

ISSN No. 2088-4818

Penelitian Masalah Lingkungan di Indonesia

2012

Buku 1

Editor
Priana Sudjono
Darmanto
Sunjoto



Ikatan Ahli Teknik Penyehatan dan Lingkungan Indonesia

ISSN 2088-4818

**Penelitian Masalah Lingkungan di Indonesia
2012**

**Penelitian Masalah Lingkungan di Indonesia 2012
Buku 1**



Prosiding “Penelitian Masalah Lingkungan di Indonesia 2012” berisi makalah Seminar Ilmiah Nasional VIII dengan tema Penelitian Masalah Lingkungan di Indonesia. Seminar ini diselenggarakan di Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada pada tanggal 12 Juli 2012. Makalah telah diperiksa oleh ahli pada bidangnya.



Editor: Priana Sudjono, Darmanto, dan Sunjoto

Email: redaktur@lingkungan-tropis.org
Milis: lingkungan-tropis@yahoogroups.com
Website: <http://www.lingkungan-tropis.org>

ISSN No 2088-4818

Percetakan: Mizan Grafika Sarana
Setting: sainorz

**Panitia
Seminar Nasional VIII
Penelitian Masalah Lingkungan di Indonesia**

Pelindung

Ketua Umum IATPI
Dekan Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada

Penanggung Jawab

Priana Sudjono (IATPI)

Komite Pelaksana

Darmanto (Ketua)
Intan Supraba (Sekretaris)
Sri Puji Saraswati (Wakil Ketua)
Budi Kamulyan
Baiq Zurkurniyanti
Mamiék Purwati
IATPI Yogyakarta
Waterplant Community UGM
Hidayah Pujiwati
Dessi Echi

Komite Ilmiah

Sunjoto (Ketua-UGM)
Hari Kusnanto (UGM)
Sudarmadji (UGM)
Sudharto P. Hadi (Undip)
Ircham (UGM)
Sudiana Mahendra (Unud)
I Wayan Arthana (Unud)
Aboejoewono Aboeprajitno (IATPI)
Wahyono Hadi (ITS)
Harun Sukarmadjaya (ITB)
Soelistyoweni (UI)
Setyo S. Moersidik (UI)
Otto SR. Ongkosongo (P2O-LIPI)
Alvi Syahrin (PSL-USU)
Delianis Pringgenies (Undip)
Ratnaningsih Ruhiyat (Trisakti)
Syafrudin (Undip)

Indeks Nama Pemakalah

Agung Imantyoko	I. Hadi S.	Nurzaman Adikusumah
Ahmad Subardja	Iis Sofiati	Rahmat Sunarya
Apriyan Dinata	Indah Susanti	Retno Dwirestiani
Arief Suryantoro	Joni Safaat Adiansyah	Reza Adhi Fajar
Armi Susandi	Juniarti Visa	Saipul Hamdi
Arnata, I W.	Karina Putri Valyana	Sartono Marpaung
Aventi	Kholil	Sinta Berliana
Bakhtiar Nofti C.	Lani Triani, I G.A.	Soni Aulia Rahayu
Bambang Siswanto	Lely Qodrita Avia	Sumaryati
Bawa Putra, A.A.	Lilik Slamet S.	Teguh Harjana
Benny Syahputra	Mahendra, M.S.	Teguh Suparno
Budiarsa Suyasa, I W.	Mamad Tamamadin	Toni Samiaji
Damar Aryo Sutrisno	Margareta Maria Sintorini	Tuti Budiwati
Dessy Gusnita	Martono	W. Eko Cahyono
Didi Satiadi	Mila Dirgawati	Wawan H. N.
Eddy Hermawan	Muzirwan	Widyatmoko
Eka Wardhani	Nani Cholianawati	Wilda Nailly
Erma Yulihastin	Ninong Komala	Wiwiek Setyawati
Gunam, I.B.W.	Novitasari	Yugo Kumoro
Haries Satyawardhana	Nurul Dhewani Mirah Sjafrie	Yunarto

Kata Pengantar

Seminar ilmiah hasil-hasil penelitian masalah lingkungan pada tahun 2012 merupakan suatu seminar ilmiah tahunan dalam bidang lingkungan. Seminar ini diselenggarakan atas kerjasama antara IATPI dengan Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan – Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada dengan tema “Penelitian Masalah Lingkungan di Indonesia.” Seminar diadakan di Kampus Universitas Gadjah Mada pada tanggal 12 Juli 2012.

Seminar ini merupakan salah satu cara penyebar-luasan hasil-hasil penelitian ilmiah yang bertujuan pada pemecahan masalah pencemaran, rekayasa pengolahan air minum dan air buangan, kesehatan lingkungan, konservasi sumber daya alam, dan pengelolaan lingkungan. Penelitian ini pada dekade terakhir menjadi menarik karena masalah lingkungan semakin beragam baik di perkotaan maupun di perdesaan. Dalam menghadapi permasalahan lingkungan, berbagai perguruan tinggi mengembangkan pendidikan dan penelitian pada topik yang sangat beragam pula. Selain itu pula berbagai pusat penelitian atau lembaga pemerintah maupun swasta tidak ketinggalan dalam berkiprah pada berbagai penelitian dan usaha pemecahan masalah lingkungan. Oleh karena itu, pertemuan ilmiah setiap tahun untuk penampilan berbagai hasil penelitian sangat penting.

Tujuan seminar adalah tukar pikiran dan saling mengenal akan kegiatan yang ada di setiap perguruan tinggi atau lembaga penelitian. Komunikasi antar peneliti dalam membicarakan penelitian dan pendidikan lingkungan serta usaha pemecahan masalah lingkungan dapat dilakukan. Dengan demikian, hal ini dapat memacu timbulnya pemikiran terpadu dalam melakukan usaha pelestarian lingkungan. Dalam seminar, makalah dibagi menjadi: Manajemen Sumberdaya Berkelanjutan, Komputasi - Perangkat Lunak dan Permodelan Lingkungan, Teknologi Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Penyehatan Lingkungan, Lingkungan dan Sistem Sosial, Industri – Pembangunan – Lingkungan, dan Green Infrastructure.

Pemakalah yang hadir berasal dari: Universitas Muhammadiyah Mataram; Program Magister Ilmu Lingkungan, Program Pasca Sarjana, Universitas Udayana; Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Universitas Udayana; FMIPA, Universitas Negeri Semarang; Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro; Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung; Program Studi Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro; Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Pati; Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada; Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan, Yogyakarta; Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia; Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional; Program Studi Meteorologi, Institut Teknologi Bandung; Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, Bandung; Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITENAS, Bandung; Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman, Kementerian Pekerjaan Umum; Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Trisakti; Pusat Penelitian Oseanografi, LIPI; Fakultas Teknik, Universitas Sahid; Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Informasi Pertanian, Bogor; Teknik Kimia, Universitas Mulawarman; Teknik Lingkungan, Universitas Mulawarman; Fakultas Teknik, Universitas Lambungmangkurat; Bagian Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Mulawarman; PT. Pertamina Unit Bisnis EP Tanjung; Politeknik Banjarmasin; Fakultas Teknik Universitas

Lambung Mangkurat; Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.

