

PERBANDINGAN PENDUGAAN METODE ORDINARY KRIGING DAN METODE ORDINARY KRIGING DENGAN TEKNIK JACKKNIFE

Novia Nur Rohma¹, Henny Pramoedyo², Suci Astutik³

¹STAI Al Yasini Pasuruan[Email:novia.nnr45@gmail.com]

²Universitas Brawijaya

³ Universitas Brawijaya

§Corresponding Author

Received Oct 20th 2022; Accepted Dec 10th 2022; Published Dec 30th 2022;

Abstrak

Pada analisis spasial jika terdapat data yang memiliki distribusi tidak normal, maka akan menghasilkan prediksi yang kurang baik. Untuk mengatasi hal tersebut digunakan metode *ordinary kriging* dengan teknik *jackknife*. Dalam metode *ordinary kriging* dan *ordinary kriging* dengan teknik *jackknife* perlu memperhitungkan *semivariogram*. Hujan merupakan suatu proses jatuhnya air yang berasal dari awan ke bumi. Hujan di ukur melalui curah hujan. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan dua metode yaitu *ordinary kriging* dan *ordinary kriging* dengan teknik *jackknife* pada data berdistribusi normal dan data berdistribusi tidak normal, serta menentukan *semivariogram* terbaik. Data yang digunakan adalah data curah hujan bulanan di Malang Raya periode Januari 2016 s/d Desember 2016. Dari dataset bulanan curah hujan, data yang berdistribusi normal pada bulan Januari, Februari, Maret, April, Mei, Juni, Agustus, September, Oktober, November dan Desember 2016, sedangkan data yang berdistribusi tidak normal pada bulan Juli. Pada data berdistribusi normal lebih cocok dianalisis dengan menggunakan *ordinary kriging* karena nilai RMSE relatif kecil dibanding *ordinary kriging* dengan teknik *jackknife*. Pada data tidak normal RMSE *ordinary kriging* dengan teknik *jackknife* lebih kecil dibanding *ordinary kriging*.

Kata Kunci: semivariogram, ordinary kriging, ordinary kriging dengan teknik jackknife, curah hujan

Abstract

In spatial analysis if there is data that has abnormal distribution, it will produce poor prediction. To overcome this method used ordinary kriging with jackknife technique. In ordinary kriging method and ordinary kriging with jackknife techniques need to take into account semivariogram. Rain is a process of water falling from cloud to earth. Rain is measured through rainfall. The purpose of this study was to compare two methods namely ordinary kriging and ordinary kriging with jackknife technique on normal distributed data and abnormal distribution data, and determine best semivariogram. The data used is monthly rainfall data in Malang Raya on January 2016 until December 2016 period. From the monthly dataset of rainfall, the data are normally distributed in January, February, March, April, May, June, August, September, October, November and December 2016, while the distributed data is not normal in July. In normal distributed data more suitable to be analyzed by using ordinary kriging because RMSE value is relatively small compared to ordinary kriging with jackknife technique. In abnormal data RMSE ordinary kriging with jackknife technique is smaller than ordinary kriging.

Keywords: semivariogram, ordinary kriging, ordinary kriging with jackknife technique, rainfall

1. Pendahuluan

Hujan adalah peristiwa turunnya butir-butir air dari langit ke permukaan bumi yang merupakan suatu siklus air di bumi. Hujan sangat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup seluruh makhluk di bumi. Hujan merupakan produk kondensasi uap air (presipitasi) [1].

Kawasan Malang Raya berada di antara beberapa gunung sehingga memiliki keadaan geografis yang sangat bervariasi, sehingga memungkinkan terdapat lokasi yang tidak tersampel untuk data curah hujan. Secara umum, curah hujan di daerah sekitar pos-pos hujan tidak bisa diketahui secara pasti karena pengukuran tidak dilakukan di setiap lokasi. *Ordinary kriging* memanfaatkan nilai spasial pada lokasi tersampel dan variogram yang menunjukkan korelasi antar titik spasial untuk memprediksi nilai pada lokasi lain yang belum tersampel, di mana nilai prediksi tersebut tergantung pada kedekatannya terhadap lokasi tersampel.

Pada *Ordinary Kriging* penduga suatu nilai variabel pada titik tertentu dilakukan dengan cara mengamati data yang sejenis pada daerah lain. Bobot dalam metode *ordinary kriging* ini dipengaruhi oleh model variogram, sehingga ketepatan pada pemilihan model variogram akan memberikan pendugaan yang baik pada metode *kriging* [2].

Beberapa peneliti sebelumnya, Kusumawardani (2014) melakukan simulasi pengukuran ketepatan model variogram pada metode *ordinary kriging* dengan teknik *jackknife* berdasarkan variogram *spherical* dan *exponential* [3]. Hardiansyah (2001) melakukan perhitungan akurasi pada metode *ordinary kriging* dengan teknik *jackknife* berdasarkan model *exponential* [4]. Dari penelitian tersebut, maka penelitian ini akan dilakukan pada data dengan asumsi distribusi tidak diketahui berdasarkan pendekatan metode *ordinary kriging* dan metode *ordinary kriging* dengan teknik *jackknife* pada data curah hujan di Malang Raya dengan memilih model terbaik.

2. Landasan Teori

Geostatistik adalah metode statistik yang digunakan untuk melihat hubungan antar

variabel yang diukur pada titik tertentu dengan variabel yang sama diukur pada titik dengan jarak tertentu dari titik pertama (data spasial) dan digunakan untuk mengestimasi parameter di tempat yang tidak diketahui datanya [5]. Metode Geostatistika optimal atau memiliki nilai akurasi yang tinggi ketika diterapkan pada data yang berdistribusi normal dan stasioner [6]. *Ordinary kriging* adalah metode *kriging* paling sederhana yang terdapat pada geostatistika. Sehingga pada *ordinary kriging* akan menghasilkan akurasi yang tinggi ketika data berdistribusi normal dan stasioner.

