

---

---

## ESTIMASI KANDUNGAN DO (*DISSOLVED OXYGEN*) DI KALI SURABAYA DENGAN METODE KRIGING

**Alan Prahutama**

Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Diponegoro, Semarang  
Alamat e-mail : alan.prahutama@gmail.com

### ABSTRAK

Kota Surabaya merupakan salah satu kota terbesar dengan pemukiman penduduk yang cukup padat. Kali Surabaya merupakan salah satu sungai terbesar di Surabaya. Peningkatan sektor industri, pedatnya pemukiman penduduk menyebabkan pencemaran air di Kali Surabaya. Pengukuran tingkat kebersihan air menggunakan DO (*Dissolved Oxygen*). DO merupakan oksigen terlarut yang digunakan untuk mengukur kualitas kebersihan air. Semakin besar nilai kandungan DO menunjukkan bahwa kualitas air tersebut semakin bagus. Kriging merupakan salah satu metode geostatistika untuk mengestimasi titik yang tidak tersempl dengan menggunakan unsur spasial pada lokasi yang tersempl. Salah satu estimasi titik didalam kriging menggunakan bobot. Penentuan bobot adalah dengan menggunakan model semivariogram. Model yang digunakan yaitu model Gaussian. Hasil yang diperoleh bahwa kandungan DO Kali Surabaya di titik sesudah outlet PT. Suparma menunjukkan kandungan DO sebesar 4.1171.

**Kata Kunci** : DO, Kriging, Model Gaussian, Semivariogram.

### PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya alam yang menjadi kebutuhan penting bagi manusia. Oleh karena itu kebersihan air perlu dijaga. Pencemaran sungai menjadi faktor penting dalam permasalahan lingkungan. Sungai yang menjadi sumber air disuatu pemukiman, terkadang tercemar oleh limbah pabrik, limbah rumah tangga dan zat-zat berbahaya lainnya. Kota Surabaya merupakan ibukota provinsi Jawa Timur dengan luas wilayah 326.81 km<sup>2</sup> dengan kepadatan 7.568 jiwa per km<sup>2</sup> [2]. Tingginya kepadatan penduduk mengakibatkan pencemaran sungai menjadi perhatian. Salah satu sungai di Surabaya adalah Kali Surabaya, merupakan bagian dari Daerah Aliran Sungai Brantas yang mengalir sepanjang 41 km dari DAM Mlirip di Mojokerto melewati Gresik,

Sidoarjo dan berakhir di DAM Jagir Surabaya.

Pengukuran tingkat kualitas air dilihat dari oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*). Semakin tinggi kandungan *Dissolved Oxygen* (DO) semakin bagus kualitas air tersebut [8]. Pemantauan kualitas sungai di Kali Surabaya dilakukan di delapan titik sungai. Pengukuran kadar DO dilakukan hanya di beberapa titik, sehingga mengakibatkan terbatasnya data mengenai kadar DO di sepanjang Kali Surabaya. Kadar DO antara titik lokasi yang satu dengan titik lokasi lainnya bisa berbeda. Oleh karena itu diperlukan metode statistika untuk mengestimasi titik lokasi yang ditentukan. Salah satu metode yang digunakan untuk estimasi titik lokasi adalah Kriging [4].

Penelitian-penelitian mengenai kriging sudah banyak dilakukan antara mengenai kandungan air dibawah

permukaan bumi [5], model kriging sebagai pendekatan global untuk simulasi [9], penaksiran kandungan cadangan bauksit di daerah Mempawah [10], pendekatan ordinary kriging pada kasus curah hujan di Kabupaten Karangasem, Bali [1].

Oleh karena itu peneliti tertarik melakukan penelitian yaitu mengestimasi kandungan DO di Kali Surabaya dengan metode Kriging. Titik lokasi yang akan diestimasi yaitu Kali Surabaya di sesudah outlet PT. Suparma. Hal ini dikarenakan lokasi tersebut dekat dengan industri.

