



BMKG

JURNAL METEOROLOGI DAN GEOFISIKA

Estimasi Datangnya Kemarau Panjang 2012/2013
Berbasis Hasil Analisis Kombinasi Data ESPI dan DMI
(1 - 8)

Statistical Downscaling Suhu Muka Laut Global untuk
Prediksi Total Hujan Bulanan Menggunakan Teknik PLSR
(9 - 19)

Tsunami Numerical Simulation Applied
to Tsunami Early Warning System Along Sumatra Region
(21 - 32)

Kajian Meteorologis Bencana Banjir Bandang
di Wasior, Papua Barat
(33 - 41)

Pembuatan Model Sederhana Pengaruh Gas Co₂, So₂
dan No₂ terhadap Tingkat Keasaman Air Hujan
(43 - 52)

Memahami dan Mengantisipasi Dampak Perubahan Iklim
Pada Pesisir dan Laut di Indonesia Bagian Timur
(53 - 64)

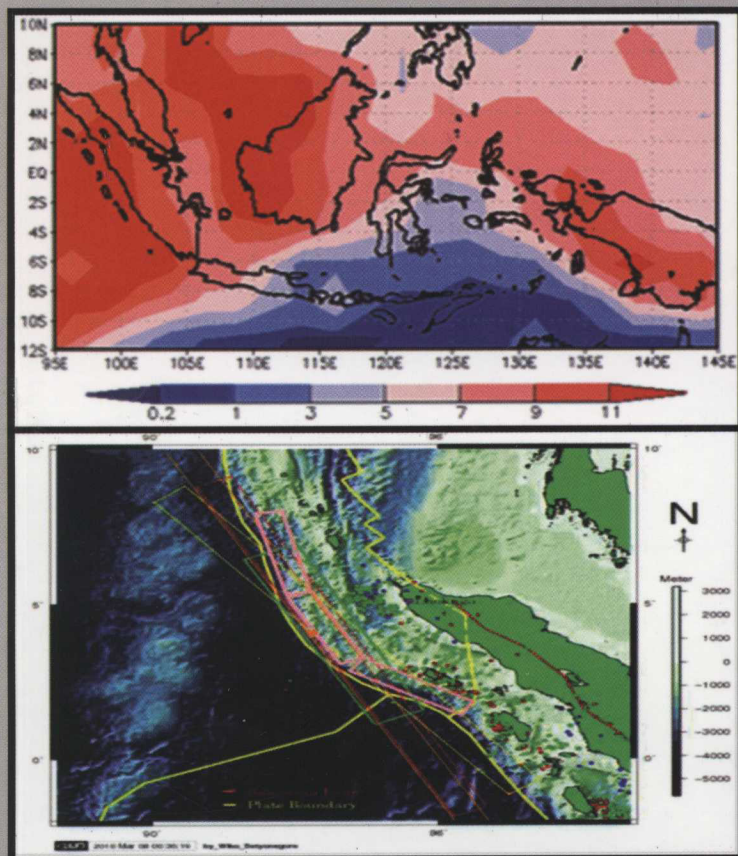
Teknik Statistical Downscaling dengan Regresi Komponen
Utama dan Regresi Kuadrat Terkecil Parsial untuk Prediksi
Curah Hujan pada Kondisi El Nino, La Nina, dan Normal
(65 - 72)

Pemanfaatan Data Luaran
Model Prakiraan Cuaca Conformal-Cubic Atmospheric
Model (CCAM) Sebagai Input Model Gelombang Wind Wave-05
(73 - 86)

Qualitative Interpretation Of The Gravity Changed
Around Lusi, Porong, Sidoarjo
(87 - 92)

Penentuan Prediktor Untuk Prediksi Curah Hujan Bulanan
Menggunakan Metode Statistical Dynamical Downscaling
(93 - 102)

Coulomb Static Stress Change Dalam Interaksi
Gempabumi Doublets 5.8 Mw Dan 5.9 Mw 22 Januari 2007
Dan Gempabumi 7.0 Mw 16 Juni 2010 Di Wilayah Papua
(103 - 111)



BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA
JL. ANGKASA I NO. 2 KEMAYORAN - JAKARTA PUSAT - 10720

Jur. Met. & Geo.	Vol. 12	No. 1	Hal. 1 - 115	Jakarta, Mei 2011	ISSN : 1411 - 3082	Terakreditasi B, Nomor : 249/Akred-LIPI/ P2MBI/05/2010
------------------------	---------	-------	--------------	----------------------	-----------------------	--

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Untuk mengetahui kaitan antara sirkulasi atmosfer global dengan kondisi iklim pada suatu wilayah dapat digunakan luaran dari *Global Circulation Model* (GCM). Luaran GCM ini telah diketahui mampu mensimulasikan kondisi iklim global. Selain itu luaran GCM dapat digunakan sebagai masukan dan diproses lebih lanjut dengan cara *downscaling* untuk menghasilkan luaran yang lebih rinci.¹⁾

Luaran GCM untuk mensimulasikan kondisi iklim telah banyak diketahui oleh pakar iklim dunia. Mengingat luaran GCM cukup baik dalam mensimulasikan kondisi curah hujan interannual dan variabilitas suhu udara.²⁾ Luaran GCM mampu menunjukkan dengan baik kaitannya dengan '*large scale atmospheric flow pattern*'. Namun untuk keperluan prediksi iklim regional luaran GCM masih memiliki kualitas yang relatif kasar. Untuk menjawab tantangan itu maka masih diperlukan lagi apa yang disebut sebagai model area terbatas.³⁾

GCM memiliki resolusi relatif rendah hingga ratusan kilometer, sementara itu *Regional Circulation Model* (RCM) memiliki resolusi yang relatif lebih tinggi hingga puluhan kilometer saja. Akibatnya perhitungan numerik skala global pada umumnya akan menghasilkan luaran yang kurang akurat pada aplikasi skala tinggi. Kondisi ini merupakan salah satu ketidakmampuan model global dalam menyajikan informasi yang cukup untuk wilayah yang lebih sempit.³⁾ Akibatnya untuk mengetahui peranan luaran GCM pada variabilitas iklim pada resolusi tinggi perlu banyak titik-titik observasi dilibatkan dalam perhitungan.⁴⁾ Hal ini berlaku khususnya untuk wilayah yang mempunyai topografi kompleks, lokasi kepulauan dan pantai, dan wilayah dengan tutupan lahan sangat beragam.

Data luaran dari GCM paling banyak dapat digunakan untuk melakukan simulasi prediksi unsur iklim. Mengingat data luaran GCM ini dapat disiapkan dengan model, baik secara temporal maupun secara spasial. Bahkan untuk melakukan simulasi prediksi tentang perubahan iklim (*climate change*), *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) menggunakan data luaran GCM ini sebagai masukan (input) utama untuk menyusun skenario-skenario.⁵⁾

GCM memiliki resolusi yang relatif kasar, akibatnya data luaran GCM sulit untuk digunakan

langsung dalam melakukan simulasi prediksi iklim regional. Dengan resolusi sekitar $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ ini, maka data luaran GCM belum mampu menunjukkan *feature* antara lain *land-sea contrast* dan kondisi topografi secara tepat dalam skala regional.⁶⁾ Namun demikian pola variabilitas atmosfer skala besar untuk wilayah tropis masih dapat ditunjukkan secara memadai (*reasonably captured*).

