli-September (Gambar 4).



Gambar 3. Pewilayahan hujan Jawa Tengah



Gambar 4. Penyebaran rata-rata curah hujan bulanan pada setiap kelompok hujan

Validasi Model Prakiraan Hujan Bulanan

Beberapa parameter hasil validasi berdasarkan skenario lag 0, 1 dan 2 di Jawa Tengah memperlihatkan hasil yang cukup beragam. Rata-rata hasil validasi setiap stasiun hujan pada lag 0 untuk setiap parameter adalah : koefisien korelasi (r) validasi 94,79%, r model 75,14%, RMSE 30,06%, fits model 10,86% dan standar deviasi 105,66 (Tabel 1). Untuk lag 1 bulan : r validasi 96,17%, r model 75,76%, RMSE 36,59%, fits model 20,52% dan standar deviasi 127,58 (Tabel 2). Sedangkan untuk lag 2 adalah : r validasi 96,22%, r model 76,51%, RMSE 30,26%, fits model 18,01% dan standar deviasi 112,75 (Tabel 3).

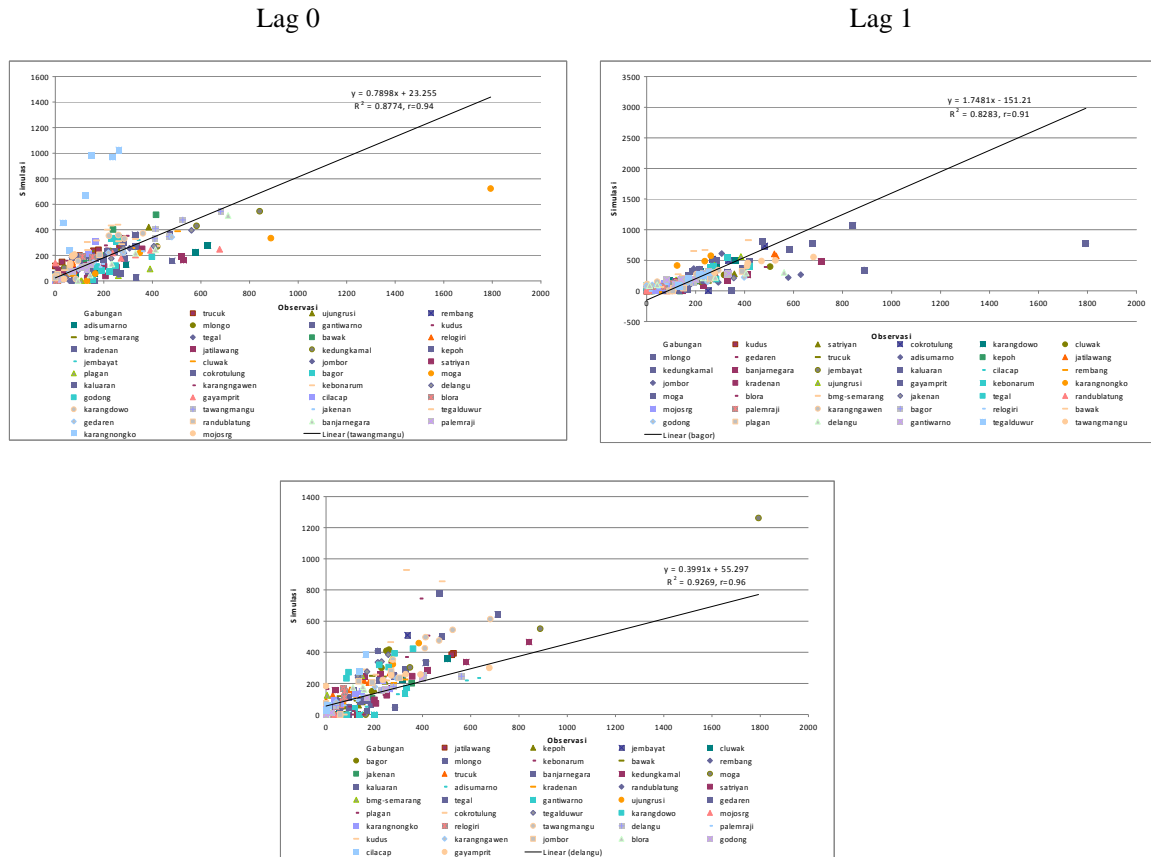
Berdasarkan sebaran pada setiap kelompok hujan, maka pada umumnya memperlihatkan performa yang cukup baik. Hal ini ditandai oleh beberapa nilai parameter validasi yang cukup tinggi, seperti r validasi lebih dari 90%, r model lebih dari 69%, dan RMSE kurang dari 47%. Secara rinci pada setiap kelompok untuk lag 0 adalah sebagai berikut. Pada kelompok 1 diperoleh rata-rata setiap parameter adalah : r validasi 94,32%, r model 72,72%, RMSE 36,97, fits -1,54% dan standar deviasi 109,06. Pada kelompok 2 : r validasi 96,12%, r model 85,24%, RMSE 13,24, fits 47,56% dan standar deviasi 61,81. Pada kelompok 3 : r validasi 76,23%, r model 75,93%, RMSE 16,25, fits 33,06% dan standar deviasi 22,45. Pada kelompok 4 : r validasi 99,95%, r model 85,59%, RMSE 6,11, fits 47,45% dan standar deviasi 167,60. Pada kelompok 5 : r validasi 99,24%, r model 69,70%, RMSE 13,99, fits 29,48% dan standar deviasi 103,88. Pada kelompok 6 : r validasi 99,90%, r model 74,48%, RMSE 6,84, fits 31,15% dan standar deviasi 134,90. Pada kelompok 7 : r validasi 97,20%, r model 86,24%, RMSE 21,57, fits 38,54% dan standar deviasi 108,51 (Tabel 1 (lampiran)). Demikian juga dengan masing-masing parameter hasil validasi untuk lag 1 dan 2 bulan dapat dilihat dalam Tabel 2 dan Tabel 3 pada lampiran

