
PEMODELAN SPASIAL PRODUKSI IKAN PADA INDUSTRI BUDIDAYA PERIKANAN DI KOTA CILEGON

Atia Sonda^{1,2}, Faula Arina¹, Ade Sri Mariawati¹, Asep Ridwan¹,
Dyah Lintang Trenggonowati¹

¹ Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

² Pusat Unggulan Ipteks Inovasi Pangan Lokal Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

e-mail: atia.sonda@untirta.ac.id

Abstrak

Kota Cilegon memiliki industri perikanan budidaya yang cukup besar. Tercatat sebanyak 230,09 ton ikan hasil budidaya diproduksi selama tahun 2020. Pemanfaatan data produksi ikan di Kota Cilegon biasa dilakukan masing-masing per kecamatan. Sejauh ini belum ada studi yang melihat kebergantungan produksi ikan dari satu kecamatan dengan kecamatan lain. Pemodelan spasial dilakukan untuk melihat korelasi spasial dari data produksi ikan di setiap kecamatan, hal ini dilakukan agar memudahkan dalam menggambarkan observasi di suatu kecamatan dan keterkaitannya dengan kecamatan lain. Berdasarkan data produksi ikan tersebut kemudian dilakukan kecocokan model semivariogram dan diperoleh bahwa produksi ikan di kota Cilegon mengikuti model kubik dengan parameter model $C = 2,9891$ dan range $a = 5,28$. Lebih jauh, dengan model spasial ini estimasi produksi ikan di suatu lokasi dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya sebagai upaya melihat ketahanan pangan dalam hal ini produksi ikan di Kota Cilegon.

Kata Kunci: korelasi spasial, variogram, semivariogram

Abstract

The aquaculture industry in Cilegon City is fairly substantial. In the year 2020, 230.09 tons of farmed fish were produced. In Cilegon City, fish production statistics is often used for each sub-district. So far, no research has been undertaken to examine the dependency of fish output from one district to the next. Spatial modeling is used to examine the spatial correlation of fish production data in each sub-district, making it easier to characterize observations in a sub-district and their relationships with other sub-districts. A semivariogram model was fitted using the fish production data, and it was discovered that fish production in the city of Cilegon followed the cubic model with model parameters $C = 2.9891$ and range $a = 5.28$. Furthermore, using this spatial model, assessment of fish production in a location, in this example Cilegon City, can be carried out in further research in an effort to see food security.

Keywords: spatial correlation, variogram, semivariogram

1. PENDAHULUAN

Di Kota Cilegon yang letaknya berbatasan dengan Selat Sunda membuat sebagian penduduknya memiliki mata pencaharian sebagai nelayan. Produksi perikanan tangkap Kota Cilegon diketahui pada tahun 2020 sebesar 221,67 ton dengan pendaratan ikan terbesar terdapat di Kecamatan Pulomerak. Selain perikanan tangkap, kota Cilegon juga memiliki perikanan budidaya yang tidak kalah besarnya. Tercatat sebanyak 230,09 ton ikan hasil budidaya dihasilkan selama tahun 2020 (BPS, 2021). Setiap kecamatan di Kota Cilegon menyumbang produksi budidaya ikannya masing-masing. Selama ini pemanfaatan ataupun penarikan kesimpulan pada data produksi ikan budidaya di Kota Cilegon biasa dilakukan masing-masing per kecamatan. Belum ada studi yang melihat kebergantungan produksi ikan dari satu kecamatan dengan kecamatan lain. Salah satu manfaat jika kita dapat melihat kebergantungan produksi ikan antar lokasi adalah pada ketahanan pangan khususnya

perikanan di Kota Cilegon. dapat dilihat dari kecamatan-kecamatan tertentu. Jika suatu saat produksi ikan di suatu kecamatan menurun drastis, maka kita dapat melihat produksi ikan di kecamatan apa saja yang terpengaruh dan kecamatan apa saja yang produksinya tetap atau tidak terpengaruh sama sekali. Dengan demikian dapat menjadi pertimbangan terkait kebijakan ketahanan pangan di Kota Cilegon khususnya di bidang perikanan. Untuk memodelkan kebergantungan produksi ikan antar kecamatan, diperlukan analisis model spasial yang menjadi bagian dalam rumpun ilmu geostatistika.