Data spasial adalah data yang memiliki referensi ruang kebumihan (*georeference*) dengan berbagai data atribut di berbagai unit spasial [7]. Lokasi satu dengan lokasi yang lain terdapat ketergantungan, sehingga data spasial merupakan data dependen karena data dikumpulkan dari lokasi berbeda dan mengindikasikan ketergantungan antara pengukuran data dengan lokasi. Ketergantungan akan semakin berkurang jika lokasi antar amatan semakin menyebar [8].

Interpolasi spasial merupakan suatu metode yang digunakan untuk memprediksi nilai yang tidak diketahui berdasarkan nilai yang diperoleh dari suatu pengamatan [9].

Kriging adalah metode geostatistika yang menggunakan nilai yang sudah diketahui dan *semivariogram* sebagai pembobotnya untuk memprediksi nilai pada lokasi lain yang belum diukur. Nilai prediksi pada metode *kriging* tidak sama dengan data asal, tetapi bervariasi dan bergantung pada kedekatan lokasi data asal [10]. *Kriging* memberikan perkiraan nilai yang tidak diketahui pada setiap titik yang tidak tersampel dan perbedaan kesalahan (*galat variance*). Beberapa tahap dalam metode *kriging* adalah (1) Menganalisis sampel data secara statistik, (2) Membuat model variogram, (3) Membuat model autokorelasi dan fungsi kovarian untuk memperkirakan nilai hubungan (*spatial autocorrelation*), (4) Membuat hasil interpolasi dengan memprediksi nilai pada lokasi yang tidak diketahui nilainya, dan (5) menganalisa nilai ragam [11].

Semivariogram biasanya digambarkan dalam bentuk grafik yang berlandaskan perhitungan matematis [12]. *Semivariogram*

terbagi menjadi 2, yaitu:

1. *Semivariogram* eksperimental disebut juga *semivariogram cloud*. *Semivariogram* yang dihitung dari data pengukuran dan kemudian diplotkan sebagai fungsi dari jarak [13].
2. *Semivariogram* Teoritis. *Semivariogram* eksperimental mempunyai bentuk yang tidak teratur, sehingga sulit untuk ditafsirkan dan tidak langsung digunakan dalam penafsiran. Selanjutnya nilai *semivariogram* eksperimental akan dicocokkan dengan model *semivariogram* teoritis untuk digunakan dalam pendugaan agar diperoleh bentuk pola kovarians yang halus dan kontinu sehingga dapat digunakan untuk menurunkan matriks kovarian dalam perhitungan *kriging* [14]. Model-model *semivariogram* teoritis yang sering digunakan [6]:

- a. Model Bola (*Spherical Model*)

$$\gamma(h) = \begin{cases} c_0 + c \left(1.5 \left(\frac{h}{a} \right) - 0.5 \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right) & \text{untuk } h \leq a \\ c_0 + c & \text{selainnya} \end{cases} \quad (1)$$

- b. Model Eksponensial (*Exponential Model*)

$$\gamma(h) = \begin{cases} c_0 + c \left(1 - \exp \left(\frac{-3h}{a} \right) \right) & h \neq 0 \\ 0 & h = 0 \end{cases} \quad (2)$$

- c. Model Gaussian (*Gaussian Model*)

$$\gamma(h) = \begin{cases} c_0 + c \left(1 - \exp \left(\frac{-3h^2}{a^2} \right) \right) & h \neq 0 \\ 0 & h = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Metode *Jackknife* pertama kali dikenalkan oleh Quenouille tahun 1949 yang merupakan metode nonparametrik dan resampling yang bertujuan untuk menduga standar error dan nilai bias. *Jackknife* adalah metode yang digunakan untuk mengestimasi suatu distribusi populasi yang tidak diketahui dengan distribusi empiris yang diperoleh dari proses sampel ulang. Prinsip metode *Jackknife* ialah menghilangkan satu buah data dan mengulanginya sebanyak jumlah sampel yang ada. Dari proses pengulangan tersebut, dapat dihitung bias dan ragam [15].

Kegunaan dari *Root Mean Square Error* (RMSE) adalah untuk membandingkan akurasi antara dua atau lebih model. Semakin kecil nilai RMSE yang dihasilkan suatu model maka semakin akurat model tersebut. RMSE dirumuskan sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n [Z(s_i) - \hat{Z}(s_i)]^2} \quad (4)$$

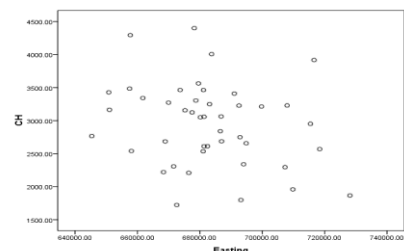
Jika statistik uji $F \leq F_{(v_1, v_2; \alpha)}$ atau jika *p-value* $\geq \alpha$ maka H_0 diterima dengan taraf nyata α maka kedua ragam tersebut sama atau homogen [16]. Sebaliknya jika statistik uji $F > F_{(v_1, v_2; \alpha)}$ atau jika *p-value* $< \alpha$ maka H_0 ditolak dengan taraf nyata α maka kedua ragam tersebut tidak sama atau heterogen [17].

Metode *kriging* dikatakan memiliki akurasi pendugaan yang baik apabila memiliki nilai RMSE yang kecil[5].

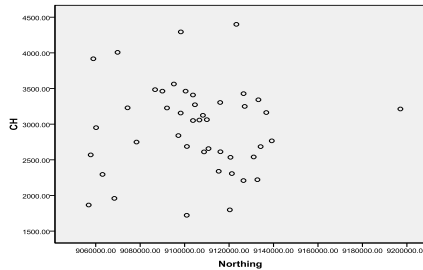
3. Hasil Dan Pembahasan

3.1. Stasioneritas

Metode *ordinary kriging* menghendaki data pengamatan bersifat stasioner yaitu data pengamatan harus memiliki rata-rata dan ragam yang konstan di setiap lokasi atau data pengamatan tidak mengandung *trend*. Apabila terdapat *trend* maka hasil interpolasi metode *ordinary kriging* tidak akurat. Pemeriksaan *trend* dilakukan dengan cara membentuk plot dari data curah hujan tahunan di Wilayah Malang Raya terhadap arah garis lintang atau *easting* serta garis bujur atau *northing*. Untuk membentuk plot diperlukan koordinat bagi masing-masing titik pos hujan yang berada di Wilayah Malang Raya.