Apabila ditinjau dari rata-rata setiap kelompok hujan maka diperoleh hasil sebagai berikut : untuk lag 0 : r validasi 94,71%, r model 78,56%, RMSE 16,42, fits 32,24%

dan standar deviasi 101,17. Untuk lag 1 : r validasi 97,52%, r model 77,78%, RMSE 17,50, fits 33,66% dan standar deviasi 100,42. Untuk lag 2 : r validasi 98,43%, r model 78,53%, RMSE 13,80, fits 34,09% dan standar deviasi 102,20.

Dari hasil validasi model, sebagian besar menunjukkan respon yang cukup baik. Hal ini ditandai dari beberapa nilai parameter yang cukup tinggi, seperti r validasi yang sebagian besar lebih dari 90%, r model sebagian besar lebih dari 75% dan RMSE kurang dari 36%. Sebagai pembandingan, Surmaini, et al (2006) telah melakukan analisis terhadap model prediksi hujan 6 bulanan periode 2004-2006 dengan filter Kalman untuk mengetahui tingkat keepatan antara observasi dan validasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa koefisien korelasi lebih dari 50% pada umumnya terdapat pada daerah dengan pola hujan yang stasioner, seperti Sungkai Selatan (0.75), Tamanbogo (0.58), Sukamandi (0.52), Pusakanegara (0.57), Kertek (0.73), Kuningan (0.82), Ngablak (0.73), Sleman (0.78), Kendari (0.59). Sedangkan nilai koefisien korelasi kurang dari 50% pada umumnya terjadi di daerah dengan pola hujan yang non-stasioner. Beberapa ciri data *time series* yang bersifat stasioner antara lain waktu pengamatan tidak berpengaruh terhadap nilai *mean* μ , *varians* σ^2 dan *covarians* τ_k . Dengan nilai tengah dan ragam yang konstan tersebut, maka prediksi yang dilakukan akan mempunyai tingkat ketelitian yang tinggi. Sebagai pembandingan, hasil penelitian Boer (1999) dan Ratag (1997), memperlihatkan bahwa korelasi pola antara observasi dan luaran berbagai model untuk curah hujan di wilayah Indonesia sekitar 0.4-0.5.

Untuk Jawa Tengah, hasil analisis korelasi antara curah hujan observasi dengan simulasi ditunjukkan melalui regresi antara kedua nilai tersebut pada setiap stasiun untuk periode validasi 6 bulan. Berdasarkan hasil regresi diperoleh nilai korelasi sebesar 0,94 pada lag 0; 0,91 pada lag 1 dan 0,96 pada lag 2 (Gambar 5). Hal ini menunjukkan bahwa performa model prediksi cukup baik.



Lag 0 Lag 1

Lag 2

Gambar 5. Korelasi antara curah hujan observasi dan simulasi pada lag 0, 1 dan 2

Tenggang Waktu (Time Lag) Antara Curah Hujan dan SST Nino 3.4

Bagaimana pengaruh hubungan dari curah hujan dan SPL terhadap performa model prediksi hujan akan dilihat melalui pengimplementasian skenario time lag kedalam model prediksi hujan. Hasil penelitian Swarinoto (2004) dan Estiningtyas (2005) menunjukkan bahwa ada hubungan antara curah hujan dengan suhu permukaan laut 1-2 bulan sebelumnya. Hal ini menjadi dasar dalam pemilihan periode time lag, yaitu 0, 1 dan 2 bulan. Performa model dinyatakan

melalui salah satu parameter hasil validasi, yaitu koefisien korelasi (r) validasi, r model, RMSE, fits dan standar deviasi. Dari 3 skenario time lag selanjutnya ditentukan time lag yang dominan berdasarkan besarnya kontribusi nilai r tertinggi pada setiap stasiun atau kelompok hujan.

