

PENERAPAN METODE *COKRIGING* DENGAN VARIOGRAM ISOTROPI DAN ANISOTROPI DALAM MEMPREDIKSI CURAH HUJAN BULANAN JAWA BARAT

APPLICATION OF *COKRIGING* METHODS WITH ISOTROPY AND ANISOTROPY VARIOGRAMS IN PREDICTION OF WEST JAVA MONTHLY RAINFALL

Anik Djuraidah¹, Septian Rahardiantoro¹, Azizah Desiwari¹

¹ Departemen Statistika FMIPA-IPB

Jl. Raya Dramaga, Kampus IPB Dramaga, 16680, Jawa Barat, Indonesia.

*E-mail: anikdjuraidah@apps.ipb.ac.id

Naskah masuk: 13 Desember 2018 Naskah diperbaiki: 28 Februari 2019 Naskah diterima: 22 April 2019

ABSTRAK

Curah hujan merupakan salah satu unsur iklim yang penting dalam pertanian. Informasi mengenai ukuran curah hujan dapat diketahui dari pos hujan pada suatu wilayah. Permasalahan yang dihadapi adalah tidak semua wilayah memiliki pos hujan, sehingga metode interpolasi spasial dapat digunakan dalam memprediksi besarnya curah hujan pada suatu wilayah. Metode *cokriging* merupakan salah satu metode interpolasi spasial yang bersifat *Best Linear Unbiased Prediction* (BLUP) dengan melibatkan minimum dua peubah. Peubah yang digunakan dalam penelitian ini dipilih berdasarkan keeratan hubungannya, yaitu peubah curah hujan dan elevasi pos hujan. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah curah hujan bulanan tahun 1981 hingga 2013 pada 38 pos hujan di wilayah Jawa Barat. Metode analisis diawali dengan menentukan variogram isotropi yang ditentukan berdasarkan jarak spasial dan variogram anisotropi yang ditentukan berdasarkan jarak dan arah pada kedua peubah. Selanjutnya, variogram yang terbaik digunakan untuk prediksi curah hujan. Hasil penelitian menunjukkan variogram terbaik adalah variogram isotropi dengan hasil prediksi curah hujan bulanan yang mempunyai nilai *reduced means square error* berkisar antara 0.54 sampai dengan 1.46 dan nilai *average error* hampir 0.

Kata kunci: Anisotropi, *cokriging*, interpolasi spasial, Isotropi, Variogram

ABSTRACT

Rainfall is one of the important climatic elements in agriculture. The information on the amount of rainfall can be known from the weather station in a region. The problem faced is not all regions have its own weather station, so that spatial interpolation can be used to predict the amount of rainfall in a region. Cokriging is one of spatial interpolation that has properties BLUP (Best Linear Unbiased Prediction) that involved at least two variables. In this study, the variables used were the amount of rainfall and elevation of the weather station because these variables have a correlation. The data used in this study were monthly rainfall from 1981 to 2013 at 38 weather stations in West Java. The first step in analysis data was determined isotropy variogram determined based on spatial distance and anisotropic variogram determined based on distance and direction in the two variables. Furthermore, the best variogram was used for the rainfall prediction. The results showed the best variogram is isotropy with the results of monthly rainfall predictions with the cokriging method having reduced means square error values ranging from 0.54 to 1.46 and the average error value of almost 0.

Keywords: Anisotropy, *cokriging*, spatial interpolation, Isotropy, Variograms

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki tiga musim, yaitu musim hujan, musim kemarau, dan musim peralihan antara hujan dan kemarau [1]. Pembangunan pos hujan telah dilakukan di beberapa daerah untuk mendata besarnya curah hujan pada wilayah tersebut. Permasalahan yang dihadapi adalah tidak semua daerah di Indonesia memiliki

pos hujan, sehingga besarnya curah hujan pada daerah tertentu tidak dapat diketahui.

Data curah hujan dapat dipandang sebagai data spasial karena dapat melibatkan informasi wilayah dan bersifat kontinu. Salah satu analisis geostatistik untuk memprediksi besarnya curah hujan pada suatu wilayah adalah metode interpolasi spasial. Prediksi nilai dengan metode ini dilakukan berdasarkan nilai