Penyusunan prosiding Penelitian Masalah Lingkungan di Indonesia 2012 mengalami banyak hambatan dan rintangan. Kesibukan para pemakalah sebagai salah satu penyebab tertundanya penyempurnaan makalah agar sesuai dengan kisi-kisi dan aturan majalah Ilmiah Lingkungan Tropis. Akhirnya atas kegigihan team Redaktur Lingkungan Tropis, prosiding dengan format dan isi yang sempurna dapat diterbitkan. Disamping itu seminar ini dapat terlaksana dengan baik tentu atas dukungan para Dosen dan mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada maupun Pengurus serta Senior IATPI. Selain itu, ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada GreenCitarum Foundation atas pendanaannya sehingga seminar ini berlangsung yang ke delapan kalinya. Seminar ini diharapkan akan terus berlanjut setiap tahun sebagai salah satu kegiatan ilmiah dalam bidang lingkungan di Indonesia.

Priana Sudjono
Editor Ketua

Daftar Isi

Panitia
Indeks Nama Pemakalah
Kata Pengantar

Buku 1

MANAJEMEN SUMBERDAYA BERKELANJUTAN	Halaman
VARIASI BULANAN TINGGI LAPISAN TROPOPAUSE KAWASAN BARAT INDONESIA BERBASIS HASIL ANALISIS DATA EAR Eddy Hermawan	1 – 8
PENYEBARAN GAS SO ₂ DAN AEROSOL DI SUMATRA Toni Samiaji	9 – 18
OZON DAN PENGARUHNYA TERHADAP INDEKS UV HASIL PENGUKURAN INSTRUMENT BREWER SPECTROPHOTOMETER DAN AWS DI BANDUNG (16,9 ⁰ LS, 107,583 ⁰ BT) Wiwiek Setyawati, Tuti Budiwati, dan Saipul Hamdi	19 – 26
KARAKTERISTIK ANGIN ZONAL DAN MERIDIONAL PADA SAAT MUSIM BASAH DAN KERING DI WILAYAH INDONESIA Juniarti Visa, Sartono Marpaung, dan Nurzaman Adikusumah	27 – 35
ANALISIS PERUBAHAN UNSUR IKLIM DI LOMBOK BERDASARKAN DATA REANALISIS DAN SATELIT Haries Satyawardhana, Nurzaman A., Erma Yulihastin, dan Sumaryati	37 – 44
ANALISIS CURAH HUJAN MUSIM KERING (JJA) 2010 DI INDONESIA TERKAIT CUACA EKSTRIM Lely Qodrita Avia	45 – 54
PENGARUH MONSUN DAN LA-NINA TERHADAP VARIASI SPASIAL DAN TEMPORAL KONDISI EKSTREM HUJAN MEDAN, JAKARTA DAN AMBON Arief Suryantoro, Muzirwan, dan Teguh Harjana	55 – 63
PENENTUAN AMBANG BATAS CURAH HUJAN UNTUK PREDIKSI KEJADIAN LONGSOR DI DAS CITARUM Soni Aulia Rahayu, Nani Cholianawati, Indah Susanti, Sinta Berliana, Rahmat Sunarya, dan Teguh Suparno	65 – 73

KOMPUTASI, PERANGKAT LUNAK, DAN PEMODELAN LINGKUNGAN

SIMULASI NUMERIK PERGERAKAN INTER-TROPICAL CONVERGENCE ZONE (ITCZ) BERBASIS MODEL SIRKULASI UMUM ATMOSFER Didi Satiadi dan Nurzaman Adikusumah	75 – 82
SIMULASI DAN SKENARIO FENOMENA MONSUN DAN ENSO BERBASIS MODEL SIRKULASI GLOBAL (GCM) Bambang Siswanto, Nurzaman, dan Martono	83 – 96
MODEL PERUBAHAN IKLIM UNTUK MENGURANGI RESIKO GAGAL TANAM PERTANIAN DI JAWA BARAT Armi Susandi dan Mamad Tamamadin	97 – 105
IDENTIFIKASI DAN PREDIKSI KEJADIAN EKSTREM HUJAN MENGUNAKAN KRITERIA QUINTIL, PERSENTIL DAN ARIMA Arief Suryantoro	107 – 116
ANALISIS TREND KONSENTRASI KARBON DIOKSIDA (CO ₂) DAN SUHU PERMUKAAN DI PULAU JAWA TAHUN 2002-2011 Ninong Komala	117 – 126
ANALISIS STATISTIK UJI EMISI DI KOTA PALEMBANG Dessy Gusnita dan Lilik Slamet S.	127 – 135
MODEL SISA KHLOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI AIR MINUM PDAM KOTA SEMARANG Benny Syahputra	137 – 144

TEKNOLOGI PENGENDALIAN PENCEMARAN LINGKUNGAN

PENYARINGAN AIR SEDERHANA UNTUK MEMENUHI KEBUTUHAN AIR DI PULAU NUNUKAN, KALIMANTAN TIMUR Wilda Naili, I. Hadi S., Yugo Kumoro, Ahmad Subardja, Yunarto, dan Wawan H. N.	145 – 154
PENERAPAN METODE ELEKTROKOAGULASI DALAM PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT Eka Wardhani, Mila Dirgawati, dan Karina Putri Valyana	155 – 169
KAJIAN <i>PILOT PROJECT</i> PEMANFAATAN TEKNOLOGI <i>DEWATERING</i> DALAM PENGOLAHAN LIMBAH PENGEBORAN: STUDI KASUS SUMUR KMB-TE6 DAN KMB-BC6 Bakhtiar Nofli C., Retno Dwirestiani, Agung Imantyoko, dan Damar Aryo Sutrisno	171 – 180
PENURUNAN KADAR <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) DAN AMONIA AIR LIMBAH RUMAH SAKIT DENGAN TEKNIK SUSPENSIF MIKROORGANISME I Wayan Budiarsa Suyasa, M.S. Mahendra, dan A.A. Bawa Putra	181 – 191
PEMANFAATAN LIMBAH SEKAM PADI DALAM PEMBUATAN <i>HOLLOW PANEL</i> UNTUK MENGURANGI PENCEMARAN LINGKUNGAN Aventi	193 – 201

