

Model Ramalan Produksi Padi dengan Menggunakan Indeks Hujan Terboboti di Kabupaten Subang, Karawang, dan Indramayu

Forecasting Model of Rice Production Using Weighted Rainfall Index in Subang, Karawang, and Indramayu Regency

SUTIKNO¹, R. BOER², A. BEY², K. ANWAR NOTODIPUTRO³, DAN I. LAS⁴

ABSTRAK

Berbagai model ramalan produksi padi telah dikembangkan dalam upaya untuk mendukung ketahanan pangan nasional. Model ramalan produksi nasional yang digunakan saat ini telah dilakukan oleh BPS dan belum memasukkan faktor iklim. Padahal faktor iklim berpengaruh terhadap produksi padi. Penelitian ini bertujuan menyusun model luas panen dengan menggunakan variabel prediktor indeks curah hujan terboboti (CHT), suhu permukaan laut (*Sea Surface Temperature* :SST) Nino 3.4, dan *Dipole Mode Index* (DMI). Model yang dikembangkan adalah berdasarkan model BPS yang terdiri atas tiga periode, yaitu: periode 1 (Januari-April), periode 2 (Mei-Agustus), dan periode 3 (September-Desember). Ramalan produksi padi merupakan perkalian luas panen dan hasil per ha. Ramalan produksi padi setahun merupakan penjumlahan ketiga periode tersebut. Penelitian dilakukan di wilayah pantura, yaitu Karawang, Subang, dan Indramayu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja model dengan CHT periode 2 (Mei-Agustus) lebih baik daripada periode 1 dan periode 3. Rataan kesalahan ramalan luas panen variabel CHT periode 1, 2, dan 3, masing-masing secara berurutan adalah 14, 13, dan 47%. Berdasarkan validasi model, model luas panen dengan variabel prediktor CHT, SST Nino 3.4, DMI, dan rasio luas tanam (LT) dan luas baku (LB) mempunyai kinerja yang relatif sama. Salah satu penyebabnya adalah SST Nino 3.4 dan DMI mempunyai korelasi tinggi dengan curah hujan, khususnya di wilayah studi. Rataan kesalahan ramalan produksi padi masing-masing adalah 13, 15, dan 49% untuk CHT, sementara SST Nino 3.4, DMI, rasio LT dan LB adalah 29, 12, dan 51%. Kisaran kesalahan ramalan produksi padi per tahun kedua model mencapai 10-11%.

Kata kunci: CHT, DMI, SST, Model ramalan produksi padi

ABSTRACT

Various forecasting models of rice production have been developed to support national food security. The forecasting models of national production which use recently have been carried out by the BPS and have not include the climate factors. Whereas, the climate factors influenced the rice's production. The aim of this research is to develop the harvest area model using independent variables : Weighted Rainfall Index (WRI), Sea Surface Temperature (SST) Nino 3.4, and Dipole Mode Index (DMI). The models which developed was based on BPS models which consist of 3 periods. There are period 1 (January-April), period 2 (May-August), period 3 (September-December). Furthermore, rice production forecasting is the multiplication of harvest area and yield per ha. Rice production forecasting in one year is sum of the 3 periods. The research location are *pantura*

areas, namely Karawang, Subang, and Indramayu. The result of the research showed that the model performance by WRI for period 2 (May-August) is better than period 1 and period 3. The mean of error for harvest area forecasting for periode 1, 2, and 3 of WRI variable, respectively is 14, 13, and 47%. Based on model validation, harvest area models by independent variable using WRI, SST Nino 3.4, DMI and ratio of harvest area and standard area, relatively have the same performance. One of the reasons is correlation between SST Nino 3.4 and DMI with rainfall is high. Mean of error for rice's production forecasting of WRI are 13, 15, and 49%, while SST Nino 3.4, DMI, ratio of harvest area and standard area are 29, 12, and 51%. The range of error rice production forecasting at second year are 10-11%.

Keywords : WRI, DMI, SST, Rice's production forecasting model

PENDAHULUAN

Padi merupakan komoditas pangan utama di Indonesia, yang menyediakan pendapatan secara musiman dan tenaga kerja untuk masyarakat pedesaan. Produksi padi mengalami peningkatan sejak 1970, tapi hasil panennya rentan terhadap keragaman iklim terutama kejadian ekstrim: El-Nino dan La-Nina (Naylor *et al.*, 2001; Boer dan Las, 2003; Boer and Faqih, 2005; Boer, 2000). Pada saat terjadi El-Nino produksi padi mengalami penurunan yang cukup drastis, seperti pada tahun 1991, 1994, dan 1997. Demikian juga pada tahun La-Nina (1995) juga mengalami penurunan produksi padi (Boer dan Las, 2003; Boer, 2000). Bila persediaan beras nasional tak mencukupi akibat terjadi penurunan produksi, maka seringkali

- 1 Peneliti dan Staf Pengajar di Departemen Statistika, Fakultas MIPA, ITS, Surabaya.
- 2 Guru Besar Departemen Geofisika dan Meteorologi Fakultas MIPA, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- 3 Guru Besar Departemen Statistika Fakultas MIPA, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- 4 Profesor Riset pada Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor.

dilakukan kebijakan impor. Ramalan produksi menjadi sangat strategis ketika ketidak-menentuan iklim (*unpredictable climate*) dihadapi oleh petani. Oleh karena itu model ramalan produksi perlu untuk disusun untuk mendukung program peningkatan ketahanan pangan.

Pendataan dan ramalan produksi padi secara nasional setiap tahun dilakukan oleh Badan Pusat Statistik dan Departemen Pertanian. Ramalan dibuat per provinsi yang dihitung berdasarkan data deret waktu dan tidak berdasarkan atas penjumlahan ramalan tingkat kabupaten/kota. Produksi per provinsi didapatkan dari hasil perkalian antara luas panen bersih dengan hasil per hektar per satuan luas panen bersih untuk setiap subround (empat bulanan: subround 1 (Januari-April), subround 2 (Mei-Agustus), dan subround 3 (September-Desember) (BPS, 2003). Produksi dan luas panen dalam setahun (Januari-Desember) didapatkan dari penjumlahan produksi dan luas panen selama tiga subround. Hasil per hektar merupakan hasil per hektar dalam bentuk hasil ubinan per satuan luas panen bersih.

Model ramalan BPS belum memasukkan faktor iklim, sementara iklim sangat mempengaruhi produksi padi di Indonesia. Berbagai model produksi padi dengan menggunakan indikator iklim telah dikembangkan di Indonesia, seperti model dengan menggunakan variabel indikator ENSO (Boer 2000; Naylor *et al.*, 2001, 2002, 2007; Falcon *et al.*, 2004). Disamping itu model dengan menggunakan indikator gabungan SOI dan DMI (Boer *et al.*, 2004), SST Nino 3.4 dan DMI (Surmaini, 2006; Arrigo dan Wilson, 2008). Model ini menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi pada wilayah yang dipengaruhi oleh fenomena ENSO, khususnya wilayah dengan tipe hujan monsun. Untuk wilayah dengan tipe hujan ekuatorial pengaruh ENSO kecil dan tidak jelas untuk wilayah tipe hujan lokal (Boer, 2000).

