

**PREDIKSI CURAH HUJAN BULANAN BERDASARKAN SUHU PERMUKAAN LAUT  
NINO 3.4 : SUATU PENDEKATAN DENGAN METODE FILTER KALMAN**

**(Monthly Rainfall Prediction Based on Sea Surface Temperature Nino 3.4 :  
The approach with Kalman Filtering)**

**Estiningtyas, W., Suciantini dan Irianto, G.**

Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi

**ABSTRAK**

Hasil prakiraan curah hujan memberikan gambaran mengenai kondisi curah hujan beberapa waktu ke depan. Salah satu metode yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah Filter Kalman, dengan menggunakan Cirebon sebagai wilayah studi. Pewilayahan hujan di Kabupaten Cirebon menghasilkan 6 kelompok hujan dengan rata-rata curah hujan tahunan 1400-1500 mm pada wilayah yang kering dan 3000-3200 mm pada wilayah basah. Hasil validasi dari stasiun perwakilan pada setiap wilayah hujan menunjukkan nilai koefisien korelasi validasi lebih dari 94%, koefisien korelasi model lebih dari 78% dan fit model lebih dari 38%, dengan model dominan yang digunakan adalah OE. Hasil regresi menunjukkan nilai  $R^2$  lebih dari 0.8. Hal ini mengindikasikan bahwa model cukup baik menjelaskan hubungan antara curah hujan dan SST Nino 3.4, sehingga SST Nino 3.4 dapat digunakan sebagai prediktor curah hujan. Hasil prakiraan curah hujan di Kabupaten Cirebon secara umum memperlihatkan kecenderungan peningkatan curah hujan hingga Februari 2005, dengan koefisien korelasi model lebih dari 90% dan fit model lebih dari 40%.

**Kata kunci:** Filter Kalman, SST Nino 3.4, curah hujan, validasi, prediksi

**ABSTRACT**

Many approaches have been applied to forecast climate using statistical and deterministic models using independent and dependent variables empirically. It is more practical to analyze the parameters, but it needs validation anytime and anywhere. Kalman filtering unites physical and statistical model approaches to stochastic model renewable anytime for objective of on line forecasting. Based on research, sea surface temperature Nino 3.4 have high correlation with rainfall in Indonesia, so it is used to forecast rainfall in Cirebon as area study. Rainfall clustering in Cirebon results 6 groups with rainfall average 1400-1500 mm/year for dry area and 3000-3200 mm/year for wet area. Validation have correlation coefficient validation value more than 94%, correlation coefficient model value more than 78% and fit model value more than 38%. The result of regression gives  $R^2$  value of more than 0,8. It implies that predicting model using Kalman Filter is feasible to forecast montly rainfall based on sea surface temperature Nino 3.4. The result of rainfall prediction in Cirebon show increasing in rainfall until February 2005, with correlation coefficient value of model more than 90% and fit model more than 40%.

**Key words:** Kalman Filtering, SST Nino 3.4, rainfall, validation, prediction

## PENDAHULUAN

Kebutuhan terhadap data dan informasi iklim yang cepat, akurat, terbaru dan berkesinambungan menjadi sangat mendesak tidak saja ketika muncul fenomena anomali iklim, tetapi juga telah diperhitungkan dalam perencanaan. Hal ini mengindikasikan bahwa anomali iklim membawa dampak yang cukup besar terhadap berbagai bidang, dan kuantifikasi anomali iklim dalam bentuk yang mudah dipahami semakin dirasakan perlu.

Salah satu parameter iklim yang paling dirasakan perubahannya akibat anomali iklim adalah curah hujan. Sedangkan indikator anomali iklim yang sering digunakan untuk merepresentasikan fenomena anomali iklim adalah suhu permukaan laut (*sea surface temperature*, SST) Nino 3.4. Berdasarkan penelitian Hendon (2003), variabilitas SST Nino 3.4 mempengaruhi 50% variasi curah hujan seluruh Indonesia. Boer, *et al* (1999) juga menyatakan bahwa anomali suhu permukaan laut di wilayah Nino 3.4 memiliki hubungan yang lebih kuat terhadap anomali curah hujan bulanan dibandingkan dengan anomali suhu permukaan laut di wilayah lain. Hal inilah yang menjadi salah satu pertimbangan untuk menggunakan SST Nino 3.4 sebagai prediktor curah hujan.

Saat ini berbagai model prediksi iklim telah banyak dikembangkan, baik dengan model statistik, model deterministik maupun kombinasinya. Model deterministik kekuatannya pada nalar fisik sehingga rumusnya dapat merepresentasikan perilaku fisik yang mendasarinya. Kelemahannya, model deterministik 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 menalarakan 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 akurasi dan keberhasilannya dalam prediksi anomali iklim.

Kalman (1960) menggabungkan pendekatan model fisik dan statistik menjadi model stokastik yang dikenal dengan model Kalman Filter atau saringan Kalman. Filter ini mengestimasi keadaan proses pada suatu waktu dan kemudian mendapatkan umpan balik dalam bentuk pengukuran yang mempunyai *noise*. *Noise* ini mempunyai karakteristik statistik atau dapat dimodelkan, dan menggunakan analisis stokastik untuk pemecahan masalah. Dalam hal ini filter Kalman berperan dalam memperkecil *noise* sedemikian rupa sehingga diharapkan memberikan hasil prediksi yang lebih baik. Pendekatan ini diperkuat oleh pernyataan Tor (2002) bahwa sangat memungkinkan untuk mengaplikasikan teknik Filter Kalman guna membangun monitoring data yang bervariasi terhadap waktu, seperti angin, hujan dan sebagainya.

