

PENYUSUNAN SKENARIO MASA TANAM BERDASARKAN PRAKIRAAN CURAH HUJAN DI SENTRA PRODUKSI PANGAN

Design of cropping pattern scenario based on rainfall prediction in central food production

Woro Estiningtyas, Elza Surmaini dan Kharmila Sari Hariyanti
Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Bogor
woro_esti@yahoo.com

ABSTRACT

Using deterministic model to forecast rainfall in tropical region in which its determinants quite complicated, dynamic and random is unmanageable. Therefore, it needs statistical model renewable in real time. Kalman filter combines between physical and statistical model approach to be stochastic model that has been renewable anytime for objective on line forecasting. Model validation relate rainfall and sea surface temperature Nino 3.4 gives correlation coefficient value of more than 75%. It implies that predicting model using Kalman Filter is feasible to forecast monthly rainfall to design cropping pattern. Crops water balance is computed using local rainfall pattern, but a long with increased intensity and frequency of climate anomaly the computed water balance needs to be renewed more frequently through cropping pattern setting based on forecast aspects. Rainfall prediction with Kalman filtering result coefficient correlation of validation 48-92%. Results of cropping pattern scenarios based on predicted rainfall show there are periods with harvest losses more than 20% especially in the locations with unequal annual rainfall distribution. Thus, it is not recommended to plant seasonal crops. Sukamandi show the characteristic model better than Tamanbogo, Batang and Wonosari. Date of planting that have risk decreasing of yield are 1 and 11 November (Tamanbogo), 1 November-1 January, and 21 February (Sukamandi), 1 November-1 December (Batang) and 1 November, 11 and 21 February (Wonosari). For application of cropping patterns scenario, rainfall prediction model needs to be renewed spacial and temporal based on rainfall data prediction real time supported with soil and crops data. Cover area conditional from rainfall station (topography, wind ward, etc) need considered if we want to apply cropping pattern scenario.

Keywords : Rainfall prediction, sea surface temperature Nino 3.4, Kalman filter, validation, and cropping pattern

ABSTRAK

Penggunaan model deterministik untuk prediksi curah hujan di daerah tropik yang faktor determinannya sangat kompleks, dinamis dan acak sangat rumit. Oleh karena itu diperlukan model statistik yang dapat diperbarui secara real time. Filter Kalman menggabungkan pendekatan model fisik dan statistik menjadi model stokastik yang dapat diperbarui setiap saat untuk tujuan peramalan segera (on line forecasting). Validasi model yang menghubungkan curah hujan dan suhu permukaan laut Nio 3.4 menghasilkan nilai koefisien korelasi lebih dari 75%. Artinya model prediksi dengan Filter Kalman ini dapat digunakan untuk memprakirakan curah hujan bulanan dan diaplikasikan untuk penyusunan masa tanam. Selama ini neraca air tanaman dihitung berdasarkan pola curah hujan setempat, namun dengan meningkatnya intensitas dan frekuensi anomali iklim akan menyebabkan hasil komputasi neraca air harus diperbarui setiap saat melalui penyusunan masa tanam yang memperhitungkan aspek

prediksi. Prakiraan curah hujan dengan metode Filter Kalman menghasilkan nilai koefisien korelasi validasi 48-92%. Hasil skenario pola tanam berdasarkan data prediksi curah hujan memperlihatkan bahwa ditemukan periode-periode dengan persentase kehilangan hasil lebih dari 20%, terutama pada lokasi dengan distribusi curah hujan yang tidak merata sepanjang tahun. Dengan demikian tidak disarankan untuk melakukan penanaman pada periode tersebut. Lokasi Sukamandi memperlihatkan karakteristik model yang lebih bagus dibandingkan Tamanbogo, Batang, Wonosari. Tanggal tanam yang diperkirakan beresiko menurunkan hasil adalah 1 dan 11 November (di Tamanbogo), 1 November-1 Januari, dan 21 Februari (di Sukamandi), 1 November-1 Desember (di Batang) dan 1 November, 11 dan 21 Februari (di Wonosari). Untuk aplikasi skenario masa tanam, model prakiraan hujan perlu di perbarui di setiap saat dan tempat berdasarkan data prakiraan curah hujan terbaru di dukung dengan data tanah dan tanaman. Selain itu perlu diperhatikan cakupan wilayah yang bisa diwakili oleh stasiun hujan yang digunakan. Untuk itu perlu dipertimbangkan kondisi topografi, arah hadap angin dan sebagainya.

Kata Kunci : Prediksi curah hujan, suhu permukaan laut Nino 3.4, filter Kalman, validasi dan masa tanam

1. PENDAHULUAN

Selama ini perhitungan neraca air untuk penentuan masa tanam masih bertumpu pada pola curah hujan setempat dan belum memperhitungkan aspek prediksi. Namun dengan meningkatnya intensitas dan frekuensi anomali iklim akan menyebabkan hasil komputasi neraca air harus diperbarui setiap saat.

Untuk keperluan perencanaan, penentuan masa tanam yang baik perlu didukung dengan data dan informasi yang memberikan gambaran tentang kondisi curah hujan beberapa waktu ke depan. Oleh karena itu, gambaran curah hujan beberapa waktu ke depan perlu disajikan melalui metode prediksi curah hujan yang spesifik lokasi.

Curah hujan yang merupakan unsur iklim penting dan menentukan neraca air tanaman sangat terlihat nyata pengaruhnya akibat anomali iklim. Sementara kejadian anomali iklim di Indonesia telah terbukti dominan mempengaruhi produksi pertanian dan ketahanan pangan. Untuk itu karakteristik peubah anomali iklim perlu diuantifikasi besaran (*magnitude*) agar dampak anomali iklim dapat diantisipasi lebih dini dan diminimalkan resikonya.