Gb. 1. Plot Nilai Curah Hujan Terhadap *Easting*



Gb. 2. Plot Nilai Curah Hujan Terhadap *Northing*

Dilihat dari Gambar 1 dan 2, diketahui bahwa tidak terdapat kecenderungan baik naik ataupun turun nilai curah hujan di Wilayah Malang Raya untuk *easting* dan *northing*, sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat *trend* pada data curah hujan di Wilayah Malang Raya tahun 2016.

3.2. Uji Kenormalan

Uji kenormalan dilakukan dengan melihat histogram dan uji *Kolmogorov Smirnov*. Hasil uji *Kolmogorov Smirnov* dari 44 pos curah hujan pada bulan Januari sampai Desember 2016 di Malang Raya ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Uji *Kolmogorov-Smirnov*

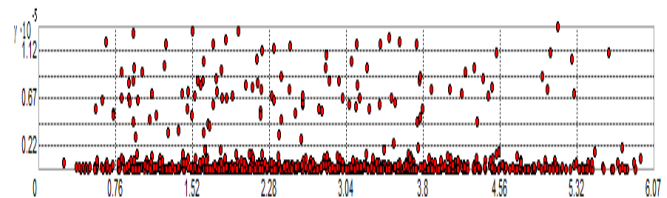
Bulan	Nilai Signifikansi	Keterangan
Januari	0.308	Normal
Februari	0.952	Normal
Maret	0.414	Normal
April	0.634	Normal
Mei	0.276	Normal
Juni	0.611	Normal
Juli	0.031	Tidak Normal
Agustus	0.726	Normal
September	0.576	Normal
Oktober	0.388	Normal
November	0.848	Normal
Desember	0.439	Normal

Tabel 1 merupakan hasil dari uji *Kolmogorov Smirnov* atau uji kenormalan yang dilakukan menggunakan *software* SPSS. Dari hasil pengujian didapatkan nilai signifikansi tiap bulan. Nilai signifikansi $\alpha > 0.05$ berarti data tersebut berdistribusi normal, sebaliknya jika nilai signifikansi $\alpha < 0.05$ berarti data tersebut berdistribusi tidak normal. Pada data curah hujan bulan Januari sampai dengan Desember 2016 diketahui semua bulan berdistribusi normal kecuali bulan Juli. Menurut Bohling (2005), metode geostatistika akan mendapatkan nilai yang optimal atau memiliki nilai akurasi yang tinggi ketika diterapkan pada data yang

berdistribusi normal dan stasioner. Selanjutnya akan dibandingkan hasil interpolasi dengan menggunakan *ordinary kriging* dan *ordinary kriging* dengan *jackknife (jackknife kriging)* pada bulan-bulan yang berdistribusi normal yaitu bulan Januari, Februari, Maret, April, Mei, Juni, Agustus, September, Oktober, November, Desember 2016 dan bulan berdistribusi tidak normal yaitu bulan Juli 2016.

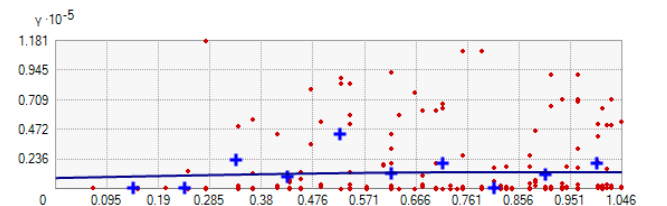
3.3. Interpolasi Ordinary Kriging

Langkah pertama dalam melakukan interpolasi *ordinary kriging* adalah membentuk *semivariogram* eksperimental. Hasil perhitungan *semivariogram* empirik ditampilkan dalam bentuk grafik yang sering disebut *semivariogram cloud*. Bentuk *semivariogram cloud* data curah hujan bulan Juli 2016 ditampilkan pada Gambar 3.

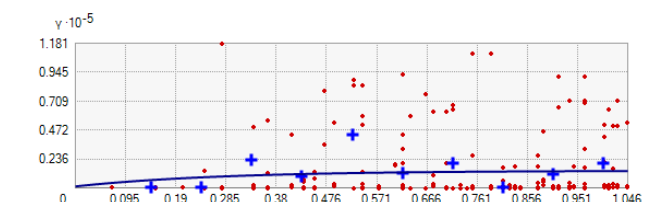


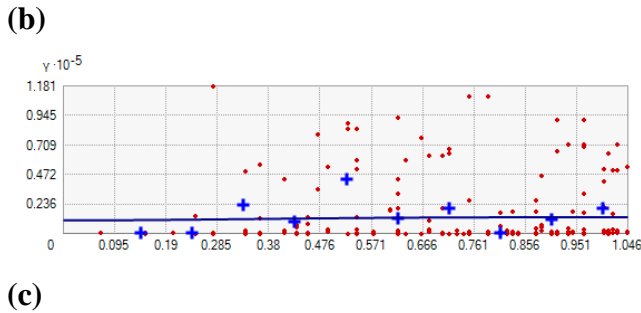
Gb 3. *Semivariogram Cloud* Data Curah Hujan Bulan Juli 2016 Malang Raya

Dari hasil *semivariogram cloud* pada Gambar 3 terdapat kesulitan untuk melihat pola dalam menentukan model *semivariogram* yang sesuai karena memiliki banyak titik amatan, sehingga perlu dilakukan pengelompokan berdasarkan jarak (*binning*) untuk mempermudah dalam pemodelan *semivariogram* dengan cara memasukkan data ke dalam suatu rentang interval. *Semivariogram* hasil *binning* pada data curah hujan di Malang Malang Raya bulan Juli 2016 ditampilkan pada Gambar 4.