PENYEHATAN LINGKUNGAN

IDENTIFIKASI DAN PENGURANGAN KANDUNGAN Pb DAN Cd
PADA KANGKUNG 203 – 212

I G.A. Lani Triani, I.B.W. Gunam, dan I W. Arnata

SANITASI DAN SARANA AIR BERSIH SEBAGAI FAKTOR
YANG MEMPENGARUHI KERENTANAN DIARE 213 – 220

DI KABUPATEN BEKASI, JAWA BARAT

Margareta Maria Sintorini

LINGKUNGAN DAN SISTEM SOSIAL

PERAN SERTA MASYARAKAT
DALAM PENGELOLAAN POLDER TAMBAK HANYAR 221 – 229

Novitasari, dan Reza Adhi Fajar

PENGELOLAAN SUMBERDAYA PERIKANAN
MELALUI PEMBERDAYAAN MASYARAKAT 231 – 239

DI KABUPATEN BINTAN

Nurul Dhewani Mirah Sjafrie

PERENCANAAN EKOWISATA DI PROPINSI RIAU 241 – 248

Apriyan Dinata

INDUSTRI, PEMBANGUNAN, DAN LINGKUNGAN

METODE AHP (ANALITYCAL HIERARCHY PROCESS) 249 – 258

UNTUK MENETAPKAN STRATEGI TERBAIK PENGENDALIAN

EXPLOITASI GALIAN NON LOGAM DI GUNUNG KIDUL

Kholil

DAMPAK KEBAKARAN HUTAN TERHADAP BEBERAPA UNSUR 259 – 269

METEOROLOGI DAN KUALITAS UDARA

DI PALANGKARAYA-KALIMANTAN TENGAH

Iis Sofiaty

ANALISIS BEBAN POLUSI INDUSTRI 271 – 279

DI JAWA TENGAH

W. Eko Cahyono

DESENTRALISASI PEMBANGKITAN LISTRIK 281 – 289

UNTUK PENYELAMATAN LINGKUNGAN

Widyatmoko

GREEN INFRASTRUCTURE

ANALISA DAMPAK *CLEAN DEVELOPMENT MECHANISM (CDM)* 291 – 301

TERHADAP PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN DI INDONESIA

Joni Safaat Adiansyah

**MODEL PERUBAHAN IKLIM UNTUK MENGURANGI RESIKO GAGAL TANAM
PERTANIAN DI JAWA BARAT**

**CLIMATE MODELING TO REDUCE RISK OF AGRICULTURAL PLANT
FAILING IN WEST JAVA**

Armi Susandi¹⁾, Mamad Tamamadin²⁾

Program Studi Meteorologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan - ITB
Ged. Labtek XI It. 1, Jalan Ganesa 10, Bandung
Email: ¹⁾armi@meteo.itb.ac.id; ²⁾mamadtama@meteo.itb.ac.id

Abstrak: Salah satu wilayah pertanian utama di Indonesia adalah Jawa Barat. Namun demikian, wilayah ini menjadi rentan terhadap menurunnya produktivitas pertanian, karena para petani menjadi sulit menentukan masa tanam padi akibat berubahnya pola curah hujan. Penelitian ini berupaya untuk membantu para petani tersebut dengan cara membuat prediksi masa tanam padi dengan melihat prediksi curah hujan yang terjadi di wilayah Jawa Barat. Metode yang digunakan adalah prediksi curah hujan dengan metode stokastik, pemetaan kriging, dan *overlay* antara peta prediksi curah hujan dengan peta lahan sawah di wilayah Jawa Barat. Data yang digunakan adalah data curah hujan bulanan selama 25 tahun di 15 titik pengamatan. Hasil penelitian adalah peta prediksi masa tanam padi bulanan di seluruh wilayah Jawa Barat selama satu tahun mendatang.

Kata Kunci: model iklim stokastik, prediksi masa tanam padi, pola curah hujan

***Abstract:** One of the main agricultural region in Indonesia is West Java. However, this region is vulnerable to decrease of agricultural productivity because farmers become difficult to determine rice planting time caused by changing of rainfall pattern. This research attempt to help such farmers by making prediction of rice planting time using prediction of rainfall occurred in West Java. Methods used in this research are prediction of rainfall using stochastic method, kriging spatial mapping, overlaying between maps of prediction of rainfall and farm field map in West Java. Data used is rainfall data during 25 years in 15 observations. The result is map of monthly rice planting time in all region in West Java during one next year.*

Keywords: prediction of rice planting time, rainfall pattern, stochastic climate model

I. PENDAHULUAN

Kegagalan para petani dalam mempertahankan keunggulan bibit padi pada saat musim penanamannya saat ini sudah semakin terjadi. Hal ini disebabkan karena faktor iklim yang selalu berganti polanya setiap tahun. Salah satu parameter utama yang menjadi tolok ukur bagi ketahanan padi adalah curah hujan. Curah hujan yang mencukupi harus dipenuhi untuk mendapatkan kualitas produksi padi yang tinggi.

Namun pola curah hujan yang selalu berubah ini membuat para petani cukup khawatir dengan hasil yang dicapai di kemudian waktu. Daya intuisi para petani dalam memperkirakan datangnya musim hujan untuk bercocok tanam saat ini menjadi lumpuh. Persiapan bahan dan bibit tani yang sedianya sudah diperkirakan sesuai dengan datangnya musim hujan selalu tidak tepat. Untuk itu, sejak awal para petani sudah resah akan gagalnya perencanaan produksi padi yang optimal.

Perubahan iklim global memang saat ini yang menyebabkan terjadinya perubahan pola iklim (IPCC, 2001). Indonesia yang secara geografis berada di wilayah tropis sangat memungkinkan terjadinya perubahan pola curah hujan dan iklim lainnya. Ketepatan prediksi menggunakan model-model yang biasa digunakan oleh para ilmuwan saat ini sudah tidak dapat dilakukan lagi. Untuk itu, prediksi iklim termasuk awal musim hujan dengan metode ilmiah yang terbaru dan modern harus menghasilkan prediksi iklim dengan ketepatan yang tinggi yang direpresentasikan dalam peta-peta prediksi iklim (musim hujan) yang beresolusi tinggi saat ini wajib dikembangkan.

IPCC juga melaporkan terjadinya pengurangan curah hujan pada musim kemarau (Naylor, dkk., 2007). Pola curah hujan seperti ini ditambah dengan adanya pergeseran musim akan mempengaruhi ketersediaan air sehingga akan mengurangi produktivitas pertanian di Indonesia. Peng dkk. pada tahun 2004 menyatakan bahwa setiap kenaikan 1°C pada temperatur minimum akan menurunkan produksi padi sebesar 10%. Penurunan produktivitas pertanian akibat perubahan iklim akan meningkatkan jumlah masyarakat yang kekurangan gizi dan akan menjadi hambatan dalam upaya memerangi kemiskinan dan masalah ketahanan pangan (Wang, dkk., 2006).