Fenomena anomali iklim memerlukan respon segera untuk memformulasikan kebijakan sektoral maupun lintas sektoral guna meminimalkan resiko pertanian- maupun bidang-bidang lainnya. Hal ini hanya bisa direncanakan dengan baik apabila didukung

dengan ketersediaan data dan informasi yang cepat dan akurat secara spasial dan temporal.

Aplikasi lebih lanjut dari hasil prediksi curah hujan adalah untuk menyusun masa tanam yang lebih baik yang telah memperhitungkan aspek prediksi termasuk didalamnya memperhitungkan perubahan intensitas dan frekuensi anomali iklim. Oleh karena itu, dengan mengembangkan model prediksi curah hujan yang tervalidasi dan spesifik lokasi diharapkan dapat menghasilkan data dan informasi yang lebih akurat dan dalam waktu yang lebih cepat serta mencakup wilayah yang lebih luas, sehingga pemanfaatannya dapat lebih dirasakan oleh para pengguna, khususnya dalam membantu perencanaan di daerah.

2. METODOLOGI

Lokasi studi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi : Tamanbogo (Lampung), Sukamandi (Jawa Barat), Batang (Jawa Tengah), dan Wonosari (Yogyakarta) yang merupakan lokasi pemasangan *Automatic Weather Station* (AWS) hasil kerjasama CIRAD Perancis dengan Badan Litbang Pertanian. Lokasi tersebut dipilih karena selain sebagai sentra produksi pangan, di lokasi tersebut terdapat AWS dimana datanya sangat diperlukan dalam analisis.

Analisis dilakukan melalui dua tahapan, yaitu : 1) Prediksi curah hujan bulanan dengan metode Filter Kalman, dan 2) Penyusunan skenario masa tanam berdasarkan data prediksi curah hujan.

2.1. Prediksi Curah Hujan Bulanan Dengan Metode Filter Kalman

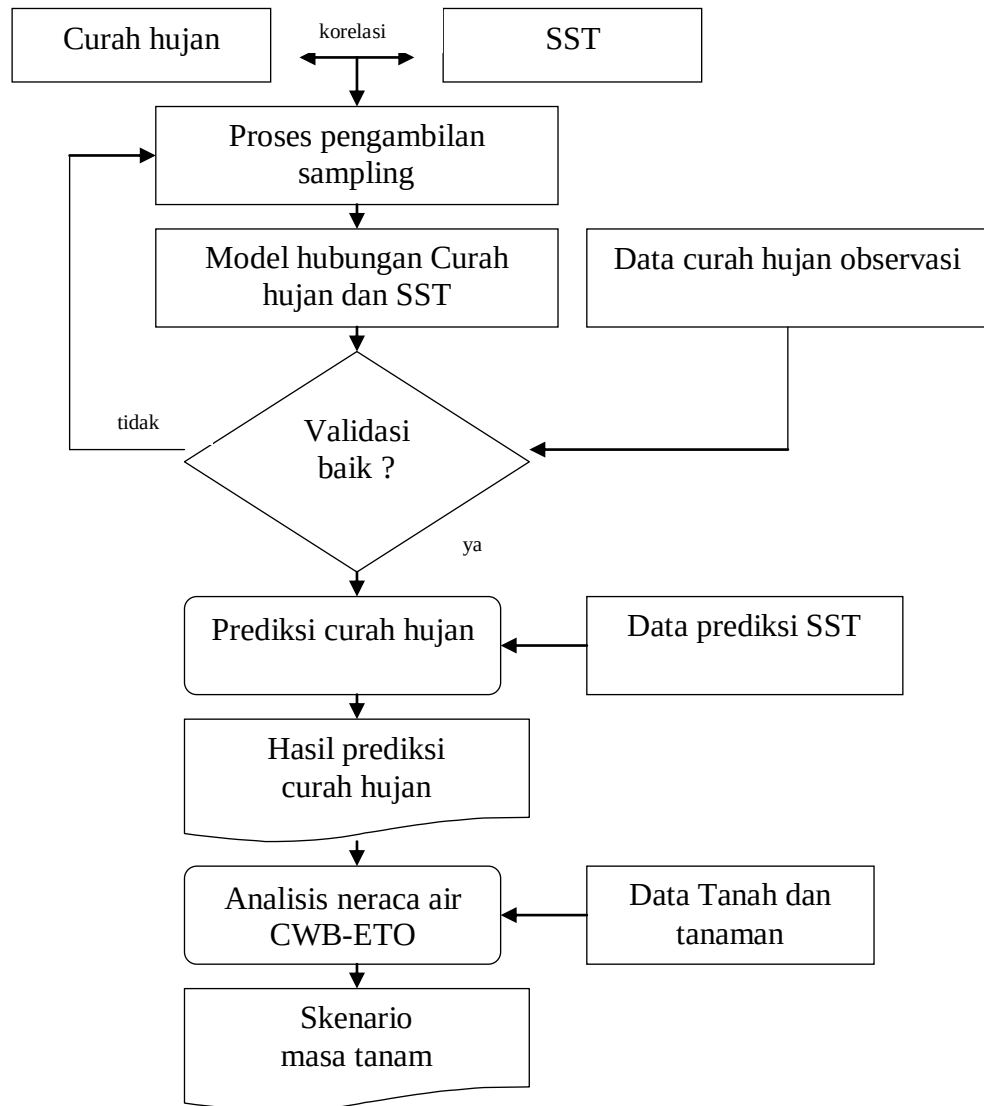
Adanya hubungan yang erat antara curah hujan dan SST Nino 3.4 digunakan sebagai dasar untuk menyusun model prediksi curah hujan dengan Filter Kalman. Berdasarkan hasil penelitian Hendon (2003) diketahui bahwa variabilitas SST Nino 3.4 mempengaruhi 50% variasi curah hujan seluruh Indonesia sedangkan variabilitas SST di Laut India 10-15%. Pendapat ini diperkuat oleh Boer et al (1999) yang 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 zona lain. Prabowo & Nicholls dalam Faqih (2004) juga menyatakan bahwa iklim Indonesia dan Australia sangat berkaitan erat dengan wilayah Nino 3.4 (170°-120° BB, 5°LU-5°LS).