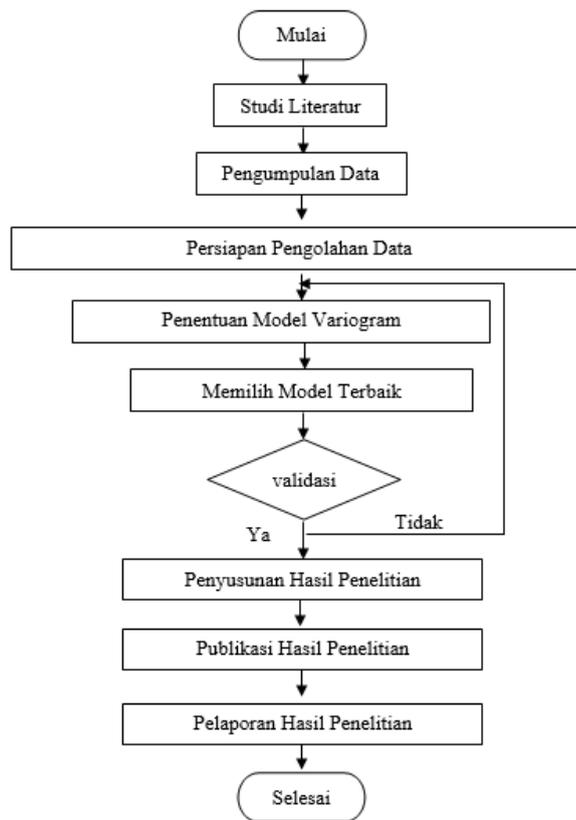
Geostatistika menjadi salah satu cabang keilmuan yang sering dimanfaatkan dalam pengestimasian kandungan mineral dan minyak bumi (Chen *et al.*, 2021). Selain di bidang pertambangan dan perminyakan, keilmuan ini juga pada akhirnya dikembangkan dan dimanfaatkan dalam bidang lainnya seperti bidang pertanian, lingkungan, hidrologi termasuk bidang perikanan dimana dalam bidang-bidang tersebut variabel waktu dan spasial sangat berpengaruh (Amstrong, 1998). Pemodelan spasial biasa dilakukan untuk memudahkan dalam menggambarkan observasi di suatu titik dan keterkaitannya dengan lokasi lain. Salah satu alat yang digunakan untuk mengukur korelasi spasial antar observasi adalah variogram. Selain itu variogram dilakukan dalam pengukuran variabilitas dan keterkaitan antar lokasi (Biswas, 2019). Variogram akan menggambarkan korelasi spasial pada produksi ikan di setiap kecamatan di Kota Cilegon. Lebih jauh, dengan model spasial, peramalan atau estimasi produksi ikan di suatu lokasi dapat dilakukan.

Beberapa penelitian terdahulu sebagai panduan penulis untuk penelitian yang akan dilakukan, yang kemudian akan menjadi acuan dan perbandingan dalam melakukan penelitian ini. Penelitian Penerapan metode ordinary krigging pada pendugaan kadar NO_2 di udara dilakukan untuk melihat dan mengestimasi kadar NO_2 di sejumlah lokasi di Kota Semarang (Rozalia, Yasin and Ispriyanti, 2016). Selain itu, penelitian serupa berupa pendekatan semivariogram anisotropic dalam metode ordinary krigging (OK) terhadap pola penyebaran mineral ikutan timah dilakukan untuk melihat penyebaran mineral khususnya timah (Sn), Zirkon (Zr) dan Hematit (Fe_2O_3) untuk meminimalisir kerusakan lingkungan akibat kegiatan penambangan di Bukit Sambung Giri, Kabupaten Bangka (Amelia *et al.*, 2020). Selain itu penelitian mengenai konfigurasi spasial potensi kekuatan gempa bumi menggunakan metode kriging semivariogram anisotropik 3D dilakukan untuk memperoleh gambaran spasial bahwa setiap hasil estimasi dipengaruhi oleh perubahan arah serta data observasi di sekitarnya dengan arah sudut tertentu (Salim and Mukhaiyar, 2019).