(a)





Gb 4. *Semivariogram Binning* Data Curah Hujan di Malang Raya pada Bulan Juli 2016
 (a) *semivariogram Spherical* (b) *semivariogram Exponential* (c) *semivariogram Gaussian*

Gambar 4 merupakan *semivariogram* yang sudah dilakukan *binning*. Titik berwarna merah merupakan titik *binned* pada tiap lag, sedangkan titik yang berwarna biru menunjukkan rata-rata *binned* di setiap lagnya. Setelah dilakukan *binning* kemudian melakukan pemodelan *semivariogram* dengan cara analisis struktural yaitu dengan mencocokkan *semivariogram* eksperimen dengan *semivariogram* teoritis. Model *semivariogram* teoritis yang digunakan adalah *spherical*, *exponential* dan *gaussian*. Berikut merupakan model *semivariogram* pada bulan Juli 2016.

a. Model *spherical*

$$\gamma(h) = \begin{cases} 13172.8 \left(1.5 \left(\frac{h}{8373.171} \right) - 0.5 \left(\frac{h}{8373.171} \right)^3 \right) & \text{untuk } h \leq 8373.171 \\ 13172.8 & \text{selainnya} \end{cases}$$

b. Model *exponential*

$$\gamma(h) = \begin{cases} 129506.1 \left(1 - \exp \left(\frac{-3h}{8373.171} \right) \right) & h \neq 0 \\ 0 & h = 0 \end{cases}$$

c. Model *gaussian*

$$\gamma(h) = \begin{cases} 15014.95 \left(1 - \exp \left(\frac{-3h^2}{8373.171^2} \right) \right) & h \neq 0 \\ 0 & h = 0 \end{cases}$$

Pada *semivariogram* model *spherical* memiliki nilai duga *sill* sebesar 13172.8 m yang menunjukkan nilai *semivariogram* mencapai nilai stabil yaitu ketinggian maksimal dimana nilai *semivariogram* sudah tidak terdapat lagi korelasi antar data. Nilai

jarak saat *semivariogram* mencapai *sill* sebesar 8373.171 m. Setelah didapatkan model *semivariogram*, selanjutnya dilakukan proses pemilihan model terbaik untuk ketiga model *semivariogram* berdasarkan kriteria pemilihan model terbaik.

Untuk mengetahui model *semivariogram* terbaik yang akan digunakan untuk interpolasi *kriging* dilakukan *cross validation* menggunakan nilai RMSE yang paling kecil diantara ketiga model. Nilai RMSE didapatkan dari selisih data curah hujan amatan dengan hasil prediksi masing-masing model yang kemudian dihitung sesuai persamaan (4). Secara ringkas hasil perhitungan masing-masing model *semivariogram* pada bulan Januari sampai Desember.

Tabel 2. Nilai RMSE Tiga Model *Semivariogram Ordinary Kriging*

Bulan	Model <i>Semivariogram</i>	RMSE
Januari	<i>Spherical</i>	71.285
	<i>Exponential</i>	1.51E-06
	<i>Gaussian</i>	1.50E-14
Februari	<i>Spherical</i>	101.043
	<i>Exponential</i>	101.085
	<i>Gaussian</i>	116.444
Maret	<i>Spherical</i>	84.151
	<i>Exponential</i>	84.236
	<i>Gaussian</i>	98.440
April	<i>Spherical</i>	46.813
	<i>Exponential</i>	3.67E-14
	<i>Gaussian</i>	78.993
Mei	<i>Spherical</i>	1.240
	<i>Exponential</i>	1.240
	<i>Gaussian</i>	1.240
Juni	<i>Spherical</i>	9.318
	<i>Exponential</i>	9.318
	<i>Gaussian</i>	9.318
Juli	<i>Spherical</i>	72.636
	<i>Exponential</i>	58.447
	<i>Gaussian</i>	91.345
Agustus	<i>Spherical</i>	21.656
	<i>Exponential</i>	4.256
	<i>Gaussian</i>	31.497
September	<i>Spherical</i>	18.882
	<i>Exponential</i>	4.5E-13
	<i>Gaussian</i>	60.490
Oktober	<i>Spherical</i>	74.004
	<i>Exponential</i>	74.353
	<i>Gaussian</i>	85.074
November	<i>Spherical</i>	118.256
	<i>Exponential</i>	116.365
	<i>Gaussian</i>	137.660
Desember	<i>Spherical</i>	80.769
	<i>Exponential</i>	63.249
	<i>Gaussian</i>	69.352

Keterangan: Angka dengan cetak tebal menunjukkan RMSE terkecil

Berdasarkan nilai RMSE dari tiga model *Semivariogram Ordinary Kriging* pada Tabel 2 nilai RMSE terkecil *semivariogram exponential* yaitu pada data curah hujan bulan April, Mei, Juni, Juli, Agustus, September, November dan Desember 2016. Nilai RMSE terkecil *semivariogram Spherical* pada data curah hujan bulan Februari, Maret, Mei, Juni dan Oktober 2016. Nilai RMSE terkecil *semivariogram gaussian* terdapat pada data curah hujan bulan Januari, Mei dan Juni 2016.