Pendekatan lain yang diperkirakan lebih baik dalam menduga produksi padi nasional ialah dengan menggunakan indeks hujan terboboti (*weighted rainfall index*: WRI) yang dikembangkan di Australia oleh Stephen *et al.* (1994) (Boer dan Las, 2003; Boer, 2000). Indeks ini dapat menduga produksi

gandum lebih baik dari perkiraan produksi yang dikeluarkan secara resmi oleh pemerintah Australia. Indeks disusun berdasarkan data hujan bulanan yang diberi bobot. Nilai bobot yang digunakan untuk masing-masing bulan berbeda bergantung pada siklus pertumbuhan tanaman. Bulan dimana fase pembungaan (fase yang sensitif terhadap kekurangan air) umumnya berlangsung akan memiliki bobot yang tinggi karena besar kecilnya hujan pada bulan ini sangat berpengaruh besar terhadap keragaman produksi gandum. Model ini dapat diaplikasikan untuk model ramalan produksi padi di Indonesia, dengan melakukan modifikasi dalam pembobotannya (Boer, 2000; Boer dan Las, 2003). Penelitian ini bertujuan mengkaji model ramalan produksi padi dengan melakukan pengembangan model BPS dan modifikasi indeks hujan terboboti menurut kabupaten. Model ini diperkirakan akan meningkatkan akurasi hasil ramalan.

BAHAN DAN METODE

Data yang digunakan untuk memodelkan ramalan produksi padi, yaitu produksi padi, produktifitas, dan luas panen, masing-masing per subround diperoleh dari BPS. Data bulanan luas tanam dan luas baku tanam diperoleh dari Departemen Pertanian. Data yang dikumpulkan meliputi tiga kabupaten sentra produksi padi di Jawa Barat, yaitu Karawang, Subang, dan Indramayu. Panjang data antar variabel berbeda-beda, sebagian besar mempunyai periode yang pendek, mulai 1988-2005. Selain itu, digunakan pula data bulanan SST Nino 3.4 diperoleh <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/> tersedia sejak tahun 1950 dan DMI yang diperoleh <http://www.jamstec.go.jp/frsgc/>. SST Nino 3.4 berpengaruh nyata terhadap keragaman hujan di Indonesia (Boer dan Faqih, 2005; Hendon, 2003; Allan, 2000, diacu dalam Arrigo dan Wilson, 2008). DMI juga mempengaruhi keragaman di Indonesia (Saji *et al.*, 1999). Data curah hujan bulanan dan daerah prakiraan musim (DPM) diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG).

Pengembangan model

Pengembangan model ramalan produksi padi dalam penelitian dilakukan dua pendekatan. Pertama, penyusunan model produksi padi merupakan pengembangan dari model yang disusun oleh BPS dan modifikasi indeks hujan terboboti oleh Stephen *et al.* (1994). Kedua, penyusunan model dengan menggunakan gabungan variabel SST Nino 3.4, DMI dan rasio luas tanam (LT) dan luas baku sawah (LB). Tahapan dalam pendugaan model produksi padi adalah sebagai berikut (Gambar 1) :

- (1) Menghitung curah hujan bulanan terboboti luasan wilayah daerah prakiraan musim (DPM) pada daerah/kabupaten ($R_{j,D}^*$) :

$$R_{t,D}^* = \sum_{j=1}^m \frac{A_j}{A} R_j$$

dimana :

m = Banyaknya wilayah DPM

A_j = Luas wilayah DPM ke-j

$$A = \sum_{j=1}^m A_j \quad j = 1, 2, 3, \dots, m$$

- (2) Menghitung curah hujan terboboti ($CHT_{t,D}$) :

$$CHT_{t,D} = R_{t,D}^* \frac{LT_t}{L_{Baku}}$$

dimana :

LT_t = Luas tanaman pada bulan ke-t

L_{Baku} = Luas baku untuk tanaman padi pada kabupaten

- (3) Membangun model regresi untuk menduga anomali luas panen per periode (LP_p) dengan menggunakan $AnLP_t$ sebagai variabel respon dan CHT_t sebagai variabel prediktor. Menurut De Datta (1981), diacu dalam Naylor *et al.* (2002) masa penanaman padi hingga panen membutuhkan waktu 3-4 bulan, sehingga luas panen baru dapat dihitung setelah 1-3 bulan setelah tanam, maka $AnLP_p$:

$$AnLP_p = f(CHT_{t-i})$$

$$i = 0, 1, 2, 3; p = 1, 2, 3$$

Periode 1 = Januari-April
Periode 2 = Mei-Agustus
Periode 3 = September-Desember.

- (4) Membangun model regresi anomali luas panen per periode (LP_p) dengan menggunakan variabel prediktor SST Nino 3.4, DMI, dan rasio luas tanam dan luas baku (LT/LB) :

$$AnLP_p = f(SST_{t-i}, DMI_{t-i}, LT/LB)$$

$$i = 0, 1, 2, 3$$

- (5) Menduga produktifitas per periode dengan menggunakan rata-rata produktifitas
- (6) Menghitung produksi per periode :

$$P_p = Pro_p * LP_p$$

Produksi selama setahun adalah penjumlahan dari ketiga periode ramalan.

Model hubungan anomali luas panen dan CHT merupakan model gabungan antara model regresi dan model runtun waktu. Model runtun waktu digunakan untuk modelkan sisaan dari model regresi yang saling *ber-outokorelasi*, sehingga modelnya terdiri atas komponen CHT dan komponen sisaan. Pendugaan awal parameter model regresi digunakan metode kuadrat terkecil.

Validasi model

Untuk melakukan validasi model digunakan data bebas dengan kriteria *root mean square error prediction* (RMSEP), yang dirumuskan :