Sementara itu, penelitian pemodelan spasial ini memiliki tujuan untuk melihat kebergantungan produksi ikan di suatu kecamatan dengan kecamatan lain. Lebih lanjut jika terjadi penurunan produksi ikan di suatu kecamatan maka pemangku kepentingan dapat melihat kecamatan mana yang tidak terdampak akan hal tersebut dan akan memudahkan dalam membuat kebijakan karena kebijakan dibuat berdasarkan analisis data.

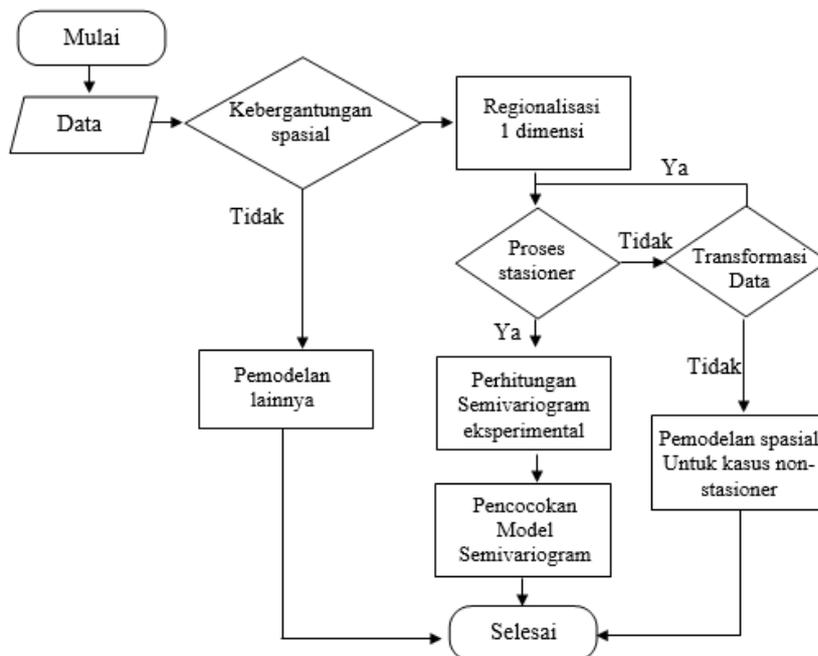
2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan terlebih dahulu melakukan studi literatur terkait teori serta penelitian-penelitian terdahulu. Selanjutnya pengumpulan data berupa produksi ikan di setiap kecamatan di kota Cilegon. Selanjutnya persiapan pengolahan data dilakukan berupa penyusunan kode pada software matlab yang akan digunakan untuk menentukan model semovariogram eksperimental data yang kemudian akan dipilih model terbaik berdasarkan nilai MSE terkecil. Langkah-langkah penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Sementara itu, tahapan pemodelan lebih detail dapat dilihat melalui diagram alur pada Gambar 2.



Gambar 2. Tahapan Pemodelan

2.1 Model Semivariogram

Semivariogram merupakan suatu ukuran yang menunjukkan korelasi spasial antar lokasi data dalam data spasial. Dengan mengasumsikan stasioner intrinsik yaitu ($E[Z(x+h) - Z(x)] = 0$) terpenuhi maka persamaan semivariogram dapat ditulis sebagai :

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} \text{Var} [Z(x+h) - Z(x)] = \frac{1}{2} E[Z(x+h) - Z(x)]^2 \quad (1)$$

Dengan $Z(s)$ merupakan nilai observasi pada lokasi s (Cressie, 1994).

Semivariogram eksperimental merupakan semivariogram yang didapatkan berdasarkan nilai pengamatan. Semivariogram eksperimental dirumuskan sebagai berikut :

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2|N(h)|} \sum_{(s,s+h) \in N(h)} (z(s) - z(s+h))^2 \quad (2)$$

dengan $(z(s), z(s+h))$ merupakan pasangan nilai observasi pada lokasi s dan $s+h$ dan $N(h)$ banyaknya pasangan lokasi yang terpisah sejauh h . Selain itu, ada pula syarat yang perlu dipenuhi, yaitu $N(h) \leq \frac{1}{2}n$ dengan n adalah banyaknya lokasi (Achiar and Helma, 2019).

