
PEMETAAN JUMLAH KRIMINALITAS DI KALIMANTAN SELATAN MENGGUNAKAN METODE CO-KRIGING DAN INVERSE DISTANCE WEIGHTING

M. Haidir Gazali Ridwan ^{1*}, Dewi Sri Susanti ², Maisarah ³

^{1,2,3} Program Studi Statistika Fakultas MIPA Universitas Lambung Mangkurat, Kalimantan Selatan

*e-mail: haidirghazal@gmail.com

Abstract

Criminality is any form of action that harms economically and psychologically and violates the law, social norms and religion. South Kalimantan is in 21st position with an average of 3,282 criminal cases per year in the period 2018 to 2020. One method to interpolate data in unsampled locations is the co-kriging and inverse distance weighting (IDW) method. This study aims to estimate the number of crimes in South Kalimantan with the co-kriging and IDW methods, compare the results to determine the best method, and present a thematic map of the distribution of crime in South Kalimantan. In the co-kriging method, the number of crimes is the primary variable and population density is the secondary variable. The result of this research is that between the two methods, IDW is better for interpolation in estimating the crime value than the co-kriging method. The IDW method provides good interpolation results whose interpolation value is close to the value of the real data. Although co-kriging has the potential to provide accurate results if the cross-variogram model can be formed properly, the constraints faced in this study indicate that IDW remains a more stable and reliable choice in estimating crime in South Kalimantan.

Keywords: *Crime, Co-kriging, Inverse Distance Weighting*

1. PENDAHULUAN

Kriminalitas adalah segala bentuk perbuatan yang merugikan secara ekonomi dan psikis serta melanggar hukum, norma sosial dan agama. Kalimantan Selatan berada pada posisi ke-21 dengan rata-rata kasus kriminal per tahun adalah 3.282 kasus pada periode 2018 hingga 2020. Dari tahun 2018 ke tahun 2019, kriminalitas menurun sebanyak 9,27%, sedangkan dari tahun 2019 ke tahun 2020, kriminalitas menurun sebanyak 8,94% [3].

Secara umum wilayah kota besar cenderung memiliki risiko kriminalitas lebih tinggi dibandingkan wilayah kota kecil. Karena itu dibutuhkan suatu metode yang dapat mengestimasi data kriminalitas di lokasi yang tidak disampel atau biasa disebut dengan *geostatistik*.

Salah satu teknik *geostatistik* untuk mengestimasi dan menginterpolasi data di lokasi yang tidak disampel adalah metode *co-kriging* dan *inverse distance weighting* (IDW). Metode *co-kriging* merupakan suatu metode interpolasi spasial yang digunakan untuk memprediksi nilai suatu variabel di lokasi yang tidak diukur dengan memanfaatkan informasi dari variabel sekunder. Sedangkan metode *inverse distance weighting* (IDW) merupakan metode estimasi deterministik dimana interpolasi dilakukan dengan mempertimbangkan titik di sekitarnya [12].

Penelitian ini bertujuan untuk menduga jumlah kriminalitas di Kalimantan Selatan dengan metode *co-kriging* dan IDW, membandingkan hasil untuk menentukan

metode terbaik, dan menyajikan peta tematik penyebaran kriminalitas di Kalimantan Selatan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Data Spasial dan Ukuran Keragamannya

Data spasial adalah jenis data dependen karena data dikumpulkan dari lokasi spasial yang berbeda, menunjukkan ketergantungan antara pengukuran data dan lokasi. Data spasial merupakan dua bagian penting yang memiliki sistem koordinat yang berorientasi geografis dan yang membedakan data spasial dengan data lainnya, yaitu informasi lokal (spasial) dan informasi deskriptif (atribut)[6].

Analisis variogram merupakan analisis yang digunakan untuk menghitung hubungan antara perbedaan pengukuran berpasangan dan jarak dari titik-titik pengamatan yang bersesuaian. Variogram merupakan variansi yang digunakan untuk menentukan jarak dimana nilai-nilai data pengamatan tidak saling tergantung atau tidak terdapat autokorelasi antara data pengamatan [1]. Variogram disimbolkan dengan 2γ dan didefinisikan sebagai berikut:

$$2\gamma(h) = \frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(s_i) - Z(s_i + h)]^2 \quad (1)$$

- $2\gamma(h)$: nilai variogram dengan jarak h
 $Z(s_i)$: nilai pengamatan di suatu lokasi titik
 s : lokasi
 h : jarak antar dua titik sampel
 $s_i, s_i + h$: pasangan titik sampel yang berjarak h
 $N(h)$: banyak pasangan data yang memiliki jarak h

Semivariogram merupakan salah satu fungsi yang menggambarkan, memodelkan dan menghitung autokorelasi spasial antar data dari suatu variabel dan berfungsi sebagai suatu ukuran ragam [9]. Semivariogram disimbolkan dengan γ . Model semivariogram dapat dijelaskan menggunakan istilah-istilah berikut [6] :

a. *Nugget effect* (c_0)

Nugget effect menunjukkan nilai keragaman yang tidak terjelaskan pada jarak yang mendekati nol yaitu variabilitas sampel pada jarak yang lebih kecil dari sampel tertentu dan kesalahan atau kelalaian saat melakukan pengukuran. *Nugget effect* dirumuskan sebagai berikut:

$$c_0 = c_{MS} + c_{ME} \quad (2)$$

- c_0 : *Nugget effect*
 c_{MS} : Variasi jarak kecil
 c_{ME} : Kesalahan pengukuran

b. *Sill* ($c_0 + c$)

Sill merupakan ketinggian maksimal dari semivariogram. *Sill* terdiri dari dua bagian yaitu *nugget effect* dan *partial sill*. *Partial sill* didapatkan dari *sill* yang dikurangi *nugget effect*.

c. *Range (r)*

Range merupakan jarak terjauh saat tidak terdapat korelasi spasial. Terdapat suatu asumsi yang menyatakan bahwa lokasi sampel yang berjarak lebih dekat daripada *range* berarti memiliki korelasi spasial, sedangkan lokasi sampel yang berjarak jauh dari pada *range* dianggap tidak memiliki korelasi secara parsial [8].

