

## INTERPOLASI CURAH HUJAN MENGGUNAKAN MODEL SPATIAL ORDINARY KRIGING DI PULAU SUMATRA

Era Evalin Tampubolon<sup>1</sup>, Syahira Nazwa<sup>2</sup>, Ayu Lestari Damanik<sup>3</sup>, Randy Obie Surya Bianto<sup>4</sup>

[tampuboloneraevalin@gmail.com](mailto:tampuboloneraevalin@gmail.com)<sup>1</sup>, [syahiranazwa.31@gmail.com](mailto:syahiranazwa.31@gmail.com)<sup>2</sup>, [129globalcell@gmail.com](mailto:129globalcell@gmail.com)<sup>3</sup>, [randysurya71@gmail.com](mailto:randysurya71@gmail.com)<sup>4</sup>

Universitas Negeri Medan

### ABSTRAK

Berdasarkan analisis Indeks Moran yang diterapkan pada data curah hujan dari beberapa stasiun BMKG, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat autokorelasi spasial yang signifikan pada sebaran curah hujan di wilayah tersebut. Nilai Moran's I yang dihitung adalah  $-0,1361$ , dengan nilai ekspektasi  $-0,1111$ , yang menunjukkan adanya kecenderungan negatif yang sangat lemah pada pola spasial tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa lokasi dengan curah hujan tinggi kemungkinan dikelilingi oleh wilayah dengan curah hujan rendah, dan sebaliknya. Namun, karena nilai  $p$  sebesar  $0,5666$  (yang melebihi  $0,05$ ), maka hasil ini tidak signifikan secara statistik. Temuan ini semakin didukung oleh visualisasi dalam bentuk Moran Scatterplot, di mana titik-titik data tidak menunjukkan pola pengelompokan yang jelas, dan garis regresi tampak relatif datar atau sedikit menurun, yang menunjukkan hubungan spasial yang lemah di antara lokasi-lokasi tersebut. Oleh karena itu, pola sebaran curah hujan di wilayah pengamatan ini dapat digambarkan sebagai acak, tidak memiliki korelasi spasial yang kuat di antara stasiun pemantauan.

**Kata Kunci:** Interpolasi, Spasial, Model Kriging.

### ABSTRACT

*Based on the analysis of the Moran Index applied to rainfall data from several BMKG stations, it can be concluded that there is no significant spatial autocorrelation in the distribution of rainfall in the area. The calculated Moran's I value is  $-0.1361$ , with an expected value of  $-0.1111$ , which indicates a very weak negative tendency in the spatial pattern. This indicates that locations with high rainfall are likely surrounded by areas with low rainfall, and vice versa. However, because the  $p$ -value is  $0.5666$  (which exceeds  $0.05$ ), this result is not statistically significant. This finding is further supported by the visualization in the form of a Moran Scatterplot, where the data points do not show a clear grouping pattern, and the regression line appears relatively flat or slightly decreasing, indicating a weak spatial relationship between the locations. Therefore, the rainfall distribution pattern in this observation area can be described as random, with no strong spatial correlation between monitoring stations.*

**Keywords:** Interpolation, Spatial, Kriging Model.

### PENDAHULUAN

Curah hujan adalah jumlah hujan (mm) yang turun pada suatu daerah dalam waktu tertentu. Curah hujan ini memiliki dampak signifikan terhadap berbagai aspek kehidupan, termasuk pertanian, pengelolaan sumber daya air, dan mitigasi bencana. Pengelolaan dan pemahaman pola curah hujan sangat penting untuk perencanaan dan pengelolaan sumber daya alam yang lebih baik [1]. Teknik interpolasi spasial sebagai salah satu disiplin ilmu dari statistika spasial. Umumnya, teknik interpolasi spasial menghitung perkiraan pada beberapa lokasi menggunakan rata-rata terbobot dari lokasi terdekat. Beberapa teknik interpolasi spasial diantaranya adalah Inverse Distance Weighted (IDW) dan kriging [2]. Kriging merupakan suatu metode geostatistika yang digunakan untuk menduga besarnya nilai yang mewakili suatu titik yang tidak tersampel berdasarkan titik tersampel yang berada di sekitarnya dengan menggunakan model struktural semivariogram. Kriging juga merupakan suatu metode yang digunakan untuk meminimalkan variansi dari hasil

pendugaan. [3] Dibandingkan dengan IDW yang hanya dihitung berdasarkan jarak, Kriging lebih banyak mempertimbangkan banyak aspek yaitu nilai spasial pada lokasi tersampel dan variogram yang menunjukkan korelasi antara titik spasial untuk memprediksi nilai pada lokasi lain yang belum tersampel yang mana nilai prediksi tersebut tergantung pada kedekatannya terhadap lokasi tersampel. Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis bermaksud untuk mengetahui bagaimana mengestimasi curah hujan Pulau Sumatra dengan menggunakan metode interpolasi Ordinary Kriging.[4].