Perhitungan semivariogram eksperimental dapat ditinjau dengan mempertimbangkan lag jarak saja tanpa mempertimbangkan arah atau sudut. Metode perhitungan ini disebut Isotropi. Sedangkan perhitungan semivariogram dengan mempertimbangkan arah atau sudut disebut Anisotropi. Semivariogram dikatakan isotropi ketika bentuk semivariogram untuk semua arah mata angin utama atau setiap sudut adalah sama atau minimal memiliki bentuk yang hampir serupa (Amelia *et al.*, 2020).

Berikut adalah beberapa model Semivariogram yang sering digunakan:

Model Linear

Model linear merupakan model yang paling sederhana.

$$\gamma(h) = c_0 + c_1 h \quad (3)$$

Dengan h : jarak antar lokasi

Model Eksponensial

Persamaan Eksponensial dapat ditulis sebagai berikut :

$$\gamma(h) = C_0 + C \left(1 - e^{-\frac{|h|}{a}}\right) \quad (4)$$

dengan C_0 : efek nugget/acak

C : sill parsial

$C_0 + C$: sill

a : range

h : jarak antar lokasi

Efek nugget merupakan lompatan nilai dari nilai aslinya (dapat dikategorikan sebagai galat). Sedangkan sill adalah nilai batas pada saat h menuju tak hingga $h \rightarrow \infty$. Dan range adalah jarak h saat variogram mencapai nilai sill, dengan kata lain korelasinya bernilai nol (Isaaks and Srivastava, 1989).

Model Gaussian

Persamaan Gaussian dapat ditulis sebagai berikut :

$$\gamma(h) = C_0 + C \left(1 - e^{-\left(\frac{|h|}{a}\right)^2} \right) \quad (5)$$

dengan C_0 : efek nugget/acak
 C : sill parsial
 $C_0 + C$: sill
 a : range
 h : jarak antar lokasi

Model Spherical

Persamaan model spherical dapat ditulis sebagai berikut

$$\gamma(h) = \begin{cases} C \left(\frac{3}{2} \frac{|h|}{a} - \frac{1}{2} \left(\frac{|h|^3}{a^3} \right) \right) & , |h| < a \\ C & , |h| \geq a \end{cases} \quad (6)$$

Dengan C_0 : efek nugget/acak
 C : sill parsial
 $C_0 + C$: sill
 a : range
 h : jarak antar lokasi

Model Kubik

Persamaan model Kubik dapat ditulis sebagai berikut

$$\gamma(h) = C \left(7 \left(\frac{|h|}{a} \right) - 8,75 \left(\frac{|h|}{a} \right)^3 + 3,5 \left(\frac{|h|}{a} \right)^5 - 0,75 \left(\frac{|h|}{a} \right)^7 \right) \quad (7)$$

dengan C : sill parsial
 a : range

(Rozalia, Yasin and Ispriyanti, 2016)

2.2 Pembagian Kelas Sturges

Untuk memudahkan dalam perhitungan semivariogram , dari data observasi yang dimiliki dapat dilakukan pengelompokan data ke dalam beberapa kelas. Pembagian kelas dilakukan menggunakan rumus Sturges sebagai berikut

$$k = 1 + 3,3 \log N \quad (8)$$

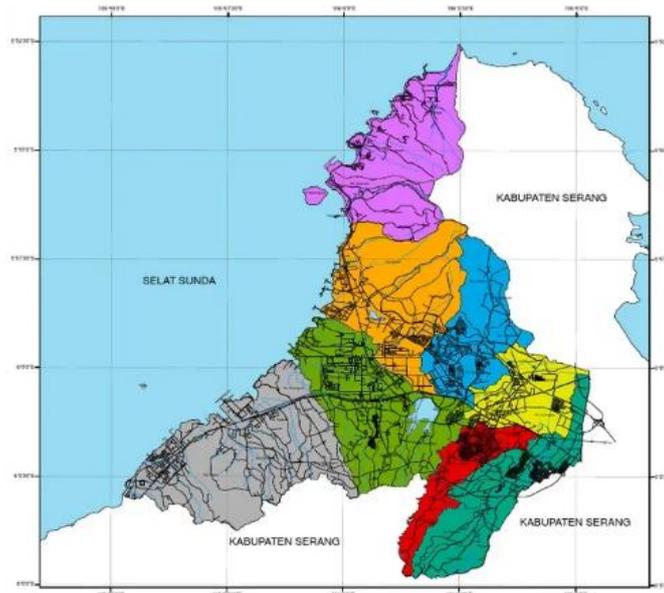
dengan k merupakan banyaknya kelas dan N banyaknya pasang lokasi. Kemudian, untuk memperoleh interval kelas digunakan rumus di bawah ini