Semivariogram sendiri terdapat dua jenis, yaitu: semivariogram eksperimental dan semivariogram teoritis.

a. Semivariogram Experimental

Model variogram yang diperoleh dari data hasil pengukuran sampel disebut semivariogram eksperimental. Taksiran semivariogram eksperimental terhadap jarak *h* adalah :

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(s_i) - Z(s_i + h)]^2 \quad (3)$$

b. Semivariogram Teoritis

Pada semivariogram teoritis terdapat beberapa model semivariogram. Tiga model yang paling sering digunakan dalam pemodelan semivariogram adalah model *spherical*, model *exponential*, dan model *gaussian*.

1) Model *Spherical*

Model *spherical* dapat didefinisikan dalam bentuk persamaan berikut:

$$\gamma(h) = \begin{cases} c_0 + c \left[1,5 \left(\frac{h}{r} \right) - 0,5 \left(\frac{h}{r} \right)^3 \right] & , \text{untuk } h \leq r \\ c_0 + c & , \text{untuk } h > r \end{cases} \quad (4)$$

2) Model *Exponential*

Model *exponential* dapat didefinisikan dalam bentuk persamaan berikut:

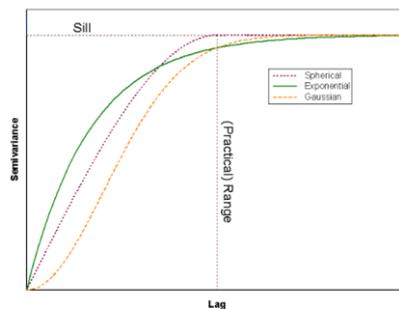
$$\gamma(h) = c_0 + c \left[1 - \exp\left(-\frac{3h}{r}\right) \right] \quad (5)$$

3) Model *Gaussian*

Model *gaussian* dapat didefinisikan dalam bentuk persamaan berikut:

$$\gamma(h) = c_0 + c \left[1 - \exp\left(-\frac{3h}{r}\right)^2 \right] \quad (6)$$

Berikut ditampilkan model variogram teoritis pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 1: Model Variogram Teoritis

2.2. Cross-Variogram

Cross-variogram digunakan untuk memperoleh kovarian antara data primer dan data sekunder. Nilai *cross-variogram* dihitung langsung dari data sampel dengan rumus berikut [7].

$$\gamma_{ij}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z_i(s_i + h) - Z_i(s_i)][Z_j(s_i + h) - Z_j(s_i)] \quad (7)$$

2.3. Inverse Distance Weighting (IDW)

Metode *inverse distance weighting* (IDW) merupakan metode sederhana yang mempertimbangkan titik disekitarnya. Asumsi dari metode ini adalah nilai interpolasi akan lebih mirip pada data sampel yang dekat dari pada data sampel yang jauh. Persamaan IDW sebagai berikut.

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \delta_i Z(s_i) \quad (8)$$

$Z(s_i)$: Merupakan nilai tersampel dengan ($i = 1, 2, 3, \dots, N$)

$\hat{Z}(s_0)$: Merupakan nilai dugaan pengamatan pada s_0 .

N : Banyaknya titik pengamatan

δ_i : Bobot (*weight*) pada setiap titik pengamatan

2.4. Metode Kriging dan Co-Kriging

Kriging merupakan suatu metode analisis data geostatistika yang digunakan untuk menduga besarnya nilai yang mewakili suatu titik yang tidak tersampel berdasarkan titik tersampel yang berada disekitarnya dengan menggunakan model struktural semivariogram [10]. persamaan penduga *kriging* $\hat{Z}(s_0)$ dan $Z(s)$ dapat dituliskan sebagai berikut [2].

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \alpha_i Z(s_i) \quad (9)$$

$\hat{Z}(s_0)$: Nilai dugaan pada lokasi (s_0)

$Z(s_i)$: Nilai pengamatan sebenarnya pada lokasi (s_i), dengan $i = 1, 2, \dots, n$

s_0 : Titik lokasi yang akan diduga

s_i : Titik lokasi yang menjadi awal pengumpulan data

α_i : Faktor pembobot ke- i

Metode *co-kriging* adalah suatu metode estimasi yang meminimalkan variansi dari kesalahan estimasi dengan memanfaatkan korelasi silang antara beberapa variabel. Hasil estimasi ini diperoleh dengan menambahkan variabel sekunder untuk mendukung proses estimasi variabel primer. Persamaan *co-kriging* sebagai berikut [4].