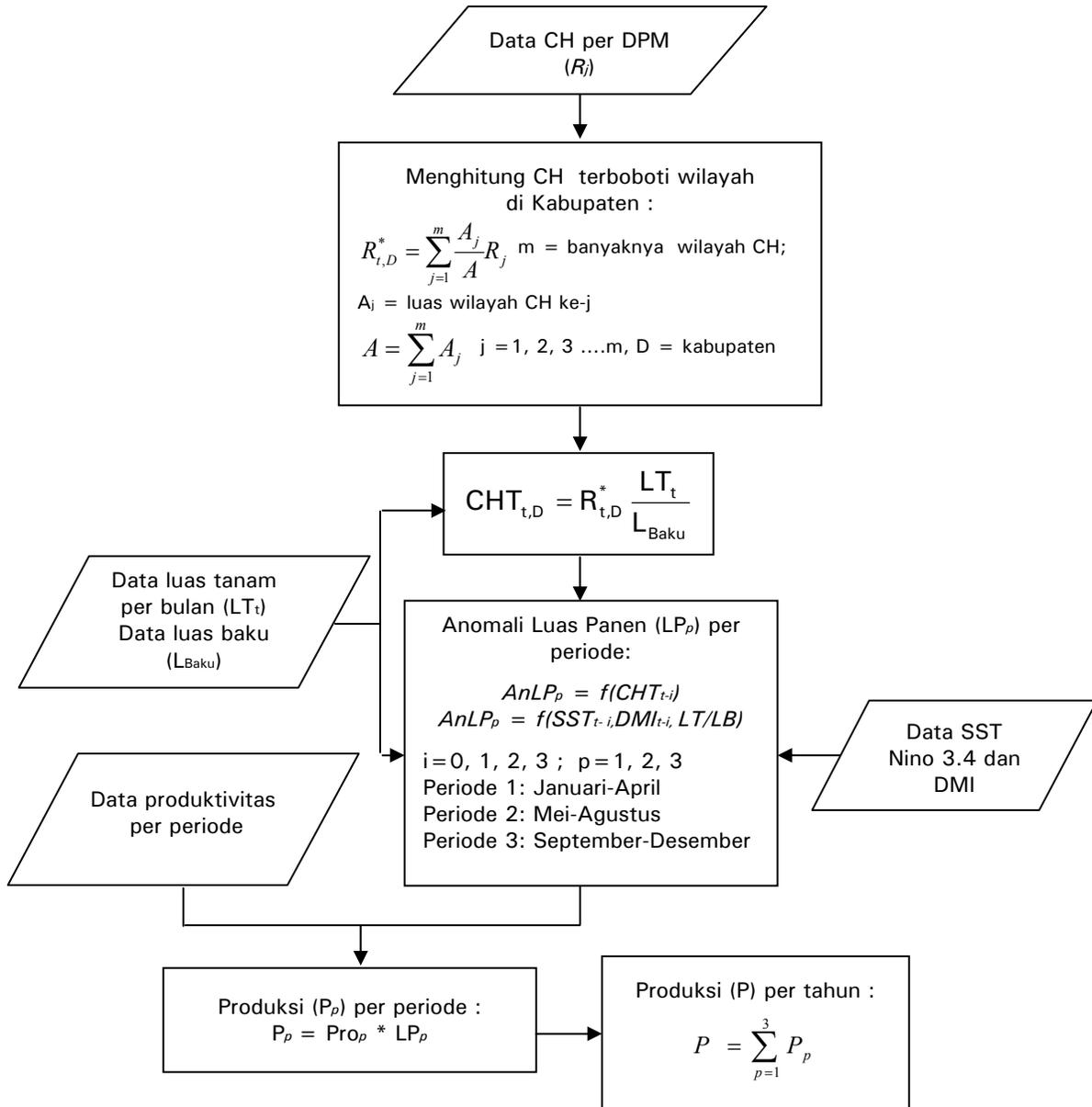
$$RMSEP = \sqrt{\sum_{i=1}^{N_p} (y_i - \hat{y}_i)^2 / N_p}$$

dimana :

y_i = Nilai observasi

\hat{y}_i = Nilai dugaan

N_p = Banyaknya data bebas yang digunakan untuk validasi model.



Gambar 1. Diagram alir pengembangan model produksi padi

Figure 1. Flow chart of product rice model development

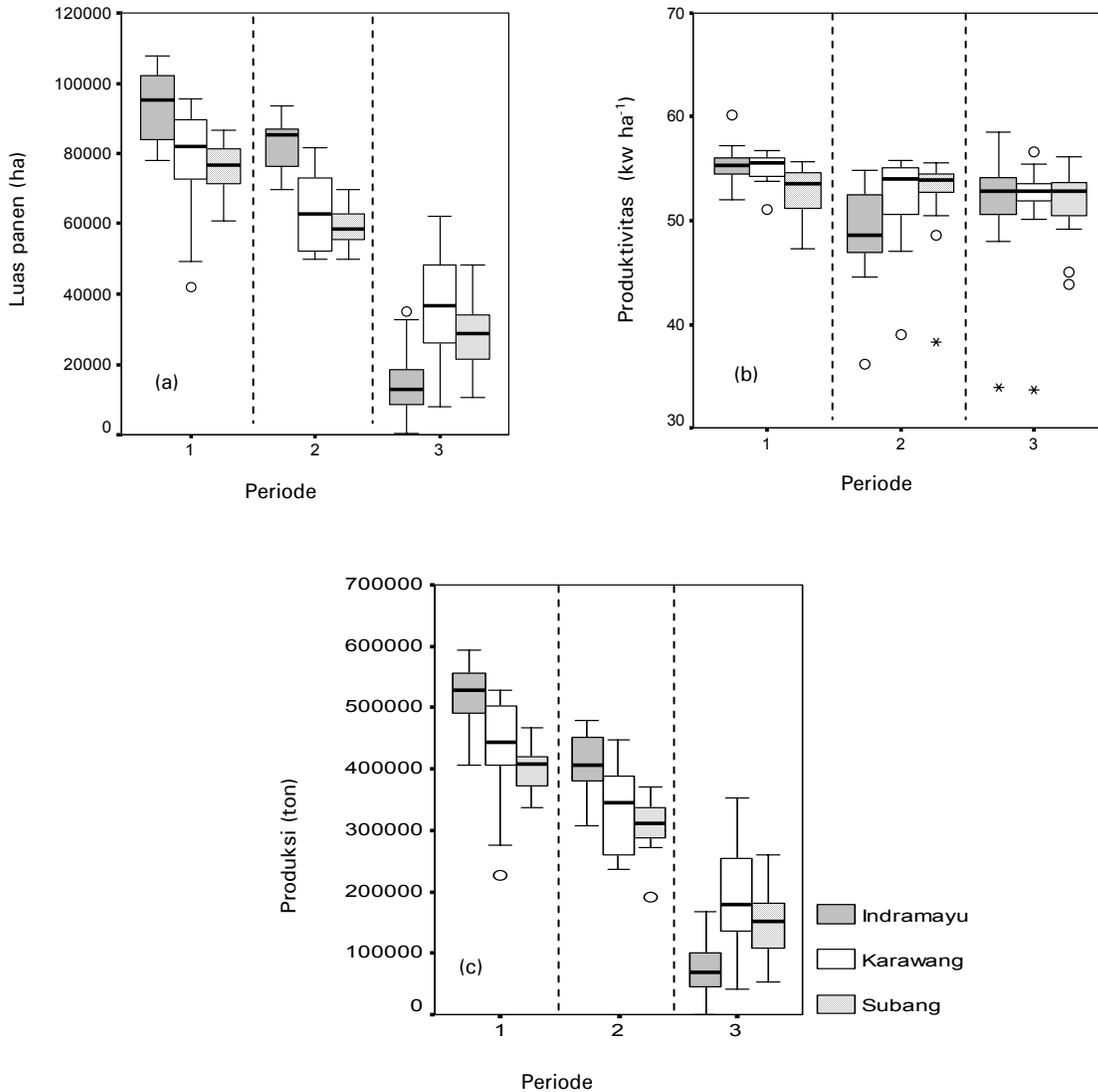
HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi produksi padi

Dalam dua dasawarsa terakhir ini, produksi padi (sawah dan ladang) Kabupaten Indramayu, Subang, dan Karawang mencapai 2,8 juta ton per tahun atau 27% rata-rata per tahun produksi padi Jawa Barat. Sementara produksi padi (sawah dan

ladang) di Jawa Barat mencapai 18% dari produksi padi Nasional (BPS, 2007). Keragaman produksi padi di Jawa Barat sangat didominasi ketiga kabupaten tersebut.