Luaran GCM mampu mensimulasikan secara memadai variabel atmosfer skala besar seperti tekanan udara permukaan laut (*mean sea level pressure*) dan ketinggian geopotensial 500 hPa. Namun luaran GCM memiliki kualitas rendah untuk mensimulasikan prediksi curah hujan skala stasiun. Hal ini dikarenakan curah hujan skala stasiun dibentuk secara kompleks, *inherently nonlinear*, dan proses-proses fisis sensitif yang ekstrim.⁷⁾

Dikarenakan data luaran GCM memiliki resolusi yang relatif kasar, maka untuk memperoleh informasi dalam skala regional misalnya, data luaran GCM ini harus dilakukan *downscaling*. Baik *downscaling* secara statistik maupun secara dinamik.

Kondisi Suhu Muka Laut (SML) memiliki peran signifikan dalam prediksi unsur iklim. Mengingat, SML memiliki pola dinamis dan berfluktuasi secara perlahan. Akibatnya kondisi SML dapat digunakan sebagai pelaku *forcing* kepada nilai unsur iklim yang lain. Sebagai prediktor, SML dapat digunakan untuk melakukan prediksi nilai respon. Artinya kemampuan dalam mensimulasikan prediksi nilai SML pada gilirannya akan dapat diperoleh hasil prediksi unsur iklim lain yang memiliki kaitan fisis dengan nilai SML dimaksud.

Dalam tulisan ini akan disajikan contoh penggunaan nilai SML sebagai luaran GCM yang digunakan untuk melakukan simulasi prediksi curah hujan bulanan untuk wilayah yang lebih sempit. Teknik *Statistical Downscaling* (SD) diaplikasikan terhadap data SML dari GCM guna dapat memperoleh luaran yang mampu mensimulasikan prediksi curah hujan untuk skala kabupaten.

Teknik SD dengan cara pengolahan data *Partial Least Square Regression* (PLSR) digunakan dalam mengolah data observasi lapang untuk menghasilkan nilai prediksi curah hujan.⁸⁾ Teknik SD telah digunakan untuk melakukan

proyeksi hujan bulanan di Asia Timur dengan cara *Singular Value Decomposition Analysis*, SVDA.⁵⁾ Teknik serupa telah dilakukan untuk wilayah di sebelah utara Taiwan.⁶⁾ Analisis korelasi dan SVDA telah dicoba untuk melakukan prediksi curah hujan di Filipina dan Thailand.⁷⁾ Teknik SD juga pernah diaplikasikan untuk *ensemble weather forecast* berbasis pada data *Medium Range Forecast* (MRF) dengan cara *Time Feedforward Neural Network* (TLFN) dan *Evolutionary Polynomial Regression* (EPR).⁹⁾ Teknik SD juga telah digunakan untuk simulasi *climate change* berbasis pada luaran GCM¹⁰⁾ dan *Couple Atmosphere-ocean General Circulation Model* (AO-GCM).¹¹⁾ Prediksi *multi-model ensemble* untuk curah hujan *Summer Monsoon* di wilayah Asia-Pasifik berbasis pada data geopotensial dengan teknik SD juga telah dilakukan.¹²⁾

1.2. Daerah Studi

Wilayah Kabupaten Indramayu dipilih sebagai daerah studi (Gambar 1). Hal ini berkaitan dengan kerapatan data penakar yang cukup dan *series data* yang relatif panjang. Jumlah penakar hujan di wilayah Kabupaten Indramayu ada 36 lokasi. *Series data* dimulai dari tahun 1981. Semua data curah hujan diperoleh dari peralatan penakar hujan tipe observatorium.

Namun demikian tidak semua data curah hujan yang diperoleh memiliki kondisi yang baik. Hal ini berkaitan dengan kerusakan alat, pemindahan lokasi alat, perpindahan pengamat hujan, kurangnya pelatihan teknis, ketiadaan dana pemeliharaan, dan lain sebagainya. Hanya data dalam kondisi yang baik digunakan dalam pengolahan data.



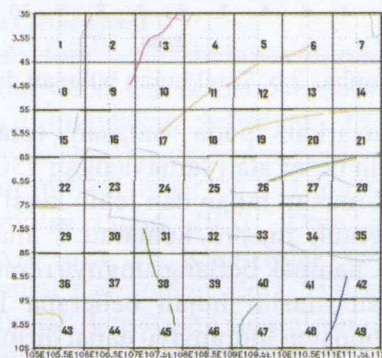
Gambar 1. Wilayah kabupaten Indramayu dipilih sebagai daerah studi (Sumber: Pengolahan Data).

Luasan wilayah Kabupaten Indramayu adalah di antara lintang 6°15' - 6°40' S dan di antara bujur 107°52' - 108°36' E.¹³⁾ Meliputi wilayah seluas 204.011 hektar, yang terdiri atas 118.513 hektar lahan sawah dan 85.498 hektar berupa lahan kering. Ketinggian tempat dari permukaan laut berkisar antara 1,0 - 24,0 meter. Terdapat 28 wilayah setingkat kecamatan dengan luasan bervariasi berkisar antara 17,99 - 254,09 km².

Wilayah Kabupaten Indramayu termasuk relatif datar. Daerah studi dibatasi oleh laut Jawa di sebelah utara; Laut Jawa dan Kabupaten Cirebon di sebelah timur; Kabupaten Sumedang dan kabupaten Majalengka di sebelah selatan; dan Kabupaten Subang di sebelah barat (Gambar 1). Ketinggian lokasi penakar hujan di daerah studi berkisar antara 3 - 12 meter dari permukaan laut.