## METODE PENELITIAN

### Deskripsi Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari web bps (<https://www.bps.go.id/statisticstable/1/MTk1OSMx/jumlah-curah-hujan-dan-jumlah-hari-hujan-di-stasiun-pengamatan-bmkg-2011-2015.html> ). Jumlah stasiun yang digunakan 10 stasiun/pos stasiun hujan di pulau sumatra. Data ini berupa data analisis curah hujan, lokasi spesifiknya, jumlah stasiun/pos curah hujan yang digunakan pada rentang tahun 2011- 2015 [5].

Tahun	2011		2012		2013		2014		2015		Lintang	Bujur	
	Provinsi	Stasiun BMKG	Jumlah Curah Hujan (mm)	Jumlah Hari Hujan	Jumlah Curah Hujan (mm)	Jumlah Hari Hujan	Jumlah Curah Hujan (mm)	Jumlah Hari Hujan	Jumlah Curah Hujan (mm)	Jumlah Hari Hujan			
Aceh	Sultan Iskandar	1.268.00	150	1.098.00	137	1.623.60	151	2.264.40	142	1.575.00	146	55224	95
Sumatera	Kualanamu1	2.042.00	225	3.175.00	227	2.627.00	218	2.148.00	200	975.9	105	36457	98
Sumatera	Sicincin	1.274.00	210	4.339.00	230	4.627.40	232	2.838.40	163	3.548.00	185	-0.5455	100
Riau	Sultan Syarif Kas	2.405.00	211	2.636.00	217	2.628.70	214	2.343.70	188	2.048.30	140	0.4592	101
Jambi	Sultan Thaha2	2.295.00	209	1.874.00	191	2.093.60	229	1.781.00	199	1.694.90	135	-1.6337	103
Sumatera	Kenten	2.593.00	217	3.083.00	194	3.409.20	238	1.668.30	176	1.947.20	138	-2.9273	104
Bengkulu	Pulau Baai	1.660.00	225	2.545.00	143	3.980.90	250	3.323.00	174	2.668.90	166	-3.8652	102
Lampung	Radin Inten II	1.568.00	118	1.685.00	143	2.456.70	198	1.682.50	178	1.628.10	151	-5.16	105
Kepulauan	Depati Amir	2.921.00	213	2.018.00	195	2.839.20	243	1.675.00	179	1.534.70	163	-2.17	106
Kepulauan	Kijang	3.893.00	205	3.253.00	202	3.389.40	227	3.064.00	174	2.250.90	174	0.9227	104

### Data Spasial

Data Spasial adalah data yang diperoleh dari hasil pengukuran yang biasanya terdiri dari informasi tentang lokasi dan pengukuran. Data ini berupa objek, lokasi, hubungan dengan objek-objek lainnya, dengan menggunakan titik koordinat dan luasan. Data spasial dapat berupa data diskrit maupun kontinu.

Data spasial merupakan salah satu model data dependen (tak bebas), karena data spasial dikumpulkan dari lokasi berbeda yang mengindikasikan ketergantungan antara pengukuran data dan lokasi. Data spasial terdiri dari dua komponen utama yang membedakannya dari jenis data lain, yakni detail lokasi (spasial) dan deskripsi informasi (atribut). Data spasial dibagi menjadi tiga tipe datanya, yaitu: data geostatistika (*geostatistical data*), data area (*lattice data*), dan pola titik (*point pattern*) [6].

### Data PreProcessing

Data preprocessing adalah tahap yang dilakukan sebelum melakukan pemrosesan data. Data Preprocessing yang dilakukan pada penelitian ini adalah mengekstrak data dari buletin bulanan Badan Pusat Statistik Lampung dan Sumatera Selatan. Setelah itu, data dimasukkan Ms. Excel untuk dijadikan sebuah dataset dengan mengumpulkan serta merata-ratakan data curah hujan di 30 titik yang dekat dengan lokasi yang akan di estimasi.