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \alpha_i Z_1(s_i) + \sum_{j=1}^M \beta_j Z_2(s_j) \quad (10)$$

$\hat{Z}(s_0)$: Estimasi dari Z pada lokasi 0

α_i : Pembobot *co-kriging* untuk Z_1

β_j : Pembobot *co-kriging* untuk Z_2

$Z_1(s_i)$: Data variabel utama pada N lokasi terdekat

$Z_2(s_j)$: Data Variabel Sekunder pada M lokasi terdekat

2.5. Asumsi Metode kriging

Dalam pengolahan data menggunakan metode kriging, terdapat dua asumsi yang digunakan, yaitu uji normalitas dan autokorelasi spasial. Uji normalitas adalah sebuah uji yang dilakukan dengan tujuan untuk menilai sebaran data pada sebuah kelompok data atau variabel, apakah sebaran data tersebut berdistribusi normal atau tidak. Data yang normal adalah data yang menyebar merata dan polanya tidak condong ke kiri ataupun ke kanan. Uji *Kolmogorov-Smirnov* merupakan salah satu uji normalitas untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal. Dalam uji *Kolmogorov-Smirnov*, hipotesis yang diuji adalah:

$$H_0 : F(z) = F_0(Z)$$

$$H_1 : F(z) \neq F_0(Z)$$

Sedangkan statistik uji yang digunakan adalah :

$$D_n = \text{Maks } |F_n(Z) - F_0(Z)| \quad (11)$$

Autokorelasi spasial merupakan suatu ukuran kemiripan dari objek di dalam suatu ruang, baik jarak wilayah ataupun waktu. Dengan kata lain autokorelasi spasial merupakan korelasi antara variabel di dalam suatu ruang [11].

Uji *Moran's I* merupakan salah satu metode pengujian autokorelasi spasial yang digunakan untuk pengukuran dan ketergantungan spasial didasarkan pada statistik *Moran's I* yang mengukur nilai statistik autokorelasi spasial. Penduga koefisien autokorelasi *Moran's I* dirumuskan sebagai berikut.

$$\hat{I} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N a_{ij} (Z_i - \bar{Z})(Z_j - \bar{Z})}{\left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N a_{ij} \right) \left(\frac{\sum_{i=1}^N (Z_i - \bar{Z})^2}{N} \right)} \quad (12)$$

Z_i : Nilai variabel lokasi ke- i

Z_j : Nilai variabel lokasi ke- j

\bar{Z} : Rata-rata dari nilai variabel

a_{ij} : Bobot untuk membandingkan lokasi ke- i dan lokasi ke- j

N : Ukuran data sampel yang digunakan

2.6. Cross-Validation

Sebelum model interpolasi digunakan, perlu diketahui terlebih dahulu seberapa akuratkah model yang digunakan. Salah satu cara untuk menguji keakuratan suatu model adalah dengan menggunakan validasi silang (*cross-validation*) [13]. Ukuran yang dapat digunakan untuk membandingkan keakuratan model adalah *Root Mean Square Error* (RMSE). Semakin kecil nilai RMSE suatu model menandakan semakin akurat model tersebut [15]. RMSE didefinisikan sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Z}(s_0) - Z(s_i))^2}{n}} \quad (13)$$

2.7. Kriminalitas

Dalam statistik kriminal terdapat beberapa indikator yang biasa digunakan, seperti indikator angka jumlah kejahatan (*crime total*), angka kejahatan per 100.000 penduduk (*crime rate*), dan selang waktu terjadinya suatu tindak kejahatan (*crime clock*) [3].

3. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah jumlah kriminalitas sebagai variabel primer (Z_1) yang diperoleh dari Satuan Direktorat Reserse Kriminal Umum (Ditreskrim) POLDA Kalsel dan data kepadatan penduduk di wilayah Kalimantan Selatan sebagai variabel sekunder (Z_2) yang didapatkan dari buku publikasi BPS Provinsi Kalimantan Selatan “Kalimantan Selatan dalam Angka” dari tahun 2017 hingga 2021 [5]. Tahapan-tahapan analisis yang dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut.

- a. Menyajikan deskripsi data sampel.
- b. Menguji pemenuhan asumsi dari data yaitu asumsi normalitas data dan autokorelasi spasial.
- c. Membentuk model dugaan menggunakan metode IDW sekaligus menentukan hasil prediksinya
 - 1) Menyusun koordinat lokasi
 - 2) Menentukan jarak antar pasangan lokasi tersampel dengan titik lokasi interpolasi
 - 3) Menghitung bobot dengan menggunakan *power* [0,5, 1, dan 2].
 - 4) Menentukan bobot terbaik dengan kriteria RMSE terkecil.
 - 5) Menghitung nilai dugaan menggunakan metode IDW pada lokasi yang diestimasi
- d. Membentuk model dugaan menggunakan metode *co-kriging* sekaligus menentukan hasil prediksinya
 - 1) Menyusun koordinat lokasi
 - 2) Menentukan jarak antar pasangan lokasi tersampel dengan titik lokasi interpolasi.
 - 3) Menentukan *cross-variogram* data sampel
 - 4) Menghitung nilai dugaan menggunakan metode *co-kriging* pada lokasi yang diestimasi
- e. Memilih hasil dugaan terbaik menggunakan RMSE
- f. Membuat peta tematik hasil dugaan terbaik
- g. Interpretasi hasil dan kesimpulan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut disajikan tabel analisis deskriptif data kriminalitas dan kepadatan Penduduk di Kalimantan Selatan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Analisis Deskriptif Data Kriminalitas dan Kepadatan Penduduk