1.3. Luas Domain

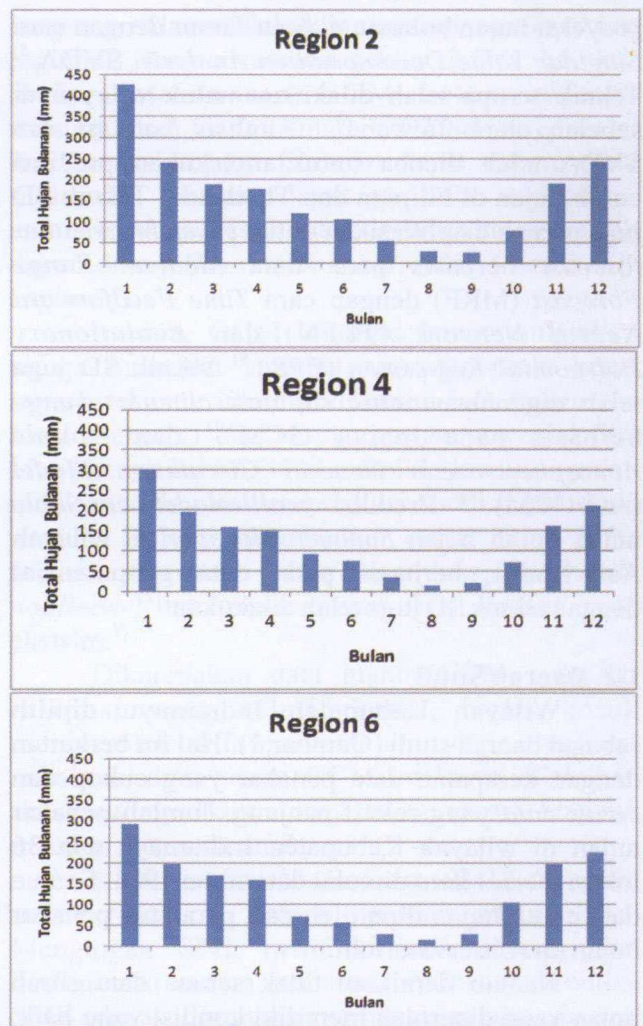
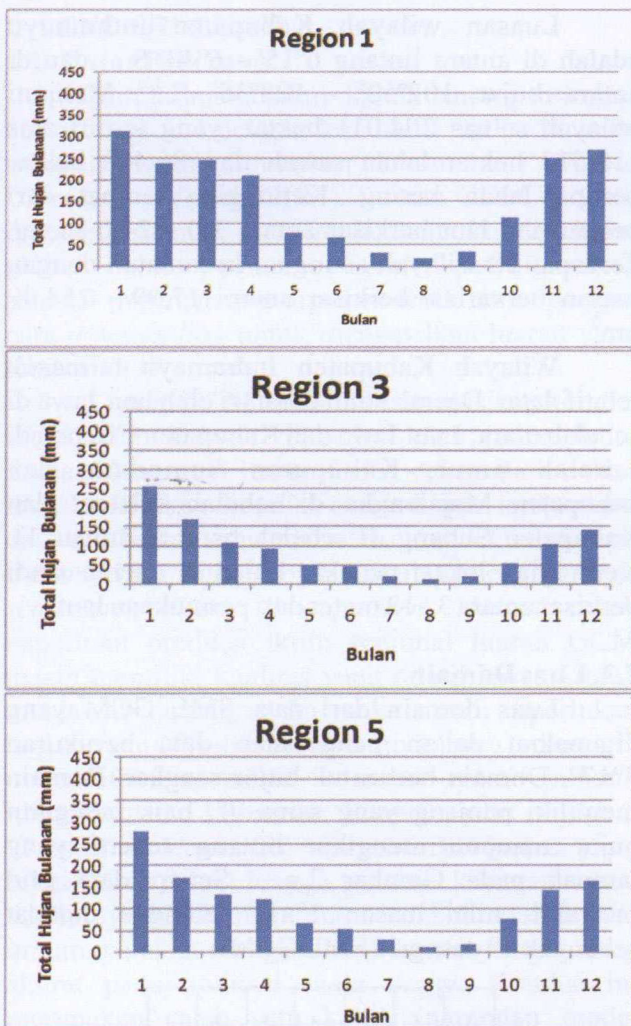
Luas domain dari data SML GCM yang digunakan dalam pengolahan data berukuran 7°x7°. Domain berbentuk bujur sangkar. Domain memiliki panjang yang sama 7°, baik mengikut bujur maupun mengikut lintang seperti yang tampak pada Gambar 2.a. Setiap data grid mewakili nilai luasan 1°x1° sehingga didapat sebanyak 49 data grid SML GCM.



Gambar 2.a. Luasan domain data SML yang terdiri atas 49 grid box dengan ukuran 1°x1° yang digunakan dalam pengolahan data (Sumber: Pengolahan Data)

1.4.. Pola Total Hujan Bulanan

Pola total hujan bulanan di wilayah Kabupaten Indramayu disajikan pada Gambar 2.b. Gambar tersebut dibuat berdasarkan pada series data yang tersedia 1981-2000. Regionalisasi data dilakukan menggunakan teknik *clustering* sehingga diperoleh region-region hujan 1 - 6.¹⁴⁾



Gambar 2.b. Total hujan bulanan di Kabupaten Indramayu , region 1-6. (Sumber: Pengolahan Data)

Berdasarkan pada batasan total hujan bulanan lebih besar atau sama dengan 150 mm per bulan untuk musim hujan dan lebih kecil 150 mm per bulan untuk musim kemarau,¹⁵⁾ maka pada Gambar 2.b. nampak berlangsungnya rerata musim kemarau dan musim hujan beberapa lokasi di wilayah Kabupaten Indramayu dapat dirinci seperti berikut:

- Region 1 untuk lokasi-lokasi Bantarhuni, Bondan, Gantar, dan Cipancuh mengalami rerata sekitar 6 (enam) bulan musim kemarau. Dimulai dari bulan Mei dan berakhir pada bulan Oktober. Pada bulan November dimulai musim hujan hingga bulan April. Puncak musim hujan rerata terjadi pada bulan Januari dan lembah musim kemarau terjadi pada bulan Agustus.
- Region 2 untuk lokasi-lokasi Indramayu dan Bangkir mengalami rerata sekitar 6 (enam)

bulan musim kemarau. Dimulai dari bulan Mei dan berakhir pada bulan Oktober. Pada bulan November dimulai musim hujan hingga bulan April. Puncak musim hujan rerata terjadi pada bulan Januari dan lembah musim kemarau terjadi pada bulan September.

- Region 3 untuk lokasi-lokasi Bugel dan Cigugur mengalami rerata sekitar 10 (sepuluh) bulan musim kemarau. Dimulai dari bulan Maret dan berakhir pada bulan Desember. Pada bulan Januari dimulai musim hujan hingga bulan Februari. Puncak musim hujan rerata terjadi pada bulan Januari dan lembah musim kemarau terjadi pada bulan Agustus.
- Region 4 untuk lokasi-lokasi mengalami rerata sekitar 6 (enam) bulan musim kemarau. Dimulai dari bulan Mei dan berakhir pada bulan Oktober. Pada bulan November dimulai bulan musim hujan hingga bulan April. Puncak

musim hujan rerata terjadi pada bulan Januari dan lembah musim kemarau terjadi pada bulan Agustus.