Untuk mengetahui ragam ketiga model *semivariogram* sama atau berbeda maka dilakukan pengujian secara statistik. Tujuan utama dari analisis ragam adalah menduga dan menguji perbedaan perlakuan yang diminati serta memperoleh gagasan dari ketepatan dugaan, misalnya dugaan simpangan baku dari galat, batas kepercayaan dan sebaiknya. Salah satu asumsi yang mendasari analisis ragam adalah galat percobaan mempunyai ragam yang homogen atau konstan. Uji yang digunakan adalah uji *Bartlet*. Hasil uji *Bartlet* dari bulan Januari 2016 sampai Desember 2016 ditampilkan pada Tabel 3. Hipotesis pengujiannya adalah sebagai berikut:

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2$$

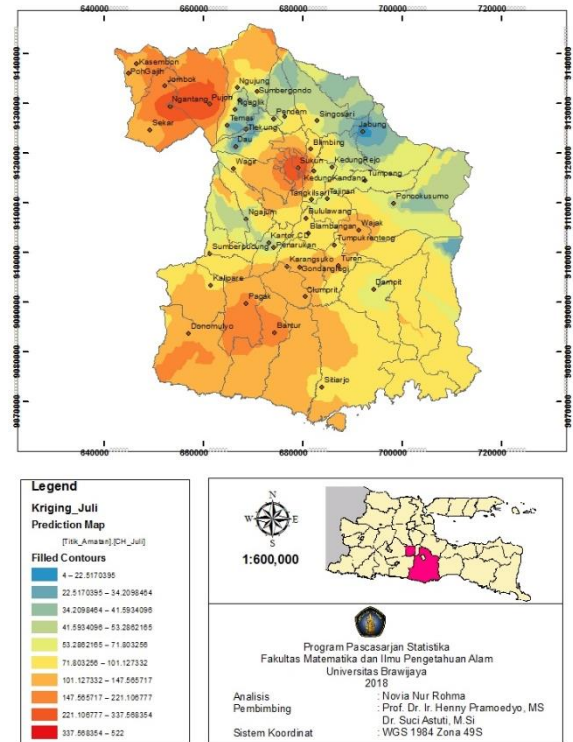
$$H_1: \text{minimal ada satu } \sigma_i^2 \text{ yang berbeda}$$

Tabel 3. Hasil P-Value Uji *Bartlet* Model *Semivariogram Ordinary Kriging*

Bulan	P-Value
Januari	1×10^{-10}
Februari	1×10^{-14}
Maret	0.923
April	0.007
Mei	0.995
Juni	0.989
Juli	0.029
Agustus	0.005
September	0.281
Oktober	0.764
November	0.015
Desember	0.548

Berdasarkan Tabel 3. dengan taraf nyata 5% diketahui bahwa bulan Maret, Mei, Juni, September, Oktober dan Desember memiliki nilai $p\text{-value} > \alpha$ maka H_0 diterima, sehingga

ragam ketiga model *semivariogram* sama artinya *semivariogram spherichal*, *exponential* dan *gaussian* dapat digunakan pada bulan Maret, Mei, Juni, September, Oktober dan Desember. Namun peneliti memilih *semivariogram* dengan RMSE yang paling kecil yaitu *semivariogram exponential* pada Mei, Juni, September, Desember, dan *semivariogram spherical* pada Maret dan Oktober. Pada bulan Januari, Februari, April, Juli, Agustus, dan November memiliki nilai $p\text{-value} < \alpha$ maka H_0 ditolak, sehingga ragam *semivariogram spherichal*, *exponential* dan *gaussian* berbeda. Berdasarkan hasil tersebut maka RMSE dapat menentukan *semivariogram* terbaik berdasarkan nilai terkecil. Salah satu peta hasil interpolasi menggunakan *semivariogram exponential* yaitu pada bulan Juli 2016 ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta Interpolasi *Ordinary Kriging* Data Curah Hujan di Malang Raya Bulan Juli 2016

Berdasarkan Gambar 5 hasil interpolasi dikelompokkan ke dalam 10 kelas dan dari setiap kelas memiliki warna yang berbeda. Semakin tinggi hasil interpolasi curah hujan maka peta tersebut akan berwarna orange. Begitupun sebaliknya, semakin rendah hasil interpolasi curah hujan maka peta tersebut akan berwarna biru. Menurut BMKG (2013) curah hujan rendah berkisar 0-100 mm, curah hujan

menengah berkisar 101-300 mm, curah hujan tinggi berkisar 301- 500 mm dan curah hujan sangat tinggi lebih dari 501 mm. Berdasarkan hasil interpolasi *ordinary kriging* menggunakan *semivariogram exponential* wilayah di sekitar selatan Malang Raya memiliki curah hujan menengah.

4.4. Interpolasi Ordinary Kriging dengan Teknik Jackknife

Langkah pertama dalam melakukan interpolasi spasial metode *Ordinary Kriging* dengan Teknik *Jackknife* adalah dengan menghapus data ke 1 dengan teknik *jackknife* kemudian dilakukan interpolasi dengan *ordinary kriging* sehingga diperoleh *jackknife kriging* 1 (JK 1) pada masing-masing model *semivariogram*. Berikut hasil JK bulan Juli 2016 dengan menggunakan model *semivariogram exponential* pada Tabel 4.

Tabel 4. *Jackknife Kriging* dengan model *Exponential*

H	Bantur	Blambangan	Bululawang	..	Sukun
Jk1	-	96.751	96.201	..	102.518
Jk2	79.051	-	77.082	..	79.275
Jk3	75.552	75.429	-	..	76.026
Jk4	122.639	122.464	122.733	..	121.773
Jk5	72.733	79.907	80.524	..	72.498
Jk6	65.652	73.140	73.694	..	66.540
Jk7	139.448	137.030	137.308	..	138.474
Jk8	107.001	106.353	106.167	..	106.842
Jk9	34.141	42.005	42.416	..	34.795
Jk10	135.094	132.519	132.325	..	135.319
Jk11	134.526	138.108	138.920	..	132.882
Jk12	48.406	54.153	54.492	..	48.119
Jk13	105.853	107.871	107.964	..	106.035
Jk14	102.686	98.823	98.279	..	103.117
Jk15	100.686	103.986	104.252	..	100.941
Jk16	119.349	123.561	123.942	..	118.656
Jk17	45.918	51.565	51.767	..	46.532
Jk18	204.235	182.622	180.488	..	207.721