Prinsip dasar jarak Euclid adalah mengukur jarak antar dua titik. Diberikan 2 titik  $A(x_i, y_i)$  dan  $B(x_j, y_j)$  dengan  $h$  merupakan jarak dari  $A$  ke  $B$ . Jarak euclid  $h$  didapat dari  $h = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$  [3].

*Kriging* merupakan metode geostatistika yang digunakan untuk menduga atribut dari sebuah titik lokasi sebagai kombinasi linier dari nilai sampel yang terdapat di sekitar titik lokasi yang akan diduga [4]. Metode kriging menggunakan pembobotan untuk mengestimasi lokasi yang diduga. Bobot *kriging* diperoleh dari hasil variansi estimasi minimum dengan memperluas penggunaan semivariogram. *Kriging* memberikan lebih banyak bobot pada sampel dengan jarak terdekat dibandingkan dengan sampel dengan jarak lebih jauh. Nilai bobot *Ordinary kriging* dapat diperoleh melalui Persamaan sebagai berikut:

$$\begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \vdots \\ \lambda_n \\ \mu \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma(s_1, s_1) & \dots & \gamma(s_1, s_n) & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \gamma(s_n, s_1) & \dots & \gamma(s_n, s_n) & 1 \\ 1 & \dots & 1 & 0 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \gamma(s_1, s_0) \\ \vdots \\ \gamma(s_n, s_0) \\ 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$\gamma(s_i, s_j)$  merupakan semivariogram dari lokasi ke- $i$  ke lokasi ke- $j$ , dengan  $i = j = 1, 2, \dots, n$ .  $\gamma(s_i, s_0)$  merupakan semivariogram dari lokasi ke- $i$  ke lokasi

yang diduga [7]. Pembobotan disetiap lokasi adalah  $\lambda_i$  dengan  $\mu$  merupakan pembatas atau Lagrange Multiplier. Untuk mencari lokasi yang diduga  $\hat{z}(s_0)$  didapat dari

$$\hat{z}(s_0) = \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \vdots \\ \lambda_n \end{pmatrix}^T \begin{pmatrix} z(s_1) \\ \vdots \\ z(s_n) \end{pmatrix} \quad (2)$$

dengan  $z(s_i)$  merupakan nilai atribut pada lokasi ke- $i$ .

Pada persamaan 2, untuk mendapatkan nilai semivariogramnya maka ditentukan model semivariogramnya. Model-model semivariogram adalah sebagai berikut:

1. Model Gaussian

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

2. Model Spherical

$$\gamma(h) = \begin{cases} C_0 + C \left( \frac{3h}{2a} - \frac{h^3}{2a^3} \right) & ; h < a \\ C & ; h \geq a \end{cases}$$

3. Model Exponential

$$\gamma(h) = C_0 + C \left( 1 - \exp\left(\frac{-h}{a}\right) \right)$$

4. Model Linier

$$\gamma(h) = Ch$$

dengan  $C_0$  merupakan nugget effect yaitu pendekatan semivariogram pada titik disekitar nol. Sill ( $C_0 + C$ ) merupakan Sebuah nilai tertentu yang konstan yang dimiliki oleh semivariogram untuk jarak tertentu sampai dengan jarak yang tidak terhingga. Range ( $a$ ) adalah jarak maksimum dimana masih terdapat korelasi antar data. Jarak euclid  $h$  (1) merupakan jarak antara lokasi yang satu dengan lokasi yang lain yang didasarkan pada garis lintang dan garis bujur.

Sifat-sifat semivariogram adalah sebagai berikut [7]:

1. Semivariogram dari dua data yang berjarak nol sama dengan nol

2. Nilai semivariogram selalu positif
3. Semivariogram adalah fungsi genap

Proses didalam kringing ada dua, yaitu proses anisotropi dan isotropi. Proses anisotropi adalah proses spasial dimana dalam penyusunan struktur variogram bergantung pada jarak lurus antara suatu pasangan titik dan arah dari vektor yang menghubungkan titik-titik tersebut. Sedangkan proses isotropi hanya bergantung pada jarak antara pasangan vektor dan struktur korelasi spasialnya sama untuk semua arah [4].

Oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen* (DO) merupakan salah satu parameter mengenai kualitas air. Tersedianya oksigen terlarut didalam air sangat menentukan kehidupan di perairan tersebut [6]. Menurut PP No. 82 Tahun 2001, baku mutu kandungan DO disungai adalah 6 Mg/L.

## METODE PENELITIAN

### Sumber Data dan Variabel Penelitian

Penulis melakukan analisis data terhadap data sekunder yaitu data kandungan DO di tujuh titik lokasi sungai Kali Surabaya. Data diambil dari Balai Lingkungan Hidup (BLH) Kota Surabaya tahun 2010. Variabel penelitian yang digunakan pada penelitian ini

ialah data garis lintang, data garis bujur, dan data nilai DO. Ketiga variabel tersebut diukur sebanyak 7 titik lokasi. Garis lintang dan garis bujur yang didapat dari lokasi-lokasi tersebut disajikan dalam Tabel 1.

### Metode Analisis

Langkah-langkah yang dilakukan di dalam pengolahan data sekunder untuk memprediksi nilai DO suatu titik lokasi adalah sebagai berikut :

1. Menentukan nilai *nugget effect*, *sill*, dan *range* menggunakan *software easykrig*. Proses kriging yang digunakan adalah proses isotropi. Model semivariogram yang digunakan adalah Model Gaussian.
2. Mengukur jarak antara dua titik menggunakan prinsip dasar jarak Euclid
3. Berdasarkan nilai *nugget effect*, *sill*, dan *range* yang telah didapat maka menentukan nilai semivariogram antar lokasi.
4. Menentukan nilai bobot *Ordinary Kriging*.
5. Menentukan nilai DO pada lokasi yang diprediksi atau diduga menggunakan persamaan 2.

**Tabel 1** Garis lintang dan Garis Bujur di setiap Lokasi

No	LOKASI	GARIS LINTANG	GARIS BUJUR
0	Kali Surabaya di sesudah outlet PT.Suparma	07°21'072"	112°40'461"
1	Kali Surabaya di Intake Jagir	07°18'015"	112°44'0"
2	Kali Surabaya di Dam Gunungsari	07°18'504"	112°43'097"
3	Kali Surabaya di intake Karangpilang	07°20'864"	112°40'931"
4	Kali Surabaya di sesudah pertemuan dengan Kali Tengah	07°21'073"	112°39'751"
5	Kali Surabaya di sesudah outlet PT. Miwon	07°22'921"	112°36'693"
6	Kali Surabaya di sebelum outlet PT. SAK	07°22'028"	112°36'232"

**HASIL PENELITIAN**

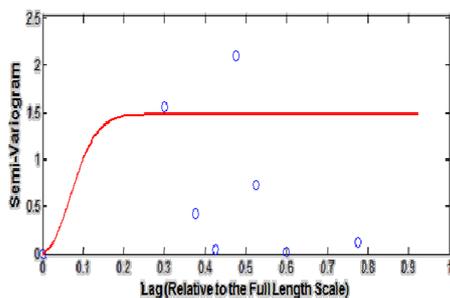
Data yang diperoleh adalah sebuah gambaran data yang menjelaskan koordinat lokasi dari sebuah pemantauan kualitas kebersihan air di Kali Surabaya. Salah satu parameter kualitas kebersihan air yaitu kandungan DO. Oleh karena itu kandungan DO dijadikan ukuran pengestimasi. Di bawah ini disajikan tabel statistika deskriptif kandungan DO di Kali Surabaya di tujuh titik lokasi.

**Tabel 2** Statistika Deskriptif Data Kandungan

DO	
Banyak data	7
Mean	3,345
Variansi	1,554
Standar Deviasi	1,247
Median	3,495
Minimum	1,51
Maksimum	4,67

Tabel 2 menunjukkan rata-rata kandungan DO di tujuh titik lokasi adalah 3,345 Mg/L dengan standard deviasi 1,247. Berdasarkan nilai rata-rata kandungan DO pada Tabel 4.2 menunjukkan tidak memenuhi baku mutu kandungan DO, karena menurut PP No. 82 Tahun 2001 baku mutu kandungan DO di sungai adalah 6 Mg/L..