Filter Kalman berkaitan dengan pengembangan model prakiraan statistik autoregresive menggunakan teknik umpan balik (*recursive*) dalam mengintegrasikan data pengamatan terbaru ke dalam model untuk memperbaharui (*update*) prediksi sebelumnya dan melanjutkan prediksi beberapa waktu ke depan (Kalman, 1960). Analisis 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 model yang diberikan sedemikian rupa sehingga output yang dihasilkan mirip atau menyerupai output yang terukur (*measured output*). Dalam hal ini SST Nino 3.4 merupakan input model, sedangkan curah hujan sebagai output model. Sebelum digunakan untuk prediksi, model terlebih dahulu divalidasi dengan 4 pilihan persamaan, yaitu : ARX, ARMAX, BJ dan OE. Persamaan terbaik ditentukan berdasarkan nilai koefisien korelasi validasi tertinggi.

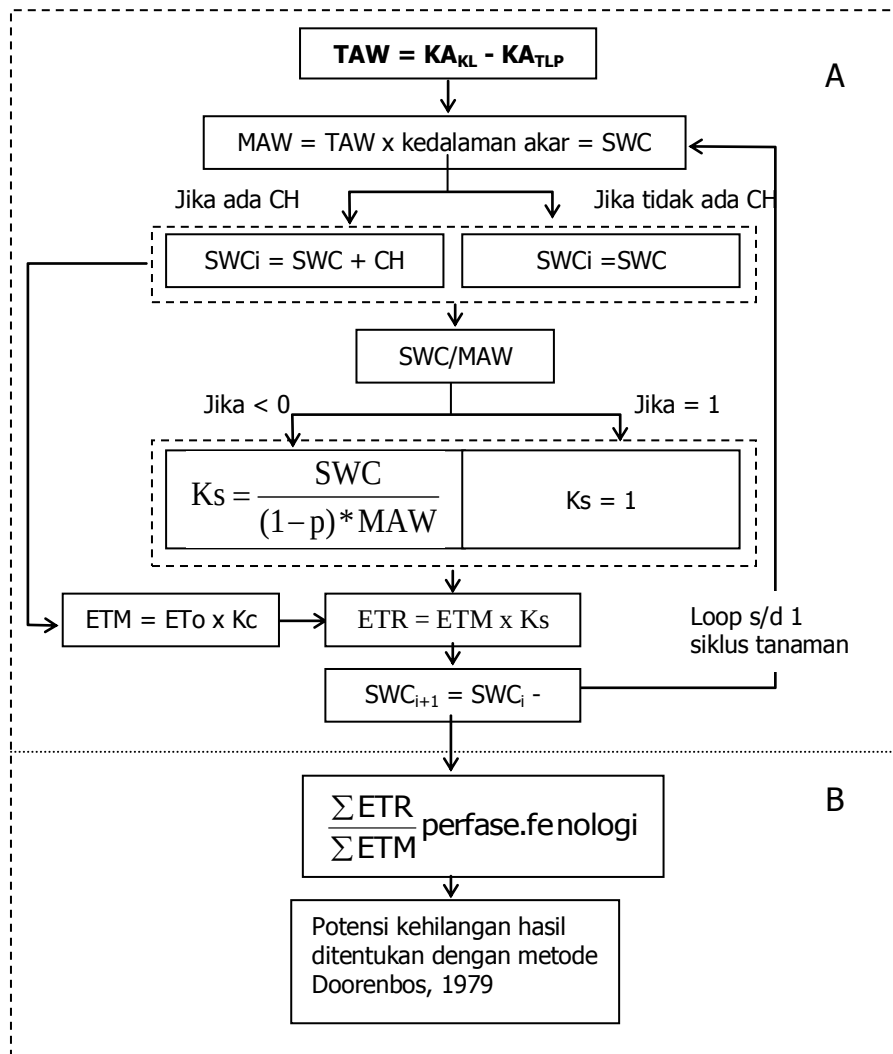
2.2. Penyusunan Skenario Masa Tanam

Skenario pola tanam disusun berdasarkan masukan data tanah, tanaman dan data curah hujan hasil prediksi dengan metode filter Kalman. Penghitungan neraca air tanaman diperlukan data curah hujan harian. Untuk memperoleh data curah hujan harian berdasarkan data prediksi curah hujan bulanan dilakukan dengan mengambil nilai peluang curah hujan harian dalam bulan yang sama selama periode yang ada datanya. Tingkat kebutuhan air oleh tanaman diketahui dengan analisis neraca air tanaman yang dinyatakan sebagai defisit evapotranspirasi relatif, yaitu rasio ETR dan ETM. Analisis ETR/ETM didasarkan pada dua pendekatan, yaitu bahwa 1) hubungan antara tanaman (*relatif loss of yield*) dan air (*relatif evapotranspiration*) yang merupakan fungsi linier pada umumnya relevan digunakan untuk menduga kehilangan hasil tanaman ketika tanaman mengalami *stress* akibat cekaman air (*water stress*), 2) kehilangan hasil menjadi lebih besar apabila tanaman mengalami cekaman air selama fase kritisnya. Kondisi tanaman yang baik diindikasikan dengan nilai ETR/ETM lebih dari 0,8, sedangkan di bawah 0,8 mengindikasikan bahwa tanaman akan mengalami kekurangan air selama pertumbuhannya.

