

**PERBANDINGAN MODEL *ORDINARY KRIGING* DAN *ROBUST KRIGING*
TERHADAP CURAH HUJAN DI KABUPATEN TANJUNG JABUNG BARAT**
*Comparative of Ordinary Kriging and Robust Kriging Models on Rainfall in West
Tanjung Jabung Regency*

Fida Fariha Amatullah¹, Rokhana Dwi Bekti², Noeryanti³

^{1,2,3}Jurusan Statistika, Fakultas Sains Terapan, Institut Sains & Teknologi AKPRIND
Email: fidafariha22@gmail.com

ABSTRACT

West Tanjung Jabung Regency has a fairly large garden area. One of the factors that can affect plantation yields is rainfall. The limitations of rain-measuring equipment cause some areas to be unsampled, so rainfall predictions are needed. One method that can predict rainfall in unsampled areas is the kriging method. The kriging method can predict based on weights derived from semivariograms and the arrangement of locations in the surrounding environment. It is not uncommon for the data used as samples to contain spatial outlier data. To overcome this, ordinary kriging and robust kriging methods can be used that can accommodate the presence of outliers. Before making predictions, the semivariogram value is first taken into account. The semivariograms used are experimental semivariograms, robust semivariograms and theoretical semivariograms. Experimental and robust semivariogram calculations are used to determine the best model on theoretical semivariograms used for estimation. The best theoretical semivariogram results from the ordinary kriging method based on class intervals i.e. gaussian and the best model based on the gstat package for ordinary and robust kriging is the exponential model. The comparison of estimation between ordinary kriging and robust kriging resulted in estimation with the ordinary kriging method using an exponential model better than robust kriging shown by the MAPE value of the robust kriging method of 43.53% and ordinary kriging by 39.65% smaller than MAPE in the method robust kriging.

Keywords: *Precipitation, Kriging, Ordinary Kriging, Robust Kriging*

ABSTRAK

Kabupaten Tanjung Jabung Barat memiliki areal kebun cukup luas. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi hasil perkebunan yaitu curah hujan. Keterbatasan alat penakar hujan menyebabkan beberapa areal tidak tersampel, sehingga dibutuhkan prediksi curah hujan. Salah satu metode yang dapat memprediksi curah hujan di areal tidak tersampel yaitu metode kriging. Metode kriging dapat memprediksi berdasarkan bobot yang berasal dari semivariogram dan susunan dari lokasi di lingkungan sekitarnya. Tidak jarang data yang dijadikan sampel terdapat data pencilan spasial. Untuk mengatasi hal tersebut dapat digunakan metode *ordinary kriging* dan *robust kriging* yang dapat mengakomodir adanya pencilan. Sebelum melakukan prediksi, diperhitungkan terlebih dahulu nilai semivariogram. Semivariogram yang digunakan yaitu semivariogram eksperimental, semivariogram *robust* dan semivariogram teoritis. Perhitungan semivariogram eksperimental dan *robust* digunakan untuk dapat menentukan model terbaik pada semivariogram teoritis yang digunakan untuk pendugaan. Hasil semivariogram teoritis terbaik yang dihasilkan dari metode *ordinary kriging* berdasarkan interval kelas yaitu *gaussian* dan model terbaik berdasarkan package gstat untuk *ordinary* dan *robust kriging* adalah model *exponential*. Perbandingan pendugaan antara *ordinary kriging* dan *robust kriging* menghasilkan bahwa pendugaan dengan metode *ordinary kriging* menggunakan model *exponential* lebih baik dibanding *robust kriging* ditunjukkan dengan nilai MAPE metode *robust kriging* sebesar 43,53% dan *ordinary kriging* sebesar 39,65% lebih kecil dibanding MAPE pada metode *robust kriging*.

Kata Kunci: *Curah Hujan, Kriging, Ordinary Kriging, Robust Kriging*

1. Pendahuluan

Kabupaten Tanjung Jabung Barat (Tanjabbar) memiliki areal kebun yang cukup luas. Menurut data (Tim Penyusun BPS, 2022) per tahun 2020, Kabupaten Tanjabbar memiliki total keseluruhan areal perkebunan seluas 151.234 Ha, diantaranya perkebunan sawit seluas 72.794 Ha, perkebunan kelapa seluas 55.394 Ha, perkebunan karet seluas 8.287 Ha, perkebunan kopi seluas 2.726 Ha, perkebunan kakao seluas 351 Ha, serta perkebunan pinang seluas 11.481 Ha. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi hasil perkebunan yaitu curah hujan. Curah hujan adalah ketinggian air hujan yang terkumpul pada tempat yang datar tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir. Curah hujan merupakan faktor utama yang berpengaruh terhadap hasil perkebunan. Data curah hujan dapat diperoleh dari stasiun meteorologi yang disediakan oleh BMKG, namun tidak semua daerah memiliki stasiun curah hujan dan disebarkan alat penakaran curah hujan, sehingga menyebabkan beberapa titik tidak diketahui besaran curah hujannya. Untuk dapat menaksir atau memprediksi curah hujan di titik tidak tersampel, dapat digunakan metode kriging.

Metode Kriging merupakan metode geostatistika yang bertujuan untuk melakukan prediksi nilai pada lokasi lain yang belum terukur dari nilai lokasi yang terukur. Nilai-nilai pada lokasi terukur menunjukkan data-data yang saling berkaitan, hal ini dikarenakan metode kriging mengasumsikan bahwa data antar lokasi memiliki autokorelasi spasial. Autokorelasi spasial merupakan suatu pola di mana suatu observasi yang berasal dari lokasi yang berdekatan cenderung memiliki nilai yang sama. Lokasi yang berdekatan dapat ditentukan dengan menggunakan jarak euclidean. Jarak Euclidean merupakan tipe pengukuran jarak dalam analisis kluster yang digunakan untuk mengukur jarak dari objek data ke pusat kluster yang mempunyai skala data kontinu dan merupakan jarak geometris dari dua objek data. Semakin dekat jaraknya maka semakin mirip dua objek data tersebut (Miftahuddin, Y., Umaroh, S., & Karim, F. R., 2020). Dalam penentuan jarak ini, sering sekali terjadi ketidak stabilan atau pencilan spasial. Pencilan spasial dapat didefinisikan sebagai nilai ketidakstabilan lokasi observasi atau objek observasi dengan gambaran nilai atribut non-spasial memiliki nilai berbeda secara signifikan, dengan nilai tidak konstan atau menyimpang terhadap lokasi observasi lainnya dalam lingkup ketetanggaan (Shekar, S., Lu, C. T., & Zhang, P., 2003). Untuk mengatasi adanya pencilan spasial, dapat digunakan metode ordinary kriging dan robust kriging.