Selanjutnya menentukan nilai *nugget effect*, *sill*, dan *range* menggunakan *software easykrig*. Berdasarkan keluaran dari program aplikasi diperoleh grafik model semivariogram untuk model Gaussian isotropi berikut ini :



**Gambar 1** Semivariogram Model Gaussian

Berdasarkan Gambar 1 diperoleh nilai *nugget effect* adalah 0, *Sill* bernilai 1.4757, dan *range* sebesar 0.95.

Sebelum menentukan nilai semivariogram antara lokasi, menghitung terlebih dahulu jarak antara dua titik lokasi dengan menggunakan prinsip dasar jarak Euclid. Prinsip dasarnya adalah misalkan diberikan 2 titik  $A(x_i, y_i)$  dan  $B(x_j, y_j)$  maka jarak Euclid antara A dengan B adalah

$$h = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} .$$

Hasil perhitungan jarak Euclidian antar lokasi disajikan dalam Tabel 3.

Berdasarkan grafik semivariogram model Gaussian diperoleh nilai *nugget effect* bernilai 0, *Sill* sebesar 1.4757, dan *range* adalah 0.95 atau ditulis dalam model Gaussian adalah sebagai berikut :

$$\gamma(h) = 1,4757 \left( 1 - \exp\left(\frac{-h^2}{0,95^2}\right) \right)$$

dengan  $h$  adalah jarak Euclidian antar lokasi. Berdasarkan nilai *Nugget effect*, *Sill*, *Range* dan jarak Euclid antar lokasi yang sudah didapat, maka dapat menghitung nilai semivariogram antar lokasinya. Hasil perhitungan nilai semivariogram antar lokasi disajikan dalam Tabel 4.

Sebelum mengestimasi kandungan DO di suatu titik lokasi yang diduga, terlebih dahulu menentukan nilai bobot *Ordinary Kriging* berdasarkan persamaan 1. Hasil dari penyelesaian persamaan 1 diperoleh nilai bobot *Ordinary Kriging* untuk lokasi ke- $i$  ( $\lambda_i$ ) sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \\ \lambda_5 \\ \lambda_6 \\ \mu \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -875.478 & -848.457 & -205.132 & 815.498 & 161.773 & 951.797 & -6.626 & 0.01319 \\ -848.457 & -1644.20 & -322.38 & 1078.32 & 473.27 & 1263.43 & -27.85 & 0.012233 \\ -205.132 & -322.38 & -202.28 & 338.01 & 195.42 & 196.34 & -1.96 & 0.092451 \\ 815.498 & 1078.32 & 338.01 & -949.98 & -342.42 & -939.43 & 11.76 & 0.006659 \\ 161.773 & 473.27 & 195.42 & -342.42 & -245.94 & -242.11 & 7.622 & 0.10066 \\ 951.797 & 1263.43 & 196.34 & -939.43 & -242.11 & -1230.01 & 18.05 & 0.027524 \\ -6.626 & -27.85 & -1.96 & 11.76 & 7.622 & 18.05 & -0.73 & 1 \end{bmatrix}$$

**Tabel 3** Jarak Euclidian antar lokasi

Lokasi	0	1	2	3	4	5	6
0	0	0.090015	0.086674	0.241639	0.063889	0.25251	0.130354
1	0.090015	0	0.136222	0.330595	0.141652	0.323785	0.098411
2	0.086674	0.136222	0	0.225345	0.134485	0.188935	0.102786
3	0.241639	0.330595	0.225345	0	0.213719	0.141588	0.32801
4	0.063889	0.141652	0.134485	0.213719	0	0.260743	0.194211
5	0.25251	0.323785	0.188935	0.141588	0.260743	0	0.279159
6	0.130354	0.098411	0.102786	0.32801	0.194211	0.279159	0