- Region 5 untuk lokasi-lokasi Juntinyuat, Kedokanbunder, Krangkeng, Lohbener, Losarang, Jatibarang, Sukadana, Tugu, dan Cidempet mengalami rerata sekitar 8 (delapan) bulan musim kemarau. Dimulai dari bulan Maret dan berakhir pada bulan Oktober. Pada bulan November dimulai bulan musim hujan hingga bulan Februari. Puncak musim hujan rerata terjadi pada bulan Januari dan lembah musim kemarau terjadi pada bulan Agustus.
- Region 6 untuk lokasi-lokasi Salamdarma, Bugis, Kroya, Sumurwatu, dan Cikedung mengalami rerata sekitar 6 (enam) bulan musim kemarau. Dimulai dari bulan Mei dan berakhir pada bulan Oktober. Puncak musim hujan rerata terjadi pada bulan Januari dan lembah musim kemarau terjadi pada bulan Agustus.

Berdasarkan pada Gambar 2.b. dapat diperoleh informasi, bahwa secara umum rerata panjang musim di wilayah Kabupaten Indramayu berlangsung sebagai berikut:

- Musim hujan bervariasi 2 - 6 bulan;
- Musim kemarau bervariasi 6 - 10 bulan.

II. DATA

2.1. Data SML

Data SML GCM diperoleh dari *Japan Meteorologi Administration* (JMA) Tokyo Jepang. Alamat untuk mengunduh data SML dimaksud adalah <http://jra.kishou.go.jp>.¹⁶⁾ Data SML GCM ini merupakan data reanalysis dalam bentuk *grid box* dengan time series dimulai pada tahun 1900. Resolusi data SML GCM ini paling tinggi adalah $1^\circ \times 1^\circ$. Nilai SML GCM setiap *grid box* merupakan nilai rerata SML GCM dari luasan sekitar $111 \text{ km} \times 111 \text{ km}$ untuk bulan pada tahun yang bersangkutan. Selanjutnya luasan domain data SML GCM dapat dilihat pada Gambar 2.a.

Dalam kajian ini total data *grid box* SML yang digunakan dalam pengolahan data mempunyai luasan $106^\circ - 112^\circ \text{E}$ dengan lintang $3^\circ - 10^\circ \text{S}$. *Grid box* dimulai dari luasan koordinat dengan bujur $105^\circ - 106^\circ \text{E}$ dan lintang $(-4^\circ) - (-3^\circ)$. Tanda negatif "-" dari lintang menunjukkan terletak di Belahan Bumi Selatan (BBS). Lintang dimaksud dapat ditulis sebagai $4^\circ - 3^\circ \text{S}$. Data rerata SML

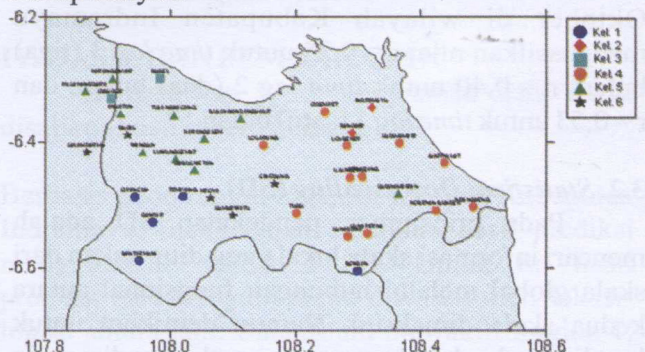
GCM dari luasan koordinat tersebut diberikan nomor *grid box* 1. Lokasi *grid box* ini terdapat di bagian pojok kiri atas dari domain.

Data SML GCM kedua merupakan data rerata dari luasan koordinat dengan bujur $106^\circ \text{E} - 107^\circ \text{E}$ dengan lintang $(-4^\circ) - (-3^\circ)$ atau ke arah kanan dari baris *grid box* 1. Demikian seterusnya sehingga jumlah *grid box* data SML yang digunakan dalam pengolahan data adalah sebanyak 49 buah atau 7×7 *grid box*. Dari 49 *grid box* data SML tersebut 9 di antaranya tidak terdapat data dikarenakan luasan *grid box* yang bersangkutan memiliki total permukaan daratan yang lebih luas daripada luas permukaan lautan. Kesembilan *grid box* dimaksud adalah *grid box* nomor 1, 8, 15 (daratan Pulau Sumatera), 23, 24, 32, 33, 34, dan 35 (daratan Pulau Jawa). Akibatnya seluruh *grid box* dengan data SML dimaksud tersedia sebanyak 40.

Daerah studi wilayah Kabupaten Indramayu sebagian besar masuk ke dalam *grid box* 25. Wilayah Kabupaten Indramayu ditempatkan pada pusat domain. Sebagian kecil wilayah bagian barat masuk ke dalam *grid box* 24. Dengan asumsi bahwa *grid box* 25 sebagai pusat domain, maka dapat diambil luasan 7° bujur dan 7° lintang di sekeliling *grid box* 25. Akibatnya diperoleh sejumlah 48 *grid box* di luar wilayah Kabupaten Indramayu yang masuk ke dalam *grid box* 25.

2.2. Data Observasi

Data total hujan bulanan digunakan dalam pengolahan data. Untuk daerah studi Kabupaten Indramayu digunakan sebanyak 28 data yang diperoleh dari hasil pengukuran penakar hujan tipe observatorium (Gambar 3). Data yang diolah dipilih mulai tahun 1981. Data pada tahun sebelumnya juga ada tetapi tidak sebanyak data yang dimulai pada tahun 1981. Hal ini berkaitan dengan jumlah data secara spasial yang diolah agar cukup banyak.



Gambar 3. Lokasi penakar hujan di wilayah Kabupaten Indramayu (Sumber: BMG, 2003).¹⁴⁾

Series data observasi total hujan bulanan di wilayah Kabupaten Indramayu yang tersedia adalah 1981-2001. Data untuk masa pelatihan ditetapkan selama 20 tahun (1981-2000). Selanjutnya data untuk masa prediksi ditetapkan 2001.

Untuk menjadi rujukan bahwa hasil regionalisasi data observasi dengan series 1981 - 2000 menggunakan teknik *clustering* di wilayah Kabupaten Indramayu dihasilkan 6 (enam) region hujan.¹⁵⁾ Batasan pembedaan region hujan yang satu dengan lainnya adalah total hujan + 50 mm per dasarian dan awal musim + 1 (satu) dasarian.

Hasil prediksi inilah yang selanjutnya dievaluasi dengan menggunakan RMSE untuk mengetahui tingkat kesalahan nilai antara prediksi dengan observasi secara temporal. Sementara itu nilai koefisien korelasi Pearson (r) untuk mengetahui tingkat kesesuaian fase antara nilai prediksi dengan data observasi secara temporal.

III. METODOLOGI

3.1. Time lag

Untuk pengolahan data digunakan *time lag* 1 (satu) bulan antara data SML dengan data curah hujan bulanan observasi. Jika data SML dimulai pada bulan Januari, maka data curah hujan bulanan observasi digunakan mulai bulan Februari pada tahun yang bersangkutan. Hal ini berkaitan dengan respon curah hujan yang lazim akan terjadi terlambat dibandingkan dengan kondisi SML. Di mana SML bersifat dan berperilaku lebih lambat panas tetapi relatif lebih lama menyimpan panas bila dibandingkan dengan sifat udara. Akibatnya efek tersebut mengakibatkan respon curah hujan yang relatif lebih lambat daripada kondisi SML.