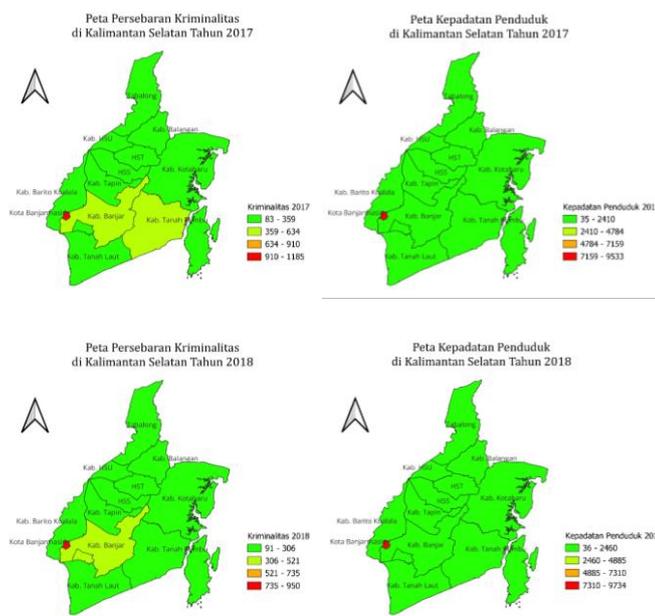
Tahun	Variabel	Minimum		Maksimum		Range	Mean	Standar Deviasi
		Nilai	Lokasi	Nilai	Lokasi			
2017	Kriminalitas	83	HSU	1185	Banjarmasin	1102	296.85	270.43
	Kepadatan	35.16	Kotabaru	9533.41	Banjarmasin	9498.25	885.34	2502.88

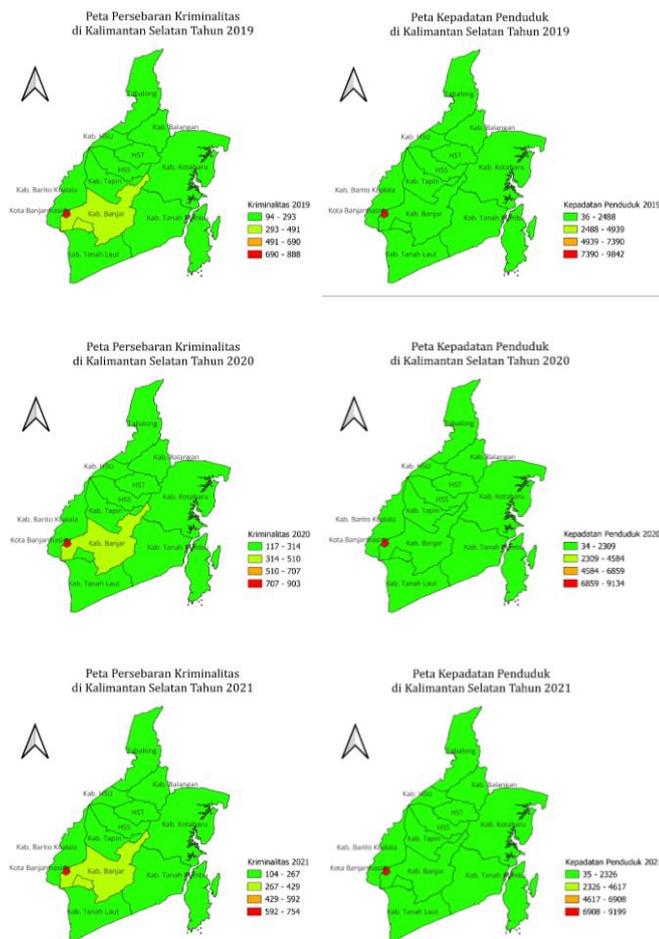
		Penduduk						
2018	Kriminalitas	91	HSU	950	Banjarmasin	859	259.54	217.58
	Kepadatan Penduduk	35.51	Kotabaru	9734.29	Banjarmasin	9698.78	894.7	2557.02
2019	Kriminalitas	94	HSU	888	Banjarmasin	794	237.23	201.76
	Kepadatan Penduduk	36.09	Kotabaru	9841.75	Banjarmasin	9805.66	905.73	2585.11
2020	Kriminalitas	117	Tapin	903	Banjarmasin	786	251.15	204.47
	Kepadatan Penduduk	34.34	Kotabaru	9134.21	Banjarmasin	9099.87	846.21	2398.03
2021	Kriminalitas	104	Balangan	754	Banjarmasin	650	217.69	169.66
	Kepadatan Penduduk	34.75	Kotabaru	9198.89	Banjarmasin	9164.14	853.31	2414.85

Berdasarkan Tabel 1 diatas menunjukkan bahwa kriminalitas pada tahun 2017 hingga 2019 kabupaten HSU merupakan wilayah teraman, pada tahun 2020 kabupaten Tapin merupakan wilayah teraman dan tahun 2021 kabupaten Balangan merupakan wilayah teraman di Kalimantan Selatan. Sedangkan Banjarmasin merupakan daerah dengan kriminalitas tertinggi di tahun 2017 hingga 2021, sehingga Banjarmasin merupakan daerah dengan rawan kriminalitas tertinggi di Kalimantan Selatan.

Sedangkan data kepadatan penduduk menunjukkan bahwa dari tahun 2017 hingga 2021 Kotabaru merupakan wilayah yang kepadatan penduduknya paling rendah dan Kota Banjarmasin merupakan wilayah yang kepadatan penduduknya paling tinggi di Kalimantan Selatan.