Ordinary kriging adalah suatu metode interpolasi yang memiliki nilai peubah pada suatu titik (lokasi) tertentu yang dilakukan dengan cara mengamati data sejenis pada lokasi lainnya. Metode ordinary kriging memiliki rata-rata tidak diketahui dan bernilai konstan. Ordinary kriging diperluas dengan robust kriging, dimana robust kriging mampu mengatasi outlier dengan mentransformasi semivariogram eksperimental menjadi semivariogram robust yang dapat mengakomodir terhadap pencilan. Semivariogram adalah salah satu alat yang mengindikasikan autokorelasi spasial antar data dalam suatu peubah. Semivariogram eksperimental adalah semovariogram yang diperoleh dan dihitung dari sampel. Semivariogram robust adalah semivariogram yang dapat mengakomodir ada pencilan pada data spasial. Semivariogram teoritis merupakan bentuk analisis lebih lanjut dari semivariogram eksperimental dan semivariogram robust. Ada 3 model semivariogram teoritis, yaitu spherical, exponential, dan gaussian.

Penelitian terdahulu dilakukan oleh (Bahtiyar, A. D., Hoyyi, A., & Yasin, H., 2014) penelitiannya mengkaji tentang ordinary kriging dalam estimasi curah hujan yang menghasilkan bahwa model semivariogram terbaik yang digunakan adalah model Gaussian dengan parameter variogramnya adalah Sill = 6.910,034; Range = 0,02; dan Nugget = 0. (D, P. M., Sukarsa, K. G., & Dharmawan, K., 2015) juga melakukan penelitian menggunakan ordinary kriging dengan judul Interpolasi Spasial Dengan Metode Ordinary Kriging Menggunakan Semivariogram Isotropik Pada Data Spasial, penelitian yang dilakukan menghasilkan bahwa metode Ordinary Kriging menggunakan semivariogram isotropik yang memperhitungkan ketinggian memberikan

nilai pendugaan curah hujan yang jauh berbeda terhadap nilai pada titik kontrol Amlapura dan Besakih dan Ketinggian memengaruhi dalam pendugaan nilai curah hujan pada suatu titik. Selain itu, penelitian dilakukan oleh (Rohma, N. N., 2022) dengan judul Pendugaan Metode Ordinary Kriging (Studi Kasus Data Curah Hujan di Malang Raya) dihasilkan bahwa metode ordinary kriging memiliki 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. Penelitian mengenai curah hujan juga dilakukan dengan metode robust kriging disusun oleh (Astutik, S., & Negara, N. A., 2018) menghasilkan Semivariogram robust exponential merupakan semivariogram yang paling sesuai dibandingkan dengan semivariogram spherical dan Gaussian dilihat dari nilai RMSE. Penelitian lainnya dilakukan oleh (Fridayani, N. M., Kencana, I. P., & Sukarsa, K. G., 2012) yang mengkaji tentang perbandingan interpolasi spasial dengan metode ordinary dan robust kriging terhadap data spasial pencilan. Penelitiannya memberikan hasil bahwa pendugaan curah hujan terhadap titik kontrol Amlapura dengan metode Robust Kriging menghasilkan nilai MAD yang sedikit lebih besar dari nilai MAD yang dihasilkan pada pendugaan dengan metode Ordinary Kriging.

Untuk itu perlu dilakukan penelitian mengenai perbandingan model robust kriging dan ordinary kriging untuk mendapatkan hasil pendugaan yang akurat.

2. Metode

Jenis data yang digunakan untuk penelitian ini yaitu data sekunder. Merupakan data curah hujan di 40 titik sampel di Provinsi Jambi dengan 3 parameter yaitu (A, B) merupakan titik koordinat dan data curah hujan yang didapat dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Provinsi Jambi. Data curah hujan terdapat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Data Curah Hujan

NO	POS	KAB_KOTA	LON	LAT	CH
1	Kota Baru	Kota Jambi	103,65	-1,65	124,0
2	Telanaipura	Kota Jambi	103,62	-1,62	154,5
3	Stamet Jambi	Kota Jambi	103,70	-1,65	176,0
4	Sekernan	Muaro Jambi	103,55	-1,45	106,0
5	Mestong	Muaro Jambi	103,52	-1,78	179,0
6	Maro Sebo	Muaro Jambi	103,64	-1,49	318,0
7	Kumpeh Ulu	Muaro Jambi	103,74	-1,59	210,0
8	Tabir	Merangin	102,28	-1,87	501,0
9	Pamenang Selatan	Merangin	102,37	-2,18	447,0
10	Batang masumai	Merangin	102,24	-2,09	367,5
11	Bangko	Merangin	102,28	-2,08	503,0
12	Sarolangun	Sarolangun	102,73	-2,31	184,0
13	Limun	Sarolangun	102,50	-2,62	316,0
14	Pauh	Sarolangun	102,82	-2,19	322,0
15	Singkut	Sarolangun	102,56	-2,49	389,4
16	Tungkal Ilir	Tanjung Jabung Barat	103,54	-0,86	141,0
17	Pengabuan	Tanjung Jabung Barat	103,25	-1,00	136,5
18	Kuala Betara	Tanjung Jabung Barat	103,59	-0,96	216,0
19	Bram Itam	Tanjung Jabung Barat	103,40	-1,00	181,0

NO	POS	KAB_KOTA	LON	LAT	CH
20	Tungkal Ulu	Tanjung Jabung Barat	103,17	-0,92	274,0
21	Rantau Rasau	Tanjung Jabung Timur	104,18	-1,25	168,0
22	Nipah Panjang	Tanjung Jabung Timur	104,26	-1,09	192,4
23	Berbak	Tanjung Jabung Timur	104,15	-1,36	219,0
24	Tebo Ulu	Tebo	102,24	-1,24	276,7
25	Tujuh Koto	Tebo	102,11	-1,17	150,5
26	Tebo Tengah	Tebo	102,36	-1,46	133,0
27	Tebo Ilir	Tebo	102,73	-1,58	268,0
28	Jujuhan	Bungo	101,74	-1,27	246,0
29	Muaro Bungo	Bungo	102,13	-1,50	187,0
30	Tanah Tumbuh	Bungo	101,83	-1,59	331,5
31	Gunung Raya	Kerinci	101,54	-2,29	202,5
32	Danau Kerinci	Kerinci	101,64	-2,03	208,0
33	Air Hangat	Kerinci	101,41	-1,98	292,5
34	Kayu Aro	Kerinci	101,29	-1,77	216,0
35	Sungai Penuh	Kota Sungai Penuh	101,28	-2,07	144,0
36	Kumun debai	Kota Sungai Penuh	101,37	-2,16	94,0
37	Hamparan Rawang	Kota Sungai Penuh	101,37	-2,04	216,5
38	Pemayang	Batanghari	103,44	-1,69	113,0
39	Maro Sebo ulu	Batanghari	102,84	-1,54	221,0
40	Muara Bulian	Batanghari	103,28	-1,72	166,5

Pada tabel 2 menjelaskan data curah hujan di 40 titik sampel di Provinsi Jambi. Kolom NO menjelaskan nomor pos atau kode nomor untuk titik sampel. POS menjelaskan nama kecamatan titik sampel Curah hujan. CH merupakan besaran Curah Hujan setiap titik sampel. LAT dan LON merupakan titik koordinat titik sampel.