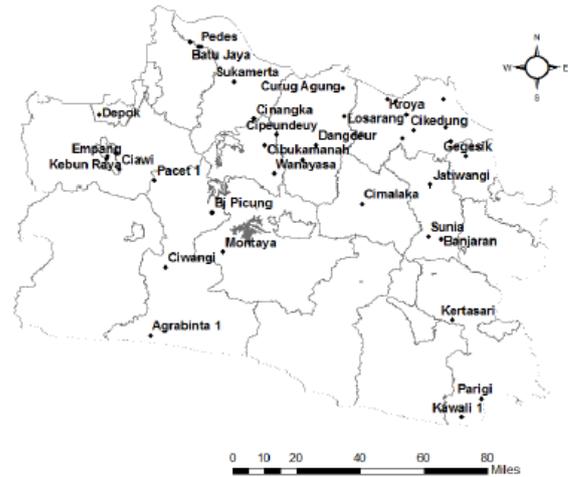
pada titik-titik disekitarnya dengan melibatkan informasi spasial dari data di sekitar lokasi. Salah satu metode interpolasi spasial yang umum digunakan adalah *cokriging* dengan prediksinya bersifat *best linear unbiased prediction* (BLUP). Metode *Cokriging* dalam penerapannya melibatkan dua peubah dalam melakukan interpolasi spasial [2]. Metode *cokriging* pada penelitian Hooshmand *et al* [3] dipilih karena memiliki akurasi yang lebih baik jika dibandingkan dengan metode *kriging*. Penelitian ini berupaya untuk memanfaatkan peubah nilai elevasi suatu wilayah dalam melakukan interpolasi spasial terhadap peubah curah hujan. Hal ini didukung oleh Chahouki *et al.*[4] yang menyatakan bahwa peubah curah hujan dan nilai elevasi suatu wilayah memiliki korelasi yang positif. Selain itu, berdasarkan Adhikary *et al* [5], penggunaan peubah elevasi dapat meningkatkan kebaikan dalam prediksi curah hujan.

Korelasi antar nilai yang berdekatan secara spasial dimodelkan sebagai suatu fungsi jarak dan didefinisikan sebagai variogram. Sebelum melakukan *cokriging*, diperlukan analisis variogram untuk melihat keragaman spasial antar data yang diamati. Jenis variogram yang digunakan akan berpengaruh terhadap hasil yang didapat pada metode *cokriging*. Korelasi spasial dapat dimodelkan sebagai suatu fungsi jarak dan didefinisikan sebagai variogram isotropi, sedangkan pemodelan terhadap fungsi jarak dengan mempertimbangkan arah dapat didefinisikan sebagai variogram anisotropi [6]. Model variogram terbaik akan digunakan dalam menerapkan analisis *cokriging*.

Lebih spesifik, tujuan dari penelitian ini adalah melakukan prediksi curah hujan bulanan di Jawa Barat dengan metode *cokriging* dengan peubah sekundernya adalah nilai elevasi pos hujan. Metode *cokriging* diaplikasikan berdasarkan hasil terbaik antara variogram isotropi dan anisotropi yang digunakan.

2. Metode Penelitian

Data. Penelitian ini menggunakan data primer dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) [7], yaitu data curah hujan harian mulai 1 Januari 1980 hingga 31 Desember 2013. Data diambil dari 38 pos hujan yang ada di Provinsi Jawa Barat dengan peta sebaran pos hujan tersebut tertera pada Gambar 1. Peubah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu curah hujan dalam satuan millimeter dan elevasi masing-masing pos hujan dalam satuan meter. Letak pos hujan dalam bujur dan lintang digunakan sebagai informasi tambahan.



Gambar 1. Peta sebaran lokasi pos hujan di Provinsi Jawa Barat

Tahapan Analisis Data. Penelitian ini merupakan penerapan dari penelitian yang dilakukan oleh Chahouki *et al* dalam penentuan metode *cokriging* yang tepat untuk memprediksi curah hujan [4]. Praktiknya, penelitian ini menggunakan data curah hujan harian di Jawa Barat.

Langkah-langkah pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan tahap persiapan data, yaitu :
 - a. Data curah hujan harian dari 38 pos hujan dikonversi ke curah hujan bulanan dengan cara menjumlahkan besarnya curah hujan setiap hari dalam satu bulan.
 - b. Mengelompokkan data curah hujan berdasarkan bulan.
 - c. Mencari rata-rata data curah hujan pada masing-masing pos hujan di setiap bulan.
2. Menguji asumsi kenormalan pada data dengan Uji Anderson-Darling. Data dikatakan normal apabila nilai-*p* yang dihasilkan lebih dari 0.05. Apabila data tidak menyebar normal, maka data akan ditransformasi menggunakan metode transformasi Box-Cox.
3. Melakukan eksplorasi data curah hujan untuk melihat karakteristik pola curah hujan di wilayah Jawa Barat per bulannya.
4. Melakukan analisis variogram pada 3 peubah, yaitu curah hujan, nilai elevasi, dan juga *cross variate* antara peubah curah hujan dan nilai elevasi pada tiap bulan dalam kondisi isotropi dan anisotropi. Kondisi anisotropi dilakukan karena curah hujan diduga dipengaruhi oleh arah angin. BMKG mengatakan bahwa arah angin untuk wilayah Jawa Barat adalah dari barat. Analisis variogram terdiri dari beberapa model, yaitu *spherical*, *exponential*, *gaussian*, dan *linear* [6]. Model *spherical* tergantung dari besarnya komponen jarak yang dibandingkan dengan suatu nilai ambang. Model *exponential* dan *gaussian* memiliki komponen eksponensial