Hasil perhitungan nilai koefisien korelasi Pearson dengan prediktor SML dan respon data curah hujan observasi untuk prediksi bulan Oktober di wilayah Kabupaten Indramayu menghasilkan nilai $r = 0,25$ untuk *time lag* 3 (tiga) bulan; $r = 0,40$ untuk *time lag* 2 (dua) bulan; dan $r = 0,53$ untuk *time lag* 1 (satu) bulan.¹⁷⁾

3.2. Statistical Downscaling (SD)

Pada prinsipnya, pendekatan SD adalah mencari informasi skala lokal yang diturunkan dari skala global melalui hubungan fungsional antara kedua skala dimaksud. Namun demikian untuk kondisi skala global yang sama, maka kondisi skala lokalnya bisa bervariasi atau bahkan ada

regionalisasi. Teknik SD lebih keakuratan model penduga untuk dapat mempelajari dampak perubahan kondisi iklim. Secara umum bentuk model teknik SD adalah seperti berikut:

$$Y(t) = f\{X(t \times g)\} \quad (1)$$

di mana:

$Y(t)$ = peubah skala lokal (sebagai contoh total hujan bulanan, suhu udara rerata, dan lain-lain);

$X(t \times g)$ = peubah skala global sebagai luaran dari GCM (sebagai contoh suhu muka laut, angin 850 mb, dan lain-lain);

t = waktu (sebagai contoh bulanan, triwulanan, musiman, dan lain-lain).

3.3. Prediksi

Metode *Partial Least Square Regression* (PLSR) atau Regresi Kuadrat Terkecil Parsial digunakan untuk melakukan ekstraksi atas sejumlah komponen.⁸⁾ Komponen tersebut disebut sebagai peubah laten, di mana dari peubah prediktor (X) dipilih sejumlah komponen yang relevan dengan sejumlah peubah respon (Y). Caranya dengan proses dekomposisi peubah X dan peubah Y secara simultan dengan batasan bahwa komponen-komponen tersebut dapat menjelaskan sebanyak mungkin keragaman antara peubah prediktor X dan peubah respon Y. Proses dekomposisi dimaksud selanjutnya diikuti dengan tahapan regresi. Dalam hal ini hasil dekomposisi peubah prediktor X digunakan untuk melakukan prediksi peubah respon Y. Akibatnya dalam melakukan proses pengolahan data dengan teknik PLSR ini telah mencakup teknik *Principal Component Analysis* (PCA) dan Regresi Berganda.

Dalam pengolahan data, peubah prediktor X memiliki ukuran $N \times K$. Dalam hal ini N = jumlah data dan K = jumlah peubah prediktor, maka peubah prediktor X dapat ditulis sebagai X_k di mana $k = 1, 2, 3, \dots, K$. Sementara itu peubah respon Y memiliki ukuran $N \times M$. Dalam hal ini N = jumlah data dan M = jumlah peubah respon, maka peubah respon dapat ditulis sebagai Y_m , di mana $m = 1, 2, 3, \dots, M$.

Model PLSR akan mendapatkan sejumlah komponen baru yang akan memodelkan X dan Y sedemikian sehingga X dan Y memiliki hubungan. Komponen baru tersebut selanjutnya disebut sebagai skor X, yang dicatat dengan t_a , dengan $a = 1, 2, 3, \dots, A$.

Skor $X(t_a)$ merupakan kombinasi linier peubah-peubah asal x_k dengan koefisien yang disebut sebagai pembobot yang dicatat sebagai w_{ka} ($a = 1, 2, 3, \dots, A$). proses tersebut dapat diformulasikan sebagai berikut:²³⁾

$$\begin{cases} t_{ia} = \sum_k x_{ik} w_{ka} & i = 1, 2, 3, \dots, N \\ T = XW \end{cases} \quad (2)$$

Skor X digunakan prediktor untuk X dan juga Y , sebagai berikut:

a. Skor X sebagai prediktor bagi X :

$$\begin{cases} x_{ik} = \sum_a t_{ia} p_{ak} + e_{ik} \\ X = TP' + E \end{cases} \quad (3)$$

b. Skor Y sebagai prediktor bagi Y :

$$\begin{cases} y_{im} = \sum_a t_{ia} r_{am} + f_{im} \\ X = TR' + F \end{cases} \quad (4)$$

Residu Y yakni f_{im} menyatakan deviasi antara respon pengamatan dengan respon dugaan. Berdasarkan pada persamaan (2), maka persamaan (4) dapat ditulis sebagai model regresi berganda sebagai berikut:

$$\begin{cases} y_{im} = \sum_a r_{ma} \sum_k w_{ka} x_{ik} + f_{im} \\ = \sum_k b_{mk} x_{ik} + f_{im} \\ Y = XWR' + F = XB + F \end{cases} \quad (5)$$

Koefisien model PLSR, $b_{mk}(B)$ dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{cases} b_{mk} = \sum_a r_{ma} w_{ka} \\ B = WR' \end{cases} \quad (6)$$

Prediksi bagi data pengamatan yang baru dapat diperoleh berdasarkan pada data X dan matriks koefisien B .

3.4. Evaluasi

Root Mean Square Error (RMSE) digunakan untuk mengetahui tingkat kesalahan nilai prediksi terhadap nilai data observasinya.¹⁸⁾ Nilai prediksi yang *under estimated* maupun *over estimated* akan mendapatkan *punishment* yang setara. RMSE dihitung dengan menggunakan persamaan seperti berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (F - O)^2} \quad (7)$$

Di mana:

F = nilai prediksi total hujan bulanan (mm),

O = nilai data observasi total hujan bulanan (mm),

n = jumlah data total hujan bulanan yang digunakan,

RMSE = *Root Mean Square Error* (mm).

Jika nilai prediksi total hujan bulanan sama dengan nilai data observasinya, maka RMSE bernilai 0.¹⁹⁾ Nilai 0 merupakan nilai terbaik yang memiliki implikasi bahwa teknik prediksi yang digunakan sangat sesuai dengan kondisi lapangnya. Dengan kata lain, bahwa semakin besar nilai RMSE maka semakin jelek kualitas nilai prediksi yang dihasilkan dengan menggunakan teknik prediksi yang dipilih.

Selanjutnya untuk mengetahui tingkat kesesuaian fase antara nilai prediksi total hujan bulanan dengan nilai data observasinya dapat digunakan nilai koefisien korelasi Pearson (r). Nilai koefisien Pearson ini bervariasi antara -1 dan +1.^{20) 21) 22)}

Semakin tinggi nilai koefisien korelasi Pearson yang didapat, maka semakin baik performa teknik prediksi yang digunakan. Berarti semakin sama fase nilai prediksi, maka semakin baik performa teknik prediksi yang digunakan. Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai koefisien korelasi Pearson dapat ditulis seperti berikut:

$$r(x, y) = \frac{\sum_1^n xy}{\left[\sum_1^n x^2 \sum_1^n y^2 \right]} \quad (8)$$

Di mana:

x = nilai prediksi total hujan bulanan (mm),

y = nilai data observasi total hujan bulanan,

r = koefisien korelasi Pearson.