Tujuan dari penelitian adalah menyusun model prediksi curah hujan berdasarkan SST Nino 3.4 serta melakukan validasinya pada setiap kelompok hujan.

## METODOLOGI

### Data dan Lokasi :

Lokasi penelitian adalah Kabupaten Cirebon. Data yang digunakan antara lain : (1) Data *time series* curah hujan harian, (2) Data *time series* SST Nino 3.4 bulanan sepanjang seri data hujan

(sumber : NOAA), dan (3) Data prediksi SST Nino 3.4 (sumber : NOAA) yang diinterpretasikan berdasarkan model *consolidation* sesuai dengan jangka waktu prediksi yang dibutuhkan.

### Metode Penelitian

Prakiraan curah hujan dengan metode filter Kalman dilakukan dengan fasilitas *System Identification Toolbox* dalam Program Matlab Versi 6.5 Rel 13. Proses ini dilakukan dengan mengatur parameter dalam model sehingga output yang dihasilkan mirip atau menyerupai output yang terukur. Dalam hal ini SST merupakan input model, sedangkan curah hujan sebagai output model. Model yang digunakan untuk menghubungkan kedua parameter tersebut ada 4 pilihan, yaitu : *Autoregresi (ARX)*, *Autoregresi Moving Average (ARMAX)*, *Box-Jenkin (BJ)*, dan *Output-Error (OE)*. Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan analisis, yaitu : (1) pewilayahan hujan, (2) validasi model hubungan curah hujan dan SST Nino 3.4 dan (3) prakiraan curah hujan bulanan.

### Pewilayahan Hujan

Pewilayahan hujan dilakukan menggunakan 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.

### Validasi Model Hubungan Curah Hujan dan SST Nino 3.4

Untuk mengetahui apakah suatu model memberikan hasil yang baik atau tidak, dilakukan perbandingan antara output model dengan data pengamatan. Dalam penelitian ini digunakan 4 model yang menghubungkan parameter input dan output, yaitu : *Autoregresi (ARX)*, *Autoregresi Moving Average (ARMAX)*, *Box-Jenkin (BJ)*, dan *Output-Error (OE)*. Dari keempat model ini dipilih satu model terbaik berdasarkan nilai koefisien korelasi validasi tertinggi. Persamaan umum model linier input output untuk sistem output tunggal dengan input  $u$  dan output  $y$  menurut Ljung (1999) adalah :

$$A(q)y(t) = \sum_{i=1}^{nu} [B_i(q) / F_i(q)] u_i(t - nk_i) + [C(q) / D(q)] e(t)$$

sedangkan persamaan untuk setiap model adalah :

$$\text{ARX} \quad : A(q)y(t) = B(q)u(t - nk) + e(t)$$

$$\text{ARMAX} \quad : A(q)y(t) = B(q)u(t - nk) + C(q)e(t)$$

$$\text{OE (Output-Error)} \quad : y(t) = [B(q) / F(q)]u(t - nk) + e(t)$$

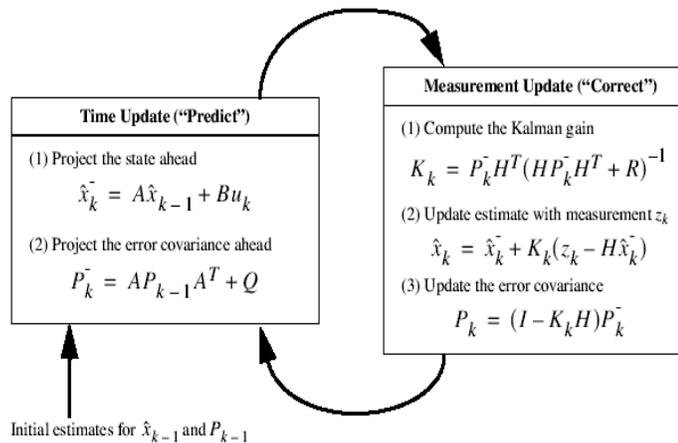
$$\text{BJ (Box-Jenkins)} \quad : y(t) = [B(q) / F(q)]u(t - nk) + [C(q) / D(q)]e(t)$$

dimana :  $u_i$  = variabel input eksternal,  $A, B_i, C, D$  dan  $F_i$  = *shift operator polynomials*,  $nk$  = jarak waktu (*time delays*).

### Prediksi Curah Hujan dengan Filter Kalman

Pada prinsipnya, persamaan Filter Kalman terbagi menjadi dua bagian (Welch dan Bishop, 2003), yaitu : (1) persamaan *update* waktu, dan (2) persamaan *update* pengukuran. Persamaan *update* waktu menggunakan keadaan sekarang untuk memproyeksikan ke depan, dan estimasi *error covariance* digunakan untuk mendapatkan estimasi sebelumnya untuk langkah ke depan. Sedangkan persamaan *update* pengukuran digunakan untuk umpan balik atau untuk menggabungkan sebuah pengukuran baru ke sebuah estimasi sebelumnya guna mendapatkan sebuah estimasi sesudahnya yang lebih baik.