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode interpolasi ordinary kriging dan robust kriging. Tahapan analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Melakukan asumsi kehomogenan ragam. Asumsi kehomogenan ragam dilakukan menggunakan statistik uji breush-pagan terhadap residual data.
- 2) Melakukan asumsi autokorelasi spasial dengan menggunakan uji Moran I.

a) Menghitung jarak Euclidean dengan rumus $d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2}$.

b) Memperoleh nilai Moran I dengan rumus $I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}(x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$.

c) Melakukan perhitungan nilai Z berdasarkan rumus $Z(I) = \frac{I - E(I)}{\sqrt{var(I)}} \sim N(0, 1)$.

Jika tidak terdapat autokorelasi spasial maka metode ordinary kriging dan robust kriging tidak dapat dilakukan.

- 3) Melakukan pendeteksian spasial outlier dengan menggunakan spatial statistic Z test. Jika nilai spatial statistic Z test dari lokasi s_i lebih dari taraf nyata maka dideteksi adanya spasial outlier. Pendeteksian spasial outlier dilakukan dengan mengelompokkan tetangga masing-

masing Pos atau titik lokasi berdasarkan jarak Euclidean yang sudah dihitung saat melakukan uji autokorelasi spasial.

- 4) Membentuk semivariogram eksperimental.
 - a) Perhitungan semivariogram eksperimental dilakukan dengan menentukan banyak kelas terlebih dahulu. Penentuan banyak kelas dilakukan dengan rumus $k = 1 + 3,3 \log(n)$.
 - b) Setelah mendapatkan banyak kelas, menghitung interval kelas dengan membagi jarak terjauh dengan banyak kelas.
 - c) Selanjutnya menghitung berapa banyak pasang lokasi yang berada pada interval kelas yang telah ditentukan.

d) Berikutnya menghitung semivariogram eksperimental dengan rumus
$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2.$$

- 5) Membentuk Semivariogram Robust. Pembentukan semivariogram robust dilakukan sesuai dengan Langkah pada penentuan semivariogram eksperimental, yang membedakan yaitu saat perhitungan semivariogramnya, pada semivariogram robust, perhitungan dilakukan dengan

menggunakan rumus
$$\gamma(h) = \frac{\frac{1}{2} \left(\frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} |Z(x_i) - Z(x_i + h)|^{1/2} \right)^4}{(0,457 + \frac{0,494}{N(h)})}.$$

- 6) Menghitung semivariogram teoritis ordinary dan robust kriging. Perhitungan semivariogram teoritis dilakukan berdasarkan rumus untuk model spherical, exponential, dan gaussian. Dengan rumus:

- a) Spherical =
$$\gamma(h) = \begin{cases} C_0 + C \left[\frac{3}{2} \left(\frac{h}{a} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right], & \text{untuk } h \leq a \\ C_0 + C, & \text{untuk } h > a \end{cases}$$

- b) Exponential =
$$\gamma(h) = C_0 + C \left[1 - \exp\left(\frac{-3h}{a}\right) \right]$$

- c) Gaussian =
$$\gamma(h) = C_0 + C \left[1 - \exp\left(\frac{-3h^2}{a^2}\right) \right]$$

- 7) Memilih model semivariogram teoritis bagi metode ordinary dan robust kriging terbaik berdasarkan kriteria kebaikan model. Penentuan model terbaik dilakukan dengan membandingkan nilai semivariogram teoritis dengan semivariogram eksperimental dan semivariogram robust. Semivariogram teoritis dibandingkan dengan semivariogram

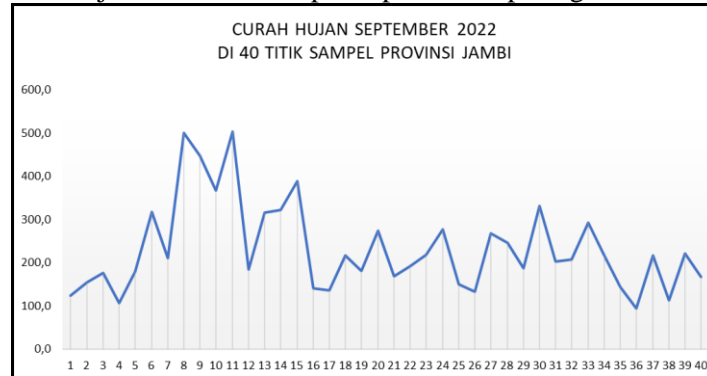
eksperimental dan robust menggunakan rumus
$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|x_t - y_t|}{x_t}}{n} \times 100\%.$$

- 8) Melakukan interpolasi ordinary kriging dan robust kriging. Interpolasi atau pendugaan dilakukan menggunakan model semivariogram teoritis terbaik.
- 9) Membuat peta prediksi metode ordinary dan robust kriging.
- 10) Menentukan semivariogram terbaik antara metode ordinary dan robust kriging berdasarkan kriteria kebaikan model yaitu MAPE.
- 11) Menentukan metode terbaik antara ordinary dan robust kriging berdasarkan kriteria kebaikan model pada masing-masing metode tersebut.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Deskriptif Data

Data curah hujan di 40 titik sampel dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Grafik Curah Hujan di 40 Titik Sampel

Pada gambar 1 dapat diketahui bahwa dari 40 titik sampel curah hujan, curah hujan pada titik lokasi ke-11, yaitu Kecamatan Bangko yang terletak di Kabupaten Merangin memiliki angka curah hujan tertinggi dan titik lokasi ke-36, yaitu Kecamatan Kumun Debai yang terletak di Kota Sungai Penuh merupakan lokasi yang memiliki angka curah hujan terendah.

3.2 Asumsi Kriging

A. Kehomogenan Data

Pengujian asumsi kehomogenan ragam galat dengan uji Breusch Pagan LM dengan rumus $BP = nR^2 \sim \chi_{p-1}^2$ berlandaskan hipotesis.

H_0	: Asumsi kehomogenan ragam galat terpenuhi
H_1	: Asumsi kehomogenan ragam galat tidak terpenuhi
α	: 5%
Statistik uji	: <i>Breusch Pagan</i>
Daerah kritis	: Tolak H_0 jika $BP > \chi_{p-1}^2$
Hasil	: $BP < \chi_{p-1}^2 = 5,6396 < 5,991$
Keputusan	: Gagal Tolak H_0
Kesimpulan	: Asumsi kehomogenan ragam galat terpenuhi.