Berikut disajikan peta penyebaran kriminalitas dan kepadatan penduduk di Provinsi Kalimantan Selatan berdasarkan kabupaten/kota periode 2017-2021.





Gambar 2: Peta Persebaran Kriminalitas dan Kepadatan Penduduk di Kalimantan Selatan

Dari gambar diatas menunjukkan bahwa kota Banjarmasin adalah wilayah dengan kriminalitas tertinggi dan terpadat dibandingkan dengan wilayah lain. Indikator ini dapat dilihat pada warna di setiap daerah.

4.1 Pemenuhan Asumsi Data Spasial

a. Uji Normalitas

Pemenuhan asumsi normalitas dilakukan dengan uji *kolmogorov-smirnov*. Berikut disajikan hasil uji normalitas pada data kriminalitas periode 2017-2021 sebagai berikut:

Tabel 2 Hasil Uji Normalitas Data Kriminalitas dengan *Kolmogorov-smirnov*

No	Tahun	<i>P-value</i>	Keputusan	Kesimpulan
1	2017	0,2596	Menerima H_0	Data berdistribusi normal
2	2018	0,329	Menerima H_0	Data berdistribusi normal
3	2019	0,2714	Menerima H_0	Data berdistribusi normal
4	2020	0,2727	Menerima H_0	Data berdistribusi normal
5	2021	0,2184	Menerima H_0	Data berdistribusi normal

Dari uji *kolmogorov-smirnov* tersebut didapatkan hasil *p-value* yang lebih besar dari nilai signifikansi sebesar 5% ($\alpha = 0,05$). Berdasarkan kriteria pengujian, karena nilai *p-value* lebih besar dari signifikansi 5% maka H_0 diterima dan dapat dinyatakan

bahwa data kriminalitas Kalimantan Selatan periode 2017-2021 menyebar secara normal. Dengan kata lain, asumsi normalitas data terpenuhi.

Selanjutnya data kepadatan penduduk periode 2017-2021 dilakukan uji normalitas menggunakan uji *kolmogorov-smirnov*, nilai *p-value* menunjukkan bahwa data tidak berdistribusi normal. Kemudian dilakukan transformasi logaritmik dan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 3 Hasil Uji Normalitas Data Kepadatan Penduduk di Kalimantan Selatan dengan *Kolmogorov-smirnov* setelah transformasi logaritmik

No	Tahun	<i>P-value</i>	Keputusan	Kesimpulan
1	2017	0,3566	Menerima H_0	Data berdistribusi normal
2	2018	0,3493	Menerima H_0	Data berdistribusi normal
3	2019	0,3437	Menerima H_0	Data berdistribusi normal
4	2020	0,3335	Menerima H_0	Data berdistribusi normal
5	2021	0,3285	Menerima H_0	Data berdistribusi normal

Setelah dilakukan transformasi logaritmik pada data kepadatan penduduk, didapatkan hasil *p-value* yang lebih besar dari nilai signifikansi sebesar 5% ($\alpha = 0,05$). Berdasarkan kriteria pengujian, karena nilai *p-value* lebih besar dari signifikansi 5% maka H_0 diterima dan dapat dinyatakan bahwa data kepadatan penduduk Kalimantan Selatan periode 2017-2021 menyebar secara normal. Dengan kata lain, asumsi normalitas data terpenuhi.

b. Uji Autokorelasi Spasial

Uji autokorelasi spasial adalah prosedur statistik yang digunakan untuk menguji adanya pola autokorelasi dalam data spasial. Uji autokorelasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji *Moran's I*. Signifikansi yang digunakan dalam uji *Moran's I* adalah sebesar 10% ($\alpha = 0,1$). Hasil uji autokorelasi data kriminalitas menggunakan uji *Moran's I* disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 4 Hasil Uji Autokorelasi Data Kriminalitas di Kalimantan Selatan

Tahun	Statistik Uji <i>Moran's I</i>	<i>P-value</i>	Keputusan	Kesimpulan
2017	0,0341	0,06594	Menerima H_0	Terdapat autokorelasi spasial
2018	0,1339	0,009135	Menerima H_0	Terdapat autokorelasi spasial
2019	0,1194	0,009251	Menerima H_0	Terdapat autokorelasi spasial
2020	0,0852	0,03146	Menerima H_0	Terdapat autokorelasi spasial
2021	0,0816	0,03894	Menerima H_0	Terdapat autokorelasi spasial

Berdasarkan Tabel 4 diatas menunjukkan bahwa nilai *p-value* data kriminalitas periode 2017-2021 lebih rendah dari taraf signifikansi 10% ($\alpha = 0,1$), dan dapat dinyatakan bahwa data kriminalitas memiliki autokorelasi spasial atau dengan kata lain jumlah kriminalitas berkorelasi dengan kepadatan penduduk dengan nilai kepercayaan 90%.