Dari Gambar 2 terlihat bahwa persamaan *update* waktu menghitung estimasi keadaan (1) dan estimasi covarians (2) ke depan dari waktu k-1 ke langkah k. Tugas pertama di persamaan *update* pengukuran adalah menghitung Kalman gain (Kk) (3), dan langkah selanjutnya mengukur proses untuk mendapatkan  $z_k$ , kemudian menghasilkan sebuah estimasi sesudahnya (*posteriori*) dengan menggabungkan pengukuran di persamaan (3) dan (4). Langkah terakhir adalah mendapatkan sebuah estimasi *posteriori error covarians* melalui persamaan (5), setelah itu kembali ke persamaan (1) dan seterusnya.



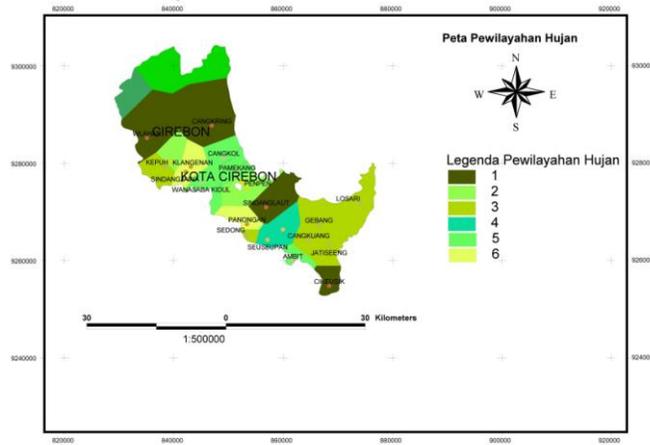
Gambar 2. Algoritma Filter Kalman

## HASIL DAN PEMBAHASAN

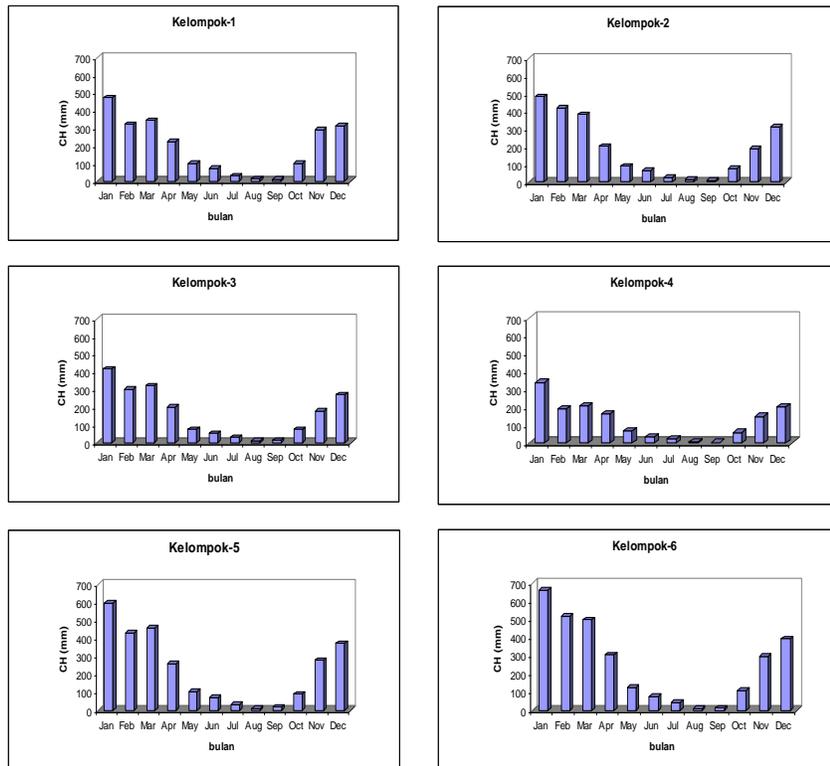
### Pewilayahan Hujan

Berdasarkan curah hujan bulanan secara runut waktu (Januari 1994 - September 2004) dilakukan analisis pengelompokkan hujan yang bertujuan untuk mengetahui sebaran pola hujan dan mempermudah melihat hasil prediksi secara spasial. Pengelompokkan curah hujan di Kabupaten Cirebon menghasilkan 6 kelompok wilayah hujan yang terlihat dari peta hasil pengelompokkan (Gambar 3). Berdasarkan jumlah curah hujan tahunannya, maka kelompok 4 merupakan wilayah paling kering dengan rata-rata curah hujan tahunan 1400-1500 mm. Sedangkan wilayah yang paling basah adalah kelompok 6 dengan rata-rata curah hujan tahunan 3000-3200 mm (Gambar 4). Kelompok 6 ini merupakan daerah di sekitar lereng Gunung Ceremai dekat perbatasan dengan Kabupaten Kuningan yang sebagian besar merupakan dataran tinggi.

## Prediksi Curah Hujan Bulanan Berdasarkan Suhu Permukaan Laut



Gambar 3. Peta pewilayahan hujan Kabupaten Cirebon



Gambar 4. Rata-rata curah hujan bulanan pada setiap kelompok hujan di Kabupaten Cirebon

## Validasi Model Hubungan Curah Hujan dan SST

### Kelompok I : Cangkring, Cikeusik, Sindang Laut dan Walahar

Validasi curah hujan di stasiun Cangkring menghasilkan nilai koefisien korelasi validasi sebesar 92,2%, koefisien korelasi model 88,74% dan fit model 52,97% dengan model hubungan curah hujan dan SST yang terpilih adalah OE. Model OE juga digunakan untuk menunjukkan hubungan curah hujan dan SST di Stasiun Cikeusik, dengan nilai koefisien korelasi validasi 98,29%, koefisien korelasi model 91,14% dan fit model 58,83%. Untuk stasiun Sindang Laut, model yang terpilih adalah ARX, dengan nilai koefisien korelasi validasi, koefisien korelasi dan fit model berturut-turut adalah 94,49%, 85,74% dan 45,3%. Sedangkan di stasiun Walahar, model hubungan curah hujan dan SST dijelaskan melalui model OE dengan nilai koefisien korelasi validasi sebesar 91,96%, koefisien korelasi model 91,57% dan fit model 57,34% (Gambar 5).