B. Autokorelasi Spasial

Asumsi Autokorelasi spasial dihitung berdasarkan jarak Euclidean antar lokasi,

perhitungan jarak Euclidean dilakukan dengan rumus $d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2}$

sebagai berikut:

$$d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2}$$

$$d_{1,2} = \sqrt{(u_1 - u_2)^2 + (v_1 - v_2)^2}$$

$$d_{1,2} = \sqrt{(103,65 - 103,62)^2 + (-1,65 - (-1,62))^2}$$

$$d_{1,2} = 0,042$$

Perhitungan dilanjutkan sampai titik $d_{40,40}$ dengan keterangan sebagai berikut:

u_i = Nilai longitude pada lokasi ke-i

u_j = Nilai longitude pada lokasi ke-j

v_i = Nilai latitude pada lokasi ke- i

v_j = Nilai latitude pada lokasi ke- j

Setelah memperoleh seluruh jarak euclidean, selanjutnya melakukan pengujian asumsi autokorelasi spasial dengan uji Moran I dengan rumus

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}(x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \text{ berlandaskan hipotesis.}$$

H_0 : Tidak Terdapat autokorelasi spasial

H_1 : Terdapat autokorelasi spasial

α : 5%

Statistik uji : Z

Daerah kritis : Tolak H_0 jika $|Z(I)| > Z_{\alpha/2}$

Hasil : $|Z(I)| > Z_{\alpha/2} = 3,706 > 1.96$

Keputusan : Tolak H_0

Kesimpulan : Terdapat Autokorelasi Spasial.

3.3 Pendeteksian Spasial Outlier

Untuk mendeteksi adanya pencilan atau tidak dalam data digunakan metode spatial *statistic Z test*. Langkah pertama yaitu mengelompokkan data yang saling bertetangga sesuai berdasarkan jarak euclidean yang sebelumnya telah dihitung pada sub-bab 4.2.B. Setelah itu menghitung rata-rata (*mean*) curah hujan yang bertetangga. Berikut untuk contoh perhitungan pada lokasi ke-1 yaitu Kecamatan Kota Baru dengan curah hujan sebesar 124,0mm:

Tabel 2. Data Curah Hujan Lokasi Tetangga Kota Baru

Kota Baru (124,0)	
Tetangga	Curah Hujan
Telanaipura	154,5
Stamet Jambi	176
Sekernan	106
Mestong	179
Maro Sebo	318
Kumpeh Ulu	210
Pemayung	113
Muara Bulian	166,5
Rata-rata	177,875

Pada tabel 2 diketahui bahwa rata-rata curah hujan untuk lokasi tetangga Kecamatan Kota Baru yaitu sebesar 177,875. Selanjutnya menghitung nilai $s(x)$ yaitu nilai dari selisih curah hujan pada pos ke- i dengan *mean* konsentrasi yang bertetangga dengan pos ke- i . Contoh perhitungan adalah sebagai berikut:

$$s(x) = 124,0 - 177,875$$

$$s(x) = -53,88$$

Setelah mendapatkan nilai $s(x)$, dihitung *mean* dan standar deviasi dari $s(x)$ untuk menghasilkan nilai Z_{hitung} dimana jika $|Z_{hitung}| > Z_{\alpha/2}$ maka dideteksi sebagai *outlier*.

Berikut contoh perhitungan Z_{hitung} untuk Kecamatan Kota Baru dengan nilai rata-rata $s(x)$ dan standar deviasi $s(x)$:

$$Z_{hitung} = \left| \frac{s_{x(i)} - \mu_{x(i)}}{\alpha_{x(i)}} \right| > Z_{\alpha/2}$$

$$Z_{hitung} = \left| \frac{-53,88 - (-6,39)}{78,60} \right| = 0,604$$

$0,604 < 1,96 =$ Kecamatan Kota Baru bukan data pencilan.

Dari perhitungan Z_{hitung} terdapat 3 pos yang dinyatakan sebagai pos dengan pencilan spasial, yaitu Maro Sebo, Tabir, dan Sarolangun.

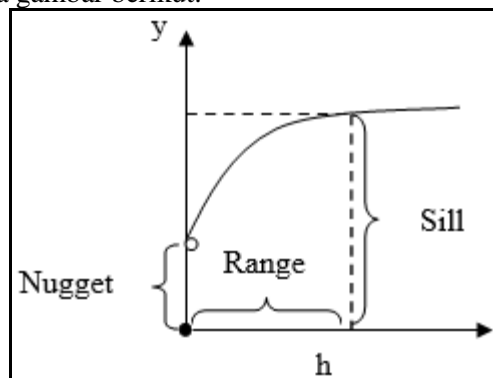
Tabel 3. Data terdeteksi sebagai *Spatial Outlier*

POS	Curah Hujan	Z hitung
Maro Sebo	318,00	2,195
Tabir	501,00	2,288
Sarolangun	184,00	2,549

3.4 Semivariogram

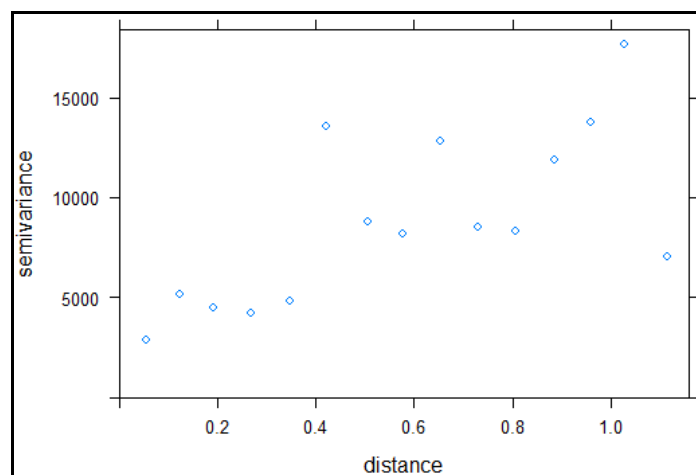
A. Semivariogram Eksperimental

Semivariogram eksperimental dibentuk untuk mendapatkan nilai *sill* dan *range* yang digunakan dalam perhitungan model semivariogram teoritis. Penentuan *sill* dan *range* berdasarkan pada gambar berikut:



Gambar 2. Parameter Semivariogram Teoritis

Semivariogram eksperimental yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik Semivariogram *Eksperimental*