dengan perbedaan nilai di dalamnya. Serta model linear yang berupa persamaan garis lurus. Analisis variogram anisotropi dilakukan pada 13 sudut mulai 0 derajat sampai 180 derajat dengan jarak 15 derajat. Berdasarkan 13 sudut tersebut, dipilih satu sudut yang paling baik dengan mempertimbangkan nilai Jumlah Kuadrat Galat (JKG), nilai R^2 , dan nilai proporsi $C/(C_0 + C)$.

- Melakukan interpolasi spasial dengan metode *cokriging* pada masing-masing bulan dengan curah hujan sebagai peubah primer dan nilai elevasi sebagai peubah sekunder. Model variogram yang digunakan pada tahap ini didapatkan dari Tahap 4. Untuk membandingkan hasil nilai prediksi dan nilai yang diamati, maka digunakan *Reduced Means Square Error* (Red MSE), *Average Error* (AE), *Means Absolute Percentage Error* (MAPE), dan *Root Means Square Error* (Root MSE). Nilai Red MSE harus berada pada selang $1 \pm [2(2/N)^{1/2}]$ dan nilai AE harus mendekati 0 agar modelnya diterima [8]. Nilai MAPE dan Root MSE yang semakin kecil menunjukkan model yang semakin baik.

6.

$$\text{Red MSE: } \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{Z(d_i) - Z(i)}{S} \right|^2 \right)^{1/2}$$

$$\text{AE: } \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{Z(d_i) - Z(i)}{S}$$

$$\text{MAPE: } \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|Z(d_i) - Z(i)|}{Z(d_i)} \right) \times 100\%$$

$$\text{Root MSE: } \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Z(d_i) - Z(i))^2}$$

dengan

N : Jumlah pasangan nilai yang diamati dan diprediksi

$Z(d_i)$: Nilai peubah di lokasi d_i

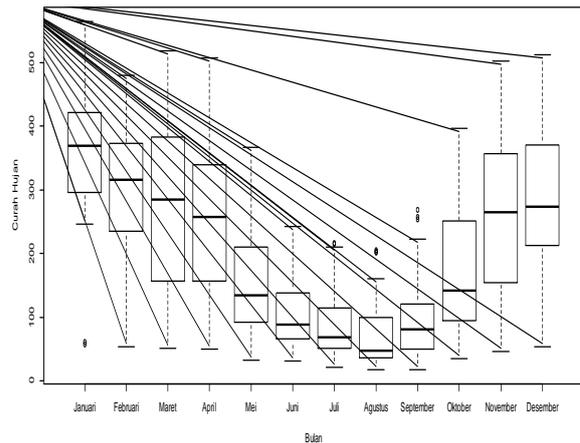
$Z(i)$: Nilai prediksi di lokasi i

S : simpangan baku nilai yang diamati

- Menggambarkan peta kontur prediksi curah hujan di Provinsi Jawa Barat pada masing-masing bulan.

3. Hasil Dan Pembahasan

Deskripsi Data. Karakteristik data pada penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 2. Besarnya curah hujan beragam dalam setahun. Curah hujan rata-rata per bulan pada bulan Oktober hingga April cukup tinggi. Curah hujan pada bulan Mei hingga September cukup rendah. Hal ini menunjukkan bahwa bulan basah berada di antara bulan November hingga April dan bulan kering diantara bulan Mei hingga Oktober.



Gambar 2. Karakteristik data curah hujan

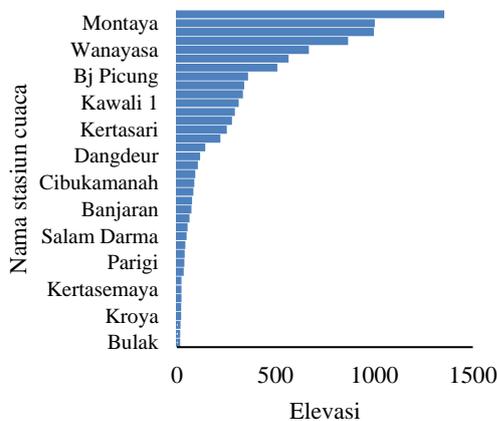
Karakteristik data yang digunakan pada penelitian ini juga dapat dilihat pada Tabel 1. Rata-rata terendah ada pada bulan Agustus yaitu sebesar 72.73 mm dan rata-rata tertinggi ada pada bulan Januari yaitu sebesar 360.48 mm. Hal ini menunjukkan bahwa bulan paling kering adalah bulan Agustus dan bulan paling basah adalah bulan Januari.

