



PENERAPAN METODE COKRIGING UNTUK MENGESTIMASI JUMLAH ZAT PADAT TERLARUT PADA AIR DI PERMUKIMAN KOTA PONTIANAK

Naomi Nessyana Debararaja

Dadan Kusnandar

Nurfitri Imro'ah

Marwalida Rachmadiar

Program Studi Statistika, Universitas Tanjungpura, Pontianak

e-mail: naominessyana@math.untan.ac.id

ABSTRAK

Metode cokriging adalah metode yang digunakan untuk mengestimasi suatu variabel dengan dengan memanfaatkan korelasi silang antara beberapa variabel. Penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan metode cokriging dalam mengestimasi kandungan jumlah zat padat terlarut dari kandungan warna air di kawasan permukiman Kota Pontianak. Data yang digunakan adalah sampel air dari 41 lokasi di kawasan permukiman Kota Pontianak. Setiap sampel air dilakukan pengukuran nilai jumlah zat padat terlarut dan warna di laboratorium. Hasil analisis diperoleh model semivariogram teoritis untuk jumlah zat padat terlarut yang digunakan adalah model eksponensial, sedangkan untuk warna adalah model spherical. Model cross semivariogram antara jumlah zat padat terlarut dan warna yang digunakan adalah model spherical. Selanjutnya diperoleh nilai estimasi dari jumlah zat padat terlarut untuk sepuluh titik lokasi baru di kawasan permukiman Kota Pontianak yang belum tersampel. Hasil estimasi menunjukkan nilai jumlah zat padat terlarut terbesar sebesar 155,4 mg/L dan terkecil di parit sebesar 11,7 mg/L. Titik-titik lokasi divisualisasikan dalam bentuk peta melalui Sistem Informasi Geografis.

Kata kunci: Spasial, semivariogram, kriging, Sistem Informasi Geografis

Manfaat air bagi keperluan higiene sanitasi untuk kehidupan manusia sangat banyak seperti mandi, sikat gigi, cuci dan keperluan sehari-hari. Laju pertumbuhan penduduk yang bertambah dari tahun ke tahun berbanding lurus dengan meningkatnya kepadatan penduduk di kawasan permukiman. Akibatnya, aktivitas manusia merupakan salah satu faktor penyebab penurunan kualitas air di daerah tersebut. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017, standar baku mutu kesehatan lingkungan untuk air bagi keperluan higiene sanitasi meliputi indikator fisik, kimia dan biologi. Dalam indikator fisik, variabel yang termasuk di antaranya adalah variabel jumlah zat padat terlarut (*Total Dissolved Solid*) yang biasa disingkat dengan *TDS* dan variabel warna. *TDS* adalah indikator yang menunjukkan kandungan padatan terlarut dalam air yang termasuk di dalamnya senyawa-senyawa organik dan anorganik, mineral dan garam-garamnya. Semakin tinggi kadar *TDS* dalam air, maka semakin rendah pula kualitas air tersebut atau dapat dikatakan pencemaran air semakin tinggi. Kadar *TDS* dalam air untuk keperluan higiene sanitasi maksimal 1000 mg/L. Indikator fisik yang lain adalah warna air. Air dapat dikategorikan baik jika air tidak bewarna atau bening. Kandungan zat warna air tidak boleh melebihi 50 *True Color Unit* (TCU).

Kadar TDS diperoleh dengan tahapan mengambil sampel kandungan TDS di suatu lokasi dan dilakukan pengujian sampel di laboratorium. Semakin banyak sampel yang diuji, semakin banyak juga dana yang dibutuhkan. Karena keterbatasan dalam penelitian, lokasi yang diambil sampel airnya juga terbatas. Kadar TDS di lokasi yang tidak dijadikan sampel dapat diestimasi dengan menggunakan kadar TDS di lokasi sekitarnya. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah cokriging. Cokriging merupakan metode untuk menaksir dengan meminimalkan varians kesalahan estimasi, yang diperoleh dari korelasi silang antara beberapa variabel (Isaaks dan Srivastava, 1989). Cokriging menggunakan variabel tambahan yang biasa disebut juga sebagai kovariat. Variabel tambahan tersebut digunakan untuk mengestimasi variabel utama pada lokasi yang tidak disampel. Estimasi cokriging merupakan kombinasi linier dari data variabel utama dan variabel tambahan. Metode cokriging menggunakan model variogram yang terbaik dalam membantu proses estimasi. Penelitian ini dapat membantu memberi gambaran kepada masyarakat tentang kualitas air di kawasan permukiman Kota Pontianak yang tercermin dari kadar TDS.