**Tabel 4** Nilai Semivariogram antar lokasi

Lokasi	0	1	2	3	4	5	6
0	0	0.01319	0.012233	0.092451	0.006659	0.10066	0.027524
1	0.01319	0	0.030032	0.168311	0.032447	0.161839	0.015751
2	0.012233	0.030032	0	0.08074	0.029279	0.057229	0.017174
3	0.092451	0.168311	0.08074	0	0.072827	0.032418	0.165843
4	0.006659	0.032447	0.029279	0.072827	0	0.107083	0.060403
5	0.10066	0.161839	0.057229	0.032418	0.107083	0	0.122078
6	0.027524	0.015751	0.017174	0.165843	0.060403	0.122078	0

Setelah bobot didapatkan, selanjutnya mengestmasi nilai kandungan DO pada lokasi yang diduga. Lokasi yang diduga mempunyai garis lintang 07°21'072" dan garis bujur 112°40'461". Nilai kandungan

DO pada lokasi yang diduga  $\hat{z}(s_0)$  merupakan perkalian antara bobot dengan nilai kandungan DO di lokasi yang lainnya. Untuk mencari Nilai kandungan

DO pada lokasi yang diduga  $\hat{z}(s_0)$  sesuai dengan persamaan 2. Sehingga diperoleh nilai lokasi yang diduga  $\hat{z}(s_0)$  adalah sebesar 1.58 Mg/L.

**KESIMPULAN**

Estimasi kandungan DO di titik Kali Surabaya sesudah outlet PT. Suparma menggunakan kriging adalah 1.58 Mg/L. Hasil estimasi kandungan DO, nilainya disekitar rata-rata data. Kandungan DO di titik tersebut dibawah baku mutu kandungan DO di sungai. Hal ini dikarenakan banyaknya industri disekitar Kali Surabaya yang menyebabkan Kali Surabaya tercemar limbah domestik.

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] Ayuni, N. W. D., 2010, *Perbandingan Metode Ordinary Kriging dan Inverse Distance Weighted pada Interpolasi Spasial (Studi kasus: Curah Hujan di Kabupaten Karangasem)*, Tugas Akhir Jurusan Matematika FMIPA Udayana, Bali.

[2] Badan Pusat Statistika (BPS), 2013, "Sosial dan Kependudukan", [www.surabayakota.bps.go.id](http://www.surabayakota.bps.go.id) diakses pada 19 November 2013.

[3] Cressie, N. A. C. (1993), *Statistics for Spatial Data: Revised Edition*, Inc. John Wiley and Sons, Canada.

[4] Issaks, E. H dan Srivastava, R.M. (1989), *Applied Geostatistics*, Oxford University Press, New York.

[5] Kumar, V. dan Remadevi. (2006), "Kriging of Groundwater Levels- A case Study", *Jornal of Spatial Hydrology Vol. 6, No. 1 Spring 2006*.

- [6] Mubarak, Satyari dan Kusdarwati, 2010, Korelasi antara Kosentrasi Oksigen Terlarut pada Kepadatan yang Berbeda dengan Skoring Warna *Daphnia Spp*, Jurnal Ilmiah Perikanandan Kelautan, Vol.2, No.1
- [7] Oliver, M. A and Webster, R. (2007), *Geostatistic for Environmental Statistic, Second Edition*. Wiley, United Kingdom.
- [8] Simanjutak, M. (2007), Oksige Terlarut dan Apparent Oxygen Utilization di Perairan Teluk Klabat Pulau Bangka. *Jurnal ILMU KELAUTAN, Juni 2007. Vol 12 (2): 59-66*.
- [9] Simpson et. al. (2001), “Kriging Models for Global Approximation in Simulation-Based Multidisciplinary Design Optimization”, *AIAA Journal Vol. 39, No. 12 December 2001*.
- [10] Widhita, P. J. A. (2008), *Penaksiran Kandungan Cadangan Bauksit di Daerah Mempawah Menggunakan Ordinary Kriging dengan Semivariogram Anisotropik*, Tugas Akhir Departemen Matematika FMIPA Universitas Indonesia, Depok.