Salah satu strategi untuk beradaptasi dengan keadaan tersebut adalah pemilihan awal masa tanam yang tepat untuk para petani. Pergeseran musim dan berubahnya pola hujan menyebabkan petani sulit untuk menentukan awal musim tanam yang tepat. Saat ini, kurang akuratnya prediksi awal musim tanam menyebabkan banyaknya gagal panen yang terjadi akibat banjir atau kekeringan. Oleh karena itu diperlukan model prediksi musim dan iklim yang mampu memberikan prediksi yang akurat mengenai awal musim tanam di daerah pertanian.

Pengembangan model prediksi dan prediksi perubahan cuaca dan iklim, khususnya yang bermanfaat langsung bagi masyarakat petani sudah dilakukan. Saat ini, yang menjadi permasalahan adalah bagaimana metode penyampaian informasi yang paling efektif. Hal ini berguna untuk meningkatkan kapasitas adaptif (kemampuan menyesuaikan diri) masyarakat petani atas perubahan pola cuaca dan iklim tersebut secara cepat dan tepat. Para petani memerlukan informasi yang komunikatif dan *user friendly* agar mudah untuk dipahami. Salah satu bentuk informasi yang diperlukan oleh petani saat ini adalah peta masa tanam padi yang memuat informasi mengenai informasi prediksi masa tanam pada waktu yang akan datang. Dengan menggunakan peta masa tanam padi ini, para petani diharapkan dapat melakukan perencanaan yang lebih baik untuk menghindari resiko gagal pada waktu tanam.

II. DATA DAN METODOLOGI

2.1 Data

Untuk mendapatkan prediksi iklim untuk estimasi masa tanam pada lahan pertanian, maka data yang diperlukan adalah data curah hujan yang diperoleh dari stasiun pemantau klimatologi di Jawa Barat selama kurun waktu 25 tahun terakhir dan peta lahan sawah Jawa Barat.

2.2 Metodologi

2.2.1 Pengembangan model proyeksi curah hujan

Untuk mengembangkan model iklim Fast Fourier Transform, data curah hujan dan temperatur akan menjadi input model proyeksi musim dan iklim (Susandi dkk, 2008), dimana langkah-langkah model tersebut akan dijelaskan sebagai berikut. Untuk menghasilkan hasil proyeksi yang baik, model ini memerlukan 3 langkah analisis, yaitu Analisis Proyeksi Langsung, Analisis Anomali dan Analisis Sifat Periodik. Ketiganya digunakan untuk mengoreksi hasil proyeksi satu sama lain sehingga dihasilkan data proyeksi yang stabil dan lebih akurat.

Langkah pertama adalah prediksi secara langsung. Data curah hujan untuk satu lokasi dianalisis dengan *Least Square* untuk menghasilkan kurva fitting yang bersesuaian. Persamaan kurva yang dipilih adalah *Deret Fourier* yang dimodifikasi sedemikian rupa hingga bisa cocok dengan data curah hujan.

$$a_0 + \sum a_i x \sin(iwx) + \sum b_i \cos(iwx) + f(x) \quad (1)$$

Suku 1, 2 dan 3 merupakan penyederhanaan dari deret Fourier kecuali pada suku kedua yang disisipkan variabel x yang bertujuan untuk mengantisipasi perubahan data curah hujan yang semakin ekstrim dan tidak stabil. Suku keempat adalah fungsi yang bertugas memberi gambaran perubahan secara global, bentuknya dapat berupa fungsi polinomial maupun eksponensial.

Algoritma yang digunakan untuk menghasilkan kurva dengan *error* simpangan terkecil adalah algoritma *Levenberg-Macquardt*. Bagian tersulit dari algoritma ini adalah menentukan parameter awal a_0, a_i, b_i, w khususnya parameter frekuensi w yang sangat peka pada perubahan sekecil apapun. Penentuan parameter-parameter ini sendiri akan dikerjakan dengan bantuan algoritma *Fuzzy Logic* dimana input-inputnya berasal dari pengalaman-pengalaman anggota peneliti dalam penelitian sebelumnya.

Proses awal pada analisis kurva *fitting* adalah memilih fungsi *fitting* yang disediakan oleh *library* sistem pemodelan yang terdiri sekumpulan model persamaan matematika yang diperlukan dalam analisis data curah hujan, salah satunya adalah persamaan (1) diatas. Parameter tebakan awal diproses secara otomatis oleh *Fuzzy Logic*. Proses *fitting* sendiri dilakukan secara iterasi oleh algoritma *Levenberq-Macquardt* hingga menghasilkan *error* simpangan terkecil. Apabila *error* yang dihasilkan masih relatif tinggi maka proses diulang dengan memilih fungsi *fitting* yang lain atau mengubah parameter tebakan awal secara manual. Proses ini terus diulang hingga didapat *error* yang dapat diterima secara statistik.

Langkah kedua adalah analisis perubahan yang bertujuan untuk melacak perubahan dari waktu ke waktu yang terjadi sehingga *trend* perubahan cuaca itu sendiri dapat teridentifikasi. Untuk mendapatkan data perubahan ini, data lapangan akan direduksi oleh data rata-rata curah hujan dari tahun 1970 hingga 2000. Hasil dari reduksi ini menghasilkan data dengan

noise yang cukup tinggi sehingga untuk menganalisisnya secara langsung hanya akan memunculkan *error* simpangan yang tinggi pula. Karena pada langkah penelitian ini menitik beratkan pada pelacakan trend perubahan data, maka data dapat di *filter* untuk menghilangkan noise-noise tersebut dengan metode *Kalman Filter*. Metode ini dipilih karena (tidak seperti metode *smoothing* data yang hanya baik untuk memfilter pertengahan data) metode ini dapat memfilter data dari awal data hingga akhir dengan sempurna. Hasil filter ini akan dianalisis lebih lanjut menggunakan analisis kurva *fitting* seperti langkah pertama sehingga memberikan trend perubahan curah hujan yang akan digunakan dalam koreksi data prediksi sebelumnya.

Langkah ketiga adalah analisis sifat priodik data yang bertujuan untuk memberikan informasi waktu berulangnya suatu simpangan curah hujan bersekala besar yang diduga akibat suatu fenomena alam yang terjadi seperti La-Nina dan El-Nino. *Fast Fourier Transform* diskrit digunakan untuk mengubah data curah hujan domain waktu (*time series*) menjadi data frekuensi curah hujan. Perubahan yang signifikan dengan periode tertentu akan dipilih secara manual sebagai bahan koreksi data prediksi dalam kurun waktu jangka panjang.

Langkah terakhir dalam model ini adalah pemetaan kontur curah hujan untuk suatu wilayah dengan metode *Universal Kriging*. Metode universal dipakai karena memberikan keleluasan dalam menentukan tingkat kemiringan distribusi data (curah hujan) atau fungsi *drift* yang berbentuk polinomial orde n . Penentuan fungsi *drift* ini sendiri ditentukan dengan mengacu data citra satelit untuk daerah tersebut.