### Kelompok II : Klangeran dan Setupatok

Validasi curah hujan di Stasiun Klangeran menghasilkan koefisien korelasi validasi sebesar 98,16%, koefisien korelasi model 90,49% dan fit model 56,1% dengan model OE sebagai model validasi. Di Stasiun Setupatok, model ARMAX dipilih untuk menjelaskan hubungan antara curah hujan dan SST. Perbandingan antara data curah hujan aktual dengan curah hujan hasil simulasi berdasarkan hubungan kedua parameter tersebut menghasilkan nilai koefisien korelasi validasi sebesar 94,34%, koefisien korelasi model 90,44% dan fit model 56,28% (Gambar 6).

### Kelompok III : Losari dan Kepuh

Model hubungan curah hujan dan SST di Stasiun Losari dijelaskan dengan menggunakan model OE. Hasil validasi memperlihatkan nilai koefisien korelasi validasi 94,75%, koefisien korelasi model 91,48% dan fit model 58,48%. Sedangkan untuk Stasiun Kepuh hasil validasi curah hujan memperlihatkan koefisien korelasi validasi 94,75%, koefisien korelasi model 91,48% dan fit model 58,48% menggunakan model OE (Gambar 7).

### Kelompok IV : Seuseupan

Model OE digunakan di Stasiun Seuseupan untuk validasi curah hujan bulanan. Hasil validasi memperlihatkan nilai koefisien korelasi validasi 98,03%, koefisien korelasi model 78,44% dan fit model 38,05% (Gambar 8).

### Kelompok V : Ambit dan Wanasaba Kidul

Di Stasiun Ambit, hasil validasi dengan model OE memperlihatkan nilai koefisien korelasi validasi 97,57%, koefisien korelasi model 92,31% dan fit model 60,96%. Sedangkan di Stasiun Wanasaba Kidul korelasi validasi dan fit model menunjukkan nilai yang sedikit lebih rendah, yaitu 95,52% dan 60,38%, tetapi untuk koefisien korelasi model memperlihatkan nilai yang lebih tinggi sebesar 93,99% dengan model OE (Gambar 9).

### Kelompok VI : Panongan

Model validasi OE di Stasiun Panongan menghasilkan nilai koefisien korelasi validasi 96,9%, koefisien korelasi model 93,9% dan fit model 62,59% (Gambar 10). Hasil validasi memperlihatkan bahwa model OE dominan digunakan untuk membentuk hubungan curah hujan dan SST Nino 3.4, yaitu 83,3%, kemudian model ARMAX dan ARX masing-masing 8,3%. Koefisien korelasi validasi secara keseluruhan lebih dari 92%, koefisien korelasi model sebagian besar lebih

## Prediksi Curah Hujan Bulanan Berdasarkan Suhu Permukaan Laut

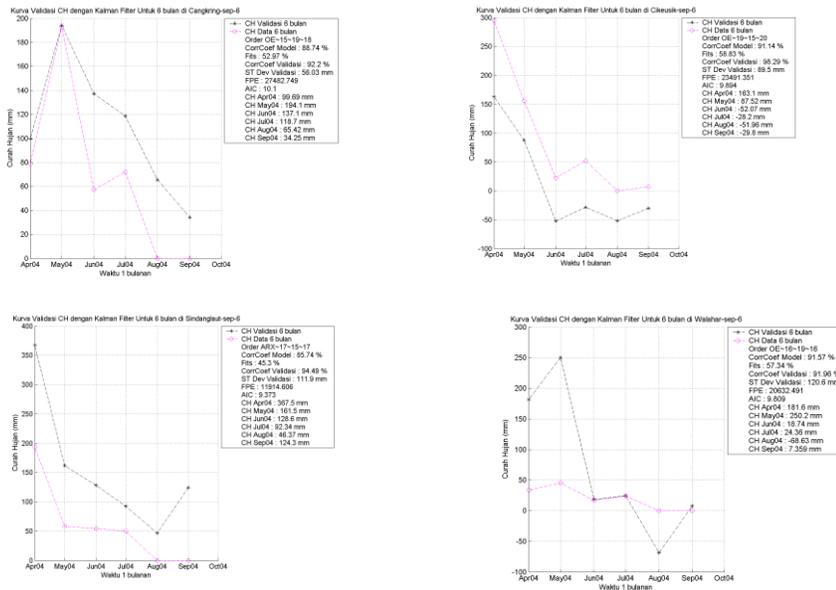
dari 90%. Dari fluktuasi curah hujan hasil validasi (Gambar 5-10) terlihat bahwa model filter Kalman menghasilkan pola yang mirip curah hujan aktualnya yang ditandai dengan nilai fit model yang cukup tinggi yaitu lebih dari 50%, kecuali stasiun Seuseupan dan Sindang Laut (Tabel 1).

Untuk mengetahui antara prediksi dengan data aktual, maka dilakukan regresi pada stasiun perwakilan di setiap wilayah hujan (Gambar 11-16). Hasil regresi menunjukkan nilai  $R^2$  lebih dari 0.8. Hal ini mengindikasikan bahwa model cukup baik menjelaskan hubungan antara curah hujan dan SST Nino 3.4, sehingga SST Nino 3.4 dapat digunakan sebagai prediktor curah hujan bulanan.