$$I = \frac{Range}{k} = \frac{x_{maks} - x_{min}}{k} \quad (9)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kota Cilegon memiliki luas 175,51 dan berbatasan langsung dengan selat sunda di sebelah barat. Kota Cilegon terdiri dari 8 kecamatan yaitu: Ciwandan, Citangkil, Pulomerak, Purwakarta, Gerogol, Cilegon, Jombang dan Cibeber. Kota Cilegon yang berbatasan langsung dengan selat Sunda menjadikan sebagian mata pencaharian penduduk Cilegon nelayan. Hal ini menjadikan produksi ikan tangkap kota Cilegon cukup besar. Selain

produksi ikan tangkap yang besar, produksi ikan budidaya kota Cilegon juga relatif besar. Produksi ikan di Kota Cilegon disumbang oleh produksi ikan budidaya di setiap kecamatan. Data geografis Kota Cilegon dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2. Tabel 2 menyajikan pusat koordinat dari setiap kecamatan di Kota Cilegon. Titik pusat ini akan dijadikan sebagai wakil dari kecamatan dan akan ditentukan kebergantungan spasial dari suatu kecamatan terhadap kecamatan lain.



Gambar 3. Peta Kota Cilegon
sumber : RTRW Kota Cilegon

Tabel 1. Data Geografis Kecamatan Kota Cilegon

| Kecamatan | Pusat Kecamatan | Luas | | Jumlah Kelurahan |
|--------------|-----------------|-----------------|-------|------------------|
| | | km ² | % | |
| Ciwandan | Tegal Ratu | 51,81 | 29,52 | 6 |
| Citangkil | Kebonsari | 22,98 | 13,09 | 7 |
| Pulomerak | Tamansari | 19,86 | 11,32 | 4 |
| Purwakarta | Purwakarta | 15,29 | 8,71 | 6 |
| Grogol | Grogol | 23,38 | 13,32 | 4 |
| Cilegon | Ciwaduk | 9,15 | 5,21 | 5 |
| Jombang | Jombang Wetan | 11,55 | 6,58 | 5 |
| Cibeber | Kalitimbang | 21,49 | 12,24 | 6 |
| Kota Cilegon | | 175,51 | 100 | 43 |

Sumber : BPS Kota Cilegon

Tabel 2. Koordinat Pusat Kecamatan Kota Cilegon

| Kecamatan | Longitude | Latitude |
|------------|------------|-----------|
| Ciwandan | 105,964112 | -6,034603 |
| Citangkil | 106,037567 | -6,014516 |
| Pulomerak | 106,006952 | -5,914400 |
| Purwakarta | 106,040914 | -6,008360 |
| Grogol | 106,022874 | -5,971541 |
| Cilegon | 106,011120 | -6,002534 |
| Jombang | 106,057768 | -6,012889 |
| Cibeber | 106,067388 | -6,035432 |

3.1 Data Produksi Perikanan Budidaya (Air Tawar) Kota Cilegon

Produksi perikanan tangkap Kota Cilegon diketahui pada tahun 2020 sebesar 221,67 ton dengan pendaratan ikan terbesar terdapat di Kecamatan Pulomerak. Selain perikanan tangkap, kota Cilegon juga memiliki perikanan budidaya yang tidak kalah besarnya. Tercatat sebanyak 230,09 ton ikan hasil budidaya diproduksi selama tahun 2020. Setiap kecamatan di Kota Cilegon menyumbang produksi budidaya ikannya masing-masing. Data statistik perikanan merupakan data sekunder yang diperoleh dari Direktorat Jenderal Budidaya. Perikanan budidaya diklasifikasikan atas jenis budidaya laut, tambak, kolam, keramba, jaring apung dan sawah. Sementara yang menjadi penelitian ini adalah produksi ikan budidaya air tawar. Data produksi perikanan budidaya (air tawar) pada tabel 4 disajikan untuk setiap kecamatan di Kota Cilegon setiap bulan (dalam kg) pada Tahun 2021.