Jk19	137.522	132.993	132.394	..	139.653
Jk20	59.594	63.153	63.249	..	59.440
Jk21	117.370	115.744	115.556	..	118.013
Jk22	59.538	63.425	63.466	..	59.964
Jk23	252.237	226.859	224.501	..	254.639
Jk24	78.714	85.181	85.630	..	79.069
Jk25	78.806	83.826	84.107	..	79.114
Jk26	387.504	352.409	350.524	..	386.110
Jk27	104.561	106.236	106.223	..	105.669
Jk28	71.305	72.450	71.587	..	71.778
Jk29	65.326	67.175	64.923	..	66.236
Jk30	57.097	59.364	59.296	..	57.903
Jk31	98.965	98.545	97.805	..	99.031
Jk32	103.919	103.378	103.040	..	104.076
Jk33	63.051	64.787	63.484	..	64.511
Jk34	128.026	120.542	119.342	..	129.145
Jk35	56.822	70.676	71.471	..	63.281
Jk36	63.749	74.351	74.873	..	68.132
Jk37	37.152	75.903	75.956	..	73.699
Jk38	79.950	86.705	87.379	..	79.402
Jk39	30.644	73.437	73.656	..	69.833
Jk40	78.792	86.204	86.932	..	78.111
Jk41	42.764	57.147	57.311	..	51.577
Jk42	104.177	103.548	103.340	..	106.040
Jk43	65.815	69.080	68.998	..	68.512
Jk44	75.631	77.594	77.401	..	-

Dari hasil Tabel 4, selanjutnya dihitung rata-rata sehingga akan didapatkan nilai interpolasi pada setiap pos hujan. Hasil keseluruhan interpolasi JK dengan menggunakan model *exponential* pada masing-masing pos hujan pada bulan Juli 2016 disajikan dalam Tabel 5.

Untuk mengetahui model *semivariogram* terbaik dilakukan *cross validation* menggunakan nilai RMSE yang paling kecil di antara ketiga model. Nilai RMSE didapatkan dari selisih data curah hujan

amatan dengan hasil prediksi masing-masing model yang kemudian dihitung sesuai persamaan 2.45. Secara ringkas hasil perhitungan masing-masing model pada bulan Januari hingga Desember 2016 disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 5. *Jackknife Kriging* Tiap Pos Hujan

Pos Hujan	Prediksi	Pos Hujan	Prediksi
Bantur	105.574	Pujon	256.051
Blambangan	79.143	Sekar	79.785
Bululawang	76.069	Singosari	78.892
Clumpit	122.246	Sitiarjo	381.950
Dampit	72.977	Sumberpucung	105.631
Dau	65.345	Tajinan	71.378
Donomulyo	138.964	Tangkilsari	65.327
Gondanglegi	106.656	Tumpang	58.908
Jabung	35.188	Tumpukrenteng	98.062
Jombok	135.419	Turen	104.326
Kalipare	133.364	Wagir	63.876
Kantor_Cd	48.265	Wajak	129.148
KarangPloso	104.050	Ngaglik	64.497
KarangSuko	104.175	Ngujung	68.337
Kasembon	100.891	Pendem	72.466
Kdgrejo	115.477	Sbr_Gondo	80.255
Ngajum	47.000	Temas	68.270
Ngantang	206.156	TinjuMoyo	78.093
Pagak	140.165	Tlekung	51.577
Penarukan	59.838	Blimbing	102.487
Pohgajih	118.000	KedungKandang	66.325
Poncokusumo	59.460	Sukun	75.939

Tabel 6. Nilai RMSE *Ordinary Kriging* dengan Teknik *Jackknife* (JK)

Bulan	Model	RMSE
Januari	<i>Spherical</i>	59.634
	<i>Exponential</i>	2.972
	<i>Gaussian</i>	2.188
Februari	<i>Spherical</i>	101.094
	<i>Exponential</i>	101.166
	<i>Gaussian</i>	116.344
Maret	<i>Spherical</i>	83.631
	<i>Exponential</i>	83.881
	<i>Gaussian</i>	98.231
April	<i>Spherical</i>	46.496
	<i>Exponential</i>	2.463
	<i>Gaussian</i>	78.411
Mei	<i>Spherical</i>	1.718
	<i>Exponential</i>	1.718
	<i>Gaussian</i>	1.718
Juni	<i>Spherical</i>	9.235
	<i>Exponential</i>	9.235
	<i>Gaussian</i>	9.235
Juli	<i>Spherical</i>	70.578
	<i>Exponential</i>	56.825

Agustus	<i>Gaussian</i>	89.311
	<i>Spherical</i>	20.733
	<i>Exponential</i>	4.186
September	<i>Gaussian</i>	30.756
	<i>Spherical</i>	18.256
	<i>Exponential</i>	1.052
Oktober	<i>Gaussian</i>	59.862
	<i>Spherical</i>	73.657
	<i>Exponential</i>	73.689
November	<i>Gaussian</i>	84.708
	<i>Spherical</i>	117.033
	<i>Exponential</i>	115.922
Desember	<i>Gaussian</i>	135.186
	<i>Spherical</i>	68.948
	<i>Exponential</i>	62.856
	<i>Gaussian</i>	80.358

Keterangan: Angka dengan cetak tebal menunjukkan RMSE terkecil

Berdasarkan Tabel 6 nilai RMSE terkecil *semivariogram exponential* terdapat pada bulan April, Mei, Juni, Juli, Agustus, September, November dan Desember 2016. Nilai RMSE terkecil *semivariogram Spherical* pada data curah hujan bulan Februari, Maret, Mei, Juni, dan Oktober 2016. Nilai RMSE terkecil *semivariogram gaussian* pada data curah hujan bulan Januari, Mei dan Juni 2016. Untuk mengetahui ragam ketiga model *semivariogram* sama atau berbeda maka dilakukan pengujian secara statistik. Uji yang digunakan adalah uji *Bartlet*. Hasil uji *Bartlet* dari bulan Januari sampai Desember 2016 ditampilkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil P-Value Uji *Bartlet* Model *Semivariogram Jackknife Kriging*