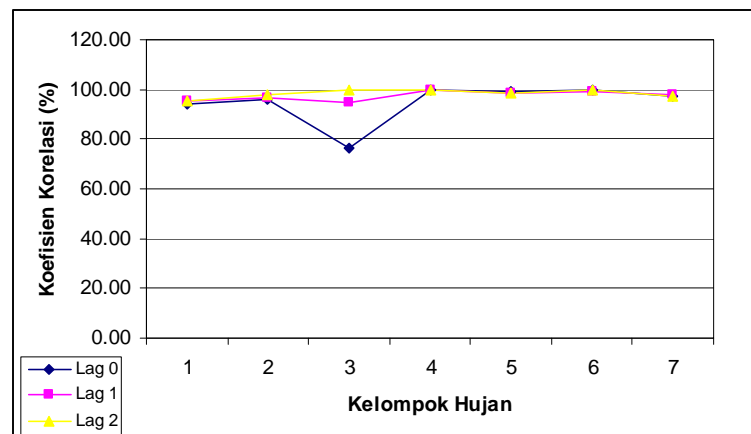
Hasil analisis pada setiap skenario time lag menunjukkan rata-rata r validasi pada setiap stasiun hujan sebesar 94,79% (pada lag 0), 96,17% (pada lag 1) dan 96,22% pada lag 2 (Tabel 4). Sedangkan rata-rata pada kelompok hujan menghasilkan r validasi sebesar 94,71% (lag 0), 96,26% (lag 1) dan 98,05% (lag 2).

Berdasarkan persentase kontribusi nilai r validasi tertinggi pada setiap stasiun hujan, diperoleh bahwa r validasi tertinggi pada lag 0 terjadi di 10 stasiun hujan atau 31% dari total seluruh stasiun hujan yang dianalisis, demikian juga untuk lag 1. Sedangkan nilai r validasi tertinggi pada lag 2 terjadi di 12 stasiun hujan, atau 38% dari total seluruh stasiun hujan yang dianalisis. Sementara persentase r validasi tertinggi pada setiap kelompok hujan adalah : lag 0 menghasilkan r val tertinggi pada kelompok hujan 5 dan 6 atau 29%, lag 1 menghasilkan r val tertinggi pada 2 kelompok hujan yaitu 1 dan 7 atau 29%, dan lag 2 menghasilkan r val tertinggi pada 3 kelompok hujan (2, 3 dan 4) atau 43%.

Dari hasil validasi tersebut di atas terlihat bahwa apabila ditinjau berdasarkan rata-rata

setiap stasiun hujan, maka persentase kontribusi lag 2 dalam memberikan nilai r tertinggi adalah paling besar dibandingkan lag 0 dan lag 1, yaitu 38%. Demikian juga apabila ditinjau berdasarkan rata-rata kelompok hujan, maka lag 2 bulan juga memberikan kontribusi nilai r validasi yang tertinggi, yaitu 43%. Hal ini juga terlihat dari penyebarannya pada setiap kelompok hujan (Gambar 6).

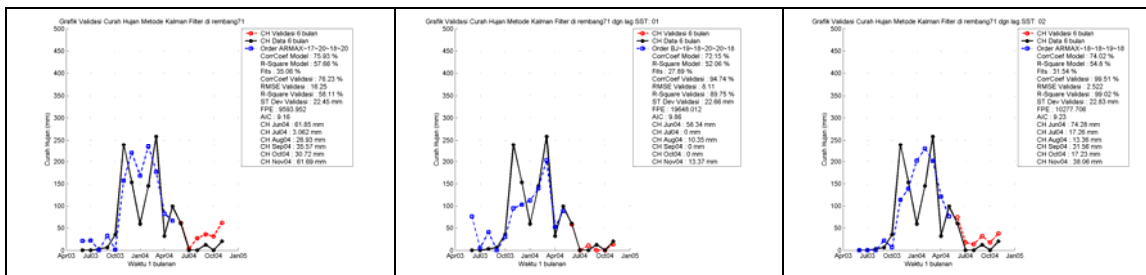
Berdasarkan nilai koefisien korelasi validasi tertinggi serta sebaran persentase kontribusi r validasi tertinggi baik di setiap stasiun maupun pada setiap kelompok hujan, maka skenario lag 2 bulan menghasilkan performa model yang relatif lebih baik dibandingkan lag 0 dan 1 bulan untuk lokasi Jawa Tengah.