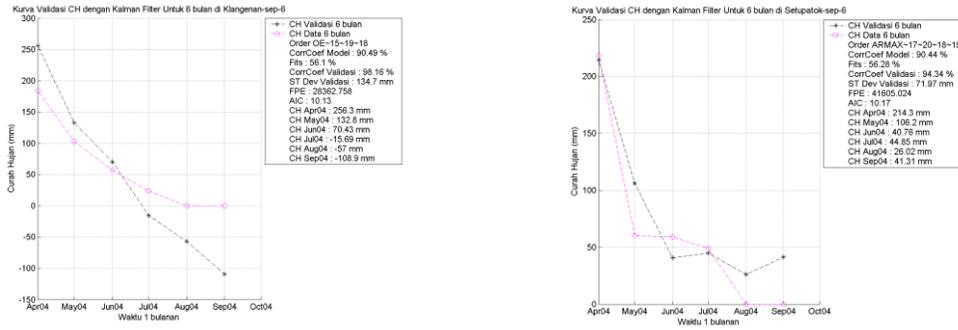
Tabel 1. Hasil validasi model hubungan curah hujan dan SST Nino 3.4

Kel.	Stasiun	Model	CC validasi	CC model	Fit model
I	Cangkring	OE	92,2	88,74	52,97
	Cikeusik	OE	98,29	91,14	58,83
	Sindang Laut	ARX	94,49	85,74	45,3
	Walaha	OE	91,96	91,57	57,34
II	Klangenan	OE	98,16	90,49	56,1
	Setupatok	ARMAX	94,34	90,44	56,28
III	Losari	OE	94,75	91,48	58,48
	Kepuh	OE	94,75	91,48	58,48
IV	Seuseupan	OE	98,03	78,44	38,05
V	Ambit	OE	97,57	92,31	60,96
VI	Wanasaba Kidul	OE	95,52	93,99	60,38
	Panongan	OE	96,9	93,9	62,59

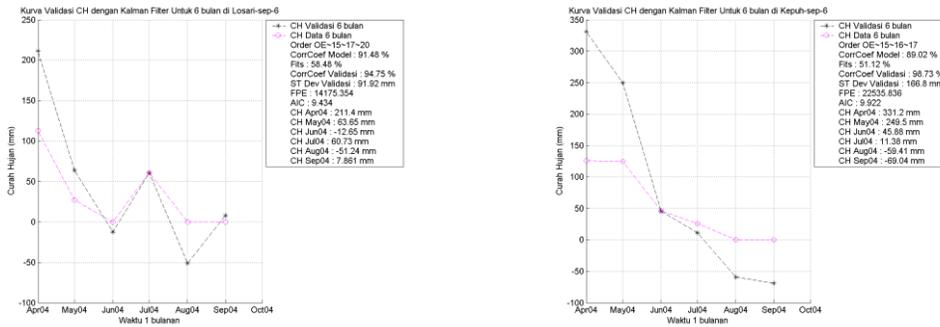
$Cc$  = koefisien korelasi



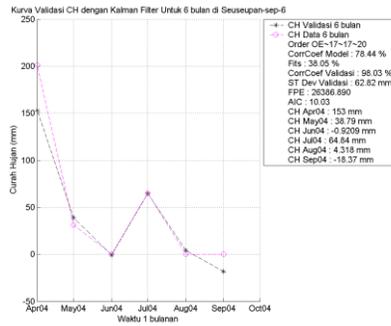
Gambar 5. Validasi curah hujan di Stasiun Cangkring, Cikeusik, Sindang Laut dan Walaha