Analisis neraca air ini dilakukan dengan program "*crop water ballance*", (*CWB-ETO*) dari CIRAD Perancis yang telah dimodifikasi oleh Balai Penelitian Agroklimate dan Hidrologi Bogor. Komoditas yang digunakan adalah padi lahan kering yang berumur 120 hari. Kadar air kapasitas lapang sebesar 0.360 m³/m³ dan kadar air titik layu permanen sebesar 0.270 m³/m³. Garis besar tahapan analisis secara keseluruhan disajikan dalam Gambar 1, sedangkan persamaan serta mekanisme analisis neraca air tanaman disajikan dalam diagram alir Gambar 2.



Gambar 1. Garis besar tahapan analisis penelitian



Gambar 2. Diagram alir analisis neraca air tanaman

Keterangan:

- TAW = Kandungan air tanah (Kapasitas Lapang – Titik Layu Permanen)
 SWC = Kandungan air tanah, bisa mengalami penambahan jika ada hujan ataupun irigasi
 ETo = Evapotranspirasi potensial
 ETR = Evapotranspirasi aktual
 Kc = Koefisien tanaman
 MAW = Jumlah air maksimum yang dapat dimanfaatkan tanaman
 Ks = Koefisien stress tanaman terhadap air (faktor reduksi transpirasi) yang besarnya antara 0-1 dan tergantung pada ketersediaan air
 P = Batas toleransi kandungan air tanah, pada saat tanaman mulai mengalami reduksi transpirasi.
 A = satu siklus tanaman
 B = fase fenologi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Prediksi Curah Hujan Bulanan Dengan Metode Filter Kalman

Prakiraan curah hujan dengan metode Filter Kalman dilakukan untuk jangka waktu 6 bulan ke depan terhitung sejak Nopember 2005. Jadi periode prediksi adalah Nopember 2005 sampai dengan April 2006. Untuk mengetahui karakteristik model, maka dilakukan validasi dengan membandingkan antara data pengamatan dan data hasil prediksi. Dalam penelitian ini validasi dilakukan untuk jangka waktu 12 bulan (Nopember 2004-Oktober 2005). Hasil validasi (Tabel 1) menunjukkan nilai koefisien korelasi (r) validasi yang bervariasi, mulai dari 48,72% di Batang hingga 92,74% di Sukamandi. Nilai r validasi yang tinggi di

Sukamandi terlihat jelas dalam penyebaran hujan hasil validasi (Gambar 3 (b)) dimana pola yang terbentuk sangat mirip antara data hasil pengamatan dengan data hasil prediksi. Demikian juga dengan lokasi Wonosari dan Tamanbogo yang menghasilkan r validasi lebih dari 75% (Gambar 3 (a) dan (d)). Sedangkan untuk lokasi Batang penyebaran pola curah hujan bulanan kurang mirip antara data pengamatan dengan data prediksi (Gambar 3 (c)).

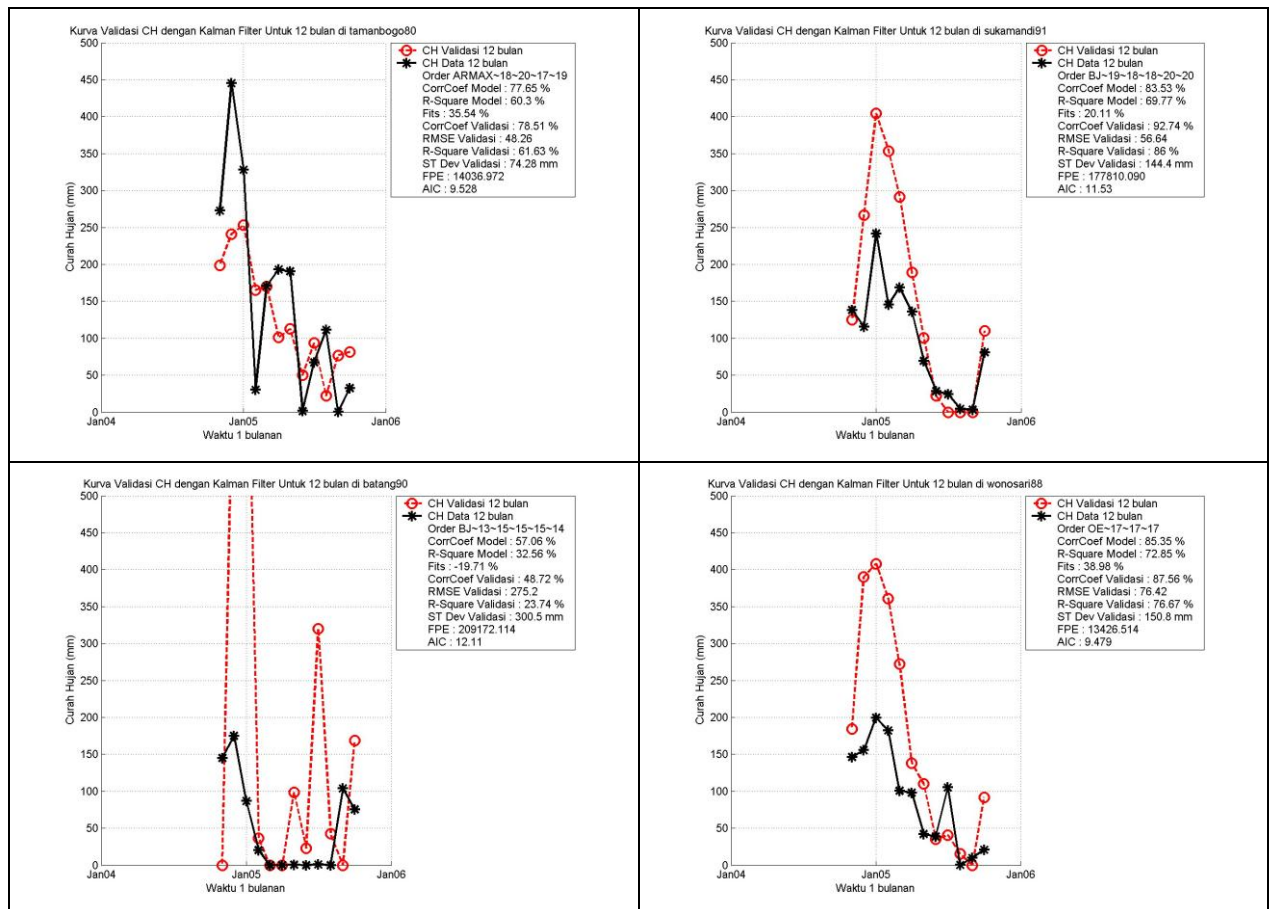
Hasil prakiraan hujan periode Nopember 2005 - April 2006 memperlihatkan r model lebih dari 80%, dengan kisaran curah hujan bulanan dan standar deviasi yang bervariasi (Tabel 2). Puncak hujan pada umumnya terjadi pada bulan Januari atau Februari.