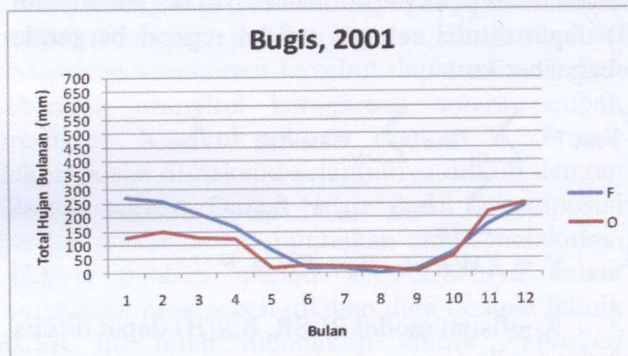
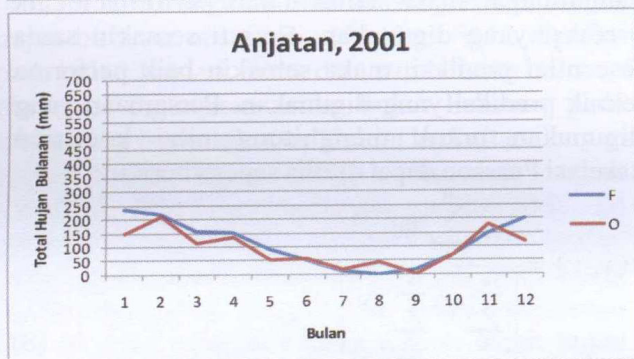
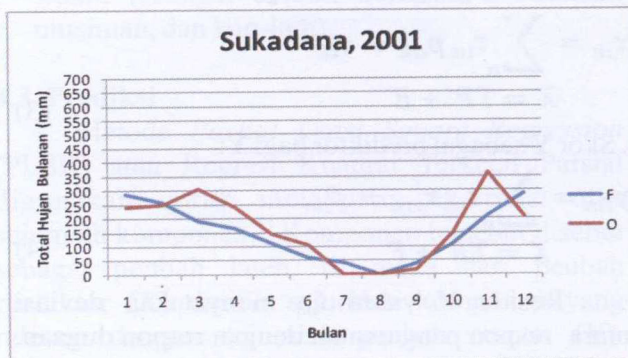
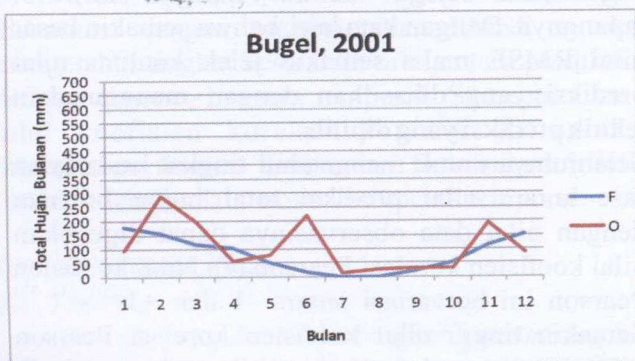
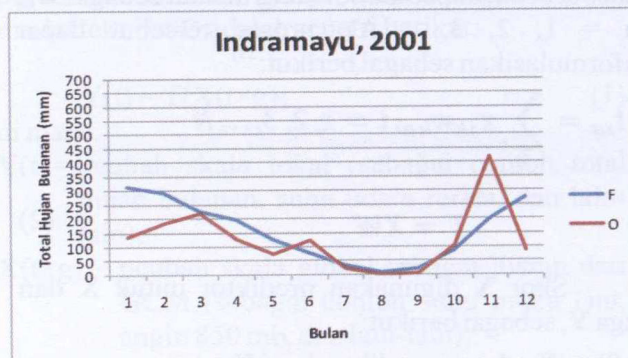
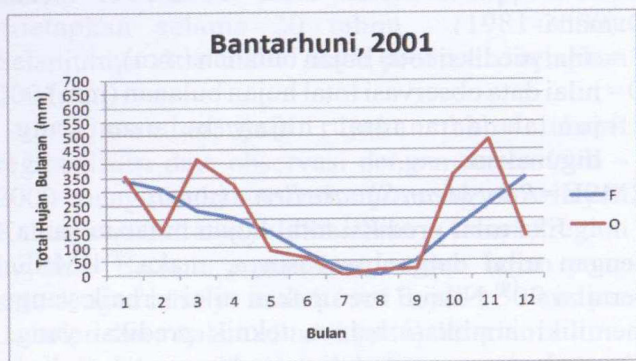
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pada pengolahan data dapat disajikan hasil seperti berikut:

Berbasis pada region hujan di wilayah Kabupaten Indramayu, maka dapat disajikan hasil prediksi menggunakan teknik PLSR. Untuk itu hasil prediksi dari 6 region dapat diwakili oleh lokasi-lokasi antara lain: Bantarhuni mewakili Region 1, Indramayu mewakili Region 2, Bugel mewakili Region 3, Sukadana mewakili Region 4, Anjatan

mewakili Region 5, dan Bugis mewakili Region 6 (gambar 4). Lokasi-lokasi tersebut di atas

merupakan wakil region hujan yang memiliki hasil terbaik untuk nilai koefisien korelasi Pearson.



Gambar 4. Hasil prediksi total hujan bulanan dengan teknik PLSR di 6 (enam) lokasi (Sumber: Pengolahan Data)

Berdasarkan pada Gambar 4, garis berwarna biru (F) merupakan nilai prediksi total hujan bulanan dan garis berwarna merah (O) menunjukkan nilai observasi total hujan bulanan penakar hujan di stasiun. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa pola utama total hujan bulanan hasil prediksi dapat sesuai dengan pola total hujan bulanan hasil observasi stasiun. Namun total hujan bulanan stasiun yang memiliki kondisi sangat jauh daripada nilai normalnya tidak dapat disimulasikan dengan baik oleh model. Hal ini ditunjukkan oleh hasil wakil semua region hujan di

wilayah Kabupaten Indramayu tahun 2001 untuk bulan November. Mengingat rerata total hujan bulanan di wilayah Kabupaten Indramayu untuk bulan November tidak melebihi 250 mm (Gambar 2.b). Sementara itu data hasil observasi stasiun mencapai nilai 550 mm. Hal ini menunjukkan telah terjadi kondisi ekseksif atas total hujan bulanan pada bulan November 2001 di wilayah Kabupaten Indramayu.