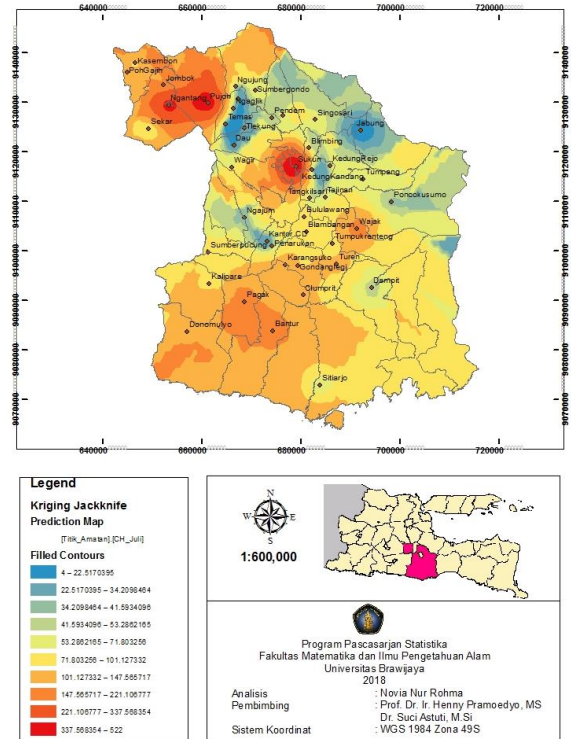
Bulan	P-Value
Januari	1×10^{-11}
Februari	1×10^{-13}
Maret	0.918
April	0.010
Mei	0.997
Juni	0.998
Juli	0.020
Agustus	0.007
September	0.290
Oktober	0.290
November	0.012
Desember	0.534

Berdasarkan Tabel 7 dengan taraf nyata 5%

diketahui bahwa Maret, Mei, Juni, September, Oktober dan Desember memiliki nilai $p\text{-value} > \alpha$ maka H_0 diterima, sehingga ragam ketiga model *semivariogram spherichal*, *exponential* dan *gaussian* dapat digunakan pada Maret, Mei, Juni, September, Oktober dan Desember. Namun peneliti memilih *semivariogram* dengan RMSE yang paling kecil yaitu *semivariogram exponential* pada Maret, Mei, Juni, September, Desember dan *semivariogram spherical* pada Oktober. Pada Januari, Februari, April, Juli, Agustus, dan November $p\text{-value} < \alpha$ maka H_0 ditolak, sehingga ragam *semivariogram spherichal*, *exponential* dan *gaussian* berbeda. Berdasarkan hasil tersebut maka RMSE dapat menentukan *semivariogram* terbaik berdasarkan nilai terkecil.

Peta hasil interpolasi menggunakan *semivariogram exponential* untuk bulan Juli 2016 ditampilkan pada Gambar 6.

Berdasarkan Gambar 6 hasil interpolasi dikelompokkan ke dalam 10 kelas dan dari setiap kelas memiliki warna yang berbeda. Semakin tinggi hasil interpolasi curah hujan maka peta tersebut akan berwarna orange. Begitupun sebaliknya, semakin rendah hasil interpolasi curah hujan maka peta tersebut akan berwarna biru. Menurut BMKG (2013) curah hujan rendah berkisar 0-100 mm, curah hujan menengah berkisar 101-300 mm, curah hujan tinggi berkisar 301- 500 mm dan curah hujan sangat tinggi lebih dari 501 mm. Berdasarkan hasil interpolasi *ordinary kriging* menggunakan *semivariogram exponential* wilayah di sekitar selatan Malang Raya memiliki curah hujan menengah.



Gambar 6. Peta Interpolasi *Ordinary Kriging* Dengan Teknik *Jackknife* pada Data Curah Hujan di Malang Raya Bulan Juli 2016

4.5. Perbandingan Metode *Ordinary Kriging* dan *Ordinary Kriging* dengan Teknik *Jackknife*

Perbandingan nilai RMSE antara metode *ordinary kriging* klasik dan *ordinary kriging* dengan teknik *jackknife* berdasarkan model *semivariogram* terbaik ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan Nilai RMSE pada metode *ordinary kriging* klasik dengan *ordinary kriging* dengan teknik *jackknife*

Bulan	RMSE		Sesilih
	<i>Ordinary Kriging</i>	<i>Jackknife Kriging</i>	
Januari	1.50E-14	2.188	2.188
Februari	101.043	101.094	0.051
Maret	84.151	83.631	0.52
April	3.67E-14	2.463	2.463
Mei	1.240	1.718	0.478
Juni	9.318	9.235	0.083
Juli	58.447	56.825	1.622
Agustus	4.256	4.186	0.07
September	4.50E-13	1.052	1.052
Oktober	74.004	73.657	0.347
November	116.365	115.922	0.443
Desember	63.249	62.856	0.393

Keterangan: Angka dengan cetak tebal menunjukkan RMSE terkecil

Dari Tabel 8 dapat diketahui bahwa untuk data berdistribusi normal yaitu data pada bulan Januari, Februari, Maret, April, Mei, Juni, Agustus, September, Oktober, November dan Desember, nilai RMSE *ordinary kriging* tidak selalu lebih kecil dari pada RMSE *jackknife kriging*. Berdasarkan data yang dimiliki, ada beberapa bulan yang berdistribusi normal memiliki nilai RMSE *jackknife kriging* yang lebih kecil, namun selisih nilai RMSE *ordinary kriging* dan *jackknife kriging* sangat kecil (mendekati 0). Oleh sebab itu, untuk data berdistribusi normal lebih disarankan untuk menggunakan *ordinary kriging*. Hal ini dikarenakan untuk pengujian dengan *jackknife kriging* memerlukan proses yang lebih panjang dan syntax yang lebih rumit dibandingkan dengan *ordinary kriging*. Berbeda halnya dengan hasil dari data berdistribusi tidak normal yaitu pada bulan Juli, *jackknife kriging* menunjukkan hasil RMSE yang lebih kecil dibandingkan dengan RMSE pada *ordinary kriging*. Hal ini menunjukkan bahwa untuk data yang berdistribusi tidak normal lebih baik menggunakan *jackknife kriging* untuk hasil interpolasi yang lebih akurat.