Gambar 6. Rata-rata koefisien korelasi validasi pada lag 0, 1 dan 2 bulan di setiap kelompok hujan

Perlakuan skenario time lag 0, 1 dan 2 bulan bisa memberikan pengaruh positif dan negatif terhadap performa model prediksi hujan. Pengaruh negatif artinya bahwa dengan menambah lag menjadi 1 dan 2 bulan tidak memberikan peningkatan nilai koefisien korelasi validasi model. Sebaliknya, pengaruh positif artinya bahwa pemberian skenario time lag 1 atau 2 bulan akan meningkatkan nilai koefisien korelasi model prediksi. Gambar 7 menampilkan salah satu contoh skenario time lag di stasiun Rembang. Terlihat bahwa perlakuan skenario lag 0, 1 dan 2 bulan memberi dampak positif

terhadap performa model. Artinya pemberlakuan skenario lag 0, 1 dan 2 bulan meningkatkan beberapa parameter validasi seperti koefisien korelasi validasi, RMSE dan R^2 validasi. Nilai koefisien korelasi validasi meningkat, berturut-turut dari 76,23% pada lag 0, menjadi 94,74% pada lag 1 dan 99,51% pada lag 2. Demikian juga dengan nilai R^2 validasi yang meningkat mulai dari 58,11% (lag 0), 89,75% (lag 1) dan 99,02% (lag 2), dan nilai RMSE yang semakin berkurang dengan bertambahnya lag, yaitu : 16,25% (lag 0), 8,11% (lag 1) dan 2,522% (lag 2).



Gambar 7. Fluktuasi curah hujan pada lag 0, 1 dan 2 bulan di stasiun Rembang

Respon model terhadap skenario time lag ini berbeda-beda di setiap lokasi. Sebagai pembandingan, hasil penelitian Bey, *et al* (2003) yang menghubungkan antara indeks osilasi selatan dengan lag 0, 2 dan 4 pada beberapa lokasi di Banten, Pantura Jabar, DAS Serayu, Pantura Jateng, Pantura Jatim, DAS Brantas Hulu dan DAS Brantas Hilir juga menunjukkan bahwa lag 0 cukup signifikan pada daerah-daerah tersebut terutama pada cawu 3 (September-Desember). Hasil penelitian Estiningtyas, *et al* (2006) menunjukkan bahwa untuk sebagian besar Propinsi Jawa Timur hubungan curah hujan dan SST Nino 3.4 yang terbaik adalah pada lag 0, kecuali daerah-daerah yang termasuk dalam kelompok 3 (Bawean, Bojonegoro, Magetan, Malang, Pacitan), kelompok 5 (Lamongan, Trenggalek dan Tuban), kelompok 6 (Blitar, Jember, Lumajang, dan Ngawi) yang memiliki hubungan terbaik pada lag 1 bulan, serta kelompok 4 yaitu di sekitar Jombang, Situbondo dan Sumenep yang memiliki hubungan terbaik pada lag 2.

KESIMPULAN

Analisis pewilayahan hujan di Propinsi Jawa Tengah menghasilkan 7 kelompok hujan, dengan sebaran rata-rata curah hujan tahunan pada setiap kelompok adalah : 1869 mm (kelompok 1), 1925 mm (kelompok 2), 1099 mm (kelompok 3), 3226 mm (kelompok 4), 2096 mm (kelompok 5), 2218 mm (kelompok 6) dan 2077 mm (kelompok 7).

Hasil validasi model pada umumnya memperlihatkan performa yang cukup baik. Hal ini ditandai oleh beberapa nilai parameter validasi yang cukup tinggi, seperti r validasi

yang sebagian besar lebih dari 90%, r model lebih dari 69%, dan RMSE kurang dari 47%. Demikian juga rata-rata dari setiap stasiun menghasilkan r validasi lebih dari 94%, r model lebih dari 75%, dan RMSE kurang dari 36%.

Perlakuan skenario time lag 0, 1 dan 2 bulan untuk Jawa Tengah sebagian besar memberikan pengaruh positif terhadap performa model prediksi hujan. Berdasarkan frekuensi kontribusi nilai koefisien korelasi validasi tertinggi serta persentase kontribusi r validasi tertinggi terutama pada setiap stasiun hujan maupun pada setiap kelompok hujan, maka skenario time lag yang dominan untuk Jawa Tengah adalah 2 bulan .