Nilai elevasi yang digunakan dalam penelitian ini mulai dari 3 sampai 1341 meter di atas permukaan laut (mdpl). Nilai elevasi paling rendah dimiliki oleh pos hujan Bulak di Kabupaten Indramayu. Nilai elevasi paling tinggi dimiliki oleh pos hujan Pacet 1 di Kabupaten Cianjur. Karakteristik nilai elevasi ditunjukkan oleh Gambar 3.

Penelitian ini menggunakan metode *cokriging* dengan melibatkan nilai elevasi sebagai peubah sekunder. Peubah sekunder tersebut harus memiliki korelasi dengan peubah primer. Nilai korelasi antara besarnya curah hujan dan nilai elevasi menunjukkan korelasi yang positif yang dapat diartikan bahwa semakin tingginya nilai elevasi suatu pos hujan, maka semakin tinggi pula curah hujan pada daerah tersebut. Berdasarkan Tabel 1, nilai korelasi terbesar ada pada bulan November yaitu sebesar 0.61 dan nilai korelasi terendah ada pada bulan Juli yaitu sebesar 0.35, yang menunjukkan bahwa terdapat keberagaman yang cukup tinggi antara nilai elevasi suatu wilayah terhadap curah hujan yang terjadi pada wilayah tersebut. Tentunya, keberagaman ini juga dipengaruhi oleh musim yang terjadi. Penelitian ini membatasi tidak memperhatikan cakupan musim yang sedang terjadi.

Tabel 1. Karakteristik data curah hujan

Bulan	Rata-rata	Median	Simpangan Baku	Minimum	Maksimum	Korelasi dengan Elevasi
Januari	360.48	369.18	107.78	57.76	564.21	0.39
Februari	308.71	315.12	97.40	52.97	479.88	0.36
Maret	276.05	285.01	121.86	50.88	517.42	0.60
April	247.60	257.55	118.15	49.65	506.76	0.57
Mei	165.88	133.76	92.04	32.28	366.94	0.50
Juni	107.35	87.79	55.46	31.77	242.62	0.37
Juli	88.16	67.91	52.84	21.82	216.36	0.35
Agustus	72.73	47.34	52.94	17.54	205.32	0.38
September	98.04	81.05	66.89	18.08	268.56	0.43
Oktober	177.76	141.84	101.03	35.42	395.77	0.51
November	258.57	264.10	119.63	46.06	502.45	0.61
Desember	284.82	273.72	103.70	52.97	512.12	0.58



Gambar 3. Karakteristik nilai elevasi

Uji Asumsi Kenormalan. Data curah hujan dan elevasi kemudian diuji kenormalannya dengan menggunakan uji Anderson-Darling. Data curah hujan dikatakan menyebar normal apabila nilai- p yang dihasilkan lebih dari 0.05. Hasil yang diperoleh, peubah yang tidak menyebar normal adalah peubah elevasi, curah hujan bulan Mei, Juni, Juli, Agustus, September, dan Oktober dengan nilai- p secara berurutan adalah 0.343, 0.401, 0.323, 0.356, 0.145, 0.919, 0.287. Peubah yang tidak menyebar normal tersebut kemudian ditransformasi dengan metode Box-Cox [9]. Nilai parameter pangkat (λ) terbaik yang digunakan untuk mentransformasi data pada peubah tersebut adalah 0 atau logaritma. Setelah ditransformasi, data ini diuji kembali dengan uji Anderson-Darling. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa data setelah ditransformasi menyebar normal.

Analisis Variogram. Berdasarkan nilai JKG, nilai R^2 , dan proporsi $C/(C_0 + C)$ pada Tabel 2, variogram isotropi menunjukkan nilai yang lebih baik dari variogram anisotropi. Nilai JKG pada variogram isotropi cenderung lebih kecil dari

variogram anisotropi. Nilai R^2 dan proporsi $C/(C_0 + C)$ yang terbentuk dari variogram isotropi cenderung lebih besar. Hal ini dapat disebabkan oleh faktor-faktor yang mempengaruhi curah hujan tidak hanya arah angin. Curah hujan dapat juga dipengaruhi oleh tekanan udara, kelembaban udara, dan suhu udara [10]. Berdasarkan hal tersebut, model variogram yang dipilih untuk menerapkan metode *cokriging* adalah variogram dengan keadaan isotropi. Selain itu, Tabel 3 menunjukkan model variogram terpilih pada tiap bulan untuk masing-masing peubah.