Gambar 6. Validasi curah hujan di Stasiun Klangeran dan Setupatok

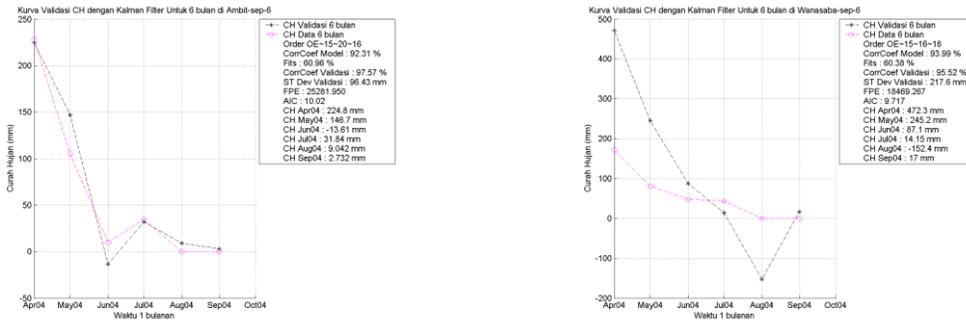


Gambar 7. Validasi curah hujan di Stasiun Losari dan Kepuh

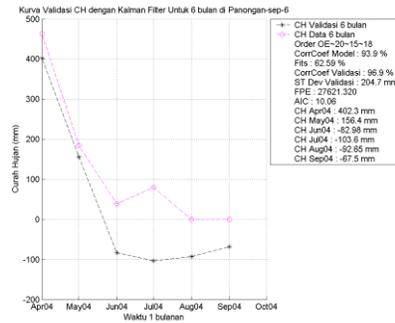


Gambar 8. Validasi curah hujan di Stasiun Seuseupan

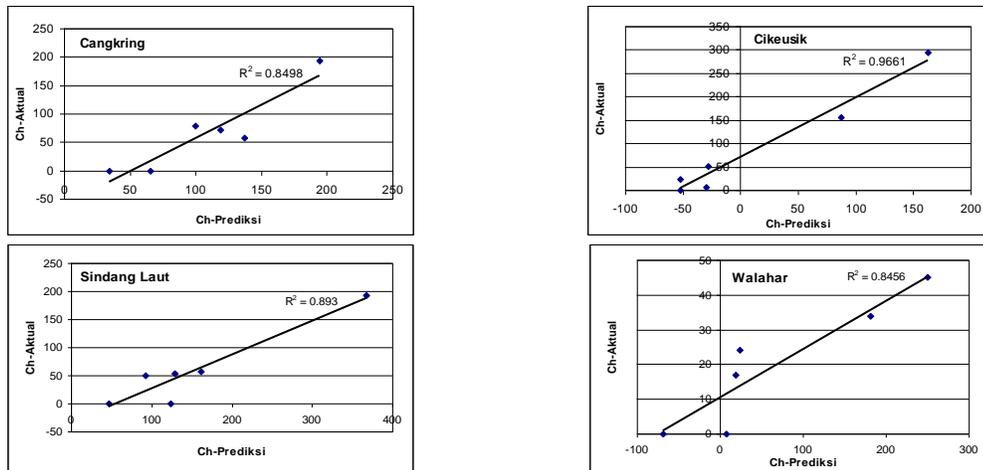
## Prediksi Curah Hujan Bulanan Berdasarkan Suhu Permukaan Laut



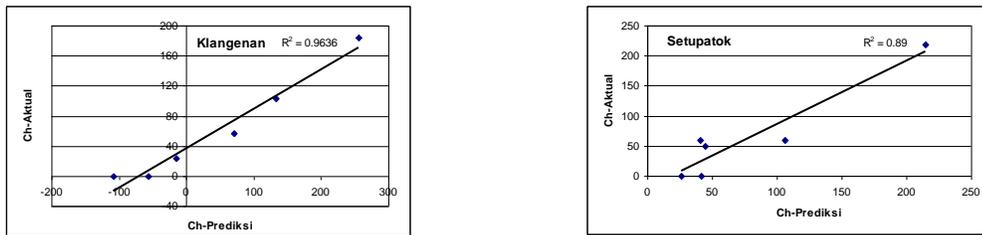
Gambar 9. Validasi curah hujan di Stasiun Ambit dan Wanasaba Kidul



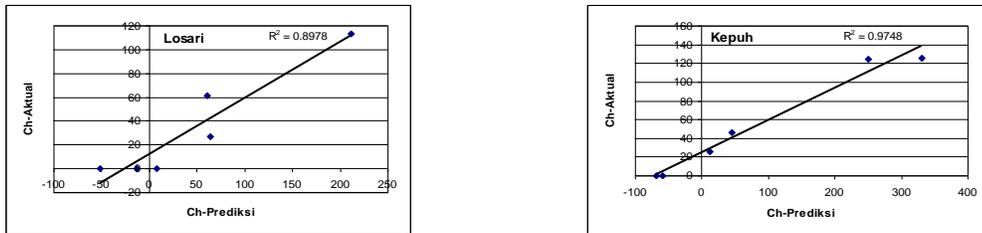
Gambar 10. Validasi curah hujan di Stasiun Panongan



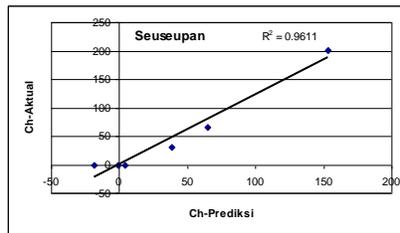
Gambar 11. Hasil regresi antara curah hujan aktual dan prediksi di kelompok I



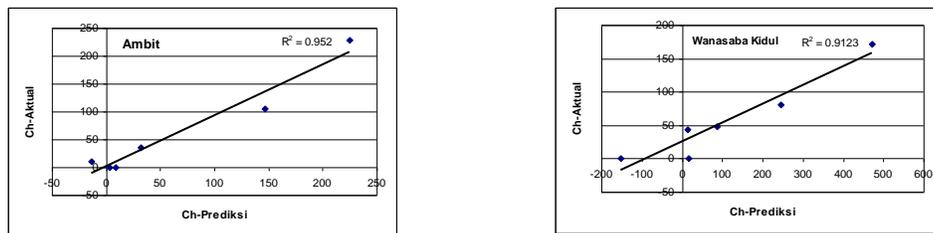
Gambar 12. Hasil regresi antara curah hujan aktual dan prediksi di kelompok II



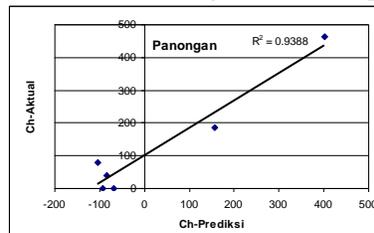
Gambar 13. Hasil regresi antara curah hujan aktual dan prediksi di kelompok III