Puncak produksi per tahun terjadi pada penanaman pada musim hujan, yaitu dalam kalender tahun periode 1. Pada periode ini, produksi padi di 3 kabupaten rata-rata mencapai 450 ribu ton, dengan



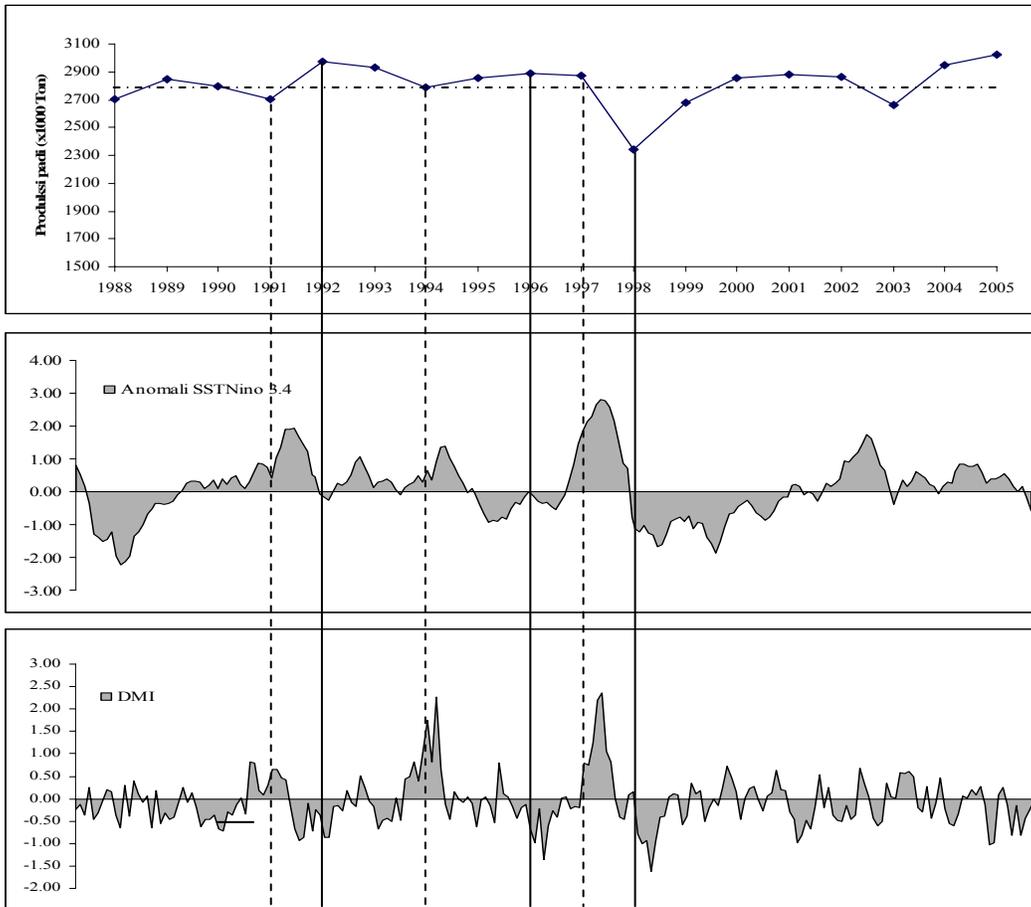
(Sumber: Diolah dari BPS,1988-2005)

Gambar 2. Box-plot luas panen (a), produktivitas (b), dan produksi padi (c) per periode ketiga kabupaten

Figure 2. Box plot of harvest area (a), productivity (b), and rice production (c) every subround in three districts

luas panen mencapai 83 ribu ha. Diantara ketiga kabupaten tersebut, Kabupaten Indramayu mempunyai produksi yang tertinggi, terutama pada periode 1 dan 2 (Gambar 2). Sebaliknya, pada periode 3, Indramayu justru mempunyai luas panen yang terkecil diantara ketiga kabupaten. Pada periode 3, Karawang menghasilkan luas panen terluas, disusul Kabupaten Subang. Hal ini karena area sawah di Karawang tersedia irigasi teknis dari Waduk Jatiluhur. Luas panen pada periode 3 sangat

beragam, demikian juga produksi padi yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa luas panen dan produksi padi antar tahun berfluktuasi. Keputusan menanam padi sangat bergantung pada ketersediaan air pada saat itu, dimana padi membutuhkan 600-1.200 mm air selama 90-120 hari dari penanaman hingga panen (Naylor *et al.*, 2002). Sementara pada periode 3 merupakan musim transisi untuk memasuki musim hujan.



Gambar 3. Produksi padi per tahun Kabupaten Indramayu, Subang, dan Karawang dan plot runtun waktu anomali SST Nino 3.4, dan DMI (Keterangan: El-nino (---), La-nina (—))

Figure 3. Rice Production every year in Indramayu, Subang, and Karawang District and time series plot of SST Nino 3.4 anomaly, and DMI (Note : El-nino (---) La-nina (—))

Gambar 3 menunjukkan bahwa keragaman produksi padi di ketiga kabupaten (Indramayu, Subang, dan Karawang) dipengaruhi oleh fenomena ENSO (SST Nino3.4) dan *dipole mode index* (DMI). Penurunan produksi padi pada saat El-Nino 1991 cukup dratis yaitu 110 ribu ton dari rata-rata produksi dari 1988-2005, sementara 1994 (tahun El-Nino) penurunannya 22 ribu ton. Pada tahun 1997 (tahun El-Nino) tidak mengalami penurunan produksi, bahkan terjadi kenaikan sebesar 58 ribu ton, meskipun pada tahun 1997 anomali SST Nino 3.4 positif dan nilai DMI juga positif (Gambar 3).

Namun secara nasional produksi padi tahun El-Nino 1997 menunjukkan bahwa kumulatif lahan sawah mengalami kekeringan dari bulan Mei-Agustus > 400 ribu ha, sementara pada tahun normal dan La-Nina < 75 ribu ha (Boer dan Las, 2003). Tahun 1998, merupakan tahun La-Nina (SST Nino 3.4 negatif) dan diikuti nilai DMI juga negatif, terjadi penurunan produksi yang cukup tajam pada ketiga kabupaten. Banyak faktor yang menyebabkan penurunan produksi padi tahun 1998. Boer (2000) menyatakan bahwa penurunan produksi padi 1998 lebih disebabkan oleh terjadinya krisis multidimensi (krisis politik, keamanan, ekonomi dan lain-lain).

Model hubungan anomali luas panen dan curah hujan terboboti (CHT)

Berdasarkan identifikasi awal hubungan antara anomali luas panen dan curah hujan terboboti (CHT) menunjukkan bahwa periode kedua mempunyai hubungan yang cukup erat. Hal ini ditunjukkan dengan nilai korelasi (r) sebesar 0,6-0,7. Berbeda dengan periode pertama dan periode ketiga, menunjukkan hubungannya yang kurang jelas. Keeratan hubungan tersebut ditunjukkan dengan besarnya nilai korelasi dan diagram pencar (*scatterplot*) antara luas panen dan CHT (Gambar 4).