Berdasarkan hasil RMSE, *ordinary kriging* dan *jackknife kriging* menghasilkan nilai yang tidak jauh berbeda. Untuk menyimpulkan *ordinary kriging* dan *jackknife kriging* memiliki hasil prediksi sama atau berbeda maka dilakukan pengujian secara statistik yaitu menggunakan statistik uji *F*.

Tabel 9. Hasil P-Value Uji F *Ordinary Kriging* dan *Jackknife Kriging*

Bulan	P-Value
Januari	0.901
Februari	0.684
Maret	0.998
April	0.923
Mei	0.961
Juni	0.992
Juli	0.934
Agustus	0.994
September	0.976
Oktober	0.973
November	0.891
Desember	0.997

Berdasarkan Tabel 9 dengan taraf nyata 5% diketahui bahwa semua bulan memiliki nilai *p*-

value > α maka H_0 diterima, sehingga ragam *ordinary kriging* dan *jackknife kriging* relatif sama. *Ordinary kriging* dan *jackknife kriging* dapat digunakan untuk interpolasi data curah hujan di semua bulan, namun peneliti lebih memilih *ordinary kriging* digunakan pada bulan dengan data berdistribusi normal yaitu bulan Januari, Februari, Maret, April, Mei, Juni, Agustus, September, Oktober, November dan Desember, sedangkan *jackknife kriging* digunakan pada bulan dengan distribusi tidak normal yaitu bulan Juli.

4. Kesimpulan Dan Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang diperoleh maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Klasifikasi pada data curah hujan Malang Raya tahun 2016 dibedakan atas 2 data, yaitu data berdistribusi normal dan data berdistribusi tidak normal. Data berdistribusi Normal terdapat pada bulan Januari, Februari, Maret, April, Mei, Juni, Agustus, September, Oktober, November, Desember. Sedangkan data berdistribusi tidak normal pada bulan Juli.
2. Pada metode *ordinary kriging* dan *jackknife kriging* memiliki *semivariogram exponential*, *spherical*, dan *gaussian* terbaik pada bulan yang sama. *Semivariogram exponential* terbaik pada bulan April, Mei, Juni, Juli, Agustus, September, November dan Desember. *Semivariogram spherical* terbaik pada bulan Februari, Maret, Mei, Juni dan Oktober. *Semivariogram gaussian* terbaik pada bulan Januari, Mei dan Juni.
3. *Ordinary kriging* dan *jackknife kriging* dapat digunakan untuk interpolasi data curah hujan di semua bulan. Berdasarkan nilai RMSE, *ordinary kriging* lebih baik digunakan pada bulan dengan data berdistribusi normal sedangkan *jackknife kriging* digunakan pada bulan dengan distribusi tidak normal.lanjut.

Daftar Pustaka

- [1] A. G. Kartasapoetra, “Klimatologi: Pengaruh iklim terhadap tanah dan tanaman,” 2008.
- [2] E. H. Isaaks and R. M. Srivastava, “Applied geostatistics: Oxford University Press,” *New York*, vol. 561, 1989.
- [3] D. S. Kusumawardani, S. Sudarno, and H. Yasin, “Simulasi Pengukuran Ketepatan Model Variogram Pada Metode Ordinary Kriging Dengan Teknik Jackknife,” *J. Gaussian*, vol. 3, no. 3, pp. 333–342, 2014.
- [4] J. Hardiansyah, “Strategi Perhitungan Akurasi Pada Metode Ordinary Kriging Dengan Menggunakan Teknik Jackknife.” IPB (Bogor Agricultural University).
- [5] M. A. Oliver and R. Webster, *Basic steps in geostatistics: the variogram and kriging*. Springer, 2015.
- [6] Bohling, G. (2005). *Kriging*. <http://people.ku.edu/~gbohling/cpe940>.
- [7] I. W. Nuarsa, “Menganalisa Data Spasial dengan ArcView GIS 3.3,” *Penerbit Inform. Bandung*, 2005.
- [8] N. Cressie, *Statistics for spatial data*. John Wiley & Sons, 2015.
- [9] G. Pawitan, “Analysis of aggregated spatial social data,” 2001.
- [10] Z. Tatalovich, “A comparison of Thiessen-polygon, Kriging, and spline models of UV exposure,” *Proc. Univ. Consort. Geogr. Inf. Sci. Summer Assem.*, 2005.
- [11] K. C. Tarboton, W. W. Wallender, G. E. Fogg, and K. Belitz, “Kriging of regional hydrologic properties in the western San Joaquin Valley, California,” *Hydrogeol. J.*, vol. 3, no. 1, pp. 5–23, 1995.
- [12] Gandhi, V. (2010). *Semivariogram Modeling*. http://www-users.cs.umn.edu/~gandhi/course/CS870/g4_semivariogram_second_draft.pdf.
- [13] C. Gaetan and X. Guyon, *Spatial statistics and modeling*, vol. 90. Springer, 2010.
- [14] T. C. Bailey and A. C. Gatrell, *Interactive spatial data analysis*, vol. 413, no. 8. Longman Scientific & Technical Essex, 1995.
- [15] B. Efron, *The jackknife, the bootstrap and other resampling plans*. SIAM, 1982.
- [16] J. Supranto, “Statistik teori dan aplikasi edisi ketujuh,” *Jakarta: Erlangga*, 2009.
- [17] R. E. Walpole, “Pengantar statistika,” 1995.