METODE

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data penelitian mengenai kandungan TDS dan warna dalam air di kawasan permukiman Kota Pontianak. Pengambilan lokasi sampel dilakukan dengan metode stratified random sampling di Kota Pontianak. Populasi dikelompokkan menjadi subpopulasi yang dibentuk berdasarkan kriteria daerah yang dialiri oleh anak sungai yang sama.



Gambar 1. Peta titik lokasi

Dari setiap subpopulasi diambil titik-titik lokasi yang menjadi sampel (Debataraja, Kusnandar dan Nusantara, 2018). Penelitian ini menggunakan data titik lokasi yang berupa koordinat garis bujur dan lintang yang dikonversi menjadi easting dan northing (x,y). Variabel utama adalah variabel TDS

(satunya mg/L), sedangkan variabel tambahan yang digunakan untuk mengestimasi variabel utama adalah warna (satunya TCU). Titik lokasi sebanyak 41 sampel disajikan pada Gambar 1.

Kriging adalah teknik interpolasi linear yang menggunakan autokorelasi spasial antar pengamatan untuk mengestimasi variabel di lokasi yang tidak diambil sampelnya dengan varians minimum dan tidak bias. Kriging digunakan untuk menginterpolasi suatu nilai yang akan ditaksir berdasarkan nilai-nilai yang diketahui. Ketepatan taksiran Kriging sangat tergantung pada model semivariogram untuk menentukan bobot kriging.

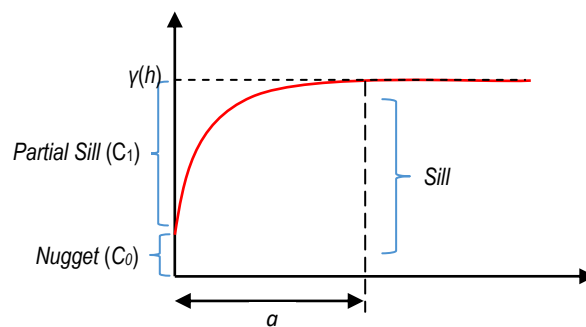
Menurut Cressie (2015) dan Wackernagel (1995) nilai taksiran untuk data yang tidak diketahui dapat ditaksir menggunakan persamaan berikut:

$$\hat{Z}(p_0) = \sum_{k=1}^n w_k Z(p_k) \quad (1)$$

dengan $\hat{Z}(p_0)$ adalah nilai taksiran pengamatan pada lokasi p_0 , $Z(p_k)$ adalah nilai pengamatan pada lokasi p_k , pembobot pada lokasi k didefinisikan sebagai w_k dan banyaknya sampel yang digunakan untuk estimasi didefinisikan dengan n . Variogram merupakan grafik variansi terhadap jarak (*lag distance*). Taksiran variogram eksperimental pada jarak h dapat dituliskan

$$2\gamma(h) = \frac{1}{N(h)} \sum_{k=1}^{N(h)} [z(s_k + h) - z(s_k)]^2 \quad (2)$$

dimana $2\gamma(h)$ adalah variogram dengan jarak h ; $N(h)$ adalah banyaknya pasangan data untuk jarak h ; s_k adalah lokasi sampel ke k ; $z(s_k)$ adalah nilai observasi pada lokasi s_k . Semivariogram biasanya dinotasikan dengan simbol $\gamma(h)$, yang digunakan untuk menentukan jarak dimana nilai-nilai data pengamatan menjadi tidak saling tergantung atau tidak ada korelasinya. Dalam model semivariogram terdapat tiga parameter yang perlu diperhatikan, yaitu *nugget effect* (C_0), *sill* ($C_0 + C_1$), dan *range* (a), yang disajikan pada Gambar 2.



Sumber: Cressie(2015)

Gambar 2. Model semivariogram

Adapun penjelasan parameter yang terkandung dalam semivariogram terdiri dari (Armstrong, 1998):

- **Sill**
Sill adalah keadaan dimana nilai semivariogram relatif mencapai nilai yang stabil. Nilai sill diperoleh dari nilai variansi data.