4.2 Inverse Distance Weighting

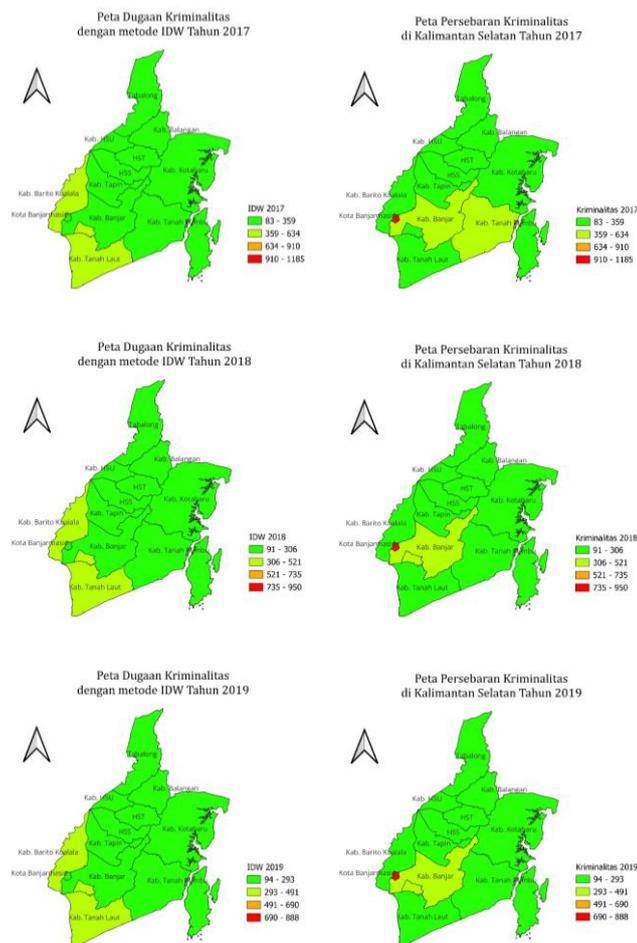
Faktor utama yang mempengaruhi akurasi interpolasi *inverse distance weighting* (IDW) adalah nilai parameter *power* (*p*) [14]. Nilai *power* yang digunakan pada penelitian ini adalah [0.5, 1, dan 2] dengan jumlah titik pengamatan sebanyak 13 titik.

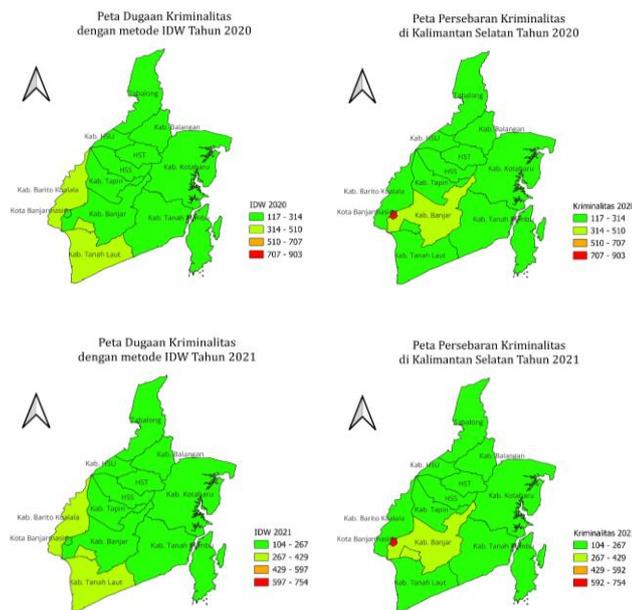
Berikut disajikan hasil perhitungan *power* optimal berdasarkan perhitungan *cross-validation* pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5 Hasil perhitungan RMSE dan *Power* terbaik

No	Tahun	Nilai RMSE		
		<i>Power</i> = 0,5	<i>Power</i> = 1	<i>Power</i> = 2
1	2017	289.688	290.8191	305.3625
2	2018	229.0031	226.2126	233.3923
3	2019	212.4786	209.6647	215.4914
4	2020	217.4843	216.5509	225.0476
5	2021	180.4891	179.8989	187.4788

Berdasarkan Tabel 5 diatas menunjukkan bahwa hasil dugaan terbaik dengan RMSE terendah diperoleh pada perhitungan IDW menggunakan *power* 1. Hal ini berlaku pada rentang tahun 2018-2021. Namun berbeda pada tahun 2017, *power* yang menghasilkan dugaan terbaik atau RMSE terendah diperoleh pada *power* 0,5. Selanjutnya dipilih *power* = 1 yang digunakan untuk melakukan interpolasi dengan metode IDW. Berikut disajikan peta hasil interpolasi IDW pada data kriminalitas dan peta data asli kriminalitas sebagai perbandingan pada Gambar 3 berikut.