Untuk mengaplikasikan skenario time lag ini perlu diperhatikan wilayah atau luasan yang akan dianalisis. Hal ini terkait dengan respon yang dihasilkan model cukup bervariasi pada setiap stasiun hujan dan setiap kelompok hujan. Apabila daerah yang akan dianalisis mencakup wilayah yang cukup luas seperti cakupan kelompok hujan, maka skenario time lag yang digunakan adalah yang berdasarkan hasil validasi pada kelompok hujan. Sebaliknya, apabila wilayah kajian hanya diwakili oleh satu atau dua stasiun hujan, maka disarankan untuk menggunakan skenario time lag yang dihasilkan dari hasil validasi setiap stasiun hujan bukan yang dari kelompok hujan. Jadi sangat penting mengetahui cakupan/luasan daerah yang akan dikaji.

DAFTAR PUSTAKA

Aldrian, E., dan R. D. Susanto, 2003, Identification Of Three Dominant Rainfall Regions Within Indonesia and Their Relationship To Sea Surface Temperature, International Journal Of

- Climatology, Int. J. Climatol, 23: 1435-1452. Wiley InterScience.
- Bey, A. A. Pramudia, I. Amien dan T. June. 2003. Analisis Anomali Iklim dan Dampaknya Terhadap Ketersediaan Air di Sentra Produksi Pangan di Pulau Jawa. Poster.
- Boer, R. Notodipuro, K.A. and Las, I., 1999, Prediction of daily rainfall characteristic from monthly climate indicate, Paper presented at the second international conference on science and technology for the Assessment of Global Climate Change and Its impact on Indonesian Maritime Continent, 29 November-1 December 1999.
- Estiningtyas, W. 2005. Prediksi Curah Hujan Dengan Metode Filter Kalman Untuk Menyusun Pola Tanam. Tesis. Institut Teknologi Bandung.
- Estiningtyas, W, E. Surmaini, Suciantini dan F. Ramadhani. 2005. Penggunaan Metode Filter Kalman untuk Prakiraan Curah Hujan di Sentra Produksi. Laporan Akhir Penelitian. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. Bogor.
- Faqih, A. 2003. Analisis Pola Spasial dan Temporal Anomali Suhu Permukaan Laut di Samudera Pasifik, Hindia dan Atlantik Serta Kaitannya Dengan Anomali Curah Hujan Bulanan. Skripsi. Jurusan Geofisika dan Meteorologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Ratag, M.A., 1997. Nested Climate Modelling. First International Conference on Science and Its Impact on Indonesian Maritim Continent, Jakarta. Desember 1997
- Hendon, H.H. 2003. Indonesian Rainfall Variability : Impacts of ENSO and Local Air-Sea Interaction. American Meteorology Society.
- Kalman, R.E. 1960. "A new approach to linear filtering and prediction problems", Transaction of the ASME. Journal of Basic Engineering, pp 35-45, March 1960.
- Swarinoto, Y. 2004. Peranan Time Lag Suhu Muka Laut Dalam Simulasi Prakiraan Curah Hujan Bulanan di Kabupaten Indramayu (Studi kasus Oktober 2003). Jurnal Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.
- <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>