Tabel 3. Produksi Perikanan Budidaya (Air Tawar) Menurut Kecamatan dan Bulan di Kota Cilegon (kg) Tahun 2021

| Bulan | Ciwandan | Citangkil | Pulomerak | Purwakarta | Grogol | Cilegon | Jombang | Cibeber |
|-----------|----------|-----------|-----------|------------|--------|---------|---------|---------|
| Januari | 1.315 | 1.825 | 775 | 4.350 | 690 | 3.390 | 5.065 | 3.085 |
| Februari | 1.575 | 1.715 | - | 3.790 | 550 | 2.945 | 4.375 | 2.900 |
| Maret | 1.470 | 2.070 | 690 | 3.565 | 565 | 2.986 | 4.125 | 2.705 |
| April | 1.725 | 2.010 | 780 | 3.075 | 570 | 3.452 | 4.720 | 2.660 |
| Mei | 1.785 | 1.990 | 720 | 3.237 | 755 | 3.545 | 4.955 | 2.753 |
| Juni | 1.785 | 2.675 | 810 | 3.480 | 745 | 3.645 | 5.245 | 2.801 |
| Juli | 2.120 | 2.990 | 890 | 3.485 | 335 | 3.925 | 5.570 | 3.132 |
| Agustus | 1.785 | 2.120 | 890 | 2.860 | 635 | 3.645 | 5.472 | 3.155 |
| September | 1.805 | 2.155 | 945 | 3.945 | 830 | 4.480 | 7.790 | 4.115 |
| Oktober | 1.645 | 2.155 | 815 | 2.845 | 805 | 4.630 | 7.975 | 4.225 |
| November | 2.605 | 2.400 | 850 | 4.160 | 840 | 4.465 | 7.745 | 3.469 |
| Desember | 2.465 | 2.350 | 650 | 4.300 | 656 | 3.610 | 7.525 | 3.294 |
| Jumlah | 22.080 | 26.455 | 8.815 | 43.092 | 7.976 | 44.718 | 70.562 | 38.294 |
| Rata-rata | 1.840,0 | 2.204,6 | 801,4 | 3.591,0 | 664,7 | 3.726,5 | 5.880,2 | 3.191,2 |

Sumber : BPS Kota Cilegon 2021

Persiapan Pengolahan Data

Data berupa jarak antar kecamatan disajikan dalam tabel 5. Setiap kecamatan dipilih satu titik pusat kecamatan sebagai wakil, kemudian dihitung masing-masing jarak antar kecamatan berdasarkan titik koordinat pusat kecamatan. Kemudian data produksi ikan air tawar yang digunakan dalam penelitian ini adalah rata-rata produksi (dalam kg) per bulan sepanjang tahun 2021.

Tabel 4. Data Koordinat dan Produksi Ikan Budidaya (Air Tawar) Tahun 2021

| Kecamatan | Longitude | Latitude | Rata-rata Produksi Ikan per bulan (kg) |
|------------|------------|-----------|--|
| Ciwandan | 105,964112 | -6,034603 | 1.840,00 |
| Citangkil | 106,037567 | -6,014516 | 2.204,58 |
| Pulomerak | 106,006952 | -5,914400 | 801,36 |
| Purwakarta | 106,040914 | -6,008360 | 3.591,00 |
| Grogol | 106,022874 | -5,971541 | 664,67 |
| Cilegon | 106,011120 | -6,002534 | 3.726,50 |
| Jombang | 106,057768 | -6,012889 | 5.880,17 |
| Cibeber | 106,067388 | -6,035432 | 3.191,17 |