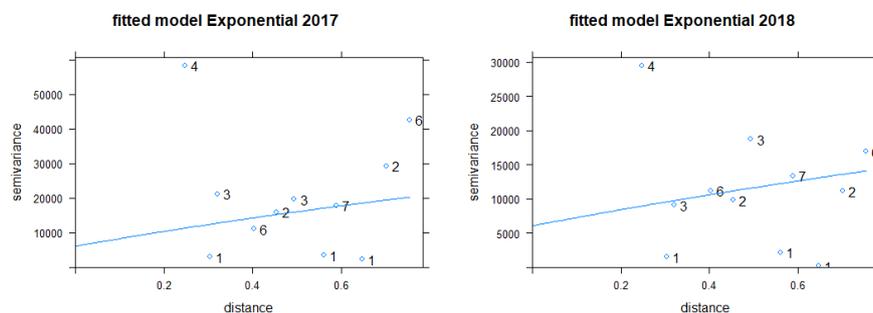


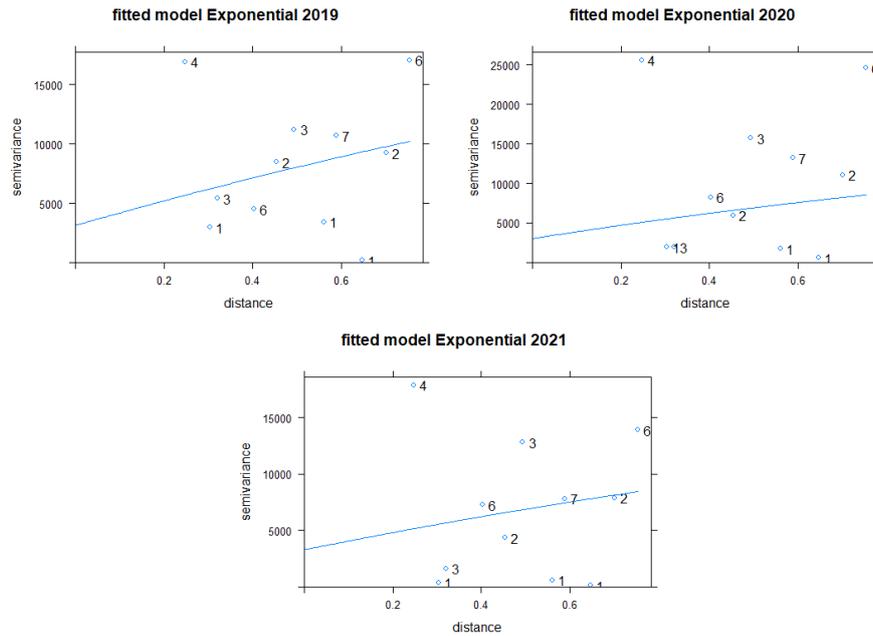
Gambar 3: Peta Hasil Interpolasi IDW dengan Peta Kriminalitas

Berdasarkan Gambar 3 di atas menunjukkan bahwa beberapa wilayah memiliki nilai interpolasi yang cukup jauh dari data riil seperti Kota Banjarmasin, karena diduga menggunakan nilai wilayah di sekitarnya yang cenderung rendah. Hasil dugaan Kabupaten Barito Kuala dan Tanah Laut menjadi lebih tinggi dari data riil yang diakibatkan karena pengaruh dari Kota Banjarmasin yang angka kriminalitasnya tinggi. Sedangkan hasil interpolasi Kabupaten Banjar menjadi lebih rendah yang diakibatkan oleh angka kriminalitas di wilayah sekitarnya juga rendah seperti Kabupaten Tanah Laut, Tanah Bumbu, dan Tapin.

4.3 Co-kriging

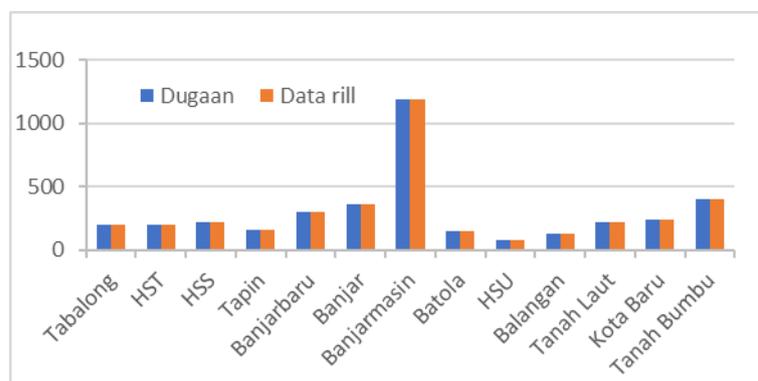
Langkah pertama dalam melakukan interpolasi *co-kriging* adalah melakukan analisis *cross-variogram*. Analisis *cross-variogram* digunakan untuk menganalisis hubungan spasial antara dua variabel pada data *geospasial* atau *geostatistik*, hal ini adalah variabel kriminalitas dan variabel kepadatan penduduk. Berikut adalah hasil analisis *cross-variogram* yang disajikan dalam bentuk grafik pencar dan pengepaskan variogram teoritisnya tipe eksponensial pada Gambar 4 berikut.





Gambar 4: Grafik Pencar *Fitting Model Exponential*

Setelah dicobakan dengan nilai inisial *nugget*, *sill*, dan *range* yang bervariasi, tidak diperoleh bentuk *cross-variogram* yang sesuai dengan pola variogram eksperimental. Hal ini dapat dilihat dari ragam yang tersebar acak dan tidak membentuk suatu pola tertentu. Dugaan *cross-variogram* yang diinginkan ialah *cross-variogram* teoritis yang mendekati pola variogram eksperimental, yaitu bentuk kurva yang monoton naik dan akan stabil pada jarak (*range*) tertentu seperti pada Gambar 1. Sedangkan model *cross-variogram* pada penelitian ini tidak diperoleh bentuk yang sesuai dengan konsep hubungan antara ragam dan jarak antarlokasi, yang seharusnya semakin jauh jarak (*range*) suatu titik maka semakin kecil korelasi atau pengaruhnya. Namun model ini akan penulis cobakan untuk mengetahui hasil akhir dari proses pendugaan ini. Berikut ditampilkan diagram hasil interpolasi *co-kriging* dengan model eksponensial pada tahun 2017 sebagai ilustrasi pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5: Diagram Hasil Interpolasi *Co-kriging* Model Eksponensial Tahun 2017

Berdasarkan hasil interpolasi pada Gambar 5 di atas maka peta dugaan hasil interpolasi *co-kriging* sama dengan peta data awal pada Gambar 2. Meskipun hasil dugaan ini tampak akurat, penting untuk dicatat bahwa kemiripan tersebut tidak

selalu menandakan keunggulan mutlak dari metode *co-kriging*. Hasil yang serupa antara peta dugaan dan data awal dapat disebabkan oleh nilai interpolasi diduga dengan nilai itu sendiri. Oleh karena itu, kesamaan antara peta dugaan dan data awal tidak selalu mencerminkan keakuratan sejati.