2.2.2 Membangun Model dan Penentuan Masa Tanam Padi

Hasil dari pemodelan iklim di atas, yang berupa prediksi curah hujan bulanan, akan digunakan untuk menghasilkan estimasi masa tanam padi di Jawa Barat. Untuk mendapat estimasi tersebut, data prediksi curah hujan bulanan terlebih dahulu dibuat menjadi peta skala spasial dengan menggunakan metode Krigging. Metode ini telah dinyatakan mampu untuk memetakan curah hujan yang baik, terutama di wilayah yang memiliki variasi topografi yang tidak terlalu tinggi (Dirks dkk., 1998).

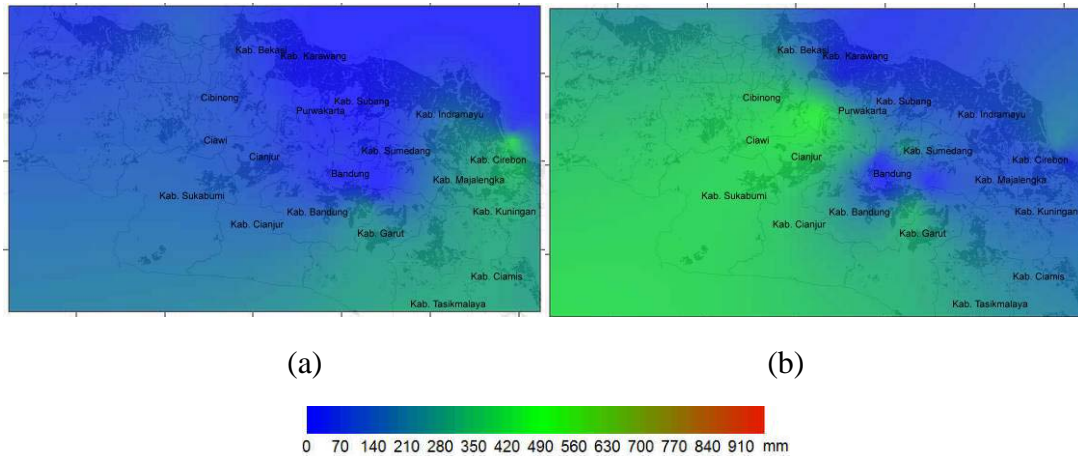
Menurut Suprihatno dkk (2008), pertumbuhan normal tanaman memerlukan curah hujan 200 mm/bulan, namun sebenarnya pada kondisi curah hujan 100 mm/bulan tanaman masih dapat tumbuh dengan baik meskipun tidak sebaik pada kondisi curah hujan cukup. Untuk membuat peta masa awal tanam produksi di suatu daerah, maka diperlukan peta curah hujan yang dikeluarkan oleh model perubahan iklim yang sudah dibangun pada penelitian sebelumnya. Peta ini selanjutnya akan dilakukan *overlay* (tumpang susun) melalui metode Sistem Informasi Geografis dengan peta distribusi sawah yang diperoleh dari Dinas Pertanian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

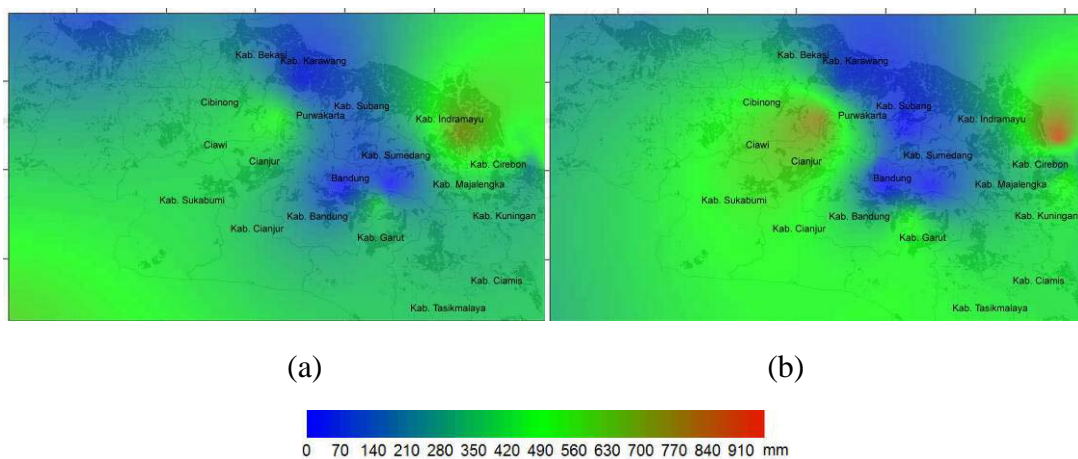
3.1 Peta Spasial Perubahan Pola Curah Hujan di Jawa Barat

Perubahan pola curah hujan di Jawa Barat merupakan efek dari perubahan iklim. Wilayah Jawa Barat merupakan wilayah yang berada pada wilayah tropis sehingga sangat rentan jika pengaruh perubahan iklim global itu terjadi. Selama beberapa tahun mendatang, curah hujan bulanan di Jawa Barat telah diprediksikan dengan menggunakan model yang memanfaatkan

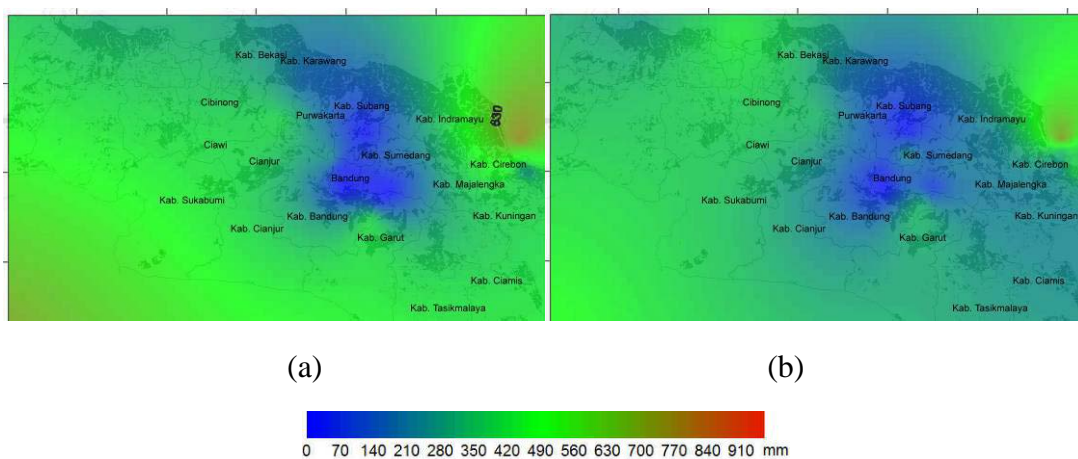
metode *Fast Fourier Transform* dan *Least Square Non Linier*. Hasil yang diperoleh berupa prediksi curah hujan di bulan-bulan basah. Bulan-bulan ini dipilih untuk disesuaikan dengan masa tanam padi di Jawa Barat. Untuk lebih jelasnya, Gambar 1-3 berikut ini memperlihatkan perubahan pola curah hujan di musim basah untuk wilayah Jawa Barat.