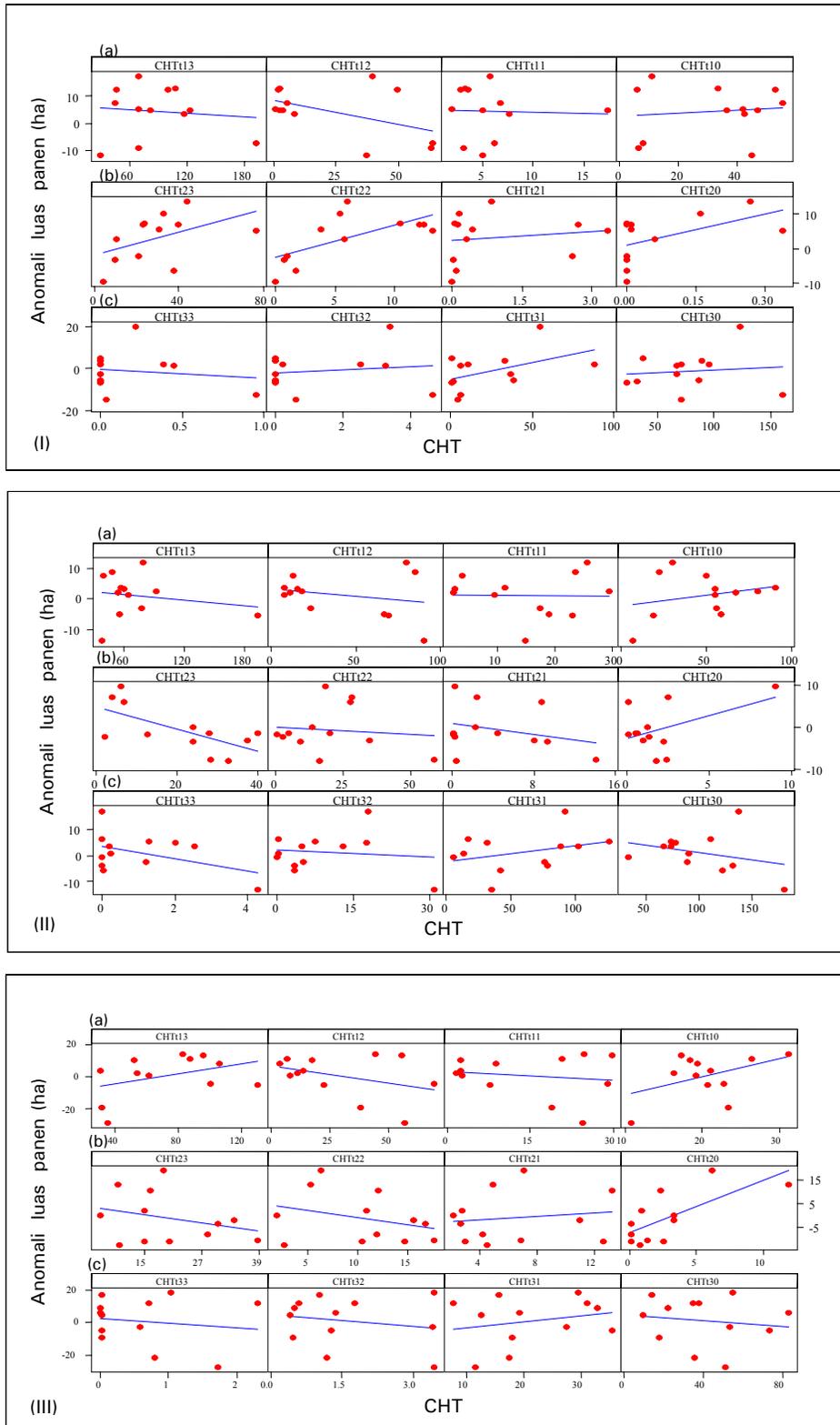
Ketidajelasan hubungan anomali luas panen dan CHT pada periode pertama ditunjukkan dengan pola acak (Gambar 4a). Ketidajelasan hubungan ini diduga karena pada periode ini merupakan musim hujan, ($r = 0,1-0,4$), sehingga ketersediaan air hujan cukup. Demikian juga pada periode ketiga diagram pencar antara anomali luas panen dan CHT mempunyai pola acak (Gambar 4c). Salah satu penyebabnya adalah areal sawah dan ladang yang ditanami padi merupakan lahan irigasi teknis, sehingga tidak begitu tergantung pada curah hujan. Artinya lahan pertanian yang tidak mempunyai irigasi teknis, maka tidak ditanami padi. Hal ini ditunjukkan dengan luas areal panen pada periode tiga lebih sedikit daripada periode 1 dan 2. Tercatat hanya 21% luas panen dari total luas panen dalam setahun di Karawang dihasilkan pada periode 3, 18% untuk Kabupaten Subang, dan 7% untuk Kabupaten Indramayu.

Hubungan anomali luas panen dan CHT pada periode 2 cukup jelas menunjukkan pola tertentu, terutama pada lag 0 (CHT_{t20}), lag 2 (CHT_{t22}), dan lag 3 (CHT_{t23}) untuk Kabupaten Indramayu, lag 3 dan lag 0 untuk Subang, dan lag 0 untuk Karawang. Di samping itu nilai korelasi pada lag-lag tersebut nyata $\alpha = 5\%$ dan 10% . Secara umum pada periode 2 hubungan anomali luas panen dan CHT cukup jelas menunjukkan pola tertentu, terutama pada lag 0 (CHT_{t20}) untuk semua kabupaten. Ini menunjukkan bahwa ketersediaan air pada masa memasuki bulan fase pembungaan (fase yang sensitif terhadap

kekurangan air) dan pematangan buah (bulan Agustus) menentukan luas panen. Pada lag 0, nilai korelasi bertanda positif untuk semua kabupaten, ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai CHT semakin luas luas area panennya. Dengan kata lain bahwa semakin besar ketersediaan air dari curah hujan akan menghasilkan areal luas panen yang semakin luas.

Tidak semua variabel prediktor nyata (pada $\alpha = 5$ dan 10%), namun variabel tersebut tetap dimasukkan dalam model, dengan tujuan untuk meningkatkan tingkat akurasi ramalan. Pendugaan parameter model dengan metode kuadrat terkecil memberikan nilai (R^2) cukup beragam antar kabupaten, terutama periode 1 dan 3, yaitu berkisar 12-60%. Beberapa kabupaten mempunyai nilai R^2 yang kecil, seperti Kabupaten Subang pada periode 1, Karawang pada periode 3. Kecilnya nilai R^2 ini, salah satu penyebabnya adalah ketidakjelasan hubungan yang linier antara luas panen dan CHT. Di samping itu terdapat beberapa pengamatan pencilan (*outlier*) yang cukup mengganggu dalam proses pemodelan khususnya dalam metode kuadrat terkecil. Amatan pencilan ini tidak bisa dihilangkan begitu saja, karena dalam kenyataannya memang terjadi dan seringkali tidak mengetahui penyebabnya.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, digunakan metode robust dalam pendugaan parameternya. Hasil pendugaan model dengan metode robust dapat menaikkan nilai R^2 , yaitu berkisar 20-88%, sehingga berpotensi meningkatkan akurasi dalam meramal (Tabel 1). Jumlah amatan dalam pemodelan anomali luas panen terbatas (n kecil), sehingga dalam proses pemodelan runtun waktu menjadi bermasalah, terutama tahap identifikasi model. Kaidah pemodelan Box-Jenkins sulit untuk diterapkan, karena jumlah data pengamatan terlalu kecil. Untuk mengatasi itu model diasumsikan bahwa model adalah lag 1, *autoregressive*: AR (1), *moving average* : MA(1), dan ARMA (1,1). Artinya besarnya amatan ke- t dipengaruhi oleh amatan ke- ($t-1$). Hasil pengujian koefisien model runtun waktu menunjukkan sebagian besar nyata pada $\alpha = 5\%$ (Tabel 1).