- *Range*
Range merupakan jarak pada keadaan semivariogram mencapai sill.
- *Nugget Effect*

Nilai semivariogram bernilai 0 saat $h=0$. Akan tetapi, jika nilai semivariogram pada $h=0$ tidak bernilai 0, maka dapat dikatakan semivariogram mempunyai nugget effect. Penentuan model terbaik dilakukan dengan membandingkan *Mean of Squared Error* (MSE) dari masing-masing model semivariogram dengan rumus sebagai berikut:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{\gamma}(h_i) - \gamma(h_i))^2 \quad (3)$$

Cokriging adalah perluasan dari kriging yang menggunakan lebih dari satu variabel. Menurut Isaaks dan Srivastava (1989), estimasi cokriging merupakan kombinasi linier dari data variabel primer dan variabel sekunder yang dinyatakan sebagai berikut:

$$\hat{p}_0 = \sum_{k=1}^n a_k p_k + \sum_{l=1}^m b_l q_l \quad (4)$$

di mana \hat{p}_0 adalah estimasi dari p pada lokasi 0 ; p_1, p_2, \dots, p_n adalah data variabel utama pada n lokasi terdekat; q_1, q_2, \dots, q_m adalah data variabel sekunder pada m lokasi terdekat; a_1, a_2, \dots, a_n dan b_1, b_2, \dots, b_m adalah pembobot cokriging yang harus ditentukan. Pada cokriging menggunakan dua sampel acak, sehingga tidak cukup hanya menggunakan variogram yang hanya mengukur independensi spasial untuk satu variabel. *Cross semivariogram* dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\gamma_{UV}(\mathbf{h}) = \frac{1}{2} E [Z_p(\mathbf{x}+\mathbf{h}) - Z_p(\mathbf{x})] [Z_q(\mathbf{x}+\mathbf{h}) - Z_q(\mathbf{x})] \quad (5)$$

Cross semivariogram sampel dapat dinyatakan juga sebagai berikut.

$$\hat{\gamma}_{UV}(\mathbf{h}) = \frac{1}{2N(\mathbf{h})} \sum_{(k,l)|h_{kl}=\mathbf{h}} (p_k - p_l)(q_k - q_l) \quad (6)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan untuk statistik deskriptif pada variabel TDS dan warna diperoleh nilai minimal dari data TDS adalah 17,2 mg/L dan nilai maksimalnya adalah 156,3 mg/L dengan nilai rata-rata 74,83 mg/L. Hal ini menunjukkan TDS pada sampel air yang diambil tergolong normal. Sedangkan nilai minimal dari variabel warna adalah 22 TCU dan nilai maksimalnya adalah 990 TCU dengan nilai rata-rata 358,51 TCU. Hasil perhitungan nilai korelasi antara TDS dan warna sebesar -0,82 yang hubungan antara kedua variabel kuat namun nilainya berbanding terbalik. Perhitungan semivariogram eksperimental menghasilkan jumlah pasangan data pada masing-masing kelas dan jarak dari setiap pasangan data beserta nilai semivariogramnya. Jumlah total pasangan data adalah jumlah kombinasi data TDS tersampel yaitu $C(41,2) = 820$. Setelah nilai semivariogram eksperimental diperoleh, kemudian dihitung nilai semivariogram teoritis yaitu model *spherical*, *eksponential* dan *gaussian*. Dengan bantuan *software R* diperoleh nilai *sill* dan *range* dari TDS. Kemudian nilai *sill* dan *range* yang didapat, digunakan dalam persamaan dari masing-masing semivariogram teoritis. Nilai semivariogram eksperimental dan teoritis dari variabel TDS disajikan pada Tabel 1.

Selanjutnya dilakukan analisis lanjutan dengan cara mengurangi nilai semivariogram eksperimental dengan teoritis yang diperoleh. Hal ini bertujuan untuk melihat model semivariogram teoritis yang terbaik yang memiliki nilai mendekati hasil semivariogram eksperimentalnya. Dari ketiga model semivariogram tersebut, nilai MSE terkecil adalah nilai semivariogram teoritis dengan model *eksponensial*.