Gambar 1 Peta Proyeksi Curah Hujan di Jawa Barat pada musim basah 2013-2014: (a) Oktober 2013, (b) November 2013



Gambar 2 Peta Proyeksi Curah Hujan di Jawa Barat pada musim basah 2013-2014: (a) Desember 2013, (b) Januari 2014



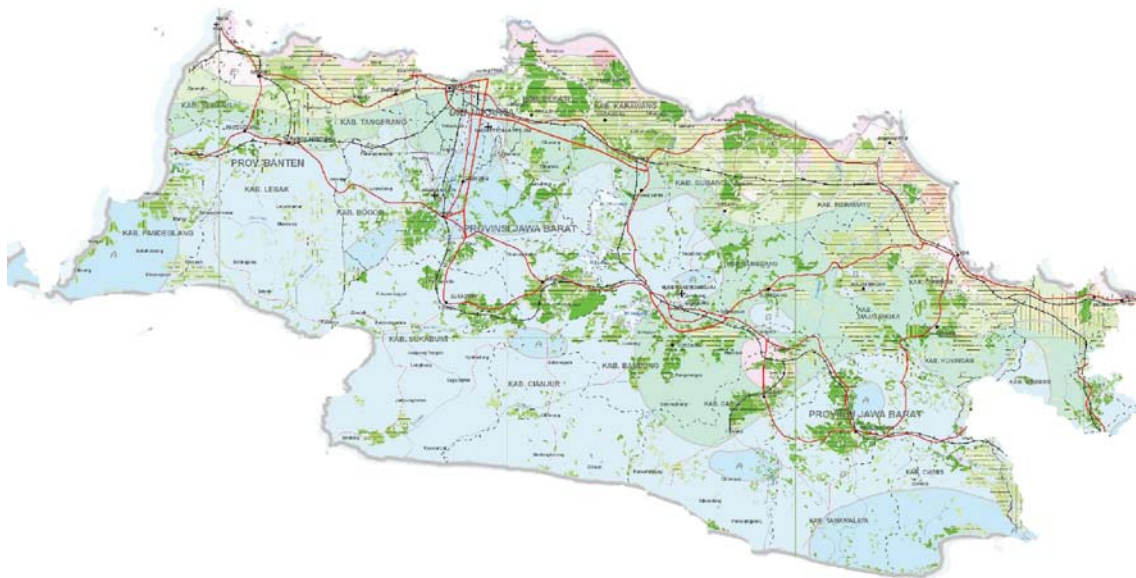
Gambar 3 Peta Proyeksi Curah Hujan di Jawa Barat pada musim basah 2013-2014: (a)
Februari 2014, (b) Maret 2014

3.2 Peta Spasial Prediksi Masa Awal Tanam Padi di Jawa Barat

Pembuatan peta spasial prediksi masa awal tanam padi di Jawa Barat dilakukan pada bulan-bulan basah di setiap tahun. Hal ini disebabkan karena biasanya masyarakat petani mulai dapat menanam padi di bulan-bulan tersebut. Bulan basah (sekitar Oktober hingga Maret) rata-rata memiliki curah hujan yang berkisar antara 150 mm/bulan ke atas. Oleh karena itu, curah hujan sebesar ini sudah cukup untuk mendapatkan debit air yang cukup untuk sawah dapat ditanami padi. Umumnya, bibit padi dapat ditanam jika curah hujan di atas 200 mm/bulan, namun jika menggunakan bibit unggul maka curah hujan sebesar 150 mm/bulan sudah dapat untuk ditanam.

Peta spasial prediksi masa awal tanam padi ini didasarkan pada model penelitian ini. Untuk mendapatkan keyakinan, maka validasi telah dilakukan terhadap peta tanam padi di tahun 2007 dari Departemen Pertanian untuk bulan-bulan basah dengan peta tanam padi hasil prediksi model dalam penelitian ini.

Untuk menguji kualitas suatu model prediksi, maka salah satu hal yang dapat dilakukan adalah membandingkan hasil prediksi model dengan model lain atau data sebenarnya. Berikut ini terdapat kalender informasi masa tanam padi di Jawa Barat yang dikeluarkan oleh Departmen Pertanian (Gambar 4).



□ = Lahan bukan sawah ■ = Lahan sawah mulai tanam gelombang I

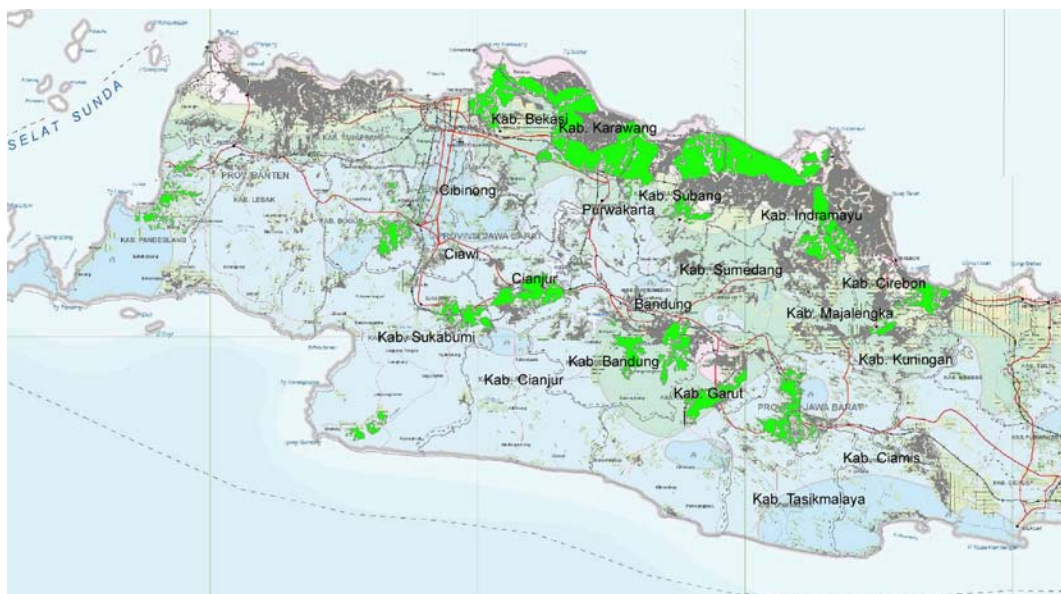
■ = Lahan sawah mulai tanam gelombang II □ = Lahan sawah curah hujan < 1500/tahun

Gambar 4 Peta Eksisting Tanam Padi di Jawa Barat pada Musim Basah Tahun 2007
(Sumber: Departemen Pertanian, 2008)

Peta tanam padi di atas didasarkan pada penyesuaian waktu tanam dan pola tanam. Waktu tanam dan pola tanam disusun berdasarkan beberapa skenario perubahan iklim, khususnya pola dan jumlah curah hujan. Peta tanam menggambarkan potensi pola dan waktu tanam untuk tanaman pangan, terutama padi, berdasarkan potensi dan dinamika sumberdaya iklim dan air.