Gambar 4. Diagram pencar antara CHT dan anomali luas panen Kabupaten Indramayu (I), Subang (II), dan Karawang (III) menurut periode: pertama (a), kedua (b), dan ketiga (c)

Figure 4. Scatterplot of CHT dan harvest area anomaly in Indramayu (I), Subang (II), and Karawang (III) District according to subround : first (a), second (b), and third (c)

Tabel 1. Koefisien regresi dengan variabel prediktor CHT menggunakan metode *robust*, nilai R^2 dan koefisien runtun waktu model anomali luas panen

Table 1. The coefficient regression with CHT variable predictor using robust method, R^2 and the time series coefficient of harvest area anomaly model

Kabupaten	Komponen CHT					Komponen sisaan			R^2
	Intersep	CHT _{t3}	CHT _{t2}	CHT _{t1}	CHT _{t0}	Konst.	Φ_1	θ_1	
Periode 1									
Indramayu	37,91 ^a	-0,16 ^a	-0,20	0,38	-0,43 ^a	-3,15 ^a		0,89 ^a	0,75
Subang	0,87	0,03	-0,14 ^b	-0,14	0,05	0,87	0,88 ^a		0,75
Karawang	-27,42 ^a	-0,03	-0,17	-0,33	1,90	0,62	0,02		0,50
Periode 2									
Indramayu	-7,23 ^a	0,33 ^a	0,56 ^a	-1,61	19,95	-2,80 ^a		0,89 ^a	0,88
Subang	2,77	-0,07	-0,10	0,54 ^b	-3,88 ^a	2,55		-1,31 ^a	0,78
Karawang	-10,34 ^a	-0,08	0,71	-1,66 ^a	5,82 ^a	-0,82 ^a		1,35 ^a	0,75
Periode 3									
Indramayu	-6,93 ^a	-60,83 ^a	9,76 ^a	0,04	0,05	-0,43	0,05		0,82
Subang	4,99 ^b	-7,41 ^a	1,34 ^a	0,09 ^a	-0,16 ^a	2,03 ^a	0,89 ^a		0,77
Karawang	-3,93	1,92	-1,81	0,55	-0,12	-7,05		-0,89 ^a	0,20

^a nyata pada $\alpha = 5\%$, ^b nyata pada $\alpha = 10\%$, Φ_1 koefisien AR (1), θ_1 koefisien MA (1)

Model hubungan antara anomali luas panen dan SST Nino 3.4, DMI, dan rasio luas tanam dan luas baku (LT/LB)

Variabel prediktor lain yang digunakan dalam model anomali luas panen adalah suhu permukaan laut (*sea surface temperature*: SST) Nino 3.4, *dipole mode index* (DMI), dan rasio luas tanam dan luas baku. Karena ada kasus multikolinieritas antar variabel prediktor, khususnya SST dan DMI, maka dilakukan reduksi dengan menggunakan komponen analisis. Hasil reduksi variabel prediktor asal diperoleh empat variabel prediktor baru (PC) dengan tingkat keragaman masing-masing periode sebesar lebih dari 90%. Untuk memudahkan penamaan komponen utama (PC) dilakukan rotasi dengan menggunakan *varimax*. Pada periode 1, PC1 mencirikan dari variabel SST lag 0-lag 3, PC2 mencirikan variabel DMI lag 0 dan lag 1. Total keragaman yang bisa dijelaskan ke-4 PC adalah 96%. Pada periode 2, PC1 mencirikan variabel SST lag 0-SST lag 2, PC2 merupakan gambaran dari variabel DMI lag 0 dan lag 1. Sementara PC3 merupakan ciri dari variabel DMI lag 2 dan 3. Pada periode 3, PC1 merupakan gambaran dari variabel SST lag 0-lag 3 dan DMI lag 1, PC2 merupakan ciri

dari variabel DMI lag 2 dan 3. Total keragaman yang bisa dijelaskan 4 PC sebesar 98%.

Seperti halnya model luas panen dengan prediktor CHT, pada variabel prediktor SST Nino 3.4, DMI, dan LT/LB terdapat amatan yang *outlier*, sehingga digunakan metode *robust* untuk menduga parameternya. Terbatasnya panjang data sehingga tidak semua variabel prediktor PC yang digunakan, karena metode *robust* mensyaratkan banyaknya amatan $n > 2p$ (Chen, 2002). Metode *robust* yang digunakan adalah *least trimmed squares* (LTS). Jumlah $p = 6$ (termasuk β_0), variabel prediktor LT/LB selalu masuk dalam model. Hasil pendugaan parameter dengan regresi *robust* dapat meningkatkan nilai R^2 dan variabel prediktor semakin banyak yang nyata (Tabel 2).

Validasi model anomali luas panen

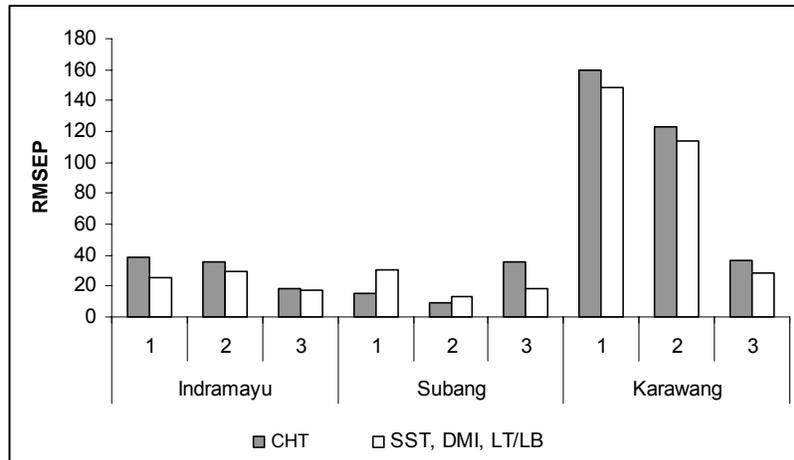
Untuk melihat keterandalan model luas panen dilakukan validasi model dengan menggunakan data bebas sebanyak 3 amatan (3 tahun). Gambar 5 memberikan gambaran bahwa model anomali luas panen dengan variabel prediktor SST Nino 3.4, DMI, rasio LT/LB mempunyai nilai RMSEP sedikit lebih

Tabel 2. Koefisien regresi komponen utama dengan metode robust, nilai R², dan koefisien runtun waktu model anomali luas panen metode robust

Table 2. The Coefficeient of principal component regression using robust method, R², and the time series coefficient of harvest area anomaly model using robust method