LAMPIRAN

Tabel 1. Hasil validasi model prediksi hujan bulanan pada lag 0

Kel	Stasiun	Lag 0						Rata-rata kelompok hujan				
		Model	r val.	r mod.	rmse	fit	std	r val.	r mod.	rmse	fit	std
1	Adisumarno	ARMAX	99.02	83.55	16.26	44.06	103.8					
1	Bagor	BJ	85.52	77.38	88.22	23.17	152.2					
1	Bawak	ARMAX	96.76	55.83	56.12	-46.13	198.8					
1	Blora	OE	96.66	79.52	26.47	38.4	92.34					
1	Cokrotulung	BJ	86.97	63.68	32.72	1.681	59.29					
1	Delangu	OE	98.48	80.95	29.57	28.44	152.4					
1	Gantiwarno	ARMAX	91.63	88.39	19.4	43.74	43.33					
1	Gayamprit	OE	86.31	18.36	23.01	-12.07	40.74					
1	Gedaren	OE	98.3	89.63	21	49.9	102.2					
1	Jombor	BJ	93.13	46.5	52.72	-170.7	129.5					
1	Karangdowo	OE	88.5	90.85	76.15	44.15	146.3					
1	Karangngawen	OE	99.67	74.25	9.596	31.48	106.1					
1	Karangngongko	OE	87.62	34.01	175.6	-297.7	325.9					
1	Kebonarum	OE	88.04	87.43	54.83	38.54	103.4					
1	Kudus	ARMAX	99.96	83.05	4.692	43.09	157.9					
1	Mlongo	ARMAX	99.53	87.16	6.055	49.9	56.05					
1	Plagan	BJ	98.38	23.02	7.744	-161	38.63					
1	Relogiri	ARMAX	93.81	87.76	20.74	50.63	53.54					
1	Tawangmangu	OE	93.67	91.02	44.6	45.96	113.9					
1	Tegal	ARMAX	99.66	80.62	7.664	40.27	82.95					
1	Tegalduwur	OE	95.46	87.96	26.78	35.51	80.37					
1	Trucuk	ARMAX	97.94	88.89	13.46	44.69	59.6	94.32	72.72	36.97	-1.54	109.06
2	Jakenan	OE	99.51	80.44	9.082	39.6	82.07					
2	Palemraji	OE	92.73	90.03	17.39	55.51	41.55	96.12	85.24	13.24	47.56	61.81
3	Rembang	ARMAX	76.23	75.93	16.25	33.06	22.45	76.23	75.93	16.25	33.06	22.45
4	Cluwak	BJ	99.95	85.59	6.111	47.45	167.6	99.95	85.59	6.11	47.45	167.60
5	Cilacap	OE	99.33	60.46	17.75	20.65	137.7					
5	Randublatung	OE	99.14	78.94	10.23	38.31	70.05	99.24	69.70	13.99	29.48	103.88
6	Kradenan	ARMAX	99.9	74.48	6.843	31.15	134.9	99.90	74.48	6.84	31.15	134.90
7	BMG_Semarang	ARMAX	92.8	74.12	43.53	31.71	104.5					
7	Godong	OE	98.98	98.98	10.54	39.92	66.22					
7	Ujungrusi	ARMAX	99.81	85.63	10.64	43.99	154.8	97.20	86.24	21.57	38.54	108.51
	Rata-rata		94.79	75.14	30.06	10.86	105.66	94.71	78.56	16.42	32.24	101.17

Tabel 2. Hasil validasi model prediksi hujan bulanan pada lag 1 di Jawa Tengah

Kel	Stasiun	Lag 1						Rata-rata kelompok hujan				
		Model	r val.	r mod.	rmse	fit	std	r val.	r mod.	rmse	fit	std
1	Adisumarno	ARMAX	98.64	82.19	15.58	41.92	84.83					
1	Bagor	OE	91.01	85.16	35.44	40.67	76.5					
1	Bawak	OE	93.11	9.146	137.1	-147	336.3					
1	Blora	OE	96.42	77.4	30.4	35.86	102.6					
1	Cokrotulung	ARMAX	85.93	47.05	177.9	-59.89	311.2					
1	Delangu	OE	97.07	91.14	24.66	50.96	91.86					
1	Gantiwarno	OE	89.27	92.35	33.8	49.63	67.08					
1	Gayamprit	BJ	96.68	65.39	74.13	-41.03	259.5					
1	Gedaren	ARMAX	94.76	92.22	42	55.01	117.6					
1	Jombor	BJ	98.48	49.36	49.58	-60.38	255.1					
1	Karangdowo	ARMAX	97.77	75.53	35.71	17.68	152					
1	Karangngawen	OE	99.83	74.89	6.508	32.25	101.2					
1	Karangngongko	BJ	91.33	65.34	114	-44.61	250.3					
1	Kebonarum	BJ	90.18	68.82	102.3	-11.61	211.6					
1	Kudus	ARMAX	99.98	80.53	2.785	39.78	122.7					
1	Mlongo	ARMAX	99.68	86.36	5.161	48.5	57.94					
1	Plagan	OE	98.97	64.44	20.85	14.1	130.3					
1	Relogiri	OE	93.98	88.71	22.52	51.94	58.95					
1	Tawangmangu	OE	93.37	91.9	35.32	44.72	88.25					
1	Tegal	OE	98.54	81.51	13.95	41.42	73.34					
1	Tegalduwur	OE	95.52	83.63	31.26	39.34	94.51					
1	Trucuk	ARMAX	98.57	85.15	15.88	43.41	84.28	95.41	74.46	46.67	12.85	142.18
2	Jakenan	OE	99.11	80.55	10.11	39.66	98.23					
2	Palemraji	OE	94.43	86.38	14.18	48.17	38.51	96.77	83.47	12.15	43.92	68.37
3	Rembang	BJ	94.74	72.15	8.11	27.89	22.66	94.74	72.15	8.11	27.89	22.66
4	Cluwak	ARMAX	99.93	83.98	6.971	44.79	169.7	99.93	83.98	6.97	44.79	169.70
5	Cilacap	BJ	99.06	64.57	9.519	24.03	62.22					
5	Randublatung	OE	98.17	76.8	15.91	36.11	74.65	98.62	70.69	12.71	30.07	68.44
6	Kradenan	BJ	99.24	78.65	14.15	37.57	103	99.24	78.65	14.15	37.57	103.00
7	BMG_Semarang	OE	95.46	75.46	37.07	33.56	111.3					
7	Godong	OE	98.62	81.86	10.06	41.36	54.42					
7	Ujungrusi	BJ	99.73	85.83	18.1	40.74	220	97.94	81.05	21.74	38.55	128.57
	Rata-rata		96.17	75.76	36.59	20.52	127.58	97.52	77.78	17.50	33.66	100.42