Peta tersebut dibagi ke dalam dua gelombang, yaitu gelombang I dan gelombang II. Gelombang I berarti waktu tanam padi untuk triwulan pertama di bulan basah, yaitu Oktober, November, dan Desember. Sedangkan gelombang II berarti waktu tanam untuk triwulan kedua di bulan basah, yaitu Januari, Februari, dan Maret. Dua gelombang masa awal tanam padi ini dibedakan berdasarkan warna arsiran pada peta. Untuk gelombang I, digunakan arsiran warna hijau tua, sedangkan gelombang II digunakan arsiran warna hijau muda.

Selanjutnya, peta di atas akan diperbandingkan dengan peta prediksi tanam padi hasil model penelitian yang merupakan hasil overlay peta prediksi curah hujan, peta lahan sawah, dan peta irigasi Jawa Barat. Peta di bawah ini menunjukkan peta prediksi awal masa tanam padi di Jawa Barat yang dibagi menjadi 2 peta bagian, yaitu peta I untuk triwulan pertama, dan peta II untuk triwulan kedua.

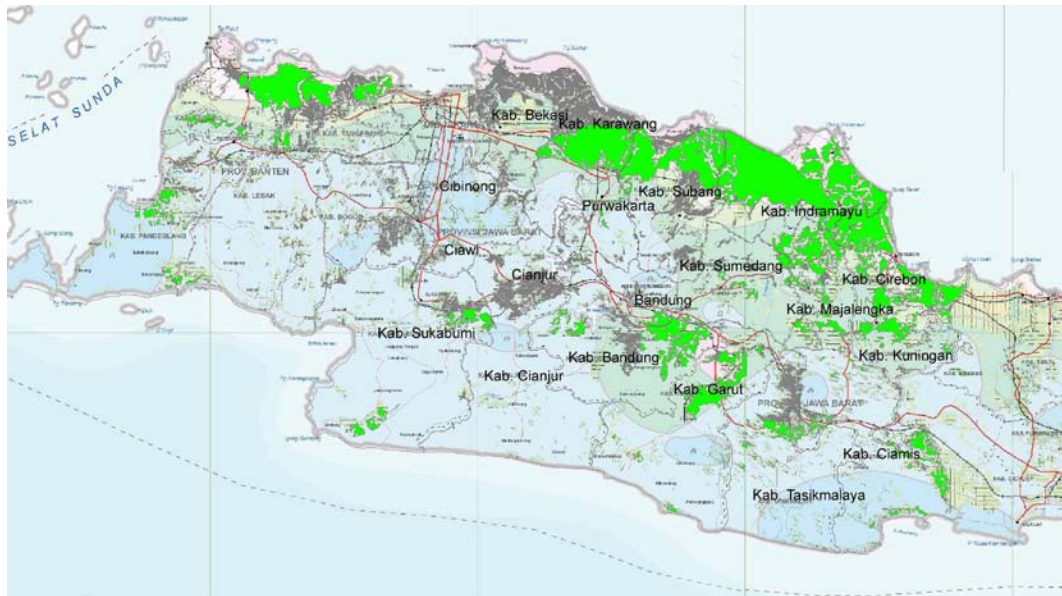


■ = Lahan sawah belum tanam ■ = Lahan sawah sudah mulai tanam

Gambar 5 Prediksi Model untuk masa awal tanam padi triwulan pertama (Oktober, November, dan Desember 2007)

Gambar 6 di atas merupakan peta prediksi tanam padi Jawa Barat (hasil model) untuk triwulan kedua di tahun 2007. Terlihat bahwa kesamaan antara hasil model dan peta tanam padi (Deptan) sangat tinggi. Berdasarkan hasil digitasi menggunakan SIG (Sistem Informasi Geografis) menunjukkan bahwa tingkat validasi hingga mencapai 80%. Begitu juga pada

triwulan yang kedua yang ditunjukkan pada gambar 7. Terlihat bahwa kesamaan antara hasil model dan peta tanam padi (Deptan) sangat tinggi. Berdasarkan hasil digitasi menggunakan SIG (Sistem Informasi Geografis) menunjukkan bahwa tingkat validasi hingga mencapai 85%.

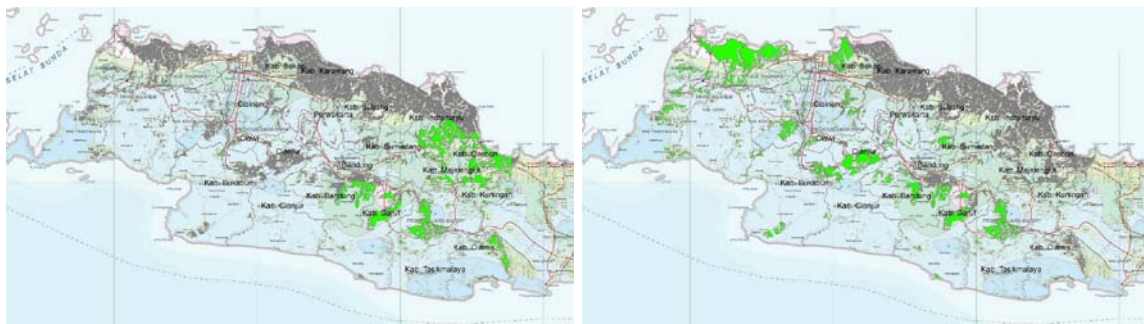


■ = Lahan sawah belum tanam ■ = Lahan sawah sudah mulai tanam

Gambar 6 Prediksi Model untuk masa awal tanam padi pada triwulan kedua (Januari, Februari, dan Maret 2007)