Penerapan Cokriging. Model variogram yang dipilih pada penerapan metode *cokriging* adalah model variogram dengan keadaan isotropi. Maka dalam penerapannya, sebagai contoh model variogram yang digunakan pada bulan April adalah model *spherical*, *exponential*, dan *gaussian* untuk peubah curah hujan, elevasi, dan *cross variate*-nya secara berurutan yang tertera di Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 4, nilai Red MSE yang diluar batasan 0.54 sampai dengan 1.46 ada di bulan Juli dan September, dengan besar nilai Red MSE masing-masing yaitu sebesar 0.496 dan 0.499. Nilai AE yang terdapat pada masing-masing bulan mendekati 0. Nilai MAPE pada masing-masing bulan berkisar antara 27.105% sampai dengan 48.803%. Nilai MAPE terkecil ada di bulan Juli dan nilai MAPE terbesar ada di bulan Agustus. Berdasarkan hasil yang didapat pada Tabel 4, nilai Root MSE pada bulan-bulan kering cenderung lebih kecil daripada bulan basah. Hal ini mengindikasikan bahwa *cokriging* yang diterapkan sangat baik dalam memprediksi curah hujan pada bulan kering yang disebabkan pola curah hujannya lebih homogen dibandingkan dengan bulan basah. Nilai Root MSE paling besar ada di bulan Februari, yaitu sebesar 107.004 dan nilai Root MSE paling kecil ada di bulan Juli, yaitu sebesar 26.215.

Nilai MAPE dan Root MSE pada bulan Februari cukup besar, namun nilai Red MSE dan AE memenuhi kriteria model yang baik. Nilai Red MSE pada Bulan Juli lebih kecil dari 0.54, namun nilai MAPE dan Root MSE cenderung lebih kecil dari bulan-bulan lainnya. Nilai AE lebih jauh dari 0 dibandingkan bulan-bulan lainnya dan nilai MAPE besar pada bulan Agustus, namun nilai Red MSE memenuhi kriteria dan nilai Root MSE cenderung

kecil. Nilai Red MSE lebih kecil dari 0.54 pada bulan September, namun nilai AE mendekati 0 dan nilai MAPE serta Root MSE kecil. Secara umum, perhitungan error yang diperoleh pada Tabel 4 sudah cukup kecil (mendekati nol) yang mengindikasikan penerapan metode *cokriging* sudah cukup baik diterapkan.

Tabel 2. Hasil JKG, R² dan Proporsi variogram isotropi dan anisotropi per bulan

Bulan	Isotropi			Anisotropi		
	JKG	R ² (%)	$\frac{C}{(C_0 + C)}$	JKG	R ² (%)	$\frac{C}{(C_0 + C)}$
Januari	4.0 × 10 ³	32.1	0.99	106485	17.0	0.80
Februari	9903	49.3	0.93	100369	23.1	0.86
Maret	13969	62.5	0.99	154260	39.2	0.90
April	3.3 × 10 ⁸	48.8	1.00	155365	24.4	0.87
Mei	0.102	80.2	0.99	3.052	27.9	0.86
Juni	0.075	73.4	0.99	2.518	30.6	0.87
Juli	0.099	75.0	0.97	3.795	37.8	0.89
Agustus	0.326	72.8	0.97	4.878	38.6	0.90
September	0.078	83.8	0.99	3.523	35.0	0.90
Oktober	0.133	82.9	1.00	5.295	36.8	0.94
November	6246	78.9	1.00	165724	32.9	0.89
Desember	8376	60.6	1.00	99772	31.0	0.86

Tabel 3. Model variogram terpilih pada tiap bulan

Bulan	Curah Hujan		Elevasi		Cross Variate	
	Isotropi	Anisotropi (sudut)	Isotropi	Anisotropi (sudut)	Isotropi	Anisotropi (sudut)
Januari	Gaussian	Gaussian (60)	Exponential	Exponential (0)	Gaussian	Gaussian (90)
Februari	Gaussian	Gaussian (15)	Exponential	Exponential (0)	Gaussian	Gaussian (30)
Maret	Exponential	Exponential (0)	Exponential	Exponential (0)	Exponential	Exponential (0)
April	Spherical	Exponential (75)	Exponential	Exponential (0)	Gaussian	Exponential (0)
Mei	Spherical	Exponential (120)	Exponential	Exponential (0)	Gaussian	Exponential (0)
Juni	Spherical	Exponential (120)	Exponential	Exponential (0)	Gaussian	Exponential (30)
Juli	Gaussian	Gaussian (75)	Exponential	Exponential (0)	Spherical	Exponential (30)
Agustus	Gaussian	Exponential (120)	Exponential	Exponential (0)	Spherical	Exponential (45)
September	Spherical	Exponential (120)	Exponential	Exponential (0)	Gaussian	Exponential (30)
Oktober	Gaussian	Exponential (60)	Exponential	Exponential (0)	Gaussian	Exponential (15)
November	Spherical	Exponential (0)	Exponential	Exponential (0)	Gaussian	Exponential (15)
Desember	Gaussian	Gaussian (105)	Exponential	Exponential (0)	Spherical	Exponential (0)