### Interpolasi Spasial

Interpolasi adalah suatu metode yang memungkinkan kita untuk mengestimasi nilai variabel yang belum terdefinisi berdasarkan informasi yang tersedia di sekitarnya.

Keterbatasan biaya dan sumber daya seringkali membuat pengumpulan data hanya dilakukan di beberapa titik lokasi tertentu.

Keuntungan menggunakan interpolasi adalah kemampuannya untuk mengisi nilai yang hilang, jadi datanya lebih lengkap. Selain itu, visualisasi dan analisis menjadi semakin mudah, membantu pemahaman terhadap data. Interpolasi spasial penting dalam berbagai bidang, antara lain; geografi, meteorologi, dan lainnya.

Dalam interpolasi terdapat beberapa metode yang dapat digunakan dalam teknik interpolasi spasial, antara lain *Inverse Distance Weighting (IDW)*, kriging (ordinary, universal, indikator, dan co-kriging), *spline interpolation*, *bicubic interpolation*, dll. Setiap metode tersebut memiliki karakteristiknya masing-masing. Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah Ordinary Kriging karena diketahui didalam data tidak terdapat tren dan jika terdapat tren lebih baik menggunakan Universal Kriging.

### Ordinary Kriging

Metode kriging adalah metode yang digunakan untuk memperkirakan nilai pada titik yang belum diambil sampelnya berdasarkan titik-titik sampel di sekitarnya. Metode ini mempertimbangkan korelasi spasial dalam data dan menghasilkan estimator yang tak bias, berikut adalah rumus dari Ordinary kriging pada Persamaan (1):

$$Z(s) - m(s) = \sum_{i=1}^n (\lambda_i [Z(s_i) - m(s_i)]) \quad (1)$$

- $s$  : Lokasi estimasi
- $s_i$  : salah satu lokasi data yang berdekatan
- $m(s)$  : nilai ekspektasi dari  $Z(s)$  ( $\sum \lambda_i [Z(s_i) - m(s_i)]$ )
- $\lambda_i$  : pembobot yang menentukan ukuran jarak antar titik
- $n$  : banyaknya data sampel yang digunakan untuk estimasi

Dalam Ordinary Kriging, nilai rata-rata ( $\mu$ ) tidak diketahui atau dianggap konstan. Oleh karena itu, Ordinary Kriging tidak membuat asumsi tentang pengetahuan rata-rata dan kovariansi. Ordinary Kriging dianggap sebagai metode kriging yang paling sering digunakan untuk memprediksi nilai variabel acak pada titik yang belum diambil sampelnya dalam wilayah geografisnya. Bobot ordinary kriging memiliki sifat tak bias jika  $\sum^n \lambda_i = 1$  dengan  $n$  : banyaknya data sampel yang digunakan untuk estimasi.

Ordinary kriging diasumsikan dengan model sebagai mana pada persamaan (2).

$$Z(s) = \mu + \varepsilon(s) \quad (2)$$

- $Z(s)$  : titik data sampel
- $\mu$  : mean yang tidak diketahui
- $\varepsilon(s)$  : kesalahan pada titik data sampel

### RMSE dan R-Squared

RMSE adalah ukuran seberapa besar perbedaan antara nilai yang diprediksi oleh model dengan nilai yang sebenarnya diamati, berikut adalah rumus dari RMSE pada persamaan (3).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (3)$$

$y_i$ : nilai sebenarnya untuk diamati.

$\hat{y}_i$ : nilai yang diprediksi oleh model

$n$ : jumlah observasi

R-Squared ( $R^2$ ) adalah ukuran seberapa baik model regresi memprediksi data yang diamati. Rumus untuk  $R^2$  dapat dilihat pada persamaan (4).

$$R2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y^i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (4).$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

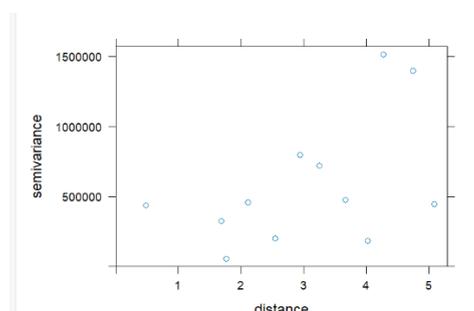
### Statistik Deskriptif

	Minimum	Mean	Median	Maximum	Std_Dev
2011	1268.0	2292.50	2172.50	3893.0	739.1916
2012	1098.0	2570.60	2590.50	4339.0	940.9895
2013	1623.6	2967.57	2733.95	4627.4	896.4881
2014	1668.3	2278.83	2206.20	3323.0	613.0286
2015	975.9	1987.19	1821.05	3548.0	713.9458