Total hujan bulanan hasil observasi stasiun yang melebihi batas 115% daripada nilai normalnya dikategorikan sebagai kondisi Atas

Normal. Demikian sebaliknya bila total hujan bulanan hasil observasi stasiun kurang 85% dari normalnya disebut sebagai kondisi Bawah Normal.¹⁵⁾

Selanjutnya hasil perhitungan nilai koefisien korelasi Pearson dan RMSE dari wakil region hujan di wilayah Kabupaten Indramayu yang memiliki nilai koefisien korelasi Pearson terbaik dapat disajikan pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Nilai koefisien korelasi Pearson dan RMSE hasil prediksi total hujan bulanan 2001 dari 6 (enam) lokasi di wilayah Kabupaten Indramayu.

(Sumber: Pengolahan Data)

No.	Lokasi	r	RMSE (mm)
1	Bantarhuni	0.62	133
2	Indramayu	0.53	108
3	Bugel	0.48	84
4	Sukadana	0.82	68
5	Anjatan	0.88	43
6	Bugis	0.83	64

Berdasarkan pada hasil pada tabel 1 dapat diperoleh informasi bahwa hasil prediksi total hujan bulanan untuk semua region hujan yang ada di wilayah Kabupaten Indramayu menunjukkan nilai koefisien korelasi Pearson selalu positif. Rentang nilai koefisien korelasi didapat +0,48 sampai dengan +0,88. Berarti nilai prediksi yang dihasilkan dengan teknik PLSR di wilayah Kabupaten Indramayu selalu memiliki fase yang sama (*agreement*) dengan data observasi stasiun. Nilai koefisien korelasi Pearson tertinggi diperoleh pada lokasi Anjatan sebesar 0,88 yang mewakili region 5. Sedangkan nilai koefisien korelasi terendah didapat pada lokasi Bugel sebesar 0,48 yang mewakili region 3.

Selanjutnya nilai RMSE yang ada pada tabel 1 mengindikasikan bahwa kesalahan prediksi total hujan bulanan di wilayah Kabupaten Indramayu memiliki rentang 43 mm sampai dengan 133 mm per bulan. Nilai RMSE tertinggi didapat dari lokasi Anjatan yang mewakili region 5, sedangkan RMSE terburuk didapat di lokasi Bantarhuni yang mewakili region 1.

Hasil lengkap data yang diolah dari 28 lokasi penakar hujan di wilayah Kabupaten Indramayu disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Rentang hasil perhitungan nilai koefisien korelasi Pearson dan RMSE di wilayah Kabupaten Indramayu.

(Sumber: Pengolahan Data)

Region Hujan	Jumlah Data	Rentang r	Rentang RMSE (mm)
1	4	0.47 – 0.62	122 – 149
2	2	0.52 – 0.53	108 – 122
3	2	0.47 – 0.48	84 – 85
4	9	0.52 – 0.82	53 – 119
5	6	0.57 – 0.88	43 – 90
6	5	0.53 – 0.83	64 – 108

Dalam kasus di wilayah Kabupaten Indramayu ini, nilai koefisien korelasi Pearson tinggi tidak selalu diikuti oleh hasil RMSE yang rendah. Demikian pula sebaliknya. Nilai RMSE rendah tidak selalu diikuti oleh nilai koefisien korelasi Pearson yang tinggi. Namun secara umum, nilai koefisien korelasi tinggi diikuti oleh nilai RMSE yang rendah.

V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pada uraian-uraian yang telah dipaparkan tersebut di atas, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Penggunaan Statistical Downscaling dengan teknik PLSR untuk prediksi total hujan bulanan di wilayah Kabupaten Indramayu memberikan hasil yang sangat menantang untuk dikembangkan lebih lanjut. Hal ini ditunjukkan oleh pola total hujan bulanan selama setahun dan koefisien korelasi Pearson yang selalu bernilai positif dengan rentang 0,48 sampai dengan 0,88. Hal ini menunjukkan bahwa antara hasil prediksi total hujan bulanan dengan hasil observasi total hujan bulanan di daerah studi memiliki kesesuaian yang baik.
- Perhitungan nilai RMSE menunjukkan prediksi total hujan bulanan di wilayah Kabupaten Indramayu menunjukkan hasil yang beragam dengan rentang 43 mm per bulan sampai dengan 133 mm per bulan. Hasil terbaik diperoleh di lokasi Anjatan dengan nilai koefisien korelasi Pearson 0,88 dan RMSE sebesar 43 mm per bulan. Kondisi ini menunjukkan bahwa variasi total hujan bulanan di daerah studi sangat tinggi.

5.2. Saran

Untuk tindak lanjut dan perluasan melakukan prediksi dengan teknik SD dapat disarankan beberapa hal sebagai berikut:

- Mengevaluasi keandalan prediksi dengan teknik SD PLSR ini perlu dicoba dilakukan lebih mendalam dengan fungsi waktu sebagai acuan, sehingga konsistensi hasil prediksi menggunakan SD PLSR ini dapat diperoleh dan diketahui. Hal ini berkaitan dengan aplikasi lapang teknik SD PLSR ini yang mungkin dapat dilaksanakan di kemudian hari.
- Teknik SD yang lain perlu dicoba dan hasilnya dapat diperbandingkan dengan hasil yang diperoleh dari teknik PLSR. Hal ini dapat digunakan untuk mengetahui tingkat keandalan teknik SD PLSR di wilayah prediksi seperti Kabupaten Indramayu.
- Panjang-pendek dari series data yang digunakan dalam pengolahan data perlu dicoba. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui series data mana yang memberikan hasil paling optimal dalam prediksi total hujan bulanan menggunakan *statistic downscaling* suhu muka laut global dengan teknik PLSR di wilayah Kabupaten Indramayu.

VI. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada JMA atas perolehan data SML untuk keperluan pengolahan data dalam penelitian ini. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Urip Haryoko yang membantu dalam pengoperasian perangkat lunak Minitab 14 dan Erwin Eka Syahputra yang membantu dalam perolehan data SML global.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- ¹⁾ Giorgi, F. (1990). Simulation of regional climate using a limited area model nested in a general circulation model. *J. Climate*, September 1990, pp.: 941-963.
- ²⁾ Ward, N. (2000). *Forecasting, Technical Issues*. Review of Regional Climate Outlook Forum, 23-30, Pretoria.
- ³⁾ Chen M.S. 2001. *A study of winter temperature downscaling in Taiwan*. Final Report, Intensive course on dynamical downscaling of seasonal to interannual climate prediction, 19-35, IRI, Palisades, NY.
- ⁴⁾ Wilby, R.L., Charles, S.P., Zorita, E., Timbal, B.,

Whetton, P., & Mearns, L.O. (2004). *Guidelines for use of climate scenarios developed from statistical downscaling methods*. Supporting material for IPCC, 27p.