4.4 Pemilihan Metode Terbaik

Dari pembahasan sebelumnya mengenai dua metode interpolasi yang dicobakan untuk melakukan pendugaan terhadap angka kriminalitas di Kalimantan Selatan yaitu metode IDW dan *co-kriging*, dapat ditarik kesimpulan bahwa metode IDW lebih baik dari metode *co-kriging*. Hal ini dikarenakan metode IDW memberikan nilai dugaan yang baik dan cukup mendekati nilai riil yang ada di lapangan. Sementara itu, metode *co-kriging* tidak dapat digunakan karena data tidak cocok, sehingga menghasilkan model variogram yang tidak cocok untuk melakukan interpolasi.

5. KESIMPULAN

Metode interpolasi IDW dan *co-kriging* memiliki keunggulan dan kelemahannya masing-masing. Metode IDW memberikan hasil interpolasi yang baik dimana nilai interpolasinya mendekati nilai dari data riil, namun ada beberapa titik yang menghasilkan nilai interpolasi yang cukup jauh dari data riil, contohnya seperti Kota Banjarmasin yang rentangnya cukup jauh.

Metode *co-kriging* dalam proses analisisnya pada penelitian ini mengalami kendala pada proses pembentukan model *cross-variogram* yang menghasilkan model yang tidak konvergen sehingga pada langkah selanjutnya yaitu *fitting model* tidak didapatkan model *cross-variogram* yang cocok untuk dilakukan interpolasi dengan metode *co-kriging*. Dan pada hasil akhir interpolasi *co-kriging* ini memberikan hasil interpolasi yang nilainya sama dengan data riil.

Dengan demikian pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa di antara kedua metode, IDW lebih baik untuk melakukan interpolasi dalam menduga nilai kriminalitas. Meskipun *co-kriging* memiliki potensi untuk memberikan hasil yang akurat jika model *cross-variogram* dapat dibentuk dengan baik, kendala yang dihadapi dalam penelitian ini menunjukkan bahwa IDW tetap menjadi pilihan yang lebih stabil dan dapat diandalkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adelia, R. S. A. (2017). *Interpolasi Spasial Metode Co-Kriging Menggunakan Semivariogram Isotropik Dan Anisotropik (Studi Kasus Pada Data Curah Hujan Wilayah Lumajang* (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- [2] Armstrong, M. (1998). *Basic Linear Geostatistics*. Springer Science & Business Media.
- [3] Badan Pusat Statistik Republik Indonesia (BPS RI). (2021). *Statistik Kriminal 2021*. Badan Pusat Statistik.
- [4] Bailey, T. C., & Gatrell, A. C. (1995). *Interactive Spatial Data Analysis* (Vol. 413, No. 8). Essex: Longman Scientific & Technical.

- [5] BPS Kalsel. (2021). *Provinsi Kalimantan Selatan Dalam Angka 2021*. PT. Grafika Wangi Kalimantan
- [6] Cressie, N. A. C. (2015). *Statistics for Spatial Data.. New York John Wiley & Sons, inc.*
- [7] Ella, M., Katrin, H., Dedy, A., & Alexander, B. (2012). "Application of multivariate geostatistics to investigate the surface sediment distribution of the high-energy and shallow Sandy Spiekeroog shelf at the German bight, southern North Sea". *Open Journal of Marine Science*, 2012.
- [8] Esri. (2001). *ArcGIS Desktop Help*. California: ESRI Environmental System Research Institute, Inc.
- [9] Gaetan, C., & Guyon, X. (2010). *Spatial statistics and modeling* (Vol. 90). New York: Springer.
- [10] Isaaks, E. H., & Srivastava, R. M. (1989). *Applied Geostatistics*. Oxford University Press
- [11] Lee, Jay & Wong, D. W. (2001). *Statistical analysis with ArcView GIS*. John Wiley & Sons.
- [12] Raskin, R. G., Funk, C. C., Webber, S. R., & Willmott, C. J. (1997). *Spherekit: the spatial interpolation toolkit*. NCGIA.
- [13] Rosilawati, R. (2011). Perbandingan Analisis Metode Interpolasi Spasial Ordinary Kriging dan Inverse Distance Weighted (IDW) Pada Penentuan Bahan Organik Tanah di Kabupaten Sampang. *Skripsi, Program Studi Matematika Universitas Brawijaya: Malang*.
- [14] Yasrebi, J., Saffari, M., Fathi, H., Karimian, N., Moazallahi, M., & Gazni, R. (2009). Evaluation and Comparison of Ordinary Kriging and Inverse Distance Weighting Methods for Prediction of Spatial Variability of Some Soil Chemical Parameters. *Research Journal of Biological Sciences*, 4(1), 93-102.
- [15] Zhang, H., & Wang, Y. (2010). "Kriging and Cross-validation for Massive Spatial Data". *Environmetrics: The official journal of the International Environmetrics Society*, 21(3-4), 290-304.