Berdasarkan analisis statistik deskriptif, curah hujan di Pulau Sumatera menunjukkan fluktuasi yang signifikan antara tahun 2011 hingga 2015. Pada tahun 2011, curah hujan tercatat stabil dengan rata-rata 2292,50 mm, dan curah hujan minimum pada tahun tersebut mencapai 1268,0 mm, yang lebih tinggi dibandingkan tahun-tahun berikutnya. Variasi curah hujan antar wilayah di Sumatera relatif kecil, dengan standar deviasi sebesar 739,19 mm, menunjukkan distribusi curah hujan yang cukup merata di berbagai daerah. Memasuki tahun 2012, terjadi perubahan drastis dalam pola curah hujan. Rata-rata curah hujan meningkat menjadi 2570,60 mm, dengan standar deviasi mencapai 940,99 mm, angka tertinggi dalam lima tahun tersebut. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan curah hujan yang signifikan antar wilayah di Sumatera, di mana beberapa daerah mengalami curah hujan yang sangat tinggi, sementara yang lain lebih kering. Fenomena ini mungkin dipengaruhi oleh faktor cuaca global, seperti perubahan pola angin muson atau dampak dari fenomena La Nina yang meningkatkan intensitas hujan di beberapa lokasi. Tahun 2013 mencatat puncak curah hujan tertinggi dalam periode lima tahun, dengan rata-rata mencapai 2967,57 mm.

Median curah hujan yang juga tinggi, yaitu 2733,95 mm, menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah Sumatera mengalami curah hujan yang cukup besar pada tahun ini, yang dapat meningkatkan risiko banjir di beberapa daerah serta berdampak pada sektor pertanian dan infrastruktur. Namun setelah mencapai puncak curah hujan pada tahun 2013, jumlah curah hujan mulai mengalami penurunan yang signifikan pada tahun 2014. Pada tahun 2014, rata-rata curah hujan tercatat sebesar 2278,83 mm, menunjukkan penurunan yang cukup besar dibandingkan tahun sebelumnya. Standar deviasi yang lebih rendah, yaitu 613,03 mm, menunjukkan bahwa perbedaan curah hujan antar wilayah mulai berkurang dan lebih merata dibandingkan dengan tahun 2012 dan 2013. Penurunan ini dapat menjadi indikasi awal adanya perubahan iklim.

### Variogram

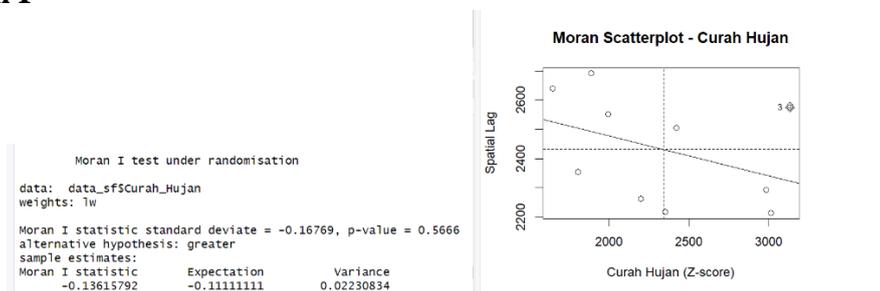


Gambar variogram yang ditampilkan di RStudio menggambarkan hubungan antara jarak antar titik data dan semivariance, yang merupakan ukuran variasi nilai suatu variabel berdasarkan jarak tersebut. Pada sumbu X, "distance" menunjukkan jarak antar titik, sedangkan pada sumbu Y, "semivariance" mencerminkan seberapa besar perbedaan nilai

variabel (dalam hal ini, curah hujan) pada jarak tertentu. Umumnya, semakin dekat jaraknya, semivariance juga akan rendah, karena titik-titik di dekatnya cenderung memiliki nilai yang serupa, yang menunjukkan adanya autokorelasi spasial. Namun, seiring dengan bertambahnya jarak, semivariansi biasanya meningkat hingga mencapai titik stabil yang dikenal sebagai "sill", yang menandakan bahwa pengaruh spasial tidak lagi signifikan di luar jarak tersebut.