Kabupaten	Komponen PC						Komponen sisaan			R ²
	Intersep	PC1	PC2	PC3	PC4	LT/LB	Konst.	ϕ_1	θ_1	
Periode 1										
Indramayu	42,66 ^a	1,52	-0,83	0,47		-64,40 ^a	1,34	0,81 ^a		0,84
Subang	-32,71	-7,69 ^b	0,76	-3,80		64,04 ^b	-2,45 ^a		0,89 ^a	0,47
Karawang	22,57	4,32	0,90	-5,51		-25,90	-6,38		-0,35	0,45
Periode 2										
Indramayu	40,27 ^a	-4,75 ^a	2,05 ^a		3,64 ^a	-69,29 ^a	-0,03	0,66	0,96 ^a	0,95
Subang	13,29 ^a	-1,59 ^a		-0,51	2,77 ^a	-20,42 ^a	-1,62	0,06		0,80
Karawang	70,82 ^a	-1,76	2,21		6,19 ^a	-97,42 ^a	-0,02	0,47	0,92 ^a	0,81
Periode 3										
Indramayu	0,20	-1,95	-4,49 ^a		3,78 ^a	-10,61	2,40 ^a	0,44	0,91 ^a	0,75
Subang	-1,20	0,65	-5,40 ^b		1,67	-1,23	3,16 ^a	0,19	0,93 ^a	0,66
Karawang	-33,49 ^a	15,56 ^a	-13,52 ^a	10,72 ^a		67,60 ^a	0,49	0,41	0,96 ^a	0,74

^a nyata pada $\alpha = 5\%$, ^b nyata pada $\alpha = 10\%$, ϕ_1 koefisien AR (1), θ_1 koefisien MA (1)



Gambar 5. Nilai RMSEP model anomali luas panen per periode menurut variabel prediktor CHT dan SST, DMI, LT/LB

Figure 5. RMSEP value in harvest area anomaly model every subround by CHT and SST, DMI, LT/LB predictor variable

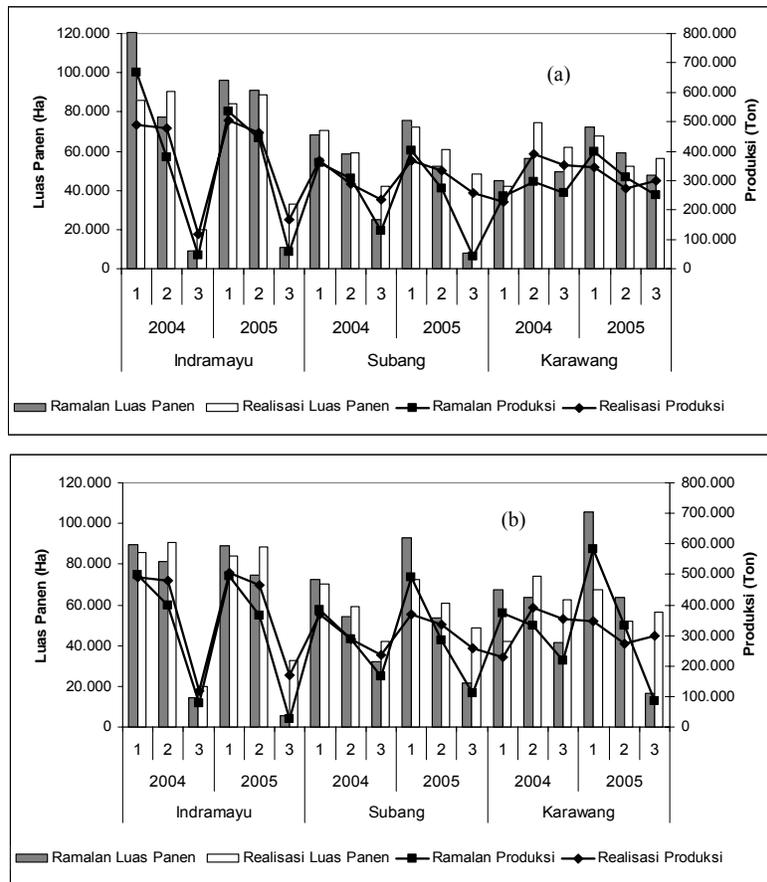
kecil daripada CHT. Namun hasil pengujian nilai tengah dengan t-student menunjukkan perbedaan nilai RMSEP tersebut tidak berbeda nyata ($p\text{-value} > 0.80$). Penggunaan metode robust meningkatkan akurasi ramalan, terutama pada model yang terdapat amatan outlier. Jika tidak terdapat amatan yang outlier, maka metode kuadrat terkecil dan robust mempunyai nilai RMSEP yang hampir sama.

Salah satu penyebab tidak ada perbedaan akurasi hasil ramalan luas panen antara SST Nino 3.4, DMI, rasio LT/LB dan CHT adalah lokasi penelitian yang merupakan wilayah dengan tipe hujan monsun. Pada wilayah ini keragaman curah hujannya dipengaruhi oleh fenomena ENSO dan DMI, sehingga hubungan antara keduanya sangat erat (berkorelasi tinggi). Kemungkinan akan berbeda

tingkat akurasinya, jika lokasi penelitian di wilayah dengan tipe hujan lokal atau equatorial. Boer dan Las (2003) menyatakan bahwa pengaruh El-Nino yang kuat hanya terjadi di beberapa sentra produksi, sehingga anomali iklim El-Nino tidak selalu menyebabkan penurunan produksi padi. Artinya bahwa pada wilayah yang dipengaruhi ENSO, akurasi model ramalan produksi padi (dengan variabel prediktor SST Nino 3.4, DMI, rasio LT/LB) akan tinggi, dan sebaliknya untuk daerah-daerah yang tidak dipengaruhi oleh fenomena ENSO akurasi modelnya akan menurun. Dengan demikian model ramalan produksi padi dengan variabel prediktor CHT diperkirakan akan lebih konsisten untuk semua wilayah sentra produksi padi.

Ramalan produksi padi

Ramalan produksi padi per periode merupakan hasil kali antara luas panen dan produktifitas. Untuk menduga produktifitas digunakan nilai rata-rata selama kurun waktu 1988-2005. Hasil ramalan produksi padi pada periode 2 lebih baik daripada periode 1 dan 3. Kisaran kesalahan dugaan periode 2 antara 900 ton sampai 100 ribu ton atau rata-rata 15% dari nilai aktualnya (Gambar 6). Untuk periode 1 kisaran kesalahan mencapai 6 ribu ton sampai 180 ribu ton. Kesalahan dugaan tertinggi adalah pada periode 3, dengan kisaran antara 70 ribu-200 ribu ton. Besarnya kisaran kesalahan dugaan pada periode 3, diduga karena lokasi penelitian tidak terlalu terpengaruh oleh air hujan (faktor iklim) dan tersedia air melalui irigasi teknis.