Gambar 14. Hasil regresi antara curah hujan aktual dan prediksi di kelompok IV



Gambar 15. Hasil regresi antara curah hujan aktual dan prediksi di kelompok V



Gambar 16. Hasil regresi antara curah hujan aktual dan prediksi di kelompok VI

## Prediksi Curah Hujan

### Kelompok I : Cangkring, Cikeusik, Sindang Laut dan Walahar

Prakiraan curah hujan di Stasiun Cangkring hingga Maret 2005 memiliki pola yang cukup berfluktuasi. Puncak hujan diperkirakan terjadi pada bulan Januari 2005 dengan jumlah kurang dari 500 mm/bulan (Gambar 17). Untuk Stasiun Cikeusik prakiraan hujan memperlihatkan puncak hujan yang lebih maju yaitu Desember 2004 dengan jumlah hujan yang lebih kecil dibandingkan Stasiun Cangkring (Gambar 18). Pola hujan lebih jelas terlihat di Stasiun Sindang Laut. Curah hujan mengalami peningkatan secara teratur hingga puncaknya terjadi pada bulan Januari 2005 dan kemudian menurun kembali hingga Maret 2005 (Gambar 19). Sedangkan untuk Stasiun Walahar (Gambar 20) pola hujan tidak terlihat dengan jelas. Puncak hujan diperkirakan terjadi pada Maret 2005 dengan jumlah kurang dari 400 mm/bulan.

### Kelompok II : Klangeran dan Setupatok

Prakiraan hujan di Stasiun Klangeran hingga Maret 2005 memperlihatkan kecenderungan meningkat. Hal ini seiring dengan terjadinya periode musim hujan di wilayah ini. Puncak hujan diperkirakan terjadi pada Februari 2005 hampir 500 mm/bulan (Gambar 21). Nilai koefisien korelasi model sebesar 95,14% dan fit model 54,19%. Sedangkan untuk Setupatok, puncak hujan terjadi pada Januari 2005 kemudian menurun hingga Maret 2005. Nilai koefisien korelasi model 91,66% dan fit model 48,26% (Gambar 22).

### Kelompok III : Losari dan Kepuh

Prakiraan curah hujan di Stasiun Losari memperlihatkan pola yang berfluktuasi dengan puncak hujan pada bulan Desember 2004, kemudian menurun pada Januari 2005 dan meningkat lagi pada Februari 2005 tetapi tidak setinggi pada Desember 2004 (Gambar 23). Hasil prediksi menunjukkan nilai koefisien korelasi model sebesar 92,59% dan fit model 47,76%.

Untuk Stasiun Kepuh, pola hujan lebih terlihat jelas, yaitu meningkat hingga Maret 2005. Puncak hujan diperkirakan terjadi pada bulan Maret 2005 antara 450-500 mm/bulan, sedangkan nilai koefisien korelasi dan fit model berturut-turut sebesar sebesar 91,65% dan 41,31% (Gambar 24).

### Kelompok IV : Seuseupan

Prakiraan curah hujan di Stasiun Seuseupan memperlihatkan pola yang cenderung meningkat dengan puncak hujan pada bulan Januari 2005 diperkirakan 200 mm/bulan, kemudian sedikit menurun pada bulan berikutnya. Nilai koefisien korelasi dan fit model berturut-turut sebesar sebesar 86,66% dan 45,85% (Gambar 25).

### Kelompok V : Ambit dan Wanasaba Kidul

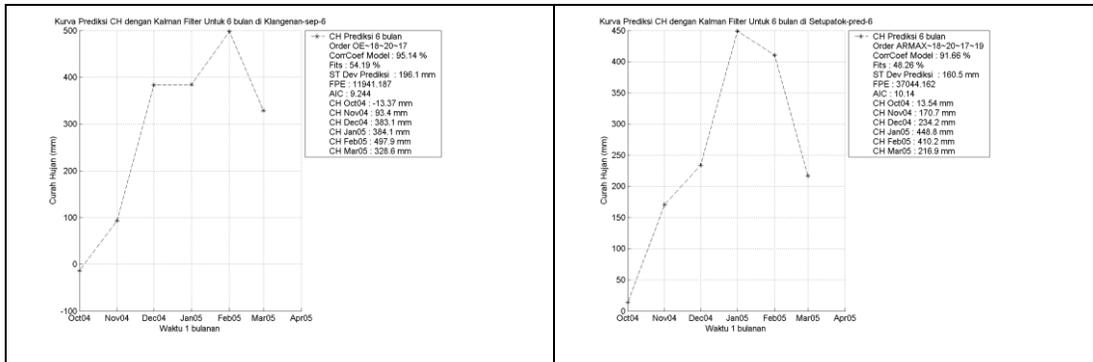
Prakiraan hujan di Stasiun Ambit memperlihatkan fluktuasi yang cukup besar. Peningkatan curah hujan mulai terlihat pada bulan Desember 2004 hingga puncaknya pada bulan Januari 2005 dengan curah hujan hampir 500 mm/bulan (Gambar 26). Hasil prediksi dengan model OE memperlihatkan nilai koefisien korelasi dan fit model masing-masing sebesar 94,19% dan 55,83%.

Untuk Stasiun Wanasaba Kidul, pola hujan terlihat lebih jelas. Curah hujan terus meningkat mulai Oktober 2004 hingga mencapai puncaknya pada Februari 2005, dan kemudian menurun pada Maret 2005 menjelang berakhirnya musim hujan di daerah monsun. Nilai koefisien

korelasi model 94,74% dan fit model 49,89% diperoleh dari hasil prediksi dengan model OE (Gambar 26).