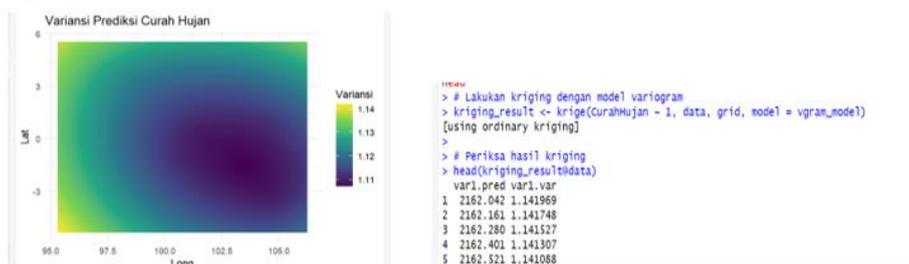
Dari pola variogram ini, kita dapat menentukan sejauh mana suatu variabel berubah berdasarkan jarak antar titik. Jika semivariance menunjukkan peningkatan yang berlanjut sebelum mendatar, ini mengindikasikan adanya pengaruh spasial yang kuat dalam data. Namun analisis ini juga menunjukkan peringatan bahwa model variogram yang diterapkan tidak konvergen, yang berarti model tersebut tidak dapat menyesuaikan bentuk kurva dengan baik terhadap data yang ada. Hal ini mungkin disebabkan oleh pemilihan nilai awal yang kurang tepat untuk parameter seperti "psill", "range", atau "nugget".

### Uji Moran I



Berdasarkan analisis Indeks Moran yang diterapkan pada data curah hujan dari beberapa stasiun BMKG, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat autokorelasi spasial yang signifikan pada sebaran curah hujan di wilayah tersebut. Nilai Moran's I yang dihitung adalah -0,1361, dengan nilai ekspektasi -0,1111, yang menunjukkan adanya kecenderungan negatif yang sangat lemah pada pola spasial tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa lokasi dengan curah hujan tinggi kemungkinan dikelilingi oleh wilayah dengan curah hujan rendah, dan sebaliknya. Namun, karena nilai p sebesar 0,5666 (yang melebihi 0,05), maka hasil ini tidak signifikan secara statistik. Temuan ini semakin didukung oleh visualisasi dalam bentuk Moran Scatterplot, di mana titik-titik data tidak menunjukkan pola pengelompokan yang jelas, dan garis regresi tampak relatif datar atau sedikit menurun, yang menunjukkan hubungan spasial yang lemah di antara lokasi-lokasi tersebut. Oleh karena itu, pola sebaran curah hujan di wilayah pengamatan ini dapat digambarkan sebagai acak, tidak memiliki korelasi spasial yang kuat di antara stasiun pemantauan.

### Hasil Kriging



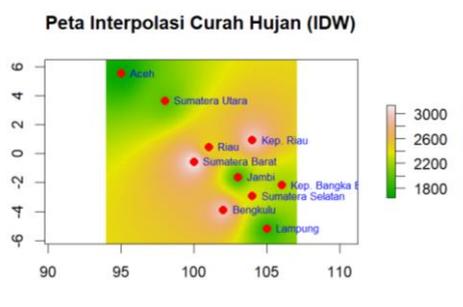
Pada peta, variasi warna menggambarkan tingkat variansi yang berbeda, dengan skala warna terletak di sisi kanan. Warna kuning-hijau menandakan wilayah dengan variansi yang lebih tinggi (sekitar 1.14), sedangkan warna biru-ungu menunjukkan wilayah dengan variansi yang lebih rendah (sekitar 1.11). Tingkat variansi yang lebih

tinggi menunjukkan area di mana prediksi curah hujan memiliki wilayah yang lebih besar, biasanya disebabkan oleh kurangnya data pengamatan di wilayah tersebut atau adanya ancaman yang signifikan dalam pola spasial. Sebaliknya, variansi yang lebih rendah mencerminkan prediksi yang lebih stabil dan dapat diandalkan, yang sering terjadi di daerah dengan lebih banyak titik data atau pola curah hujan yang lebih konsisten. Dari peta ini, dapat disimpulkan bahwa ditampilkan dalam prediksi curah hujan lebih tinggi di sekitar tepi peta (terutama di bagian barat dan timur), sedangkan di bagian tengah, khususnya di sekitar koordinat (102, -2), menunjukkan variansi yang lebih rendah. Hal ini mungkin mengindikasikan bahwa data observasi lebih padat di bagian tengah dibandingkan dengan tepi. Untuk meningkatkan akurasi prediksi, pengambilan sampel tambahan di daerah dengan variansi tinggi dapat menjadi langkah yang efektif untuk mengurangi panas model.