Tabel 5. Matriks Jarak (km) antar Kecamatan di Kota Cilegon

| | Ciwandan | Citangkil | Pulomerak | Purwakarta | Gerogol | Cilegon | Jombang | Cibeber |
|------------|----------|-----------|-----------|------------|---------|---------|---------|---------|
| Ciwandan | 0 | 7,6152 | 12,7609 | 8,1162 | 8,6196 | 5,6905 | 9,6140 | 10,3279 |
| Citangkil | | 0 | 10,4692 | 0,7007 | 4,5417 | 2,9035 | 2,0266 | 3,6425 |
| Pulomerak | | | 0 | 9,9909 | 5,9318 | 8,8233 | 11,0826 | 13,5282 |
| Purwakarta | | | | 0 | 4,1001 | 3,0358 | 1,7452 | 3,7865 |
| Grogol | | | | | 0 | 3,3147 | 5,4104 | 7,7869 |
| Cilegon | | | | | | 0 | 4,7783 | 6,5179 |
| Jombang | | | | | | | 0 | 2,4510 |
| Cibeber | | | | | | | | 0 |

3.2 Penentuan Semivariogram Eksperimental dan Model Semivariogram Data Pendekatan Metode pada 1-Dimensi (Radius)

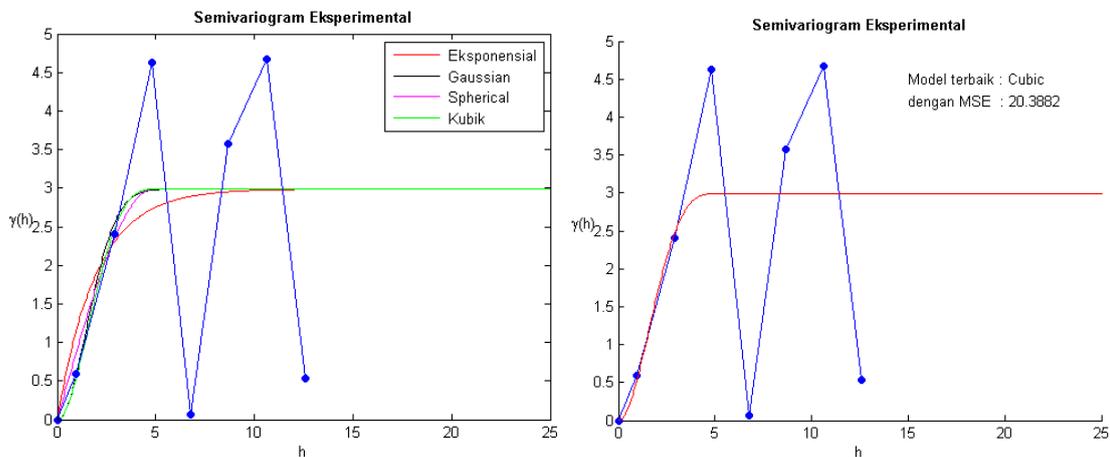
Metode pada 1 dimensi dilakukan dengan membagi jarak ke dalam beberapa kelas. Perhitungan nilai semivariogram akan didasarkan pada kelas-kelas tersebut. Banyaknya kelas diperoleh dari formula *Sturges*,

$$k = 1 + 3,3 \log N$$

dengan k merupakan banyaknya kelas dan N banyaknya pasang lokasi. Dalam hal ini kita memiliki :

$$k = [1 + 3,3 \log (8^2)] \approx [6,9604] = 7 \text{ kelas}$$

Dari pembagian kelas jarak dan perhitungan semivariogram pada persamaan (2) diperoleh semivariogram eksperimental pada Gambar 4. Model variogram beserta MSE dapat dilihat pada tabel 6. Penentuan model semivariogram dilakukan menggunakan program Matlab 2011.



Gambar 4. Semivariogram eksperimental dan semivariogram model untuk metode radius

Dari semivariogram eksperimental yang diperoleh, selanjutnya dilakukan *fitting model* dengan memilih parameter model yaitu $C_0 = 0$, $C = Var[Z]$ dan menentukan nilai parameter $a \in [0,1]$ dan memilih nilai a sehingga dari setiap model eksponensial, model gaussian, model spherical dan model kubik merupakan model dengan MSE (*Mean Square Error*) terkecil Hasil dari pencocokan model dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan MSE untuk Setiap Model

| Pencocokan Model Semivariogram | | | | |
|--------------------------------|-----------|-----------------------|------|---------|
| Model | Parameter | | | MSE |
| | C_0 | C | a | |
| Eksponensial | | | 1,97 | 21,1250 |
| Gaussian | $C_0 = 0$ | $C = Var[Z] = 2,9891$ | 2,09 | 20,4474 |
| Spherical | | | 4,88 | 20,4585 |
| Kubik | | | 5,28 | 20,3882 |