**Kelompok VI : Panongan**

Di Stasiun Panongan, prakiraan curah hujan memperlihatkan pola yang cukup jelas. Sejak Oktober 2004 terjadi peningkatan curah hujan hingga Desember 2004 antara 600-700 mm/bulan, kemudian menurun sampai dengan Maret 2005 (Gambar 28). Prediksi dengan model OE memberikan nilai koefisien korelasi model 94,51% dan fit model 48,65%. Untuk mengetahui gambaran fluktuasi hujan hasil prediksi, maka disajikan salah satu contoh hasil prediksi model, yaitu stasiun Klenganan dan Setupatok (kelompok II) (Gambar 17).



Gambar 17. Fluktuasi hujan hasil prediksi di Stasiun Klenganan dan Setupatok (kelompok II)

Hasil prakiraan curah hujan di Kabupaten Cirebon secara umum juga memperlihatkan pola kecenderungan adanya peningkatan curah hujan hingga Februari 2005. Hal ini disebabkan periode prediksi merupakan periode musim hujan, sebagaimana yang terjadi di wilayah-wilayah dengan tipe hujan monsun. Hasil prediksi memperlihatkan nilai koefisien korelasi model lebih dari 90%, hanya satu stasiun yang memiliki nilai 86,7%. Sedangkan fit model lebih dari 40%. Jangka waktu prediksi sangat ditentukan oleh ketersediaan data curah hujan time series hingga kondisi terakhir. Pada penelitian ini, data yang terkumpul untuk lokasi Cirebon adalah sampai dengan September 2004 sehingga prediksi dilakukan 6 bulan kemudian yaitu Oktober-2004 hingga Maret 2005. Hasil prediksi ini dapat diperbarui lagi berdasarkan data terbaru yang terkumpul untuk menyesuaikan dengan kondisi aktual saat ini. Metode Filter Kalman ini sangat terbuka untuk setiap input data yang lain yang dipandang berpengaruh dan memberikan kontribusi terhadap kejadian hujan. Dengan demikian model ini sangat terbuka untuk dikembangkan terus melalui modifikasi dan kombinasi berbagai input serta memperhitungkan berbagai skenario (misal *time lag*) (Estiningtyas, 2005) hingga diperoleh suatu model prediksi hujan yang lebih akurat dan dapat diperbarui setiap saat (*updateable*).

**Implikasi Hasil Penelitian**

Hasil prediksi curah hujan memberikan gambaran berupa data dan informasi tentang kondisi curah hujan beberapa bulan ke depan. Dalam kaitannya dengan pertanian, aplikasi model di lapangan dapat digunakan untuk beberapa hal diantaranya adalah : (1) Penentuan Pola tanam, hasil keluaran model yang berupa prakiraan curah hujan bulanan 3 bulan atau 6 bulan ke depan dapat digunakan sebagai dasar dalam menyusun perencanaan pola tanam. Dengan menghitung kebutuhan

## Prediksi Curah Hujan Bulanan Berdasarkan Suhu Permukaan Laut

air tanaman, dapat diketahui komoditas apa yang dapat ditanam disesuaikan dengan kondisi ketersediaan air tersebut. Selama ini pola tanam hanya dilakukan berdasarkan curah hujan setempat dan data-data yang lampau serta belum memperhitungkan aspek prediksi, (2) Potensi irigasi, model dapat menjawab kondisi curah hujan wilayah tertentu. Sehingga apabila curah hujan di suatu lokasi tertentu diketahui yang ditunjang dengan ketersediaan pasokan irigasi wilayah tersebut, dapat diketahui potensi irigasi wilayah tersebut.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Pewilayahan hujan di Kabupaten Cirebon menghasilkan 6 kelompok hujan dengan rata-rata curah hujan tahunan 1400-1500 mm pada wilayah yang kering dan 3000-3200 mm pada wilayah basah.

Hasil validasi dari stasiun perwakilan pada setiap wilayah hujan menunjukkan nilai koefisien korelasi validasi lebih dari 94%, koefisien korelasi model lebih dari 78% dan fit model sebagian besar lebih dari 50%, dengan model dominan yang digunakan adalah OE. Hasil regresi menunjukkan nilai  $R^2$  lebih dari 0.8.

Hasil prakiraan curah hujan di Kabupaten Cirebon secara umum memperlihatkan kecenderungan peningkatan curah hujan hingga Februari 2005, dengan koefisien korelasi model lebih dari 90% dan fit model lebih dari 40%.

Dari hasil validasi dan regresi mengindikasikan bahwa model cukup baik dalam menjelaskan hubungan antara curah hujan dan SST Nino 3.4, sehingga SST Nino 3.4 dapat digunakan sebagai prediktor curah hujan.

### Saran

Untuk memperoleh gambaran kondisi curah hujan yang aktual dan terkini, maka data hujan perlu dilengkapi dan diperbarui secara spasial dan temporal dengan data terbaru. Pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan dengan menambah input model atau melakukan kombinasi input yang dipandang berpengaruh dan memberikan kontribusi terhadap kejadian hujan.

## DAFTAR PUSTAKA

- 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 Assesment 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.
- 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.

**Woro Estiningtyas, et al.**

Ljung, Lennart. 2002. System Identification Toolbox for Use with MATLAB. Math Works, Inc.

Tor, Yam Khoo. 2002. L1, L2, Kalman Filter and Time Series Analysis in Deformation Analysis. FIG XXII International Congress.

Welch, G dan G. Bishop. 2003. An Introduction to The Kalman Filter.

Young, P.C, Diego,J.P, dan Wlodek, T. 1999. Dynamic Harmonic Regression. Journal of Forecasting, 18, 369-394.

<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices>)

<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/predictions/90day/tools/briefing/sstt.gif>