Tabel 1. Nilai Semivariogram Eksperimental dan Teoritis dari Variabel TDS

Banyaknya Pasangan	Jarak	Semivariogram eksperimental	<i>Spherical</i>	Eksponensial	<i>Gaussian</i>
87	1.214,6010	692,45	900,69	728,60	892,92
227	2.552,4620	1.048,29	900,69	991,29	892,93
237	4.145,9130	1.336,72	900,69	1.079,13	892,93
181	5.781,6890	2.008,72	900,69	1.100,89	892,93
68	7.399,2370	2.554,44	900,69	1.106,00	892,93
18	8.998,3400	1.880,27	900,69	1.107,22	892,93
2	10.414,0170	509,65	900,69	1.107,50	892,93
MSE			761.488,79	564.009,07	1.063.434,72

Semivariogram teoritis model *eksponensial* memiliki nilai *sill* 1.107,61 dan *range* 1.132,62 yang digunakan dalam proses estimasi TDS. Dengan cara analisis yang sama pada variabel TDS, dilakukan perhitungan untuk variabel warna. Nilai semivariogram eksperimental dan teoritis dari variabel warna disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Semivariogram Teoritis dan Eksperimental dari Variabel Warna

Jumlah Pasangan	Jarak	Semivariogram eksperimental	<i>Spherical</i>	Eksponensial	<i>Gaussian</i>
87	1.214,6010	53.436,49	50106,47	51539,60	50546,72
227	2.552,4620	86.831,00	93791,38	90625,15	87807,03
237	4.145,9130	120.038,77	113048,70	120990,87	90193,72
181	5.781,6890	139.740,23	113048,70	140412,26	90199,98
68	7.399,2370	130.909,15	113048,70	152327,04	90199,98
18	8.998,3400	143.971,72	113048,70	159674,10	90199,98
2	10.414,0170	9.940,50	113048,70	163845,70	90199,98
MSE			1818194970,09	3487350586,04	2049212684,87

Dari ketiga model semivariogram tersebut, nilai MSE yang paling kecil adalah nilai semivariogram teoritis dengan model *spherical*. Semivariogram teoritis model *spherical* memiliki nilai *sill* 113.048,70 dan *range* 3.983,11 yang digunakan dalam proses estimasi TDS. Perhitungan *cross* semivariogram eksperimental menghasilkan jumlah pasangan data pada masing-masing kelas dan jarak dari setiap pasangan data beserta nilai *cross* semivariogramnya. Jumlah total pasangan data adalah jumlah permutasi data TDS dan warna tersampel yaitu $P(41,2) = 1640$. *Cross* Semivariogram

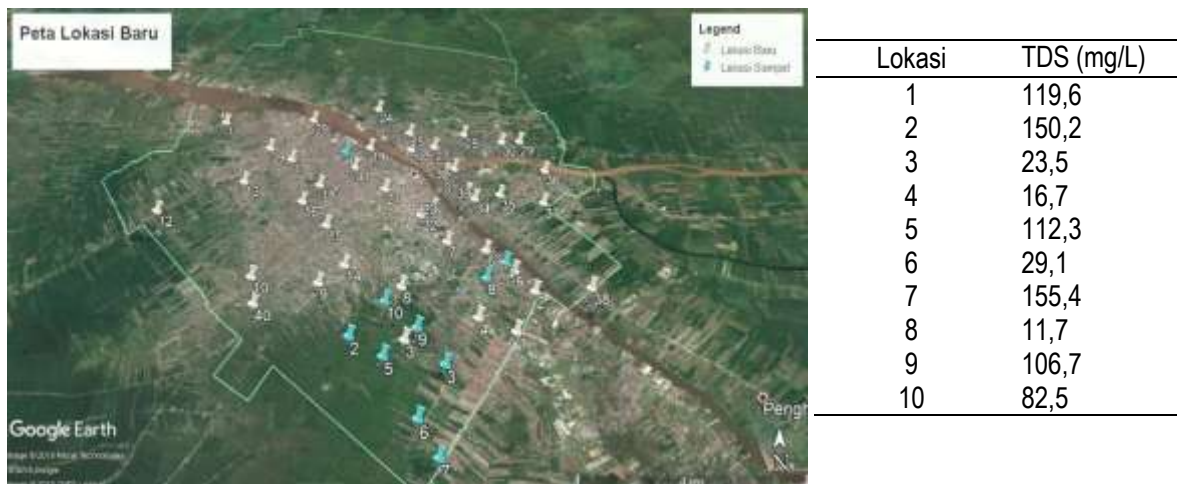
teoritis yang adalah model *spherical*, eksponensial dan *gaussian*. Nilai *cross* semivariogram eksperimental dan teoritis dari variabel TDS disajikan pada Tabel 3.