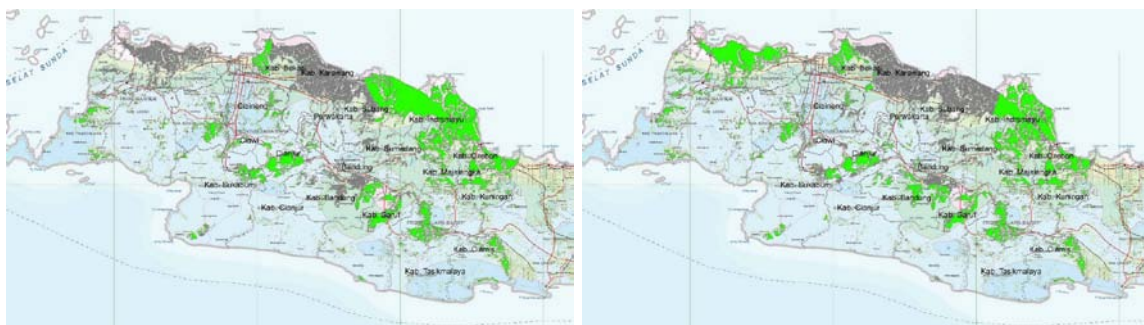
Berikut ini ditampilkan peta-peta spasial curah hujan disertai peta prediksi masa awal tanam padi untuk wilayah Jawa Barat tersebut. Sebagai keterangan, gambar di sebelah kiri adalah peta prediksi curah hujan dan gambar sebelah kanan adalah peta prediksi masa awal tanam padi. Untuk peta masa awal tanam padi, digambarkan menggunakan *fill in* warna hijau muda untuk lahan yang sudah dapat memulai tanam padinya.

Gambar 7 hingga gambar 9 merupakan peta prediksi masa tanam padi Jawa Barat untuk periode tahun 2013/2014. Berdasarkan arah hujan dan besarnya intensitas hujan yang jatuh, wilayah Jawa Barat bagian timur pada bulan Oktober 2013 sudah mulai untuk bertanam padi. Pergerakan posisi matahari yang berada di wilayah bumi bagian selatan menjadikan curah hujan di wilayah Jawa Barat cukup tinggi sehingga dapat mencukupi lahan sawah untuk ditanami padi.



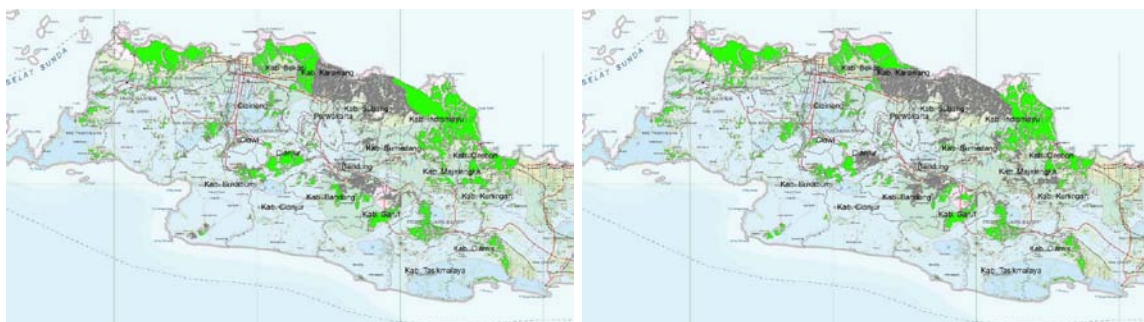
■ = Lahan sawah belum tanam ■ = Lahan sawah sudah mulai tanam

Gambar 7 Peta prediksi masa tanam padi: (a) Oktober 2013 dan (b) November 2013



■ = Lahan sawah belum tanam ■ = Lahan sawah sudah mulai tanam

Gambar 8 Peta prediksi masa tanam padi: (a) Desember 2013 dan (b) Januari 2014



■ = Lahan sawah belum tanam ■ = Lahan sawah sudah mulai tanam

Gambar 9 Peta prediksi masa tanam padi: (a) Februari 2014 dan (b) Maret 2014

Pola perubahan curah hujan di periode ini membuat distribusi hujan di wilayah Jawa Barat semakin merata, yaitu dari wilayah timur menuju barat. Pola tanam padi pun tidak saja didasarkan pada curah hujan yang turun, tetapi lahan sawah yang teririgasi dapat menyebabkan sawah sudah bisa tanam padi sebelum waktu tanamnya.

Umumnya, wilayah Jawa Barat bagian Utara sudah mempunyai lahan irigasi. Oleh karena itu, wilayah ini sudah dapat menanam padi dengan intensitas curah hujan yang tidak terlalu

tinggi. Kurang lebih 120 mm/bulan hingga 150 mm/bulan, maka lahan sawah sudah dapat ditanami padi.

IV. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil pembahasan mengenai pengembangan prediksi curah hujan dan estimasi masa tanam padi di Jawa Barat, terdapat beberapa kesimpulan. Menurut hasil prediksi model iklim, curah hujan di wilayah Kabupaten Cirebon dan Bogor merupakan daerah yang memiliki curah hujan paling tinggi dibanding wilayah lain di Jawa Barat. Datangnya hujan pada musim basah tahun 2013/2014 dimulai dari wilayah Jawa Barat bagian Barat menuju ke wilayah Tenggara. Secara keseluruhan, wilayah Jawa Barat memiliki curah hujan yang mencukupi untuk bisa tanam padi dalam dua kali masa tanam setiap tahun. Artinya, curah hujan bulanan di Jawa Barat pada saat musim hujan rata-rata mencapai lebih dari 150 mm per bulan.

Hasil validasi menunjukkan bahwa model untuk peta estimasi masa tanam padi di Jawa Barat ini sangat baik untuk diimplementasikan dalam skala bulanan. Namun sebaiknya, peta estimasi tersebut harus lebih ditingkatkan pada estimasi skala dasarian (10 harian), karena tanam padi diperkirakan sudah bisa dilakukan jika hujan secara terus-menerus terjadi selama 2 dasarian. Kondisi ini terjadi di wilayah Jawa Barat yang selalu memiliki surplus air setiap tahun dari curah hujan yang jatuh.

Daftar Pustaka:

- Dirks, K.N., Hay, J.E., Stow, C.D. dan Harris, D. "High-resolution studies of rainfall on Norfolk Island. Part II: Interpolation of rainfall data". *Journal of Hydrology* **208** (1998), 187–193.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). "Climate Change – Third Assessment Report". 2001.
- Naylor, R.L., D.S. Battisti, D.J. Vimont, W.P. Falcon, and M.S. Burke. "Assessing risks of climate variability and climate change for Indonesian rice agriculture". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104(19): 7752-7757. 2007
- Suprihatno, B., Samaullah, Y. Dan Sri, B. "Pekan Padi Nasional (PPN) III BB Padi Tampilkan Inovasi Teknologi Galur Harapan Padi Sawah Toleran Kekeringan". *Sinar Tani Edisi 23-29 Juli 2008*
- Wang, X., F. Chen and Z. Dong. 2006. "The relative role of climatic and human factors in desertification in semiarid China". *Global Environmental Change* 16: 48-57.