- ⁵⁾ Paul, S., Liu, C.M., Chen, J.M., & Lin, S.H. (2008). Development of a statistical downscaling model for projecting monthly rainfall over East Asia from a general circulation model output. *J. Geophys. Res.*, 113, D15117, doi: 10.1029/2007JD009472, 16p.
- ⁶⁾ Chu, J.L., Kang, H., Tam, C.Y., Park, C.K., & Chen, C.T. (2008). Seasonal forecast for local precipitation over northern Taiwan using statistical downscaling. *J. Geophys. Res.*, 113, D12118, doi: 10.1029/2007JD009424, 13p.
- ⁷⁾ Kang, H., An, K.H., Park, C.K., Solis, A.L.S., & Stitthichivapak, K. (2007). Multimodel output statistical downscaling prediction of precipitation in the Philippines and Thailand. *Geophys. Res. Lett.*, 34, L15710, doi: 10.1029/2007GL030730, 5p.
- ⁸⁾ Wigena, A.H. (2010). *Regresi Kuadrat Terkecil Parsial: Suatu Teknik Statistical Downscaling*. Departemen Statistik, IPB, Bogor, 4 hal. Unpublished.
- ⁹⁾ Liu, A., Coulibaly, P., & Evora, N. (2008). Comparison of data-driven methods for downscaling ensemble weather forecast. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 12, 615-624.
- ¹⁰⁾ Vasiliades, L., Loukas, A., & Patsonas, G. (2009). Evaluation of a statistical downscaling procedure for the estimation of climate change impacts on drought. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9, 879-894.
- ¹¹⁾ Vrac, M., Stein, M.L., Hayhoe, K., Liang, X.Z. (2007). A general method for validating statistical downscaling methods under future climate change. *Geophys. Res. Lett.*, 34, L18701, doi:10.1029/2007GL030295, 5 pp.
- ¹²⁾ Zhu, C., Park, C.K., Lee, W.S., Yun, W.T. (2008). Statistical downscaling for multi-model ensemble prediction of summer monsoon rainfall in the Asia-Pacific Region using geopotential height field. *Advances in Atmospheric Sciences*, 25, 867-884.
- ¹³⁾ Dinas Pertanian dan Peternakan Kabupaten. (2003). *Laporan Tahunan 2002*. Pemerintah Kabupaten Indramayu, Dinas Pertanian dan Peternakan, 64 hal.

- ¹⁴⁾ Badan Meteorologi dan Geofisika. (2003). *Pengkajian Prakiraan Musim Untuk Pertanian di Kabupaten Indramayu*. Final Report, Proyek P4-BMG 2003, 1-43, Jakarta.
- ¹⁵⁾ Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. (2009). *Prakiraan Musim Hujan 2009/2010 di Indonesia*. 115 hal, Jakarta.
- ¹⁶⁾ Data SML reanalysis JMA. (2010). (<http://jra.kishou.go.jp>), diakses 24 Oktober 2010.
- ¹⁷⁾ Swarinoto, Y.S. (2004). Peranan time lag suhu muka laut dalam simulasi prakiraan curah hujan bulanan di Kabupaten Indramayu. Studi kasus Oktober 2002. *J. Met. Geo.* 5(1), 73-80.
- ¹⁸⁾ Wilks, D.S. (1995). *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. San Diego, CA: Academic Press Inc.
- ¹⁹⁾ Jolliffe, I.T., & Stephenson, D.B. (2003). *Forecast Verification: A Practitioner's Guide in Atmospheric Science*. Chichester: John Willey & Sons Ltd.
- ²⁰⁾ Conrad V., & Pollak, L.W. (1950). *Methods in Climatology*. Cambridge: Harvard University Press.
- ²¹⁾ Usman, H., & Akbar, P.S. (2000). *Pengantar Statistik*. Jakarta: Penerbit Bumi Aksara.
- ²²⁾ Nazir, M. (2003). *Metode Penelitian*. Jakarta: Penerbit PT Ghalia Indonesia.
- ²³⁾ Wang J, Zhenzhen K, & Liang J. (2002). *Facial Feature Point Extraction by partial least square regression*. (<http://citeseer.ist.psu.edu/wang02facial.html>), diakses 25 Juli 2007.

STATISTICAL DOWNSCALING SUHU MUKA LAUT GLOBAL UNTUK PREDIKSI TOTAL HUJAN BULANAN MENGGUNAKAN TEKNIK PLS

Yunus S. Swarinoto¹, Aji Hamim Wigena²

¹Pusat Meteorologi Publik BMKG, Jl. Angkasa 1 No.2, Kemayoran, Jakarta

²Departemen Statistika, FMIPA-IPB, Jl. Meranti Darmaga Bogor 16680

E-mail: yunusbmkg@live.com

ABSTRACT

In order to predict monthly rainfall total over Indramayu district SST data of GCM outputs can be used as a predictor. The advantage of GCM outputs is that data could be derived spatially and temporally. Unfortunately, the used of GCM outputs directly to provide total rainfall prediction for local and regional scales are considered improper because these outputs can not provide some features of local and regional scales. This condition is the disadvantage of global model outputs. In this case, it is necessary to apply Statistical Downscaling (SD) technique. This paper discusses the use of Partial Least Square Regression (PLSR) as SD technique using 49 grid points SST of 1° x 1° resolution of GCM to predict monthly rainfall total in Indramayu district. The results show that Pearson correlation coefficient range is 0,48 to 0,88 and the RMSE range is 43 mm per month to 133 mm per month. Anjatan station shows the best performance.

Keywords: monthly, GCM, global, PLSR, regional, SST, rainfall total

ABSTRAK

Untuk dapat melakukan prediksi total hujan bulanan di wilayah Kabupaten Indramayu dapat digunakan prediktor data SML yang diperoleh dari model GCM. Keunggulan luaran model GCM adalah dapat diturunkannya data secara spasial maupun secara temporal. Namun demikian, penggunaan data SML skala global secara langsung untuk prediksi total hujan bulanan skala regional sebagai peubah respon sangat tidak sesuai. Mengingat banyak feature skala lokal maupun regional yang tidak dapat disajikan oleh luaran model skala global. Kondisi ini merupakan suatu kelemahan dari luaran model global. Akibatnya diperlukan suatu teknik Statistics Downscaling (SD) untuk mengolah data prediktor agar dapat menghasilkan nilai peubah respon yang sesuai skala lokal maupun regional. Dalam tulisan ini akan disajikan hasil teknik SD dari 49 grid point dengan resolusi 1° x 1° data SML GCM untuk memperoleh nilai prediksi total hujan bulanan di wilayah Kabupaten Indramayu. Pengolahan data SML GCM ini digunakan teknik Partial Least Square Regression (PLSR). Hasilnya menunjukkan bahwa nilai koefisien korelasi Pearson sebesar 0,48 hingga 0,88 dan nilai RMSE sebesar 43 mm per bulan hingga 133 mm per bulan. Lokasi Anjatan menunjukkan hasil terbaik.

Kata kunci: bulanan, GCM, global, PLSR, regional, SML, total hujan

Naskah masuk : 12 Januari 2011

Nasakah diterima : 2 Mei 2011