Dari Tabel 3, nilai MSE yang paling kecil adalah nilai *cross* semivariogram teoritis dengan model *spherical* dengan nilai *sill* 10.076,32 dan *range* 4.167,50 yang digunakan dalam proses estimasi TDS. Dari perhitungan nilai *sill* dan *range* untuk model semivariogram pada variabel TDS dan warna, serta model *cross semivariogram* pada TDS dan warna digunakan untuk mengestimasi TDS di sepuluh titik lokasi baru yang telah ditentukan. Titik lokasi baru yang diestimasi adalah titik lokasi di kawasan permukiman dimana pada umumnya, air digunakan untuk keperluan higiene sanitasi.

Tabel 3. Nilai *Cross Semivariogram* Eksperimental dan Teoritis

Banyaknya Pasangan	Jarak	Semivariogram Eksperimental	<i>Spherical</i>	Eksponensial	<i>Gaussian</i>
174	1.214,6010	4.362,41	4.280,33	2.547,47	820,55
454	2.552,4620	7.390,08	10.076,32	4.614,84	3.151,79
474	4.145,9130	10.670,44	10.076,32	6.350,20	6.330,95
362	5.781,6890	14.085,02	10.076,32	7.559,84	8.605,96
136	7.399,2370	15.896,99	10.076,32	8.369,34	9.645,50
36	8.998,3400	13.793,99	10.076,32	8.913,30	9.981,12
4	10.414,0170	2.248,95	10.076,32	9.248,27	10.056,76
MSE			18.944.889,59	28.816.493,68	27.705.729,70

Variabel utama yaitu TDS menggunakan model semivariogram teoritis *exponential* dengan nilai *sill* 1.107,61 dan *range* 1.132,62. Sedangkan variabel warna menggunakan model semivariogram teoritis *spherical* dengan nilai *sill* 113.048,70 dan *range* 3.983,11. *Cross* semivariogram antara TDS dan warna menggunakan model *cross semivariogram* teoritis *spherical* dengan nilai *sill* 10.076,32 dan *range* 4.167,50. Hasil estimasi TDS untuk sepuluh lokasi baru disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta lokasi TDS hasil estimasi

Dari nilai estimasi TDS yang diperoleh dapat disimpulkan kandungan TDS di Kota Pontianak masih di bawah ambang batas.

SIMPULAN

Dari hasil analisis diperoleh model semivariogram teoritis untuk variabel TDS yang digunakan adalah model *eksponensial*, untuk variabel warna adalah model *spherical*, serta *cross* semivariogram antara TDS dan warna adalah model *spherical*. Estimasi TDS dilakukan pada sepuluh titik lokasi yang ditentukan. Hasil estimasi TDS terbesar sebesar 155,4 mg/L dan hasil estimasi terkecil sebesar 11,7 mg/L. Dari nilai-nilai hasil estimasi tersebut, kualitas air di kawasan permukiman Kota Pontianak untuk keperluan higiene sanitasi masih tergolong baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam universitas Tanjungpura atas dukungan dana bagi penelitian ini.

REFERENSI

- Armstrong, M. (1998). *Basic Linear Geostatistics*. Berlin: Springer.
- Cressie, N. (2015). *Statistics for Spatial Data*. Revised Edition. New York.: John Wiley& Sons Inc.
- Debataraja, N. N., Kusnandar, D., & Nusantara, R. W. (2018). Identifikasi Lokasi Sebaran Pencemaran Air di Kawasan Permukiman Kota Pontianak. *Jurnal Matematika, Statistika, dan Komputasi*, 15(1), 37-41.
- Isaaks, H,E & Srivastava, R. (1989). *Applied Geostatistics*. New York: Oxford University Press.
- Republik Indonesia. (2017). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus per Aqua dan Pemandian Umum*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Wackernagel, H. (1995). *Multivariate Geostatistic: an Introduction with Applications*. New York: Springer.