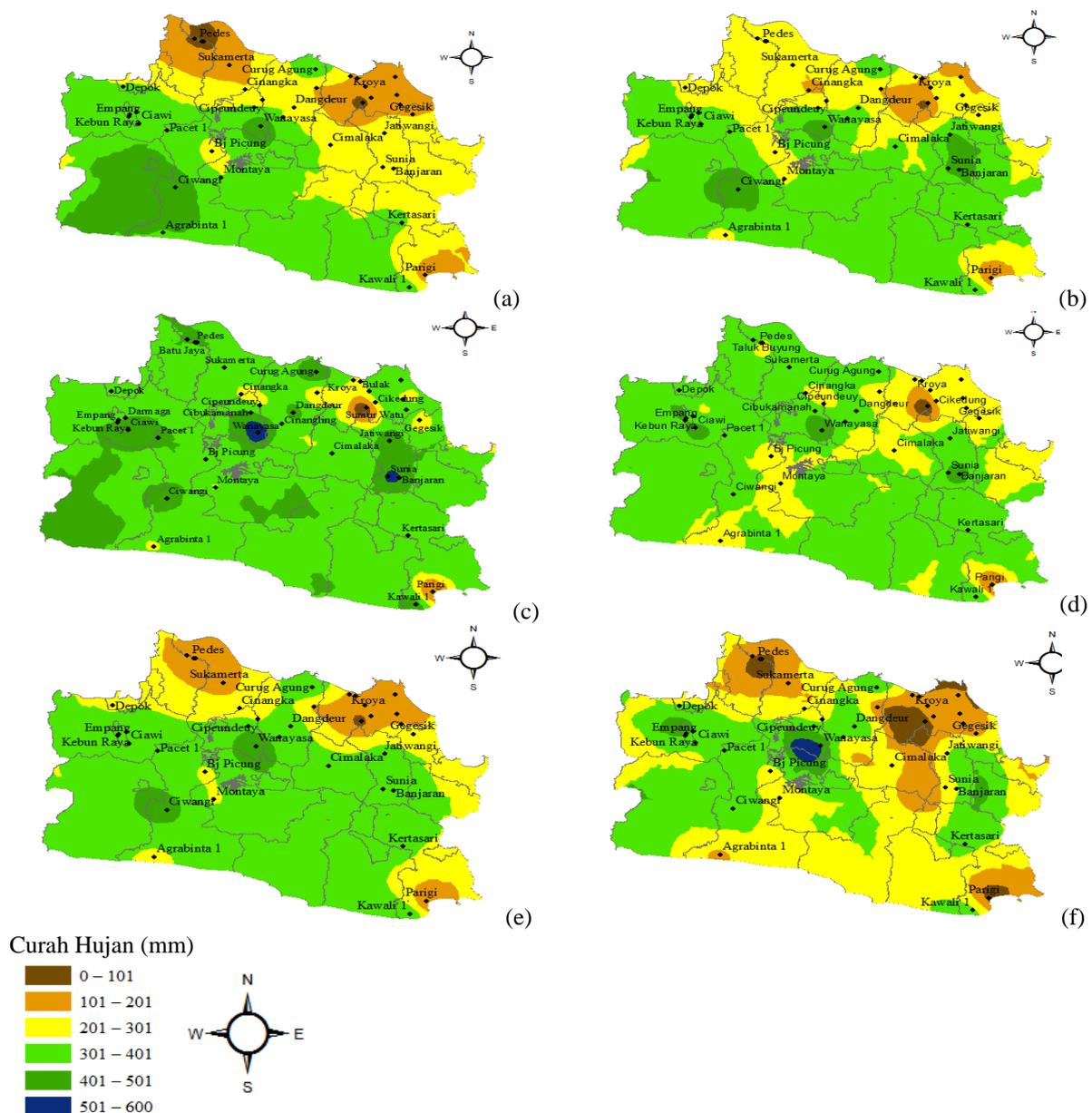
Tabel 4. Hasil nilai error pada metode *cokriging* untuk seluruh pos hujan per bulan