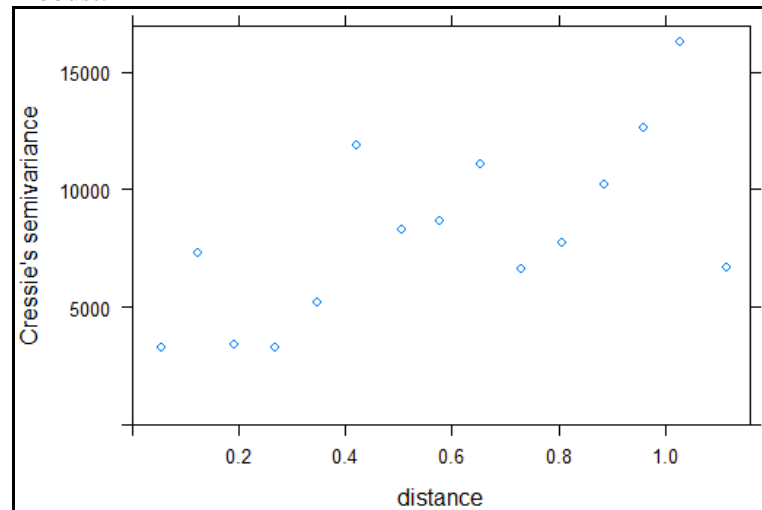
Pada gambar 3 dapat diduga untuk nilai *sill* berada pada titik 5000 dengan *range* 0,1. Berikut untuk nilai semivariogram eksperimental:

Tabel 4. Nilai Semivariogram Eksperimental

Distance	Semivariance
0,056	2.892,650
0,123	5.163,493
0,191	4.463,411
0,266	4.226,300
0,348	4.841,731
0,420	13.532,449
0,506	8.770,929
0,578	8.170,676
0,654	12.803,682
0,730	8.535,402
0,806	8.312,420
0,885	11.864,231
0,961	13.738,501
1,029	17.679,958
1,115	7.025,358

B. Semivariogram Robust

Berdasarkan parameter pada gambar 2, berikut grafik yang dibentuk oleh semivariogram robust:



Gambar 4. Grafik Semivariogram Robust

Pada gambar 4 dapat diduga untuk nilai *sill* berada pada titik 5000 dengan *range* 0,3. Berikut untuk nilai semivariogram *robust*:

Tabel 5. Nilai Semivariogram Robust

Distance	Semivariance
0,056	3.304
0,123	7.275
0,191	3.414
0,266	3.275

Distance	Semivariance
0,348	5.176
0,420	11.893
0,506	8.283
0,578	8.646
0,654	11.078
0,730	6.600
0,806	7.708
0,885	10.238
0,961	12.608
1,029	16.305
1,115	6.670

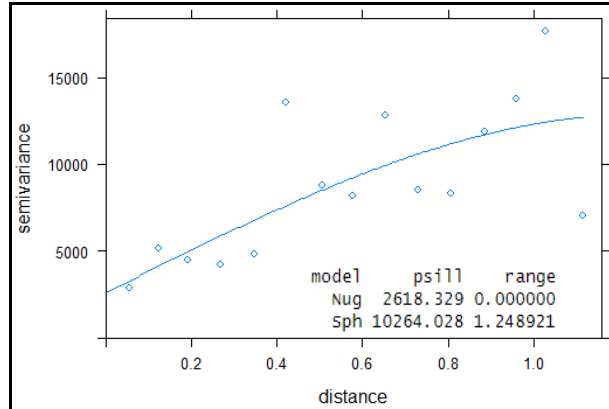
C. Semivariogram Teoritis

1) Semivariogram Teoritis Ordinary Kriging

Setelah mendapatkan nilai untuk parameter *sill* dan *range* berdasarkan gambar 3. Dengan nilai *sill* dan *range* yang telah didapatkan, dibentuk semivariogram teoritis untuk model *spherical*, *gaussian*, dan *exponential* sebagai berikut:

a) Spherical

Nilai *sill* dan *range* yang diperoleh dari grafik semivariogram eksperimental pada gambar 3 menghasilkan grafik semivariogram teoritis model *spherical* sebagai berikut:

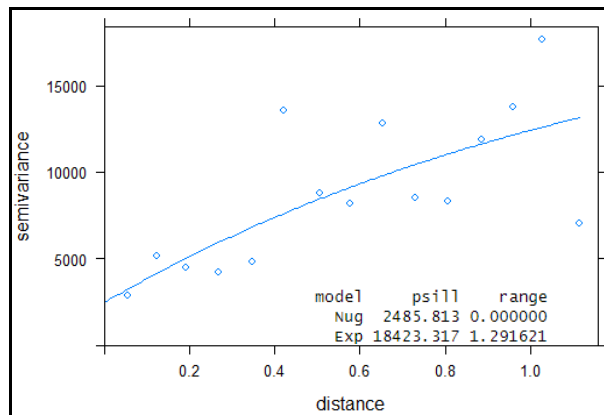


Gambar 5. Semivariogram Teoritis *Sphercial Ordinary*

Nilai *sill* untuk model *spherical* yaitu sebesar 10264,028 dengan *range* 1,248921.

b) Exponential

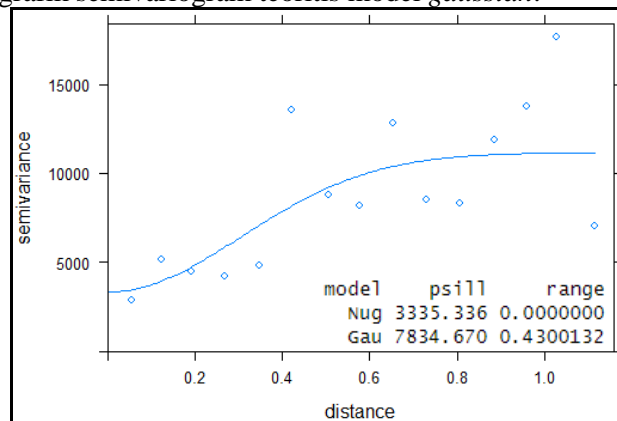
Berikut untuk grafik semivariogram teoritis model *exponential*:

Gambar 6. Semivariogram Teoritis *Exponential Ordinary*

Nilai *sill* untuk model *exponential* yaitu sebesar 18423,317 dengan *range* 1,291621.

c) Gaussian

Berikut untuk grafik semivariogram teoritis model *gaussian*:

Gambar 7. Semivariogram Teoritis *Gaussian Ordinary*

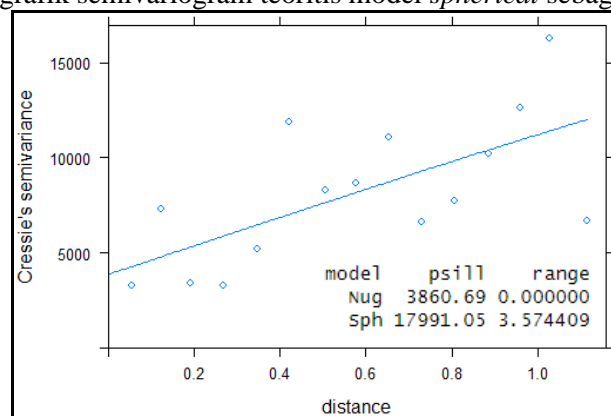
Nilai *sill* untuk model *gaussian* yaitu sebesar 7834,670 dengan *range* 0,4300132.