Tabel 3. Hasil validasi model prediksi hujan bulanan pada lag 2 di Jawa Tengah

Kel	Stasiun	Lag 2						Rata-rata kelompok hujan				
		Model	r val.	r mod.	rmse	fit	std	r val.	r mod.	rmse	fit	std
1	Adisumarno	BJ	98.96	82.45	15.43	42.51	96.15					
1	Bagor	ARMAX	97.17	79.79	35.87	29.38	135.9					
1	Bawak	ARMAX	93.9	64.23	48.49	-10.14	126.2					
1	Blora	OE	96.42	79.13	25.2	38.23	85.05					
1	Cokrotulung	BJ	87.81	37.78	196.6	-205.8	367.4					
1	Delangu	OE	96.28	90.07	26.37	51.1	87.28					
1	Gantiwarno	BJ	89.32	61.8	38.42	-3.636	76.42					
1	Gayamprit	OE	96.63	82.08	11.31	33.68	39.31					
1	Gedaren	BJ	99.4	86.96	22.16	43	181.4					
1	Jombor	OE	85.3	90.49	62.74	49.72	107.5					
1	Karangdowo	OE	92.71	85.95	30.19	33.09	72.04					
1	Karangngawen	OE	99.63	74.92	8.028	33.42	83.84					
1	Karangnongko	OE	88.68	79.51	27.64	36.14	53.49					
1	Kebonarum	ARMAX	92.82	73.8	74.15	15.09	178.2					
1	Kudus	OE	99.96	84.57	4.611	45.8	147					
1	Mlongo	ARMAX	99.62	87.65	5.622	51.07	57.89					
1	Plagan	BJ	93.5	-1.406	115.5	-258.3	291.3					
1	Relogiri	OE	92.28	88.11	27.65	50.68	64.19					
1	Tawangmangu	OE	95.81	91.82	28.99	42.21	90.51					
1	Tegal	BJ	98.76	79.78	13.51	38.51	76.92					
1	Tegalduwur	BJ	99.23	74.19	8.098	-2.168	58.57					
1	Trucuk	ARMAX	98.91	90.27	10.74	49.04	65.36	95.14	75.63	38.06	9.21	115.54
2	Jakenan	ARMAX	99.84	68.89	5.116	22.68	82.03					
2	Palemraji	OE	96.49	90.3	12.57	55.85	42.82	98.17	79.60	8.84	39.27	62.43
3	Rembang	ARMAX	99.51	74.02	2.522	31.54	22.83	99.51	74.02	2.52	31.54	22.83
4	Cluwak	ARMAX	99.99	84.6	2.079	45.4	150.8	99.99	84.60	2.08	45.40	150.80
5	Cilacap	OE	99.26	68.7	20.95	27.05	154.3					
5	Randublatung	BJ	98.39	75.88	6.603	35.14	96.81	98.83	72.29	13.78	31.10	125.56
6	Kradenan	BJ	99.83	84.28	6.501	45.16	99.06	99.83	84.28	6.50	45.16	99.06
7	BMG_Semarang	BJ	93.69	72.63	53.84	29.24	137.7					
7	Godong	OE	98.92	80.82	15.17	40.64	92.47					
7	Ujungrusi	BJ	99.96	84.41	5.548	40.91	187.4	97.52	79.29	24.85	36.93	139.19
	Rata-rata		96.22	76.51	30.26	18.01	112.75	98.43	78.53	13.80	34.09	102.20

Tabel 4. Nilai koefisien korelasi validasi berdasarkan skenario lag 0, 1 dan 2 bulan pada setiap kelompok hujan