Bulan	<i>Cokriging</i>			
	Red MSE	AE	MAPE	Root MSE
Januari	0.847	-0.044	36.742	91.290
Februari	1.099	-0.018	45.527	107.004
Maret	0.804	0.016	40.605	97.940
April	0.798	0.001	39.028	94.227
Mei	0.625	-0.072	32.319	57.556
Juni	0.656	-0.072	28.709	36.364
Juli	0.496	-0.041	27.105	26.215
Agustus	0.728	-0.116	48.803	38.525
September	0.499	-0.074	34.689	33.383
Oktober	0.618	-0.071	33.318	62.488
November	0.702	0.044	33.005	83.930
Desember	0.870	0.017	37.169	90.259

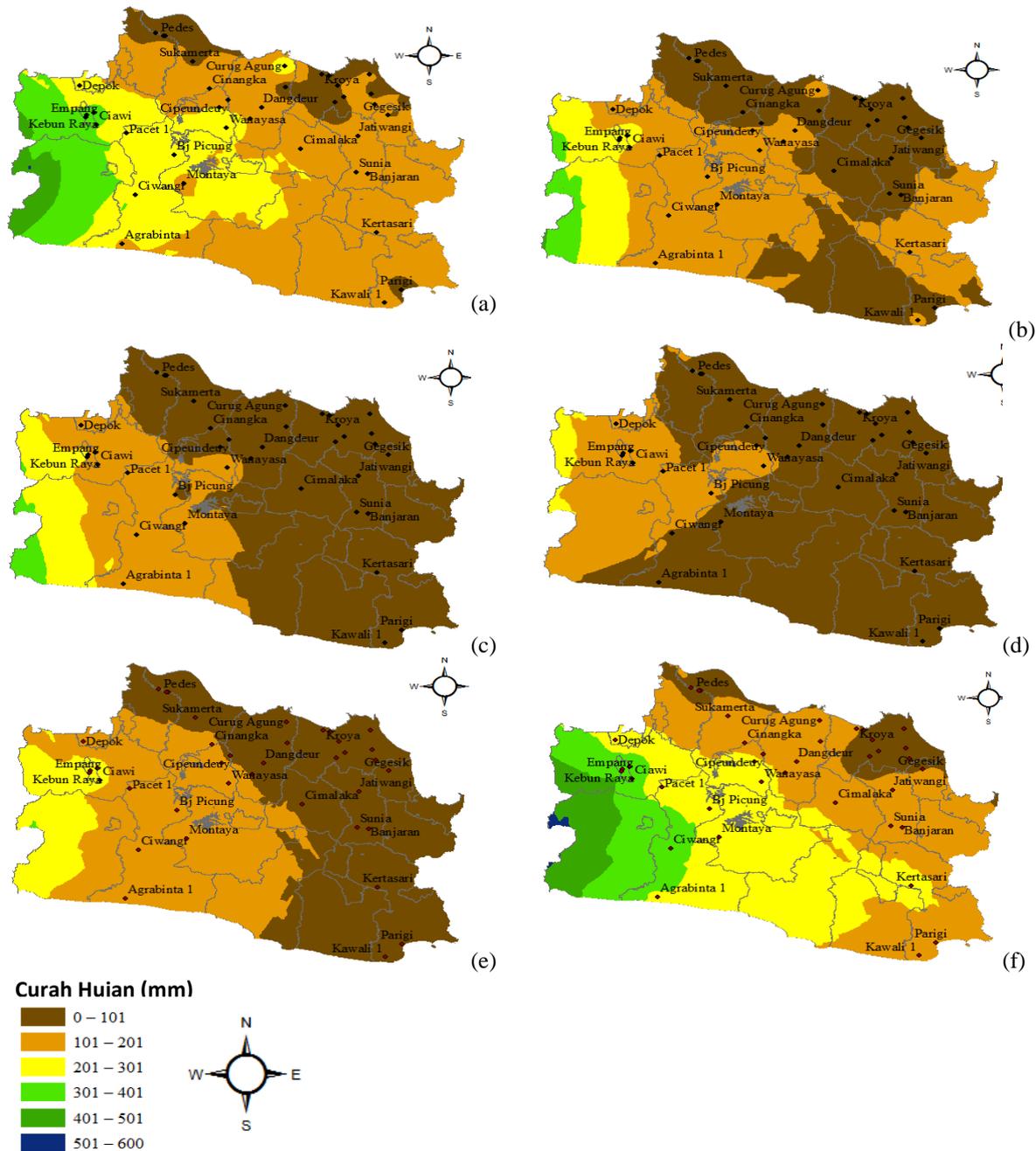
Peta Kontur. Peta prediksi curah hujan pada bulan-bulan basah dan bulan-bulan kering masing-masing disajikan pada Gambar 4 dan Gambar 5. Peta prediksi terdiri dari 6 warna dengan jarak masing-masing 100 mm. Warna coklat menunjukkan daerah paling kering dan warna biru menunjukkan daerah paling basah. Berdasarkan Gambar 4, dapat terlihat pola sebaran curah hujan dari bulan November sampai dengan bulan April. Pada bulan November, curah hujan rendah hingga sedang mendominasi wilayah-wilayah di Jawa Barat. Pada bulan Desember, Januari, Februari, serta Maret, curah hujan sedang yang relatif lebih mendominasi. Selain itu, disertai juga curah hujan tinggi pada beberapa wilayah. Bulan April, warna coklat mulai terlihat