Tabel 1. Hasil validasi model curah hujan dengan metode Filter Kalman

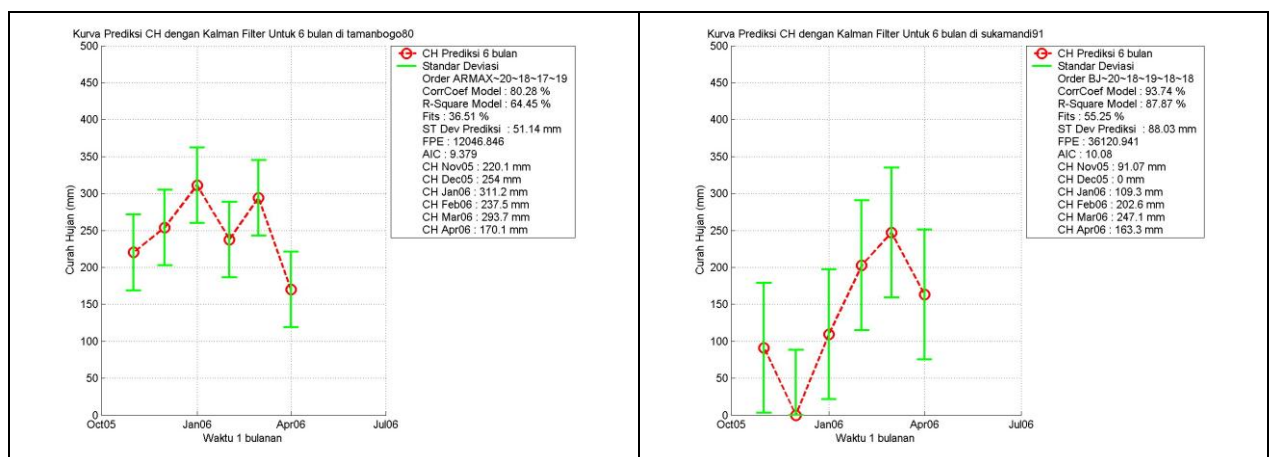
Stasiun	Model	r Validasi (%)	r Model (%)	RMSE	Fits (%)
LAMPUNG					
Tamanbogo	ARMAX	78.51	77.65	48.26	35.54
JAWA BARAT					
Sukamandi	BJ	92.74	83.53	56.64	20.11
JAWA TENGAH					
Batang	BJ	48.72	57.06	275.2	-19.71
YOGYAKARTA					
Wonosari	OE	87.56	85.35	76.42	38.98

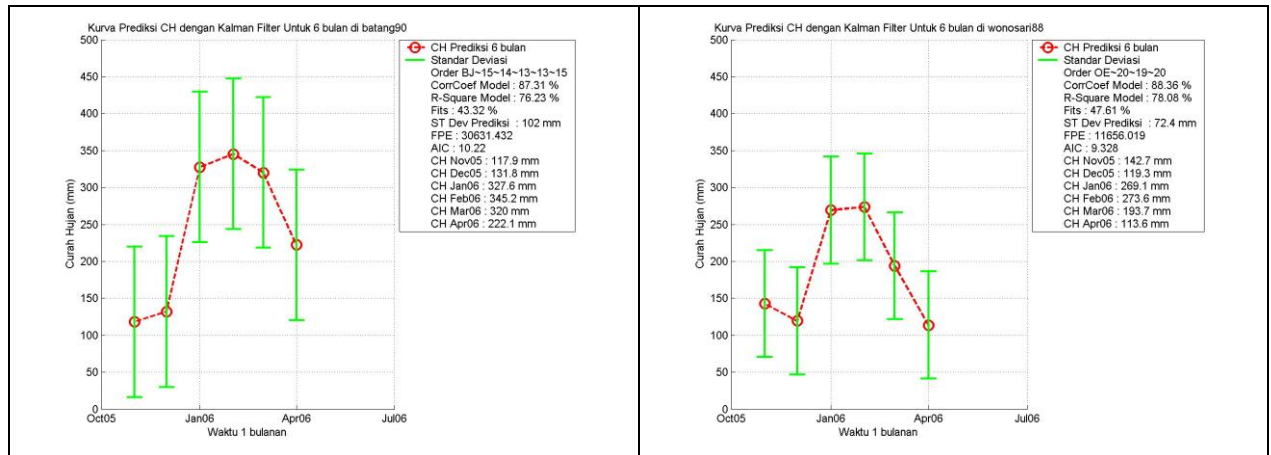
Tabel 2. Hasil prediksi curah hujan bulanan dengan metode Filter Kalman