Kel	Stasiun	Lag 0		Lag 1		Lag 2		Rata-rata r val		
		Model	r val.	Model	r val.	Model	r val.	Lag 0	Lag 1	Lag 2
1	Adisumarno	ARMAX	99.02	ARMAX	98.64	BJ	98.96			
1	Bagor	BJ	85.52	OE	91.01	ARMAX	97.17			
1	Bawak	ARMAX	96.76	OE	93.11	ARMAX	93.9			
1	Blora	OE	96.66	OE	96.42	OE	96.42			
1	Cokrotulung	BJ	86.97	ARMAX	85.93	BJ	87.81			
1	Delangu	OE	98.48	OE	97.07	OE	96.28			
1	Gantiwarno	ARMAX	91.63	OE	89.27	BJ	89.32			
1	Gayamprit	OE	86.31	BJ	96.68	OE	96.63			
1	Gedaren	OE	98.3	ARMAX	94.76	BJ	99.4			
1	Jombor	BJ	93.13	BJ	98.48	OE	85.3			
1	Karangdowo	OE	88.5	ARMAX	97.77	OE	92.71			
1	Karangngawen	OE	99.67	OE	99.83	OE	99.63			
1	Karangnongko	OE	87.62	BJ	91.33	OE	88.68			
1	Kebonarum	OE	88.04	BJ	90.18	ARMAX	92.82			
1	Kudus	ARMAX	99.96	ARMAX	99.98	OE	99.96			
1	Mlongo	ARMAX	99.53	ARMAX	99.68	ARMAX	99.62			
1	Plagan	BJ	98.38	OE	98.97	BJ	93.5			
1	Relogiri	ARMAX	93.81	OE	93.98	OE	92.28			
1	Tawangmangu	OE	93.67	OE	93.37	OE	95.81			
1	Tegal	ARMAX	99.66	OE	98.54	BJ	98.76			
1	Tegalduwur	OE	95.46	OE	95.52	BJ	99.23			
1	Trucuk	ARMAX	97.94	ARMAX	98.57	ARMAX	98.91	94.32	95.41	95.14
2	Jakenan	OE	99.51	OE	99.11	ARMAX	99.84			
2	Palemraji	OE	92.73	OE	94.43	OE	96.49	96.12	95.59	95.15
3	Rembang	ARMAX	76.23	BJ	94.74	ARMAX	99.51	76.23	95.66	95.41
4	Cluwak	BJ	99.95	ARMAX	99.93	ARMAX	99.99	99.95	95.82	95.57
5	Cilacap	OE	99.33	BJ	99.06	OE	99.26			
5	Randublatung	OE	99.14	OE	98.17	BJ	98.39	99.24	96.47	96.18
6	Kradenan	ARMAX	99.9	BJ	99.24	BJ	99.83	99.90	96.92	96.66
7	BMG_Semarang	ARMAX	92.8	OE	95.46	BJ	93.69			
7	Godong	OE	98.98	OE	98.62	OE	98.92			
7	Ujungrusi	ARMAX	99.81	BJ	99.73	BJ	99.96	97.20	97.10	97.17
	Rata-rata		94.79		96.17		96.22	94.71	96.14	97.33

BIOGRAFI PENULIS

Ir. Woro Estiningtyas, M.Si, lahir di Nganjuk-Jawa Timur, 8 Oktober 1967. Peneliti pada Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi (BALITKLIMAT), Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No. 1A Cimanggu-Bogor 16111, Telp./Fax : 0251-312760, email : woro_esti@yahoo.com. Jabatan fungsionalnya Peneliti Muda bidang Agroklimat. Pendidikan S1 Jurusan Agrometeorologi, Fakultas MIPA, IPB (1992), dan S2 bidang Sains Atmosfer di Geofisika dan Meteorologi, FIKTM, ITB (2005). Penulis telah melakukan berbagai penelitian, khususnya yang berkaitan dengan bidang Agroklimat dan Hidrologi. Beberapa penelitian tersebut antara lain : Hubungan Antara Curah Hujan dan Debit Waduk/Bendung Terhadap Ketersediaan Air (1999), Perhitungan Neraca Air Tanah dengan Model SARRA (2000), Penggunaan Model CSMP Untuk Menduga Potensi Hasil Padi Berdasarkan Pendekatan Iklim, Tanah dan Tanaman (2000), Analisis Resiko Kekeringan dan Skenario Pemberian Air Irigasi Untuk Pengembangan Tanaman Pangan (2000), Optimalisasi sumberdaya iklim untuk menekan resiko kekeringan dan menyusun skenario pemberian air tanaman padi (2002), Pengembangan Model Prediksi Hujan (2003-2007), dan lain-lain. Selain sebagai peneliti, penulis juga menjadi anggota Perhimpunan Meteorologi Pertanian Indonesia (PERHIMPI) dan KNI-ICID, serta anggota tim Kelompok Kerja (POKJA) Anomali Iklim Badan Litbang Pertanian.