2) Semivariogram Teoritis Robust Kriging

Setelah mendapatkan nilai untuk parameter *sill* dan *range* berdasarkan gambar 4, selanjutnya, dibentuk semivariogram teoritis untuk model *spherical*, *gaussian*, dan *exponential*. Hasilnya sebagai berikut:

a) *Spherical*

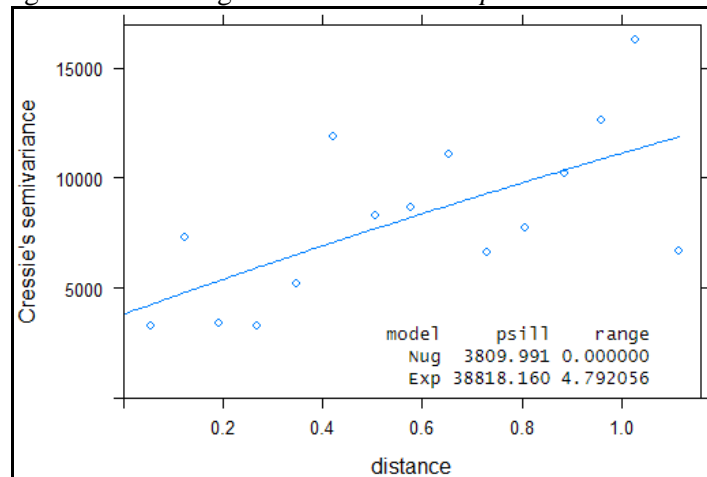
Nilai *sill* dan *range* yang diperoleh dari grafik semivariogram *robust* pada gambar 4 menghasilkan grafik semivariogram teoritis model *spherical* sebagai berikut:

Gambar 8. Semivariogram Teoritis *Spherical Robust*

Nilai *sill* untuk model *spherical* yaitu sebesar 17991,05 dengan *range* 3,574409.

b) *Exponential*

Berikut untuk grafik semivariogram teoritis model *exponential*:

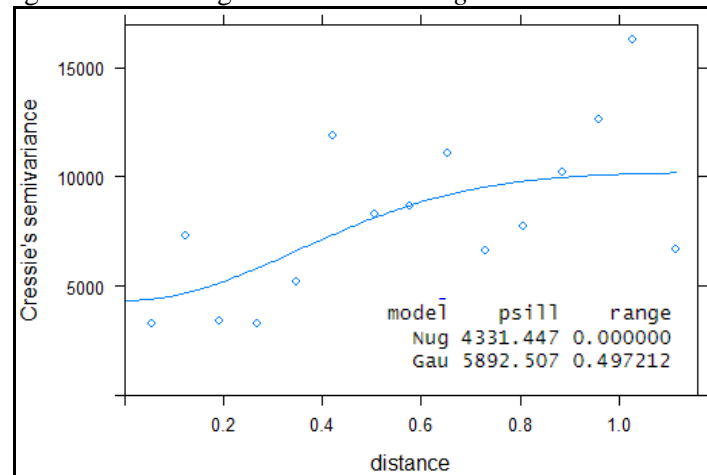


Gambar 9. Semivariogram Teoritis *Exponential Robust*

Nilai *sill* untuk model *spherical* yaitu sebesar 38818,160 dengan *range* 4,792056.

c) *Gaussian*

Berikut untuk grafik semivariogram teoritis model *gaussian*:



Gambar 10. Semivariogram Teoritis *Gaussian Robust*

Nilai *sill* untuk model *spherical* yaitu sebesar 5892,507 dengan *range* 0,497212.

3.5 Pendugaan

1) Pendugaan Ordinary Kriging

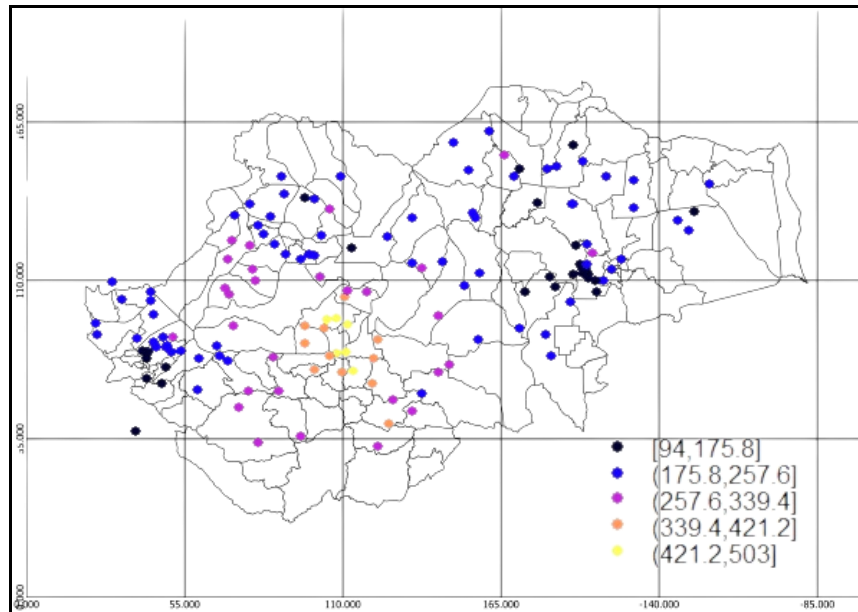
Pendugaan data dilakukan pada data tersampel dan tidak tersampel. Pendugaan pada data tersampel dilakukan untuk memilih model semivariogram teoritis yang terbaik berdasarkan nilai MAPE. Dalam melakukan pendugaan data tersampel, dilakukan dengan membagi 2 data menjadi data *training* dan *testing* untuk mencari nilai MAPE masing-masing model. Selanjutnya melakukan pendugaan untuk data *testing* pada setiap model dan dibandingkan dengan data aktual sehingga mendapatkan nilai MAPE setiap model semivariogram teoritis. Perbandingan data aktual dan data prediksi dari setiap model diperoleh rincian nilai MAPE setiap model berikut:

Tabel 6. MAPE Semivariogram Teoritis *ordinary*

Model	MAPE
<i>Spherical</i>	42,08
<i>Exponential</i>	39,65

Model	MAPE
<i>Gaussian</i>	40,43

Pada tabel 6 diperoleh nilai MAPE terkecil merupakan nilai MAPE untuk model *exponential*, sehingga model *exponential* digunakan untuk melakukan pendugaan curah hujan di Provinsi Jambi. Hasil dugaan curah hujan dengan model *Exponential* dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 11. Peta Prediksi Curah Hujan Provinsi Jambi Ordinary