menyebar dan ini menandakan peralihan musim dari musim hujan ke musim kemarau

Pada Gambar 5 terlihat pola hujan di bulan Mei terlihat bahwa curah hujan rendah hingga sedang yang mendominasi. Pada bulan Juni, Juli, Agustus, serta September didominasi oleh curah hujan rendah, yang menandakan bahwa pada bulan-bulan tersebut terjadi bulan kering dengan bulan Agustus adalah bulan yang paling kering. Pada bulan Oktober, warna coklat sudah semakin sedikit, namun warna kuning dan hijau muda sudah mulai terlihat. Hal ini menandakan bahwa bulan Oktober merupakan bulan peralihan dari musim kemarau ke musim hujan.



Gambar 4. Peta prediksi curah hujan bulan (a) November, (b) Desember, (c) Januari, (d) Februari, (e) Maret, (f) April (Catatan: Peta tidak berskala)



Gambar 5. Peta prediksi bulan (a) Mei, (b) Juni, (c) Juli, (d) Agustus, (e) September, (f) Oktober

4. Kesimpulan

Analisis variogram yang diterapkan pada penelitian ini menunjukkan bahwa variogram isotropi lebih baik daripada variogram anisotropi. Hal ini diindikasikan oleh nilai JKG yang cenderung lebih rendah, nilai R^2 dan proporsi $\frac{C}{(C_0+C)}$ yang lebih besar dibandingkan dengan variogram anisotropi. Oleh karena itu metode *cokriging* diterapkan dengan menggunakan model variogram isotropi. Dalam hal ini, penerapan metode *cokriging* dengan peubah curah hujan sebagai peubah primer dan peubah elevasi sebagai peubah sekunder sudah memberikan hasil yang cukup baik. Hal ini terlihat dari nilai Red

MSE yang berkisar antara 0.54 sampai dengan 1.46, nilai AE yang mendekati 0, nilai MAPE dan Root MSE yang kecil.

Daftar Pustaka

- [1] E. Aldrian, R. D. Susanto. Identification of Three Dominant Rainfall Regions Within Indonesia and Their Relationship to Sea Surface Temperature, *International Journal of Climatology*, 23: 1435–1452 (2003).
- [2] M. Sherman. *Spatial Statistics and Spatio-Temporal Data*. New York (US): John Wiley & Sons, Ltd, 2011.

- [3] A. Hooshmand, M. Delghandi, A. Izady, K.A. Aali. Application of Kriging and Cokriging in Spatial Estimation of Groundwater Quality Parameters, *African Journal of Agricultural Research*, 6(14): 3402-3408 (2011).
- [4] M.AZ Chahouki, A. Z. Chahouki, A. Malekian, R. Bagheri, and S. A. Vesali, Evaluation of Different Cokriging Methods for Rainfall Estimation in Arid Regions, (Central Kavir Basin in Iran), *University of Tehran*, 2014.
- [5] S.K. Adhikary, N. Muttill, A.G. Yilmaz. Cokriging for Enhanced Spatial Interpolation of Rainfall in Two Australian Catchments, *Hydrological Processes*, 31:2143–2161 (2017).
- [6] R. E. Plant, *Spatial Data Analysis in Ecology and Agriculture Using R*, New York (US): CRC Press Taylor and Francis Group, 2012.
- [7] BMKG. *Prakiraan Musim Hujan 2016/2017 Wilayah Jawa Barat*. Bogor (ID): Data dan Informasi Stasiun Klimatologi Darmaga Bogor, 2016.
- [8] V.B. Ella, S. W. Melvin, and R. S. Kanwar, Spatial Analysis of NO₃-N Concentration in Glacial Till, *Iowa State University*, 44(2): 317-327, 2001.
- [9] W.W.S. Wei. *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods*. NewYork (US): Pearson Education, Inc, 2006.
- [10] N.S. Pradipta, P. Sembiring, P. Bangun. Analisis Pengaruh Curah Hujan di Kota Medan, *Saintia Matematika*, 1(5): 459-468, (2013).