Metode kriging terbukti efektif dalam memprediksi nilai curah hujan serta tingkat ketajamannya. Kolom var1.pred mencerminkan estimasi curah hujan di berbagai lokasi, dengan nilai yang berkisar sekitar 2162 mm, yang merupakan hasil dari interpolasi spasial berdasarkan data yang ada. Di sisi lain, kolom var1.var menunjukkan variansi dari prediksi tersebut, dengan nilai yang bervariasi antara 1.140868 hingga 1.141969. Variansi yang relatif kecil ini menandakan bahwa prediksi tersebut memiliki tingkat ketebalan yang rendah, sehingga dianggap dapat diandalkan untuk analisis lebih lanjut. Namun, jika terdapat wilayah dengan variansi yang lebih tinggi, hal ini dapat menunjukkan bahwa data pengamatan pada wilayah tersebut masih kurang atau terdapat ketebalan yang lebih signifikan dalam pola curah hujan. Untuk meningkatkan akurasi prediksi, disarankan untuk melakukan pengambilan sampel tambahan atau memilih model spasial yang lebih tepat.

### Interpolasi Curah Hujan

Setelah dilakukannya analisis menggunakan variogram, selanjutnya dilakukan interpolasi curah hujan menggunakan metode Ordinary Kriging, didapatkan hasil sebagai berikut



### KESIMPULAN

Berdasarkan analisis Indeks Moran yang diterapkan pada data curah hujan dari beberapa stasiun BMKG, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat autokorelasi spasial yang signifikan pada sebaran curah hujan di wilayah tersebut. Nilai Moran's I yang dihitung adalah -0,1361, dengan nilai ekspektasi -0,1111, yang menunjukkan adanya kecenderungan negatif yang sangat lemah pada pola spasial tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa lokasi dengan curah hujan tinggi kemungkinan dikelilingi oleh wilayah dengan curah hujan rendah, dan sebaliknya. Namun, karena nilai p sebesar 0,5666 (yang melebihi 0,05), maka hasil ini tidak signifikan secara statistik. Temuan ini semakin didukung oleh visualisasi dalam bentuk Moran Scatterplot, di mana titik-titik data tidak menunjukkan pola pengelompokan yang jelas, dan garis regresi tampak relatif datar atau sedikit

menurun, yang menunjukkan hubungan spasial yang lemah di antara lokasi-lokasi tersebut. Oleh karena itu, pola sebaran curah hujan di wilayah pengamatan ini dapat digambarkan sebagai acak, tidak memiliki korelasi spasial yang kuat di antara stasiun pemantauan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- A. D. R. Bahtiyar, A. Hoyyi, and H. Yasin, "ORDINARY KRIGING DALAM ESTIMASI CURAH HUJAN DI KOTA SEMARANG," *Jurnal Gaussian*, vol. 3, no. 2, pp. 151 - 159, Apr. 2014.
- Cressie, N. A. C. (1993) *Statistics For Spatial Data*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Desya Salwa Ramdhianti, 2019. "Estimasi Harga Tanah dengan Metode Universal Kriging UPI. *E-Jurnal Matematika* Vol. 4 (1), Januari 2015, pp. 26-30.
- Fridayani, N. M. S., Kencana, P. E. N., dan Sukarsa, K. G. (2012). Perbandingan Interpolasi Spasial Dengan Metode Ordinary dan Robust Kriging pada Data Spasial Berpencilan (Studi Kasus: Curah Hujan di Kabupaten Karangasem). *E-Jurnal Matematika*. 1(1): 68-74.
- Mesić Kiš, I. (2016). Comparison of Ordinary and Universal Kriging interpolation techniques on a depth variable (a case of linear spatial trend), case study of the Šandrovac Field. *Rudarsko-geološko- naftni zbornik*, 31(2), 41-58.
- Puntodewo. (2003), *Sistem Informasi Geografis untuk Pengelolaan Sumber Daya Alam*, CIFOR, Indonesia.
- Wirjohamidjojo, Soerjadi & Swarinoto, Yunus. 2010. *Iklim Kawasan Indonesia (dari Aspek Dinamik –Sinoptik)*. BMKG. Jakarta.