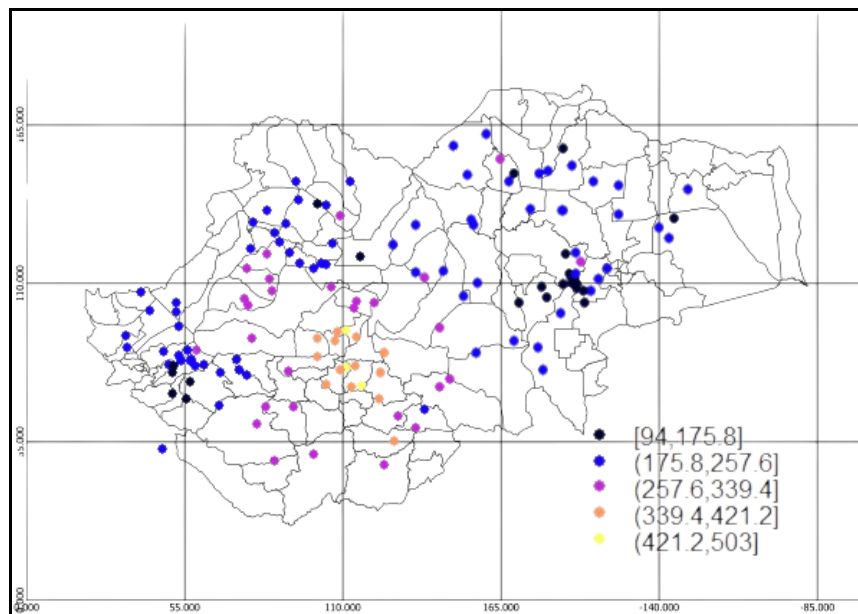
2) Pendugaan Robust Kriging

Pendugaan curah hujan dengan metode *robust kriging* dilakukan pada data tersampel dan tidak tersampel, pada data tersampel, dugaan dilakukan untuk dapat menentukan model semivariogram teoritis yang terbaik untuk digunakan dalam pendugaan curah hujan di seluruh Kecamatan di Provinsi Jambi. Pendugaan data tersampel dilakukan dengan membagi 2 data menjadi data *training* dan *testing* untuk mencari nilai MAPE masing-masing model. Selanjutnya melakukan pendugaan untuk data *testing* pada setiap model dan dibandingkan dengan data aktual sehingga mendapatkan nilai MAPE setiap model semivariogram teoritis. Perbandingan data aktual dan data prediksi dari setiap model diperoleh rincian nilai MAPE setiap model berikut:

Tabel 7. MAPE Semivariogram Teoritis Robust

Model	MAPE
<i>Spherical</i>	43,60
<i>Exponential</i>	43,53
<i>Gaussian</i>	46,01

Pada tabel 7 diperoleh nilai MAPE terkecil merupakan nilai MAPE untuk model *exponential* sehingga model *exponential* digunakan untuk melakukan pendugaan curah hujan di Provinsi Jambi. Hasil dugaan curah hujan dengan model *Exponential* dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 12. Peta Prediksi Curah Hujan Provinsi Jambi Robust

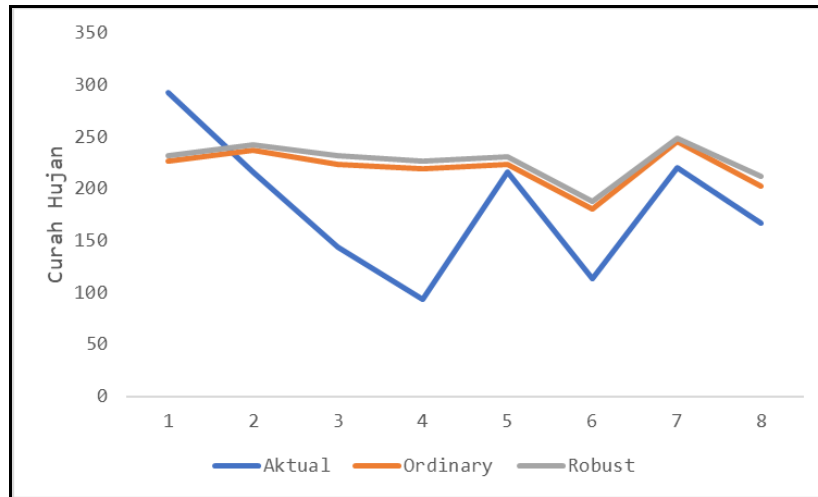
3.6 Perbandingan Model

Perbandingan *ordinary kriging* & *robust kriging* dilakukan dengan membandingkan nilai MAPE dari 2 model terbaik, perhitungan MAPE menggunakan 40 data sampel yang dibandingkan dengan 40 data dugaan yang diperoleh dari model terbaik *ordinary kriging*, yaitu *exponential* & *robust kriging*, yaitu *exponential*. Nilai MAPE terdapat pada tabel dibawah ini:

Tabel 8. Perbandingan MAPE Ordinary dan Robust Kriging gstat

POS	Aktual	Ordinary	MAPE.O	Robust	MAPE.R
33	292,5	227,2	22,31	232,5	20,5
34	216,0	237,0	9,69	242,1	12,1
35	144,0	223,8	55,39	232,4	61,4
36	94,0	219,4	133,37	226,7	141,2
37	216,5	223,8	3,39	230,6	6,5
38	113,0	181,0	60,15	188,1	66,5
39	221,0	245,3	11,02	248,7	12,6
40	166,5	203,0	21,90	212,4	27,6
MAPE			39,65		43,53

Pada tabel 8 diperoleh nilai MAPE sebesar 39,65% untuk model *exponential* metode *ordinary kriging* dan MAPE sebesar 43,53% untuk model *exponential* metode *robust kriging*. Hal ini menunjukkan bahwa pendugaan dengan model *exponential* dengan metode *ordinary kriging* lebih baik dibanding dengan metode *robust kriging*. Berikut grafik mengenai perbandingan hasil prediksi dengan *ordinary kriging* dan *robust kriging* dengan data aktual:



Gambar 13 Grafik Perbandingan Hasil Prediksi Ordinary dan Robust Kriging

4. Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Curah Hujan di Provinsi Jambi pada bulan September 2022 tergolong menengah dengan rata-rata curah hujan sebesar 232,3mm, dimana curah hujan tertinggi berada pada Kecamatan Bangko sebesar 503mm dan terendah di Kecamatan Kumun Debai sebesar 94mm. Data curah hujan di provinsi jambi memiliki keterkaitan antara lokasi satu dan lainnya ditunjukkan pada uji autokorelasi spasial yang menunjukkan terdapat autokorelasi spasial untuk data curah hujan di Provinsi Jambi. Terdapat 3 data pencilon spasial, yaitu data curah hujan Kecamatan Maro Sebo, Kecamatan Tabir, dan Kecamatan Sarolangun.
- 2) Pendugaan curah hujan pada data tersampel menghasilkan model terbaik yang dipilih dengan metode *ordinary kriging* untuk menduga curah hujan di Provinsi Jambi yaitu model *gaussian* dengan MAPE sebesar 30,45% dengan penentuan berdasarkan interval kelas dan model *exponential* berdasarkan package *gstat* dengan MAPE sebesar 39,65%. Model terbaik yang dipilih dengan metode *robust kriging* untuk menduga curah hujan di Provinsi Jambi yaitu model *exponential* dengan MAPE sebesar 43,53%. Pendugaan dengan model terbaik terhadap data tidak tersampel menunjukkan bahwa curah hujan tertinggi di Provinsi Jambi berada pada Kecamatan Bangko dengan curah hujan sebesar 503mm dan terendah di Kecamatan Kumun Debai sebesar 94mm. Sedangkan curah hujan di Kabupaten Tanjung Jabung Barat tertinggi berada di Kecamatan Tungkal ulu sebesar 274mm dan terendah di Kecamatan Pengabuan sebesar 136,5mm.
- 3) Hasil perbandingan model ordinary berdasarkan interval kelas dengan model *gaussian* dan model ordinary berdasarkan package *gstat* dengan model *exponential* memberikan hasil bahwa MAPE Metode *ordinary kriging* memiliki nilai MAPE yang lebih kecil dibanding metode *robust kriging*. Hal ini menunjukkan bahwa metode *ordinary kriging* dapat melakukan pendugaan lebih baik dibanding metode *robust kriging* dalam pendugaan curah hujan di Provinsi Jambi.

Ucapan Terima Kasih

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penyusun tentunya mengalami banyak kesulitan, namun atas bimbingan dan dorongan semangat serta motivasi dari semua orang akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan meskipun jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penyusun mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- 1) Bapak Dr. Edhy Sutanta, S.T., M.Kom., selaku Rektor Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.
- 2) Ibu Dra. Yuli Pratiwi, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains & Terapan Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.
- 3) Bapak Drs. Yudi Setyawan, M.S., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Statistika Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta serta sebagai dosen wali penulis.
- 4) Ibu Rokhana Dwi Becti, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing I yang telah membimbing penyusun dalam penyusunan skripsi ini.
- 5) Ibu Dra. Noeryanti, M.Si selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing penyusun dalam penyusunan skripsi ini.
- 6) Kedua orangtua penyusun yang selalu mendukung penyusun melalui doa dan motivasi yang telah diberikan.
- 7) Abror Jaya yang selalu menyemangati, menghibur dan ada saat penyusun kesulitan, mood buruk dan sebagainya, sehingga penulis semangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
- 8) Teman-teman semasa SMA penyusun, yang membantu disaat penyusun kesulitan.

Daftar Pustaka

- Astutik, S., & Negara, N. A. (2018). Interpolasi Robust Kriging Pada Data Curah Hujan Outlier Bulan Maret 2015 Di Kabupaten Malang. Lampung: *Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika* 315-323.
- Bahtiyar, A. D., Hoyyi, A., & Yasin, H. (2014). Ordinary Kriging Dalam Estimasi Curah Hujan Di Kota Semarang. Semarang: *JURNAL GAUSSIAN*, 151 - 159.
- Cressie, N. A. (1993). *Statistics for Spatial Data*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- D, P. M., Sukarsa, K. G., & Dharmawan, K. (2015). Interpolasi Spasial Dengan Metode Ordinary Kriging Menggunakan Semivariogram Isotropik Pada Data Spasial. Bali: *E-Jurnal Matematika Vol. 4*, 26-30.
- Deswanto, R., Laia, M. L., Utami, E. S., & Becti, R. D. (2019). *Pemodelan Spasial Area dengan R*. Yogyakarta: AKPRIND PRESS.
- Fischer, M. M., & Getis, A. (2010). *Handbook of Applied Spatial Analysis*. New York: Springer Heidelberg Dordrecht.
- Fridayani, N. M., Kencana, I. P., & Sukarsa, K. G. (2012). Perbandingan Interpolasi Spasial Dengan Metode Ordinary Dan Robust Kriging Pada Data Spasial Berpencilan (Studi Kasus: Curah Hujan Di Kabupaten Karangasem). Bali: *e-Jurnal Matematika*, 68-74.
- Gaetan, C., & Guyon, X. (2010). *Spatial Statistics and Modeling*. New York: Springer New York Dordrecht Heidelberg London.
- Hidayat, S. (2008). *Pengembangan Sumber Daya Air*. Jakarta: Pusat Pengembangan Bahan Ajar – UMB.
- Isaaks, E. H., & Srivastava, R. M. (2010). *Applied geostatistics*. New York: Oxford University Press.
- Jambi, B. P. (2022). *Provinsi Jambi Dalam Angka 2022*. Jambi: BPS Provinsi Jambi.
- Maricar, M. A. (2019). Analisa Perbandingan Nilai Akurasi Moving Average dan Exponential Smoothing untuk Sistem Peramalan Pendapatan pada Perusahaan XYZ. *J. Sist. dan Inform*, 36 – 45.

- Miftahuddin, Y., Umaroh, S., & Karim, F. R. (2020). Perbandingan Metode Perhitungan Jarak Euclidean, Haversine, Dan Manhattan Dalam Penentuan Posisi Karyawan (Studi Kasus : Institut Teknologi Nasional Bandung). Bandung: *Jurnal Tekno Insentif*, 69-77.
- Oliver, M. A., & Webster, R. (2015). *Basic Steps in Geostatistics: The Variogram and Kriging*. United Kingdom: Springer Cham.
- Rohma, N. N. (2022). Pendugaan Metode Ordinary Kriging (Studi Kasus Data Curah Hujan di Malang Raya). Purwosari: *Jurnal Penelitian Ilmu Sosial dan Eksakta Volume: 2*, 21-29.
- Rozalia, G., Yasin, H., & Ispriyanti, D. (2016). Penerapan Metode Ordinary Kriging Pada Pendugaan Kadar No2 Di Udara. Semarang: *Jurnal Gaussian, Volume 5*, 113-121.
- Sari, SST, W. A. (2022). *Provinsi Jambi Dalam Angka 2022*. Jambi: BPS Provinsi Jambi.
- Shekar, S., Lu, C. T., & Zhang, P. (2003). A Unified Approach to Detecting Spatial Outliers. *GeoInformatica*, 139-166.
- Sugiyono. (2009). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Tim Penyusun BMKG, B. (2023). *Buletin Informasi Iklim Januari*. Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- Tim Penyusun BPS, T. (2022). *Tanjung Jabung Barat Dalam Angka 2022*. Tanjung Jabung Barat: BPS Tanjung Jabung Barat.