Gambar 6. Validasi model luas panen dan produksi per periode dengan CHT (a) dan SST, DMI, LT/LB (b)

Figure 6. Validation of harvest area and production every subround model with CHT (a) and SST, DMI, LT/LB (b)

Rataan kesalahan ramalan luas panen variabel CHT periode 1, 2, dan 3, masing-masing secara berurutan adalah 13, 14, dan 47%, sementara variabel prediktor SST Nino 3.4, DMI, rasio LT/LB adalah 27, 12, dan 49%. Rataan kesalahan ramalan produksi padi masing-masing adalah 13%, 15%, dan 49% untuk CHT, sementara SST Nino 3.4, DMI, rasio LT/LB adalah 29, 12, dan 51%. Secara umum hasil ramalan produksi padi per tahun mempunyai kisaran kesalahan 10-11% dari nilai aktualnya baik variabel prediktor CHT maupun variabel SST Nino 3.4, DMI, dan LT/LB (Tabel 3). Hasil ramalan ini merupakan angka ramalan pertama (ARAM 1). Hasil ramalan BPS mempunyai kisaran kesalahan 5-10% (BPS, 2007). Namun hasil ini tidak bisa diperbandingkan tingkat akurasi ramalannya, karena cakupan wilayah BPS adalah provinsi, sementara model yang dibangun dalam penelitian ini adalah kabupaten.

KESIMPULAN

1. Tidak terdapat perbedaan yang nyata antara variabel prediktor CHT dan SST Nino 3.4, DMI, dan LT/LB dalam memodelkan luas panen, khususnya untuk wilayah dengan tipe hujan

monsun. Hasil ramalan luas panen periode 2 lebih baik daripada periode 1 dan 3. Rataan kesalahan ramalan luas panen dari nilai aktualnya dengan variabel CHT periode 1, 2, dan 3, masing-masing secara berurutan adalah 13, 14, dan 47%, sementara variabel prediktor SST Nino 3.4, DMI, rasio LT/LB adalah 27%, 12%, dan 49%. Hasil ramalan produksi padi periode 2 lebih baik daripada periode 1 dan 3, dengan kisaran kesalahan 15% dari nilai aktualnya. Kisaran kesalahan ramalan produksi padi per tahun mencapai 10-11% dari nilai aktualnya, sehingga berpotensi menghasilkan ramalan yang akurat.

2. Hasil ramalan model dengan prediktor CHT diperkirakan mempunyai akurasi tinggi di semua lokasi, sedangkan ramalan model dengan prediktor SST Nino 3.4 dan DMI mempunyai akurasi yang tinggi untuk wilayah dengan tipe hujan monsun. Berdasarkan ketersediaan data, data SST Nino 3.4 dan DMI lebih mudah daripada data curah hujan. Dengan demikian untuk wilayah tipe hujan monsun lebih mudah menggunakan model SST Nino 3.4 dan DMI daripada model CHT.

Tabel 3. Nilai ramalan produksi padi dan aktual per tahun dengan menggunakan variabel prediktor CHT (A) dan SST, DMI, LT/LB (B)

Table 3. Forecasting and actual of rice production every year using CHT (A) dan SST, DMI, LT/LB (B) predictor variable

Kabupaten	Tahun	Luas panen		Produksi		(Abs(Δ)/Akt.) x 100%	
		Aktual	Ramalan	Aktual	Ramalan	Luas panen	Produksi
(A)	 ha t %
Indramayu	2004	196.514	206.873	1.086.306	1.092.144	5,27	0,54
	2005	205.591	198.336	1.137.958	1.035.342	3,53	9,02
Subang	2004	171.541	151.600	891.572	797.097	11,62	10,60
	2005	181.666	135.868	962.898	715.885	25,21	25,65
Karawang	2004	178.614	150.716	968.649	799.337	15,62	17,48
	2005	175.937	179.209	919.843	956.285	1,86	3,96
Rataan						10,52	11,21

(B)							
Indramayu	2004	196.514	185.939	1.086.306	971.507	5,38	10,57
	2005	205.591	169.462	1.137.958	887.883	17,57	21,98
Subang	2004	171.541	159.319	891.572	837.281	7,12	6,09
	2005	181.666	168.364	962.898	886.239	7,32	7,96
Karawang	2004	178.614	172.767	968.649	921.434	3,27	4,87
	2005	175.937	185.458	919.843	999.518	5,41	8,66
Rataan						7,68	10,02

Δ = Aktual - Ramalan

DAFTAR PUSTAKA

- Arrigo, R.D. and R. Wilson. 2008.** El Nino and Indian Ocean influences on Indonesian drought: implications for forecasting rainfall and crop productivity. *Int. J. Climatology*. (www.interscience.wiley.com)
- Boer, R. dan I. Las. 2003.** Sistem produksi padi nasional dalam perspektif kebijakan iklim global. Hlm 215-234. *Dalam* Bambang S. *et al.* (Ed). Kebijakan Perberasan dan Inovasi Teknologi Padi: Buku Dua. Prosiding Pertemuan Ilmiah Bagian Proyek Litbang Tanaman Padi, 2003. Sukamandi.
- Boer, R. 2000.** Perkiraan Kondisi Iklim dan Produksi Beras Nasional 2001. Paper disajikan dalam Pertemuan Prospek Ketersediaan Pangan 2001. Badan Urusan Ketahanan Pangan. Kampus Departemen Pertanian Jakarta, 30 Agustus 2000.
- Boer, R. and A. Faqih. 2005.** Current and Future Rainfall variability in Indonesia. Technical Report of AIACC Project Integrated Assessment of Climate Change Impact, Adaptation and Vulnerability In Watershed Areas and Communities in Southeast Asia (AIACC AS21): Indonesia Component.
- Boer, R., I. Wahab, Perdinan, and H. Meinke. 2004.** The Use of Global Climate Forcing for Rainfall and Yield Prediction in Indonesia: Case study at Bandung District. Paper was presented in the 4th International Crop Sciences Congress, September 2004 in Brisbane, Australia.
- Badan Pusat Statistik dan Departemen Pertanian. 2003.** Buku Pedoman Petugas Kabupaten/ Kota dan Provinsi. Pengumpulan Data Tanaman Pangan dan Hortikultura. Jakarta. BPS dan Deptan.
- Badan Pusat Statistik. 2007.** Produksi Padi dan Palawija (Angka Ramalan I 2007). Jakarta. BPS.
- Chen, C. 2002.** Robust Regression and Outlier Detection with the Robustreg Procedure. SAS Institute. Inc. Cary, NC.
- Hendon, H.H. 2003.** Indonesian rainfall variability: impacts of ENSO and local air-sea interaction. *J. Climate* 16:1775-1790.
- Naylor, R.L., W.P. Falcon, D. Rochberg, and Nikolaswada. 2001.** Using El Niño-Southern Oscillation climate data to predict rice production In Indonesia. *Climatic Change* 50:255-265.
- Naylor, R.L., W.P. Falcon, N. Wada, and D. Rochberg. 2002.** Using El Niño-Southern Oscillation climate data to improve food policy planning in Indonesia. *Bulletin of Indonesian Economic Studies* 38:75-91.
- Naylor, R.L., W.P. Falcon, N. Wada, D. Battisti, D.J. Vimont, and M.B. Burke. 2007.** Assessing risk of climate variability and climate change for Indonesian rice agriculture. *PNAS* 104: 7752-7757.
- Surmaini E. 2006.** Optimalisasi Alokasi Lahan Berdasarkan Skenario Iklim di Kabupaten Bandung [Tesis]. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Saji, N., B. Goswami, P. Vinayachandran, and T. Yamagata. 1999.** A dipole mode in the tropical Indian Ocean. *Nature* 401:360-363.
- Data SST Nino 3.4.** <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/> (didownload September 2008).
- Data DMI.** <http://www.jamstec.go.jp/frsgc/> (didownload September 2008).