Stasiun	Periode Prediksi	r Model (%)	Kisaran Curah Hujan (mm/bln)	Standar Deviasi
LAMPUNG				
Tamanbogo	Nop 05 - Apr 06	80.28	170-311	51.1
JAWA BARAT				
Sukamandi	Nop 05 - Apr 06	93.74	0-247	88.0
JAWA TENGAH				
Batang	Nop 05 - Apr 06	91.87	126-493	143.5
YOGYAKARTA				
Wonosari	Nop 05 - Apr 06	88.36	113-273	72.4



Gambar 3. Validasi curah hujan 12 bulan di Tamanbogo (a), Sukamandi (b), Batang (c) dan Wonosari (d).





Gambar 4. Prediksi curah hujan periode Nopember 2005 – April 2006 di Tamanbogo (a), Sukamandi (b), Batang (c) dan Wonosari (d).

3.2. Penyusunan Skenario Masa Tanam

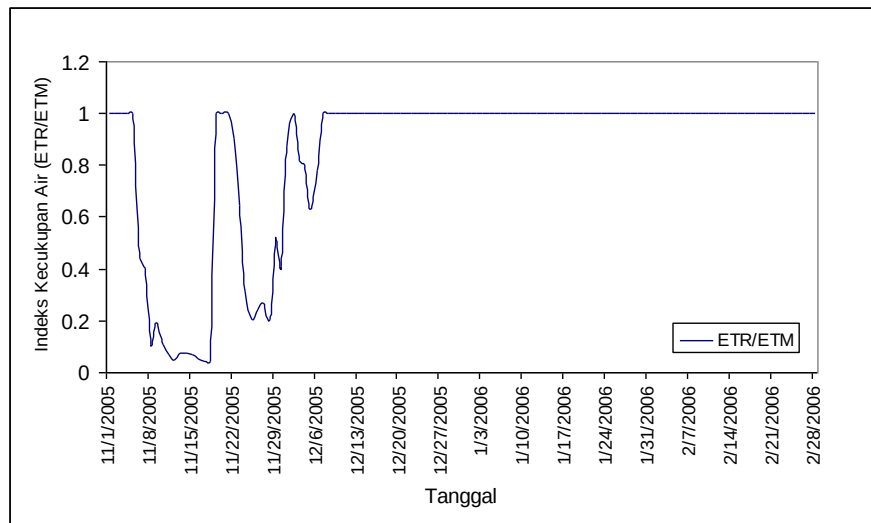
Skenario masa tanam dilakukan dengan menggunakan beberapa tanggal tanam (selang 10 harian) mulai Nopember hingga Februari 2006. Komoditas yang digunakan adalah padi lahan kering yang berumur 120 hari. Hasil yang disajikan berupa persentase kehilangan hasil (% *loss of yield*) dan penyebaran ETR/ETM pada setiap fase tanaman.

Untuk lokasi Tamanbogo, skenario tanggal tanam yang diaplikasikan relatif aman selama pertumbuhan tanaman, kecuali tanggal

tanam 1 dan 11 Nopember 2006 dimana diperkirakan terjadi kehilangan hasil 28-35% pada fase vegetatifnya (Tabel 3). Persentase kehilangan hasil lebih dari 20% ini tercermin dalam nilai ETR/ETM yang lebih rendah dari 0.8. Sebagai contoh untuk tanggal tanam 1 Nopember 2006, fluktuasi ETR/ETM rendah (<0.8) pada awal tanam (fase vegetatif) dan berlangsung cukup lama (Gambar 5). Hal ini mengindikasikan bahwa tanaman mengalami cekaman air (*water stress*) selama periode tersebut yang dapat mempengaruhi total produksi.

Tabel 3. Persentase kehilangan hasil pada setiap fase tanaman padi di Tamanbogo

Date of planting	Vegetative stage	Flowering	Yield formation	Ripening	Cycle
1-Nov-05	35%	0%	0%	0%	35%
11-Nov-05	28%	0%	0%	0%	28%
21-Nov-05	16%	0%	0%	0%	16%
1-Dec-05	2%	0%	0%	0%	2%
11-Dec-05	0%	0%	0%	0%	0%
21-Dec-05	1%	0%	0%	0%	1%
1-Jan-06	3%	0%	0%	0%	3%
11-Jan-06	2%	0%	0%	0%	2%
21-Jan-06	0%	0%	0%		0%
1-Feb-06	0%	0%	0%		0%
11-Feb-06	0%	3%	2%		3%
21-Feb-06	0%	11%			11%



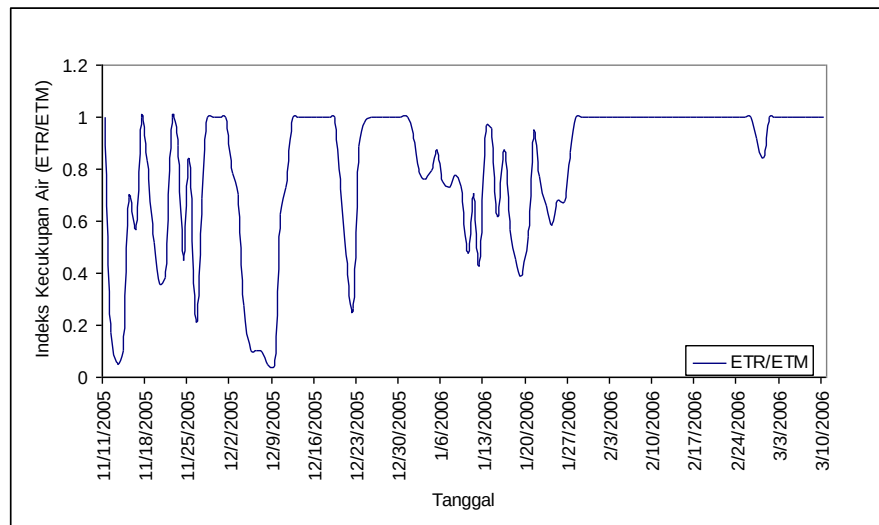
Gambar 5. Fluktuasi ETR/ETM tanaman padi tanggal tanam 1 November 2005 di Tamanbogo