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa model terbaik adalah model kubik dengan nilai MSE terkecil 20,3882 dibandingkan model lain. Sehingga untuk perhitungan semivariogram dengan pendekatan metode radius ini diperoleh model kubik berikut :

$$\gamma(h) = 2,9891 \left(7 \left(\frac{|h|}{5,28} \right) - 8,75 \left(\frac{|h|}{5,28} \right)^3 + 3,5 \left(\frac{|h|}{5,28} \right)^5 - 0,75 \left(\frac{|h|}{5,28} \right)^7 \right)$$

Pada metode radius ini model yang diperoleh bergantung dengan banyaknya pembagian kelas jarak. Untuk pembagian panjang kelas yang berbeda akan menghasilkan nilai semivariogram eksperimental yang berbeda.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan metode radius diperoleh bahwa terdapat kebergantungan spasial pada produksi ikan budidaya di Kota Cilegon. kebergantungan tersebut dapat dimodelkan dengan model kubik berdasarkan nilai MSE terkecil dengan nilai sill parsial sebesar 2,9891 dan range sebesar 5,28. Berdasarkan matriks jarak pada tabel 5, jarak antar kecamatan yang terpisah kurang dari 5,28 seperti kecamatan Citangkil dengan Gerogol, Kecamatan Gerogol dengan Purwakarta, Kecamatan Citangkil dengan Cilegon, Kecamatan Purwakarta dengan Cilegon memiliki kebergantungan spasial produksi ikan di Kota Cilegon. Untuk kedepannya model ini dapat dikembangkan untuk model anisotropi untuk model yang tidak bergantung pada arah dari setiap lokasi terhadap lokasi lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Achiar, A.L.M. and Helma, H. (2019) 'Metode Ordinary Kriging Menggunakan Semivariogram Isotropik dalam Menghitung Curah Hujan Kota Padang', *Journal of Mathematics UNP*, pp. 7–12. Available at: <http://ejournal.unp.ac.id/students/index.php/mat/article/view/6263%0Ahttp://ejournal.unp.ac.id/students/index.php/mat/article/viewFile/6263/3174>.
- Amelia, R. *et al.* (2020) 'Pendekatan Semivariogram Anisotropik dalam Metode Ordinary Kriging (OK) terhadap Pola Penyebaran Mineral Ikutan Timah', *Promine*, 8(1), pp. 34–39. Available at: <https://doi.org/10.33019/promine.v8i1.1828>.
- Amstrong, M. (1998) *Basic Linear Geostatistic*. Berlin: Springer-Verlag Heidelberg.
- Biswas, S. (2019) 'Use of Topography, Weather Zones, and Semivariogram Parameters to Optimize Road Weather Information System Station Density across Large Spatial Scales', *SAGE journals*, 2673(12). Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/0361198119846467>.

- BPS, C. (2021) 'Statistik Daerah Kota Cilegon 2021', pp. 1–12.
- Chen, G. *et al.* (2021) 'Spatial distribution characteristics of heavy metals in surface soil of xilinguole coal mining area based on semivariogram', *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(5). Available at: <https://doi.org/10.3390/ijgi10050290>.
- Cressie, N.A.C. (1994) 'Statistics for Spatial Data, Revised Edition.', *Biometrics*, p. 319. Available at: <https://doi.org/10.2307/2533238>.
- Isaaks, H.B. and Srivastava, R.M. (1989) *An Introduction to Applied Geostatistics*.
- Rozalia, G., Yasin, H. and Ispriyanti, D. (2016) 'Penerapan Metode Ordinary Kriging Pada Pendugaan Kadar NO₂ di Udara', *Jurnal Gaussian*, 5(23), pp. 113–121.
- Salim, S. and Mukhaiyar, U. (2019) 'Konfigurasi Spasial Potensi Kekuatan Gempa Bumi Menggunakan Metode Kriging Semivariogram Anisotropik 3D', *Saintifik*, 5(2), pp. 109–120. Available at: <https://doi.org/10.31605/saintifik.v5i2.225>.