Berbeda dengan Sukamandi, skenario tanggal tanam yang diaplikasikan sebagian besar menghasilkan kehilangan hasil lebih dari 20%. Kehilangan hasil tertinggi terjadi pada tanggal tanam 11 Nopember 2005 pada fase pembungaan (Tabel 4). Hal ini terlihat jelas melalui fluktuasi nilai ETR/ETM selama pertumbuhan tanaman yang sebagian besar kurang dari 0.8 (Gambar 6). Rendahnya nilai indeks kecukupan air ini tidak saja terjadi

pada satu fase, tetapi terutama pada dua fase awal yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman, yaitu fase vegetatif dan pembungaan. Akibatnya, selama pertumbuhan tanaman banyak mengalami cekaman air yang pada akhirnya akan menurunkan hasil. Penanaman yang relatif aman dapat dilakukan pada pertengahan Januari hingga Februari 2006.

Tabel 4. Persentase kehilangan hasil pada setiap fase tanaman padi di Sukamandi

Date of planting	Vegetative stage	Flowering	Yield formation	Ripening	Cycle
1-Nov-05	40%	51%	4%	0%	51%
11-Nov-05	32%	85%	1%	0%	85%
21-Nov-05	28%	42%	0%	0%	42%
1-Dec-05	35%	0%	1%	0%	35%
11-Dec-05	23%	0%	2%	0%	23%
21-Dec-05	23%	34%	0%	0%	34%
1-Jan-06	27%	4%	0%	0%	27%
11-Jan-06	17%	0%	0%	0%	17%
21-Jan-06	7%	0%	1%		7%
1-Feb-06	5%	14%	1%		14%
11-Feb-06	9%	12%	5%		12%
21-Feb-06	12%	28%			28%



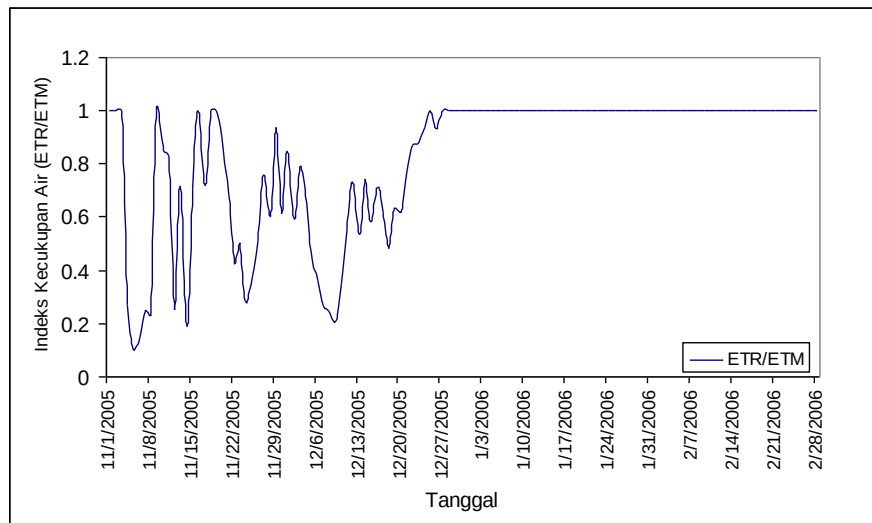
Gambar 6. Fluktuasi ETR/ETM tanaman padi tanggal tanam 11 November 2005 di Sukamandi

Skenario tanggal 1 Nopember 2005 – 1 Desember 2005 di lokasi Batang diperkirakan menyebabkan kehilangan hasil 25-36% yang terjadi pada fase vegetatif tanaman (Tabel 5). Hal ini terlihat jelas dari fluktuasi ETR/ETM salah satu contoh tanggal

tanam 1 November 2005 (Gambar 7). Kehilangan hasil sebagian besar terjadi pada fase vegetatif yang justru merupakan fase kritis tanaman. Sehingga apabila cekaman air terjadi pada fase ini, maka akan berpengaruh terhadap hasil akhir tanaman.

Tabel 5. Persentase kehilangan hasil pada setiap fase tanaman padi di Batang

Date of planting	Vegetative stage	Flowering	Yield formation	Ripening	Cycle
1-Nov-05	36%	0%	0%	0%	36%
11-Nov-05	31%	0%	0%	0%	31%
21-Nov-05	31%	0%	0%	0%	31%
1-Dec-05	25%	0%	0%	0%	25%
11-Dec-05	12%	0%	0%	0%	12%
21-Dec-05	1%	0%	0%	0%	1%
1-Jan-06	0%	0%	0%	0%	0%
11-Jan-06	0%	0%	0%	0%	0%
21-Jan-06	0%	0%	1%		1%
1-Feb-06	0%	15%	0%		15%
11-Feb-06	2%	5%	0%		5%
21-Feb-06	3%	0%			3%



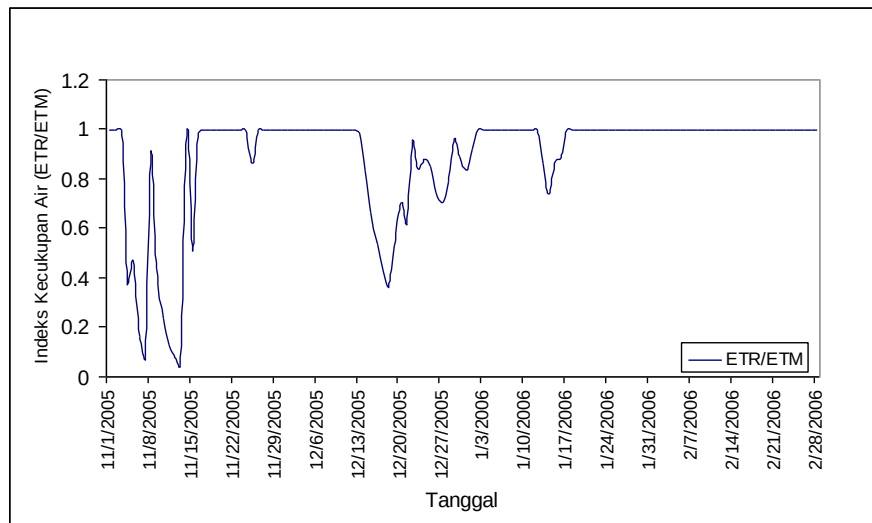
Gambar 7. Fluktuasi ETR/ETM tanaman padi tanggal tanam 1 November 2005 di Batang

Sedangkan untuk lokasi Wonosari, penanaman pada 1 Nopember 2005, 11 dan 21 Februari 2006 diperkirakan mengakibatkan kehilangan hasil 25%-100% (Tabel 6). Dari fluktuasi ETR/ETM pada tanggal tanam 1

November 2005 (Gambar 8) terlihat bahwa cekaman air banyak terjadi pada awal tanam dan pada saat tanaman berumur sekitar 1 bulan. Hal ini tercermin juga dalam persentase kehilangan hasilnya.

Tabel 6. Persentase kehilangan hasil pada setiap fase tanaman padi di Wonosari

Date of planting	Vegetative stage	Flowering	Yield formation	Ripening	Cycle
1-Nov-05	25%	12%	0%	0%	25%
11-Nov-05	14%	13%	0%	0%	14%
21-Nov-05	16%	0%	0%	0%	16%
1-Dec-05	21%	0%	0%	0%	21%
11-Dec-05	20%	0%	0%	0%	20%
21-Dec-05	12%	0%	0%	0%	12%
1-Jan-06	8%	0%	0%	0%	8%
11-Jan-06	5%	0%	0%	2%	5%
21-Jan-06	0%	0%	3%		3%
1-Feb-06	0%	0%	10%		10%
11-Feb-06	0%	51%	19%		51%
21-Feb-06	2%	100%			100%



Gambar 8. Fluktuasi ETR/ETM tanaman padi tanggal tanam 1 November 2005 di Wonosari

Berdasarkan hasil perhitungan neraca air di 4 lokasi studi, penanaman padi pada bulan November pada umumnya beresiko menurunkan hasil hingga lebih dari 20%. Untuk lokasi di pantura seperti Sukamandi dan Batang, periode tanam yang beresiko menurunkan hasil terjadi hingga bulan Desember. Apabila ditinjau dari penyebaran hujan bulanan, maka keempat lokasi studi merupakan daerah dengan tipe hujan monsunial dimana curah hujan terendah terjadi pada bulan Agustus. Rata-rata curah hujan tahunan di setiap lokasi adalah 2483 mm/tahun (Tamanbogo), 1357 mm/tahun (Sukamandi), 1932 mm/tahun (Batang) dan 1764 mm/tahun (Wonosari).

Dalam contoh studi ini, prakiraan hujan dilakukan sampai dengan April 2006 karena ketersediaan data hujan terbaru hanya sampai dengan Oktober 2005. Untuk aplikasi selanjutnya, model perlu diperbarui dengan data terbaru agar menghasilkan data prakiraan hujan dengan periode yang sesuai dengan keperluan di lapang. Dengan demikian diharapkan diperoleh data dan informasi yang dapat mendukung penyusunan skenario tanam untuk kepentingan perencanaan di daerah pada periode waktu yang dibutuhkan.

4. KESIMPULAN

Prakiraan curah hujan dengan metode Filter Kalman menghasilkan nilai koefisien korelasi validasi 48-92%. Lokasi Sukamandi

memperlihatkan karakteristik model yang lebih bagus dibandingkan 3 lokasi lainnya.

Tanggal tanam yang diperkirakan beresiko menurunkan hasil adalah 1 dan 11 November (di Tamanbogo), 1 November-1 Januari, dan 21 Februari (di Sukamandi), 1 November-1 Desember (di Batang) dan 1 November, 11 dan 21 Februari (di Wonosari).

Untuk aplikasi skenario masa tanam, model prakiraan hujan perlu di perbarui di setiap saat dan tempat berdasarkan data prakiraan curah hujan terbaru di dukung dengan data tanah dan tanaman sesuai dengan periode waktu yang dibutuhkan. Selain itu perlu diperhatikan cakupan wilayah yang bisa diwakili oleh stasiun hujan yang digunakan. Untuk itu perlu dipertimbangan kondisi topografi, arah hadap angin dan sebagainya.

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.
- Faqih Akhmad. 2004. Analisis Korelasi Debit Air Masuk Musim Kemarau pada Waduk Seri DAS Citarum dengan Perubahan Suhu Permukaan Laut Global. Jurnal Agromet Vol XVIII No.1. PERHIMPI.
- 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.
- Ljung, Lennart. 2002. System Identification Toolbox for Use with MATLAB. Math Works, Inc.
- 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>